ARTI

3rd Semester Electronics

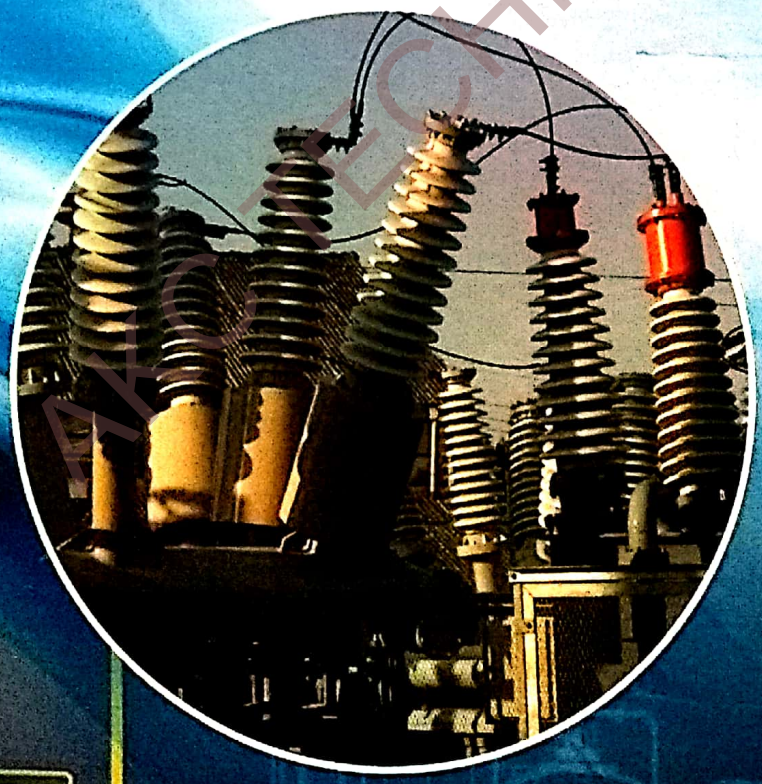
वैद्युत अभियान्त्रिकी-द्वितीय

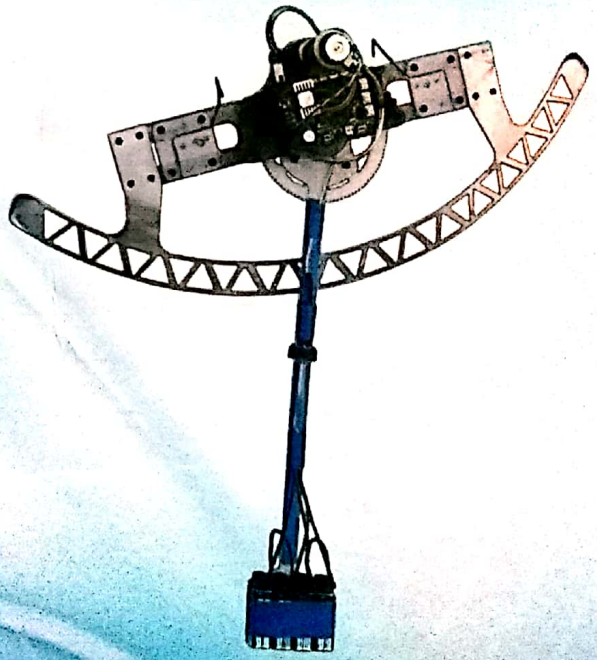
(कार्यशाला एवं प्रयोगात्मक कार्य सहित)

ELECTRICAL ENGINEERING - SECOND

आर० पी० गुप्ता

पुस्तक में दिए गए उपहार कूपन को भरकर भेजें एवं 500/- का पुरस्कार प्राप्त करें





Nageen Prakashan

ARTI TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

SYLLABUS

ELECTRICAL ENGINEERING-II

RATIONALE

Electricity is said to be the life of industries. We cannot think of an industry without using electricity. The electrical appliances commonly used for industrial application are transformers, D.C. and A.C. motors and generators. Therefore, basic knowledge of these appliances should be known to the student to facilitate him in routine working.

DETAILED CONTENTS

1. A.C. Theory (10 Periods)

1.1 Representation of sinusoidal quantities by phasors.

1.2 Physical explanation of the phase relationship between voltage and current when sinusoidal alternating voltage is applied across:
(a) Pure resistance,
(b) Pure inductance and
(c) Pure capacitance.

1.3 Explanation of inductive reactance, capacitive reactance and their significance.

1.4 Relationship between voltage and current when alternating voltage is applied to:
(a) Resistance and inductance in series,
(b) Resistance and capacitance in series.

1.5 Power in pure resistance, inductance and capacitance; power in combination of R-L-C circuits; power factor.

1.6 Active and reactive currents and their significance; practical importance of power factor.

1.7 Series and parallel resonance in R-L-C circuits, Q-factor of coils and capacitance.

2. Three Phase Supply (10 Periods)

2.1 Elementary idea about 3-phase supply.

2.2 Star and delta connection. Relationship between phase and line voltage and currents.

2.3 Power and power factor in three phase system and their measurement.

2.4 Comparison between three phase and single phase supply.

3. Transformers (10 Periods)

3.1 Principle of operation.

3.2 E.M.F. equation, Voltage and Current relations.

3.3 Construction and applications of small transformers used in electronics and communication engg., construction of auto transformers, constant voltage transformer.

3.4 Phasor diagram of a transformer on load; Definition of regulation and efficiency. Elementary idea of losses in transformer, open circuit and short circuit test.

4. D. C. Machines (10 Periods)

4.1 D.C. Generator :
Working principle, constructional details, e.m.f. equation, types of generators and their applications.

4.2 D.C. Motor :
Working principle, back e.m.f., types of D.C. motor and elementary idea of their characteristics, torque equation, methods of speed control (description only).

4.3 Starters for D.C. machines.

5. Synchronous Machines (10 Periods)

5.1 Alternators
Working principle, types of alternators (brief description)

5.2 Synchronous Motors:
Working principle, construction details, vector diagram, effect of excitation on armature current and power factor, synchronous condenser.

5.3 Application of synchronous machines.

6. Induction Motors (06 Periods)

6.1 Single Phase Induction Motor
Principle of operation and constructional details of single phase FHP induction motors (split phase, capacitor start capacitor run, shaded pole, reluctance start, A.C. series, universal, hysterisis, servo and stepper motors their applications).

6.2 Starters for Induction Motors

LIST OF EXPERIMENTS

1. To verify that in an A.C. circuit, the phasor sum (not the algebraic sum) of currents at any junction is zero.
2. To find the voltage-current relationship in a R-L series circuit and to measure power and power factor of the circuit.
3. To measure power and power factor in three phase system by two wattmeter method.
4. To determine the efficiency and regulation of a transformer by performing direct loading.
5. To measure the induced emf of separatly excited D.C. generator as a function of field current.
6. To measure the terminal voltage of a D.C. shunt generator as a function of load current.
7. To measure the speed of a separately excited D.C. motor as a function of load torque at rated armature voltage.
8. To observe the difference in the starting current at switching on single phase capacitor start induction motor with :
(a) The capacitor disconnected and
(b) The capacitor connected.
Also to determine how to reverse the direction of rotation.
9. To determine V curves of a synchronous motor.

AKO TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

विषय-सूची

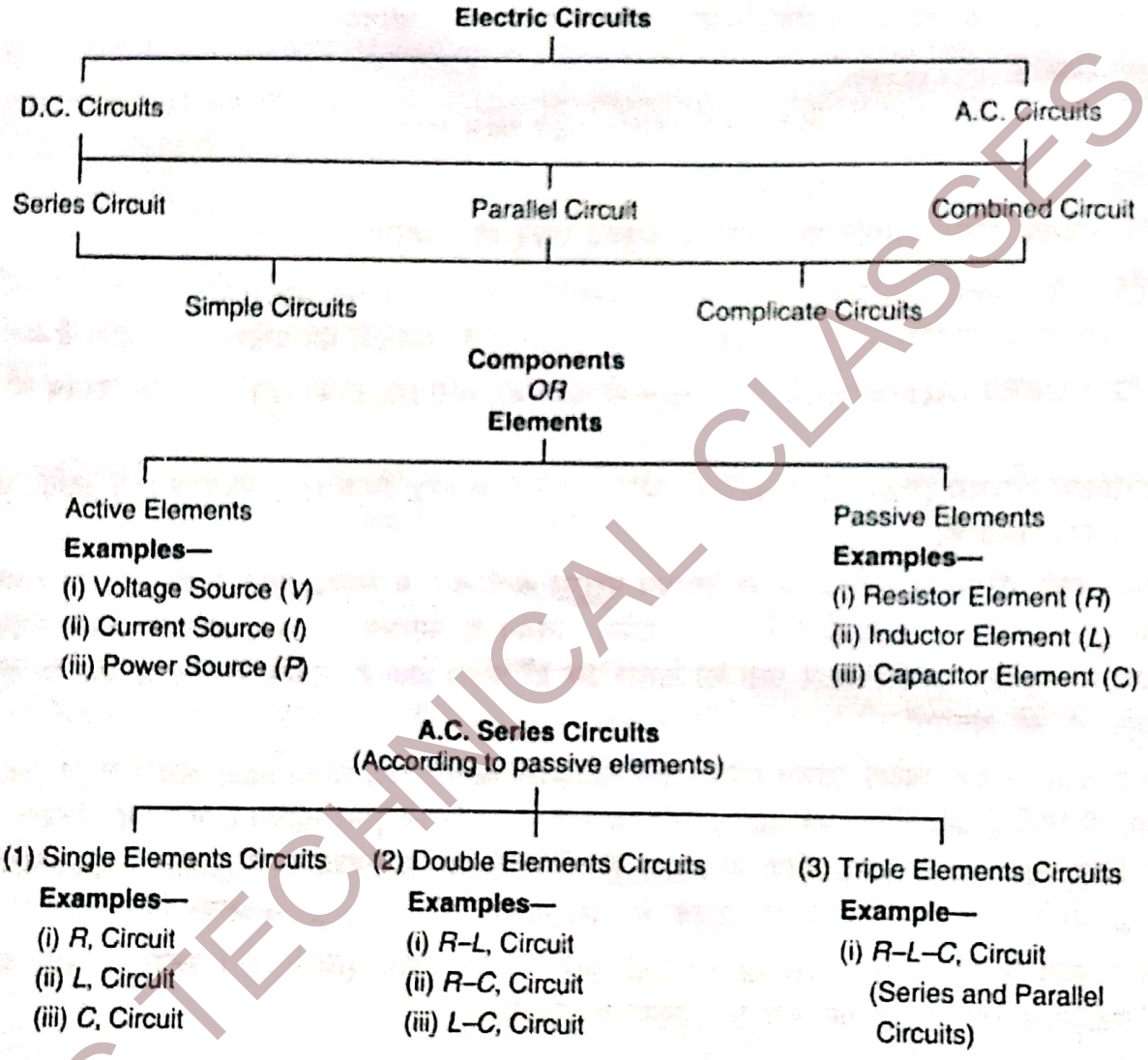
अध्याय		पृष्ठ
1.	प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ (A.C. Series Circuits)	1-36
2.	प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ (A.C. Parallel Circuit)	37-65
3.	त्रिकला प्रदाय प्रणाली (Three Phase Supply System)	66-81
4.	शक्ति तथा शक्तिगुणक का मापन (Measurement of Power and Power Factors)	82-97
5.	परिणामित्र (Transformer)	98-164
6.	विशिष्ट परिणामित्र (Special Transformers)	165-175
7.	दिष्टधारा जनित्र (Direct Current Generators)	176-211
8.	दिष्टधारा मोटर (Direct Current Motor)	212-239
9.	डी० सी० मोटर के प्रवर्तक (Starters of D.C. Motors)	240-250
10.	दि० धा० मोटरों के अभिलक्षण (Characteristics of D.C. Motors)	251-264
11.	डी० सी० मोटरों का गति नियन्त्रण (Speed Control of D.C. Motors)	265-285
12.	त्रिकला तुल्यकाली जनित्र अथवा प्रत्यावर्तक (3-ϕ Synchronous Generator or Alternator)	286-321
13.	त्रिकला तुल्यकाली मोटरें (Three Phase Synchronous Motors)	322-346
14.	त्रिकला प्रेरण मोटरें (Three Phase Induction Motors)	347-392
15.	एकलकला प्रेरण मोटरें (Single Phase Induction Motors)	393-414
16.	एकलकला तुल्यकाली मोटरें (Single Phase Synchronous Motors)	415-423
17.	एकलकला दिक्परिवर्तक प्ररूपी मोटरें (Single Phase Commutator Type Motors)	424-438
18.	नियन्त्रण मोटरें (Control Motors)	439-443
19.	प्रयोगात्मक कार्य (Practical Work)	444-482
20.	वैद्युत कार्यशाला (Electrical Workshop)	483-494
•	परीक्षा प्रश्न-पत्र (Examination Papers)	...495

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

1 प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ

[A. C. SERIES CIRCUITS]



Following are the mathematical forms of notation (representation) of phasor (vector) quantities :

(i) Algebraic/Symbolic/Rectangular/Cartesian/Complex form

$$\vec{\mathbf{E}} = (a \pm jb)$$

(ii) Trigonometrical form $\vec{\mathbf{E}} = E(\cos\theta \pm j\sin\theta)$

(iii) Exponential form $\vec{\mathbf{E}} = Ee^{\pm j\theta}$

(iv) Polar form $\vec{\mathbf{E}} = E\angle\pm\theta$

1.1. परिचय (Introduction)

दिष्टधारा परिपथ की तरह ही प्रत्यावर्तीधारा परिपथ भी अग्रलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

AYC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(i) प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ (A.C. Series circuit)

(ii) प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ (A.C. Parallel circuit)

(iii) प्रत्यावर्तीधारा संयुक्त परिपथ (A. C. Combined circuit)

दिष्टधारा परिपथ में, केवल एक प्रकार का निष्क्रिय अवयव (R) कार्य करता है, जबकि प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में एक से लेकर तीन प्रकार के निष्क्रिय अवयव (R-L-C) कार्य करते हैं; इसलिए निष्क्रिय अवयवों की संख्या के अनुसार, प्र० धा० श्रेणी परिपथ निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(i) एक-अवयवी परिपथ अर्थात् एक निष्क्रिय अवयव रखने वाला परिपथ,
जैसे—R / L / C, Circuits.

(ii) द्वि-अवयवी परिपथ अर्थात् दो निष्क्रिय अवयव रखने वाला परिपथ,
जैसे—$R-L$ / $R-C$ / $L-C$, Circuits.

(iii) त्रि-अवयवी परिपथ अर्थात् तीन निष्क्रिय अवयव रखने वाला परिपथ,
जैसे—$R-L-C$, Circuits.

सभी प्रकार के वैद्युत परिपथों में प्राय: निम्नलिखित दो प्रकार के अवयवों का प्रयोग (use) होता है—

(i) सक्रिय अवयव (Active elements), जैसे—वोल्टता (V), धारा (I), शक्ति (P) आदि, जो परिपथ को ऊर्जा प्रदान करते हैं।

(ii) निष्क्रिय अवयव (Passive elements), जैसे—प्रतिरोधक (R), प्रेरक (L), संधारित्र (C) आदि, जो परिपथ में ऊर्जा ग्रहण (प्राप्त) करते हैं।

प्र० धा० श्रेणी परिपथ में सभी प्रकार के अवयव परस्पर श्रेणी क्रम में सम्बद्ध रहते हैं; इसलिए इन सभी अवयवों में एकसमान (uniform) धारा प्रवाहित होती है; परन्तु प्रत्येक अवयव के आरपार (across) वोल्टता, उनके ओह्मिक मान के अनुसार, पृथक्-पृथक् होती है। इस प्रकार धारा का केवल एक ही सदिश होता है, जबकि वोल्टता के एक या एक से अधिक कई सदिश होते हैं, जो अवयवों की संख्या पर निर्भर करते हैं।

इस परिपथ का सदिश आरेख खीचते समय, धारा सदिश की आधार रेखा (base line) अर्थात् संदर्भ रेखा (reference line-OX) पर ली जाती है और फिर इसके सापेक्ष, वोल्टता सदिशों को नियमानुसार खींचकर, परिणामी वोल्टता के सदिश को प्राप्त (ज्ञात) किया जाता है, जो धारा सदिश के सापेक्ष एक निश्चित मान का कला कोण (phase angle) बनाता है। इसको प्राय: θ या ϕ अर्थात् दोनों में से किसी एक प्रतीक से अंश मात्रक (degree unit) में व्यक्त किया जाता है।

प्रस्तुत अध्याय में सदिश विधि (vector method) अर्थात् फेजर मेथड द्वारा विभिन्न प्रकार के सरल प्र० धा० श्रेणी परिपथों की सैद्धान्तिक तथा गणनात्मक रूप से व्याख्या की गई है।

1.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

प्रतिरोध (Resistance)—यह प्रतिरोधक (चालक) का वैद्युत गुण है, जो वैद्युत धारा का विरोध करता है। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में R प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। ओह्म के नियमानुसार, दिष्टधारा परिपथ में प्रतिरोध का मान, वोल्टता (V) तथा धारा (I) का अनुपात होता है। इसमें वैद्युत ऊर्जा क्षय होती है, संग्रह नहीं होती।

प्रतिघात (Reactance)—यह ऊर्जा संग्रह करने वाले अवयवों (प्रेरक तथा संधारित्र) का वैद्युत गुण है, जो धारा का विरोध करता है। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में X प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। यह निम्नलिखित दो प्रकार का होता है—

(i) प्रेरणिक प्रतिघात (Inductive reactance)—यह प्रतिरोध रहित प्रतिघातक (रिएक्टर/कॉइल/चोक) का वैद्युत गुण है, जो धारा का विरोध करता है। इसे ओह्म मात्रक में X_L प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{... सूत्र}$$

(ii) धारिता प्रतिघात (Capacitive reactance)—यह अप्रतिरोधी संधारित्र (कॉपॉसिटर/कण्डेण्सर) का वैद्युत गुण है, जो धारा का विरोध करता है। इसे ओह्म मात्रक में X_C प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{... सूत्र}$$

प्रतिबाधा (Impedance)—यह प्रतिरोध (R) तथा प्रतिघात (X) का सदिश योग है। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में Z प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{... सूत्र}$$

यहाँ पर
$$X = (X_L - X_C) \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{... सूत्र}$$

ओह्म के नियम के अनुसार, प्र० धा० परिपथ में प्रतिबाधा (Z) का मान, वोल्टता, (V) तथा धारा (I) का अनुपात होता है।

चालकत्व अथवा संवाहकत्व (Conductance)—यह प्रतिरोध (R) का विलोम (reciprocal) होता है। इसे म्हो (mho) मात्रक में G प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$G = \frac{1}{R} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

आग्राहिता या अनुकार्यता (Susceptance)—यह प्रतिघात (X) का विलोम होती है। इसे म्हो (mho) मात्रक में B प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$B = \frac{1}{X} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

प्रेरणिक अनुकार्यता (Inductive susceptance)—यह प्रेरणिक प्रतिघात (X_L) का विलोम होती है। इसे म्हो (mho) मात्रक में B_L प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$B_L = \frac{1}{X_L} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

धारिता अनुकार्यता (Capacitive susceptance)—यह धारिता प्रतिघात (X_C) का विलोम होती है। इसे म्हो (mho) मात्रक में B_C प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$B_C = \frac{1}{X_C} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

प्रवेश्यता (Admittance)—यह प्रतिबाधा (Z) का विलोम होती है। इसे म्हो (mho) मात्रक में Y प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$Y = \frac{1}{Z} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

तथा
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left\{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2\right\}} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

$$Y = \sqrt{(G^2 + B^2)} \text{ म्हो (mho)} \quad \text{... सूत्र}$$

इस प्रकार प्रवेश्यता (Y) का मान, चालकत्व (G) तथा प्रतिकार्यता (B) के सदिश योग के तुल्य होता है।

1.3. प्रत्यावर्तीधारा परिपथों में प्रयुक्त अवयव (Elements used in A. C. Circuits)

प्रत्यावर्तीधारा परिपथों में निम्नलिखित तीन प्रकार के अवयवों को प्रयोग किया जाता है—

प्रथम-प्रतिरोध (Resistor)—इसे ओह्म (Ω) मात्रक में R प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

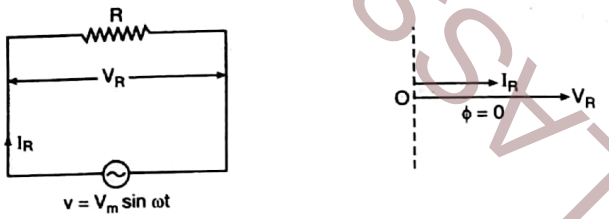
द्वितीय-प्रेरक (Inductor)—इसे हेनरी (H) मात्रक में L प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

तृतीय-संधारित्र (Capacitor or Condensor)—इसे फेरेड (F) मात्रक में C प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
5 / 235

प्रत्यावर्तीधारा परिपथ के इन तीनों अवयवों को स्थिरांकों (constants) तथा प्राचलों (parameters) के नामों से भी जाना जाता है। इन्हीं तीनों अवयवों के विभिन्न प्रकार के संयोगों (combinations) से भिन्न-भिन्न प्रकार के प्रत्यावर्तीधारा परिपथों का निर्माण होता है, जिनका अध्ययन इस अध्याय में किया जायेगा। इस अध्ययन से विदित होगा कि किसी प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में प्रत्यावर्ती विभवान्तर (V) तथा प्रवाहित प्रत्यावर्तीधारा (I) के बीच कलान्तर (ϕ) का मान प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की प्रकृति पर निर्भर करता है और प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की प्रकृति उसमें प्रयुक्त अवयवों के सदिश अभिलक्षणों (vector characteristics) पर निर्भर करती है।

1.4. शुद्ध प्रतिरोधक परिपथ (Pure Resistive Circuit)



चित्र 1.1–शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor digram)।

चूँकि प्रयुक्त प्र० धा० स्रोत की तात्क्षणिक वोल्टता (instantaneous voltage)

$$v = V_m \sin \omega t \qquad \text{... वोल्टता समीकरण (i)}$$

इसलिए प्र० धा० परिपथ में प्रवाहित तात्क्षणिक धारा (instantaneous current)

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_m}{R} \sin \omega t \qquad \text{... धारा समीकरण (ii)}$$

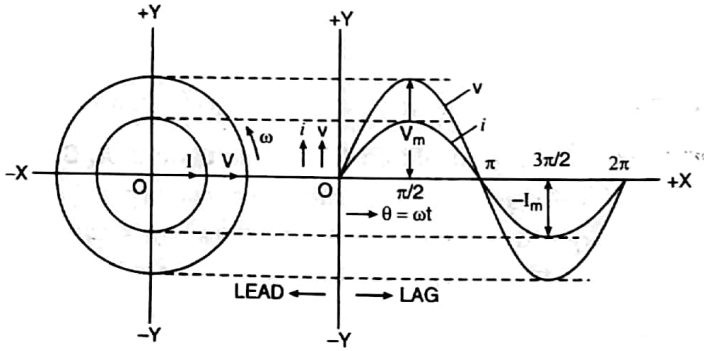
उपर्युक्त समीकरण (ii) में $\omega t = \pi / 2$ रखने पर प्राप्त सूत्र

$$i = \frac{V_m}{R} = I_m \quad \text{(अधिकतम धारा)} \qquad \text{...सूत्र (iii)}$$

उपर्युक्त सूत्र (iii) का मान, धारा समीकरण (ii) में रखने पर प्राप्त समीकरण

$$i = I_m \sin \omega t \qquad \text{... धारा समीकरण (iv)}$$

उपर्युक्त समीकरण (i) तथा समीकरण (iv) के तुलनात्मक अध्ययन से स्पष्ट है कि शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ में प्रयुक्त प्रत्यावर्तीवोल्टता (v) तथा प्रवाहित प्रत्यावर्तीधारा (i), सदैव समान कला (same phase) में रहती है; अर्थात् दोनों में कलान्तर (phase difference) का मान शून्य रहता है ($i.e. \angle\phi = 0$).



चित्र 1.2–शुद्ध प्रतिरोध हेतु घूर्णी कलीयारेख तथा तरंगारेख (wave digram)।

सूत्र (iii) द्वारा अधिकतम धारा (maximum current)

$$I_m = \frac{V_m}{R} \qquad \text{... सूत्र (v)}$$

तथा प्रतिरोधक परिपथ का वैद्युत प्रतिरोध (resistance)

$$R = \frac{V_m}{I_m} \qquad \text{... सूत्र (vi)}$$

वैद्युत शक्ति का परिकलन (Calculation of electric power)

तात्क्षणिक शक्ति, $p = v \times i$ (मान रखने पर)

$$p = V_m \sin \omega t \times I_m \sin \omega t$$

$$p = V_m I_m \sin^2 \omega t \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$p = \frac{1}{2} V_m I_m \times (2 \sin^2 \omega t) \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$p = \frac{1}{2} V_m I_m (1 - \cos 2\omega t) \quad \text{(गुणा करने पर)}$$

$$p = \frac{1}{2} V_m I_m - \frac{1}{2} V_m I_m \cos 2\omega t \qquad \text{... व्यंजक (vii)}$$

उपर्युक्त व्यंजक (vii) द्वारा एक पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m - \frac{1}{2} V_m I_m \int_0^{2\pi} \cos 2\omega t dt \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m - 0 \text{ (zero)} \quad \text{(विभक्त करने पर)}$$

$$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$P = V_{r.m.s} \times I_{r.m.s.}$$

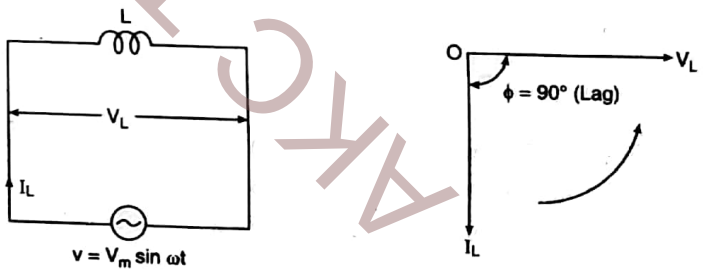
$$P = V \cdot I \text{ वॉट } (W) \qquad \text{... सूत्र (viii)}$$

अत: शुद्ध प्रतिरोधी प्र० धा० परिपथ में शक्ति (P) का मान, प्रभावी वोल्टता (V) तथा प्रभावी धारा (I) का गुणनफल होता है। इस प्रकार यहाँ पर शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान एकांक सिद्ध होता है।

1.5. शुद्ध प्रेरणिक परिपथ (Pure Inductive Circuit)

चूँकि प्र० धा० स्रोत की तात्कालिक वोल्टता (instantaneous voltage)

$$v = V_m \sin \omega t \qquad \text{...वोल्टता समीकरण (i)}$$



चित्र 1.3–शुद्ध प्रेरणिक परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor digram)।

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
6 / 235

इसलिए प्र० धा० परिपथ में प्रवाहित तात्कालिक धारा (instantaneous current)

$$i = \frac{1}{L}\int v.dt \qquad (v \text{ का मान रखने पर})$$

$$i = \frac{V_m}{L}\int \sin \omega t.dt \qquad (\text{हल करने पर})$$

$$i = -\frac{V_m}{\omega L}\cos \omega t \qquad (\cos \omega t \text{ का मान रखने पर})$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad \text{... धारा समीकरण (ii)}$$

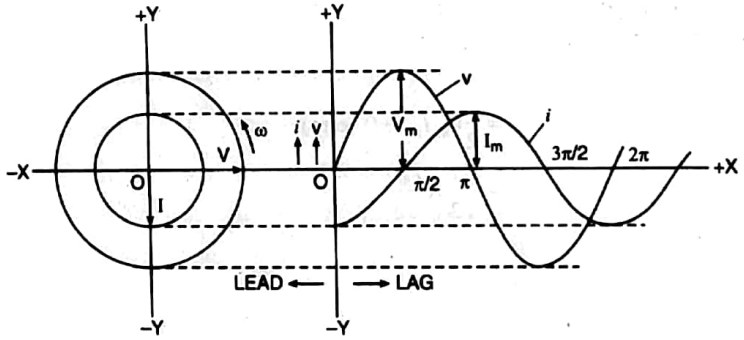
i का अधिकतम मान ज्ञात करने के लिए उक्त समीकरण (ii) में $(\omega t - \pi/2) = \pi/2$ अर्थात् $\omega t = \pi$ रखने पर

$$i = \frac{V_m}{\omega L} = I_m \quad (\text{अधिकतम धारा}) \qquad \text{... सूत्र (iii)}$$

उक्त सूत्र (iii) का मान, धारा समीकरण (ii) में रखने पर प्राप्त समीकरण

$$i = I_m \sin(\omega t - \pi/2) \qquad \text{... धारा समीकरण (iv)}$$

उपर्युक्त समीकरण (i) तथा समीकरण (iv) के तुलनात्मक अध्ययन से स्पष्ट है कि शुद्ध प्रेरणिक परिपथ में प्रवाहित प्रत्यावर्तीधारा (i), सदैव प्रयुक्त प्रत्यावर्तीवोल्टता (v) से 90° पश्चगामी होती है; अर्थात् दोनों में कलान्तर का मान 90° रहता है।



चित्र 1.4–शुद्ध प्रेरक हेतु घूर्णी कलीयारेख तथा तरंगारेख (wave digram)।

सूत्र (iii) द्वारा अधिकतम धारा (maximum current)

$$I_m = \frac{V_m}{\omega \cdot L} \text{ ऐम्पियर (A)} \qquad \text{... सूत्र}$$

तथा प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

$$X_L = \omega \cdot L = \frac{V_m}{I_m} \text{ ओह्म } (\Omega) \qquad \text{... सूत्र}$$

वैद्युत शक्ति का परिकलन (Calculation of electric power)

तात्कालिक शक्ति (p) = तात्कालिक वोल्टता (v) × तात्कालिक धारा (i)

$$p = V_m \sin \omega t \times I_m \sin(\omega t - \pi/2) \qquad (\text{हल करने पर})$$

$$p = -V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t \qquad (\text{व्यवस्थित करने पर})$$

$$p = -\frac{1}{2}V_m I_m \times (2\sin \omega t \cos \omega t) \qquad (\text{मान रखने पर})$$

$$p = -\frac{1}{2}V_m I_m \sin 2\omega t \qquad \text{... व्यंजक } (v)$$

उपर्युक्त व्यंजक (v) द्वारा एक पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$$P = -\frac{1}{2}V_m I_m \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \qquad (\text{हल करने पर})$$

$$= 0 (\text{zero}) \qquad \text{परिणाम (result)}$$

अत: प्रत्यावर्तीधारा शुद्ध प्रेरणिक परिपथ में वैद्युत शक्ति (P) का मान, शून्य होता है। इस प्रकार शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान भी शून्य सिद्ध होता है; क्योंकि कलान्तर (ϕ) का मान 90° है।

1.6. शुद्ध धारिता परिपथ (Pure Capacitive Circuit)

चूँकि प्रयुक्त प्र० धा० स्रोत की तात्कालिक वोल्टता (instantaneous voltage)

$$v = V_m \sin \omega t \qquad \text{... वोल्टता समीकरण (i)}$$

इसलिए प्र० धा० परिपथ में प्रवाहित तात्कालिक धारा (instantaneous. current)

$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt} \qquad (\text{जहाँ } Cv = q)$$

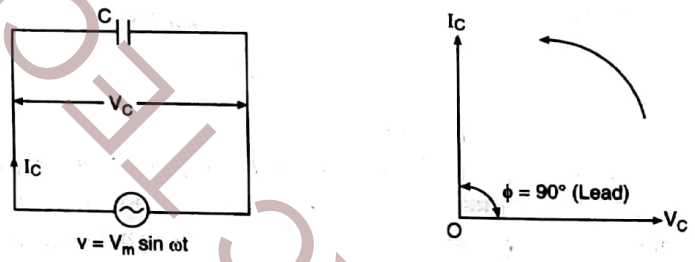
$$i = C\frac{d}{dt}(V_m \sin \omega t); \qquad (\text{व्यवकलित करने पर})$$

$$i = \omega C V_m \cos \omega t \qquad (\text{मान रखने पर})$$

$$i = \omega C V_m \sin(\omega t + \pi/2) \qquad \text{... समीकरण (ii)}$$

i का अधिकतम मान ज्ञात करने के लिए उपर्युक्त धारा समीकरण (ii) में $(\omega t + \pi/2) = \pi/2$ अर्थात् $\omega t =$ zero रखने पर

$$i = \omega C V_m = I_m \qquad \text{... सूत्र (iii)}$$



चित्र 1.5–शुद्ध धारिता परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor digram)।

उक्त सूत्र (iii) का मान, धारा समीकरण (ii) में रखने पर

$$i = I_m \sin(\omega t + \pi/2) \qquad \text{... धारा समीकरण (iv)}$$

उपर्युक्त समीकरण (i) तथा समीकरण (iv) के तुलनात्मक अध्ययन से स्पष्ट है कि शुद्ध धारिता परिपथ में प्रवाहित प्रत्यावर्तीधारा (i), सदैव प्रयुक्त प्रत्यावर्तीवोल्टता (v) से 90° अग्रगामी (leading) रहती है; अर्थात् दोनों में कलान्तर 90° रहता है।

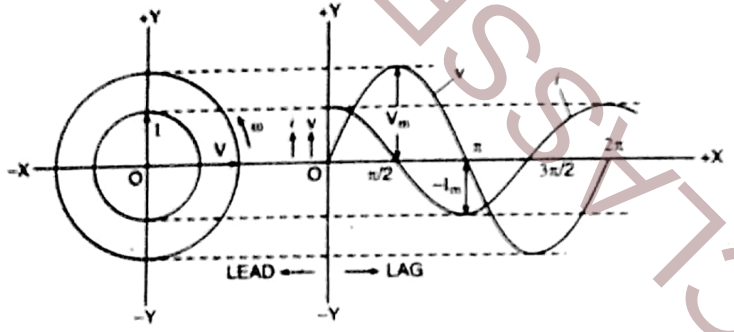
TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
7 / 235

सूत्र (iii) द्वारा अधिकतम धारा (maximum current)

$$I_m = \omega C V_m \quad \text{... सूत्र}$$

तथा धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{V_m}{I_m} \quad \text{... सूत्र}$$



चित्र 1.6–शुद्ध संधारित्र हेतु घूर्णी कलीयरेख तथा तरंगारेख (wave digram)।

वैद्युत शक्ति का परिकलन (Calculation of electrical power)

तात्कालिक शक्ति (p) = तात्कालिक वोल्टता (v) × तात्कालिक धारा (i)

$$p = V_m \sin \omega t \times I_m \sin(\omega t + \pi/2) \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot V_m I_m \times (2 \sin \omega t \cos \omega t) \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{1}{2} V_m I_m \sin 2\omega t \quad \text{... व्यंजक (v)}$$

उपर्युक्त व्यंजक (v) द्वारा एक पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \cdot dt, \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= 0 \text{ (zero)} \quad \text{परिणाम (result)}$$

अत: प्र० धा० शुद्ध धारिता परिपथ मे शक्ति (P) का मान, शून्य होता है। इस प्रकार शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान भी शून्य सिद्ध होता है; क्योंकि कलान्तर (ϕ) का मान 90° है।

तालिका–प्र० धा० परिपथों में प्रयुक्त $R-L-C$ अवयवों का संक्षिप्त तुलनात्मक अध्ययन

क्र० सं०	अध्ययन के लिए कारक	प्र० धा० परिपथों में प्रयुक्त अवयवों का संक्षिप्त तुलनात्मक विवरण		
1.	अवयवों के नाम (Name)	प्रतिरोधक (Resistor)	प्रेरक (Inductor)	संधारित्र (Capacitor)
2.	गुण का नाम (Name)	प्रतिरोध (Resistance)	प्रेरकत्त्व (Inductance)	धारिता (Capacitance)
3.	प्रतीक (Symbols)	आर (R)	एल (L)	सी (C)

4.	मात्रक (Units)	ओह्म (Ω)	हेनरी (H)	फेरेड (F)
5.	सम्बन्धित मात्रक (Concerning units)	$1\,k\Omega = 10^3\,\Omega$ $1\,M\Omega = 10^6\,\Omega$	$1\,mH = 10^{-3}\,H$ $1\,\mu H = 10^{-6}\,H$	$1\,\eta F = 10^{-9}\,F$ $1\,pF = 10^{-12}\,F$
6.	ओह्मिक मान प्रतीक	R—ओह्म (Ω)	X_L—ओह्म (Ω)	X_C—ओह्म (Ω)
7.	ω के रूप में ओह्मिक मान	R—ओह्म (Ω)	$\omega \cdot L$—ओह्म (Ω)	$\frac{1}{\omega C}$—ओह्म (Ω)
8.	f के रूप में ओह्मिक मान	R—ओह्म (Ω)	$2\pi f \cdot L$—ओह्म (Ω)	$\frac{1}{2\pi f \cdot C}$—ओह्म (Ω)
9.	ओह्मिक मान का उच्चारण (pronunciation)	प्रतिरोधक प्रतिघात (resistive reactance)	प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)	धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)
10.	धारा का प्रतीक	I_R—ऐम्पियर (A)	I_L—ऐम्पियर (A)	I_C—ऐम्पियर (A)
11.	वोल्टता का मान	$V_R = I_R R$ वोल्ट (V)	$V_L = I_L X_L$ वोल्ट (V)	$V_C = I_C X_C$ वोल्ट (V)
12.	प्रतिबाधा का प्रतीक व मान	$Z = R$ ओह्म (Ω)	$Z = X_L = \omega L$ $= 2\pi fL\Omega$	$Z = X_C = \frac{1}{\omega C}$ $= \frac{1}{2\pi fC}\Omega$
13.	कलाकोण (P. A.)	$\phi = 0°$ समकला	$\phi = 90°$ पश्च (lag)	$\phi = 90°$ अग्र (lead)
14.	शक्तिगुणक (P. F.)	$\cos\phi = 1$ स्थायी	$\cos\phi = 0$ पश्चगामी	$\cos\phi = 0$ अग्रगामी
15.	प्रतिघाती गुणांक (R.F.)	$\sin\phi = 0$ स्थायी	$\sin\phi = 1$ पश्चगामी	$\sin\phi = 1$ अग्रगामी
16.	सदिश अभिलक्षण (vector characteristics)	वोल्टता व धारा में समान कला अभिलक्षण (same phase characteristics)	वोल्टता से धारा 90° पश्चगामी अभिलक्षण (90° current lagging characteristics)	वोल्टता से धारा 90° अग्रगामी अभिलक्षण (90° current leading characteristics)

1.7. प्रतिरोध-प्रेरकत्व श्रेणी परिपथ (R-L Series Circuit)

(i) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)

प्रतिरोधक का प्रतिरोध (resistance) = R ओह्म (Ω)

प्रेरक का प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

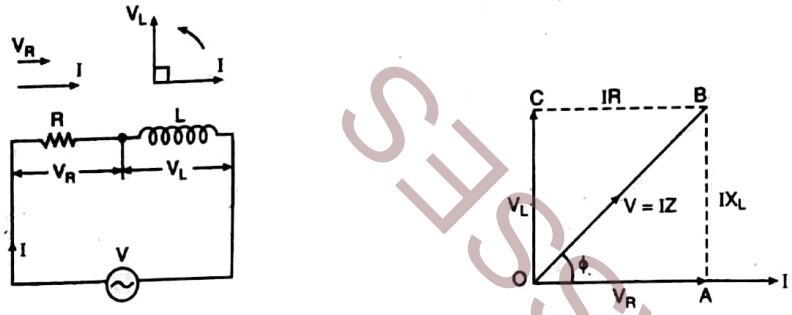
$$X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L \text{ ओह्म (Ω)} \quad \text{... सूत्र}$$

(ii) वोल्टतापातों का परिकलन (Calculation of voltage drops)

प्रतिरोधी वोल्टतापात (resistive voltage drop)

$$V_R = IR \text{ वोल्ट (volt)} \quad \text{... सूत्र}$$

PHYSICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
8 / 235



चित्र 1.7–RL श्रेणी परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor digram)।

प्रतिघाती वोल्टतापात (reactive voltage drop)

$$V_L = IX_L \text{ वोल्ट (volt)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(iii) परिणामी वोल्टता का परिकलन (Calculation of resultant voltage) कलीय आरेख द्वारा—

$$V^2 = (V_R^2 + V_L^2) \qquad \text{(वर्गमूल लेने पर)}$$

$$V = \sqrt{(V_R^2 + V_L^2)} \text{ वोल्ट (volt)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(iv) प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance)—उपर्युक्त परिणामी वोल्टता सूत्र में वोल्टतापातों के मान रखने पर

$$IZ = \sqrt{\{(IR)^2 + (IX_L)^2\}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \qquad \text{...सूत्र}$$

(v) धारा का परिकलन (Calculation of current)

$$\text{धारा } (I) = \frac{\text{परिणामी वोल्टता } (V)}{\text{कुल प्रतिबाधा } (Z)}, \text{ ऐम्पियर (A)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(vi) कलाकोण का परिकलन (Calculation of phase angle)—कलीय आरेख द्वारा—

$$\tan\phi = \frac{V_L}{V_R} \qquad \text{अथवा} \qquad \frac{X_L}{R} \qquad \text{(मात्रकरहित राशि)}$$

$$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\frac{V_L}{V_R} \qquad \text{अथवा} \qquad \tan^{-1}\frac{X_L}{R} \text{ अंश} \qquad \text{... सूत्र}$$

(vii) शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor)—कलीय आरेख द्वारा—

$$\cos\phi = \frac{V_R}{V} \qquad \text{अथवा} \qquad \frac{R}{Z} \qquad \text{... सूत्र}$$

(viii) प्रतिघातीगुणक का परिकलन (Calculation of reactive factor)—कलीय आरेख द्वारा—

$$\sin\phi = \frac{V_L}{V} \qquad \text{अथवा} \qquad \frac{X_L}{Z} \qquad \text{... सूत्र}$$

(ix) वैद्युत शक्ति का परिकलन (Calculation of electric power)

वैद्युत शक्ति = वोल्टता × धारा × शक्तिगुणक

$$P = VI\cos\phi \text{ वाट (watt)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(x) प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of reactive power)

प्रतिघातीशक्ति = वोल्टता × धारा × प्रतिघातीगुणक

$$P_r = VI\sin\phi \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)} \qquad \text{...सूत्र}$$

(xi) आभासी शक्ति का परिकलन (Calculation of apparent power)

आभासी शक्ति = वोल्टता × धारा

$$P_a = VI \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (V A)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(xii) शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of power loss)

शक्तिहानि = (प्रतिरोधक धारा)^2 × प्रतिरोध

$$P_{loss} = I^2R \text{ वाट (watt)} \qquad \text{... सूत्र}$$

(xiii) प्रतिरोधी-प्रेरणिक परिपथ में शक्ति-व्यंजक (Power derivation in *R-L* Circuit)

चूँकि तात्कालिक शक्ति = ता० वोल्टता (v) × ता० धारा (i)

$$p = V_m \sin\omega t \times I_m \sin(\omega t - \phi) \qquad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= V_m I_m \{\sin\omega t \times \sin(\omega t - \phi)\} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= V_m I_m \frac{\{\cos\phi - \cos(2\omega t - \phi)\}}{2}$$

$$= \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi - \frac{1}{2}V_m I_m \cos(2\omega t - \phi)$$

इसलिए एक पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$$P = \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi - \frac{1}{2}V_m I_m \int_0^{2\pi} \cos(2\omega t - \phi)\,dt$$

$$= \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi - 0 \text{ (zero).} \qquad \text{(विभक्त करने पर)}$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \cos\phi \qquad \text{(वास्तविक मान रखने पर)}$$

$$= V_{rms} \times I_{rms} \times \cos\phi$$

$$= P = VI\cos\phi \text{ वाट} \qquad \text{...सूत्र}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग
(Application of formulae)

उदाहरण 1—एक परिपथ में प्रतिरोध *R* तथा प्रेरकत्व *L* श्रेणी में सम्बद्ध हैं। जब इनको 200 V, 50 Hz की सप्लाई से जोड़ा जाता है, तो 300 W की शक्ति लेता है और प्रतिरोध के सिरों के आरपार वोल्टतापात 100 V की होती है। *R* व *L* का मान तथा परिपथ का शक्तिगुणक ज्ञात कीजिये। इसके लिए परिपथ तथा कलीय आरेख भी खींचिये।

(B. T. E. 1992)

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
9 / 235

हल : इससे सम्बन्धित परिपथ तथा कलीय आरेख पूर्व चित्र 1.7 में प्रदर्शित किया गया है। कलीय आरेख के अनुसार

$$V_L = \sqrt{(V^2 - V_R^2)} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{(40000 - 10000)} = 173{\cdot}2 \text{ वोल्ट}$$

$$\cos\phi = \frac{V_R}{V} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2} = \mathbf{0{\cdot}5} \qquad \text{उत्तर}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} = \frac{300}{200 \times 0{\cdot}5} = 3 \text{ ऐम्पियर}$$

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{100}{3} = \mathbf{33{\cdot}33 \text{ ओह्म}} \qquad \text{उत्तर}$$

$$X_L = \frac{V_L}{I} = \frac{173{\cdot}20}{3} = 57{\cdot}734 \text{ ओह्म}$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{57{\cdot}734}{2 \times 3{\cdot}14 \times 50} = \mathbf{0{\cdot}184 \text{ हेनरी}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2—एक वैद्युत परिपथ में $14{\cdot}14 \sin(\omega t - \pi/3)$ ऐम्पियर की धारा प्रवाहित होती है, जब उसको $141{\cdot}4 \sin \omega t$ वोल्ट की वोल्टता प्रदान की जाती है। परिपथ का शक्तिगुणक व शक्ति तथा प्रतिबाधा ज्ञात कीजिये। यह भी बताइये कि शक्तिगुणक पश्चगामी होगा अथवा अग्रगामी। ***(B. T. E. 1995)***

हल : उपर्युक्त गणनात्मक प्रश्न में दिये गये समीकरणों से स्पष्ट है कि वोल्टता से धारा $\pi/3$ रेडियन पश्चगामी है; इसलिए यह एक प्रेरणिक परिपथ (inductive circuit) है, जिसका कलाकोण $\phi = \pi/3 = 60°$ है।

(i) वैद्युत परिपथ का शक्तिगुणक (power factor)

$$P.F. = \cos\phi = \cos 60° = \mathbf{0{\cdot}5} \qquad \text{उत्तर}$$

(ii) वैद्युत परिपथ की सक्रिय शक्ति (active power)

$$P = VI\cos\phi \qquad \text{(विभक्त करने पर)}$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \cos\phi \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{141{\cdot}4}{\sqrt{2}} \times \frac{14{\cdot}14}{\sqrt{2}} \times \cos 60° \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= 100 \times 10 \times 0{\cdot}5 = \mathbf{500 \text{ वाट (W)}} \qquad \text{उत्तर}$$

(iii) वैद्युत परिपथ की प्रतिबाधा अर्थात् इम्पीडॉन्स (impedance)

$$Z = \frac{V}{I} \qquad \text{अथवा} \qquad \frac{V_m}{I_m} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{141{\cdot}4}{14{\cdot}14} = \mathbf{10 \text{ ओह्म } (\Omega)} \qquad \text{उत्तर}$$

चूँकि वोल्टता से धारा पश्चगामी है; इसलिए शक्तिगुणक ($\cos\phi$) भी पश्चगामी होगा।

उदाहरण 3—एक प्रेरणिक कुण्डली 225 V, 50 Hz से 7·5 A की धारा 60 डिग्री पश्चगामी कोण पर लेती है। कुण्डली की (a) प्रतिबाधा, (b) प्रतिरोध, (c) प्रतिघात तथा (d) प्रेरकत्व ज्ञात कीजिए। ***(B. T. E.)***

हल : दिया है $V = 225$ V, $f = 50$ Hz, $I = 7{\cdot}5$ A, $\phi = 60°$

(a) कुण्डली का प्रतिबाधा $\quad Z = \frac{V}{I} = \frac{225}{7{\cdot}5} = \mathbf{30\,\Omega}$ उत्तर

(b) कुण्डली का प्रतिरोध $\quad R = Z\cos\phi = 30\cos 60°$ (हल करने पर)

$30 \times 0{\cdot}5 = \mathbf{15\,\Omega}$ उत्तर

(c) कुण्डली का प्रतिघात $X = Z\sin\phi = 30\sin 60°$ (हल करने पर)

$= 30 \times 0{\cdot}866 = \mathbf{25{\cdot}98\,\Omega}$ उत्तर

अथवा $\quad X = \sqrt{(Z^2 - R^2)} = \sqrt{(900 - 225)} = \mathbf{25{\cdot}98\ \Omega}$ उत्तर

(d) कुण्डली का प्रेरकत्व $\quad L = \frac{X}{2\pi f} = \frac{25{\cdot}98}{2\pi \times 50} = \mathbf{0{\cdot}08\ H}$ उत्तर

उदाहरण 4— किसी एक प्र० धा० परिपथ में प्रेरकत्व, प्रतिघात तथा प्रभावी प्रतिरोध का मान ज्ञात कीजिए, यदि 250 V, 50 Hz की वोल्टता प्रयुक्त करने पर परिपथ में 10 ऐम्पियर की धारा तथा 750 वाट की शक्ति विसर्जित होती है।

(B. T. E. 1993)

हल : परिपथ की कुल प्रतिबाधा $Z = \frac{V}{I} = \frac{250}{10} = 25$ ओह्म

परिपथ का शक्तिगुणक $\cos\phi = \frac{P}{VI} = \frac{750}{250 \times 10} = 0{\cdot}3$

प्र० धा० परिपथ का प्रभावी प्रतिरोध (effective resistance)

$$R = Z\cos\phi = 25 \times 0{\cdot}3 = \mathbf{7{\cdot}5 \text{ ओह्म } (\Omega)} \qquad \text{उत्तर}$$

प्र० धा० परिपथ का कुल प्रतिघात (total reactance)

$$X_L = \sqrt{(Z^2 - R^2)} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{(625 - 56{\cdot}25)} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

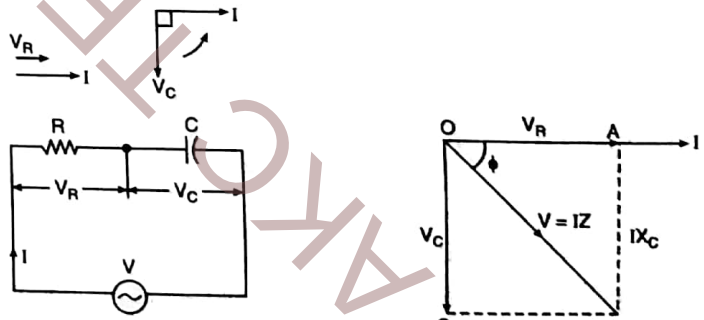
$$= \sqrt{568{\cdot}75} = \mathbf{23{\cdot}85 \text{ ओह्म } (\Omega)} \qquad \text{उत्तर}$$

परिपथ का प्रेरकत्व $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{23{\cdot}85}{2 \times 3{\cdot}14 \times 50}$ (हल करने पर)

$$= \mathbf{0{\cdot}076 \text{ हेनरी (H)}} \qquad \text{उत्तर}$$

1.8. प्रतिरोध-धारिता श्रेणी परिपथ (R-C Series Circuit)

(i) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)



चित्र 1.8–RC श्रेणी परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor digram)।

AKG TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
107 235

प्रतिरोधक का प्रतिरोध (resistance) = R ओह्म (Ω)

धारिता प्रतिघात $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ ओह्म (Ω)

(ii) वोल्टतापातों का परिकलन (Calculation of voltage drops)

प्रतिरोधक वोल्टतापात $V_R = IR$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

प्रतिघाती वोल्टतापात $V_C = IX_C$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

(iii) परिणामी वोल्टता का परिकलन (Calculation of resultant voltage)—कलीय आरेख द्वारा

$V^2 = V_R^2 + V_C^2$ (वर्गमूल लेने पर)

$V = \sqrt{(V_R^2 + V_C^2)}$ वोल्ट (volt) ...(सूत्र)

(iv) प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance)

उपर्युक्त परिणामी वोल्टता सूत्र में वोल्टतापातों का मान रखने पर

$IZ = \sqrt{\{(IR)^2 + (IX_C)^2\}}$ (हल करने पर)

$IZ = I\sqrt{(R^2 + X_C^2)}$ (हल करने पर)

$Z = \sqrt{(R^2 + X_C^2)}$ ओह्म (Ω) ... सूत्र

(v) धारा का परिकलन (Calculation of current)

धारा $(I) = \frac{\text{परिणामी वोल्टता } (V)}{\text{परिपथ प्रतिबाधा } (Z)}$, ऐम्पियर (मात्रक) ... सूत्र

(vi) कलाकोण का परिकलन (Calculation of phase angle)—कलीय आरेख द्वारा

$\tan\phi = \frac{V_C}{V_R}$ अथवा $\frac{X_C}{R}$ (मात्रकरहित राशि)

$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\frac{V_C}{V_R}$ अथवा $\tan^{-1}\frac{X_C}{R}$ ... सूत्र

(vii) शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor)—कलीय आरेख द्वारा

$\cos\phi = \frac{V_R}{V}$ अथवा $\frac{R}{Z}$ ... सूत्र

(viii) प्रतिघाती गुणक का परिकलन (Calculation of reactive factor)—कलीय आरेख द्वारा

$\sin\phi = \frac{V_C}{V}$ अथवा $\frac{X_C}{Z}$ ... सूत्र

(ix) सक्रिय शक्ति का परिकलन (Calculation of active power)

$P = VI\cos\phi$ वाट (watt) ... सूत्र

(x) प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of reactive power)

$P_r = VI\sin\phi$ वो० ऐ० रि० (VAR) ... सूत्र

(xi) आभासी शक्ति का परिकलन (Calculation of apparent power)

$P_a = VI$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA) ... सूत्र

(xii) शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of power loss)

$P_{loss} = I^2R$ वॉट (watt) ... सूत्र

(xiii) प्रतिरोध-धारिता परिपथ में शक्ति-व्यंजक (Power derivation in R-C Circuit)

चूँकि तात्कालिक शक्ति p = ता० वोल्टता (v) × ता० धारा (i)

$p = V_m \sin\omega t \times I_m \sin(\omega t + \phi)$ (व्यवस्थित करने पर)

$= V_m I_m [\sin\omega t \times \sin(\omega t + \phi)]$ (हल करने पर)

$= V_m I_m \left\{\frac{\cos\phi + \cos(2\omega t + \phi)}{2}\right\}$

$= \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi + \frac{1}{2}V_m I_m \cos(2\omega t + \phi)$ व्यंजक

इसलिए पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$P = \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi + \frac{1}{2}V_m I_m \int_0^{2\pi} \cos(2\omega t + \phi)\,dt$

$P = \frac{1}{2}V_m I_m \cos\phi + 0$ (zero) (विभक्त करने पर)

$P = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \cos\phi$ (वास्तविक मान रखने पर)

$P = V_{rms} \times I_{rms} \times \cos\phi$

$P = V.I.\cos\phi$ वाट ... सूत्र

उदाहरण 1—उपर्युक्त प्रतिरोध-धारिता श्रेणी परिपथ में $R = 12\,\Omega$, $C = 1/500\pi$ farad, $V = 130$ V तथा $f = 50$ Hz. मानते हुये सम्पूर्ण आँकड़ों को परिकलित (calculate) कीजिए।

हल—(i) प्र० धा० श्रेणी परिपथ की धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{500\pi}{2\pi \times 50} = 5\,\Omega$ **उत्तर**

(ii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ की प्रतिबाधा (impedance)

$Z = \sqrt{\{(R^2 + X_C^2)\}} = \sqrt{\{(144 + 25)\}} = 13\,\Omega$ **उत्तर**

(iii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ में प्रवाहित होने वाली धारा (current)

$I = \frac{V}{Z} = \frac{130}{13} = 10$ A **उत्तर**

(iv) प्रतिरोधक के आरपार वोल्टतापात (voltage drop across R)

$V_R = I.R. = 10 \times 12 = 120$ V **उत्तर**

PMC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
11 / 235

(v) संधारित्र के आरपार वोल्टतापात (voltage drop across C)

$$V_C = 10\times5 = \mathbf{50\ V}$$ उत्तर

(vi) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का कलाकोण (phase angle)

$$\phi = \tan^{-1}\frac{X}{R} = \tan^{-1}\frac{5}{12} = \mathbf{22\cdot62^\circ}$$ उत्तर

(vii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{13} = \mathbf{0\cdot923}$$ उत्तर

(viii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi = \frac{X}{Z} = \frac{5}{13} = \mathbf{0\cdot385}$$ उत्तर

(ix) प्र० धा० परिपथ की वास्तविक शक्ति (active power)

$$P = V.I.\cos\phi = \frac{130\times10\times12}{13} = \mathbf{1200\ W}$$ उत्तर

(x) प्र० धा० परिपथ की प्रतिघाती शक्ति (reactive power)

$$P_r = V.I.\sin\phi = \frac{130\times10\times5}{13} = \mathbf{500\ VAR}$$ उत्तर

(xi) प्र० धा० परिपथ की आभासी शक्ति (apparent power)

$$P_a = V.I. = 130\times10 = \mathbf{1300\ VA}$$ उत्तर

(xii) प्र० धा० परिपथ में शक्ति-हानि (power loss)

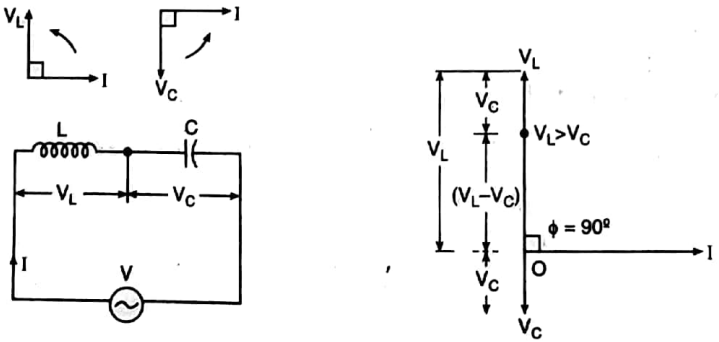
$$P_{loss} = I^2.R = 100\times12 = \mathbf{1200\ W}$$ उत्तर

1.9. प्रेरकत्व-धारिता श्रेणी परिपथ (*L-C* Series Circuit)

(i) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)

प्रेरणिक प्रतिघात; $X_L = \omega\cdot L = 2\pi fL$ ओह्म (Ω) ... सूत्र

धारिता प्रतिघात; $X_C = \dfrac{1}{\omega\cdot C} = \dfrac{1}{2\pi f\cdot C}$ ओह्म (Ω) ... सूत्र



चित्र 1.9–LC श्रेणी परिपथ तथा इसका कलीय आरेख (phasor diagram)।

(ii) वोल्टतापातों का परिकलन (Calculation of voltage drops)

प्रेरणिक प्रतिघात वोल्टतापात $V_L = IX_L$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

धारिता प्रतिघात वोल्टतापात $V_C = IX_C$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

(iii) परिणामी वोल्टता का परिकलन (Calculation of resultant voltage)

कलीय आरेख द्वारा $V = (V_L - V_C)$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

(iv) प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance)

उपर्युक्त परिणामी वोल्टता सूत्र में वोल्टतापातों का मान रखने पर

$$V = (IX_L - IX_C)$$ (हल करने पर)

$$\frac{V}{I} = (X_L - X_C)$$ (मान रखने पर)

$$Z = (X_L - X_C) = X$$ ओह्म (Ω) ... सूत्र

(v) श्रेणी परिपथ में धारा का परिकलन (Calculation of current)

$$\text{धारा } (I) = \frac{\text{परिणामी वोल्टता } (V)}{\text{परिपथ प्रतिबाधा } (Z)}, \text{ ऐम्पियर (मात्रक)}$$ ... सूत्र

(vi) श्रेणी परिपथ में कलाकोण का परिकलन (Calculation of phase angle)

कलीय आरेख द्वारा $\tan\phi = \dfrac{V_L - V_C}{\text{zero}} = \infty$ (infinite)

$\therefore$ $\phi = \tan^{-1}\infty = 90^\circ = \pi/2$ रेडियन (rad.) ... सूत्र

(vii) श्रेणी परिपथ में शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor)

$$\cos\phi = \frac{\text{zero}}{V} = 0.\ \text{(zero)}$$ ... सूत्र

(viii) श्रेणी परिपथ में प्रतिघातीगुणक का परिकलन (Calculation of reactive factor)

कलीय आरेख द्वारा $\sin\phi = \dfrac{V_L - V_C}{V} = \dfrac{V}{V} = 1$ (unity) ... सूत्र

(ix) श्रेणी परिपथ में सक्रिय शक्ति का परिकलन (Calculation of active power)

$$P = V.I.\cos\phi = 0\,(\text{zero})$$ ... सूत्र

(x) श्रेणी परिपथ में प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of reactive power)

$$P_r = V.I.\sin\phi = V.I.\ \text{वो० ऐ० रि० (VAR)}$$ ... सूत्र

(xi) श्रेणी परिपथ में आभासी शक्ति परिकलन (Calculation of apparent power)

$$P_a = V.I.\ \text{वोल्ट-ऐम्पियर (VA)}$$ ... सूत्र

(xii) श्रेणी परिपथ में शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of power loss)

$$P_{loss} = I^2R = 0\ (\text{zero})\ \text{वाट (W)}$$ ... सूत्र

(xiii) प्रेरकत्व-धारिता परिपथ में शक्ति-व्यंजक (Power derivation in L-C Circuit)

चूँकि तात्कालिक शक्ति (p) = ता० वोल्टता (v) × ता० धारा (i)

$$p = V_m\sin\omega t\cdot I_m\sin(\omega t - \pi/2)$$ (हल करने पर)

$$p = -V_mI_m\sin\omega t\cdot\cos\omega t$$ (व्यवस्थित करने पर)

$$p = -\frac{1}{2}V_mI_m\times(2\sin\omega t\cdot\cos\omega t)$$

MADE FOR TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
12 / 235

$$p = -\frac{1}{2} V_m I_m \sin 2\omega t \quad \text{... व्यंजक}$$

इसलिए पूर्णचक्र के लिए औसत शक्ति (average power)

$$P = -\frac{1}{2} V_m I_m \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \cdot dt \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$P = -\frac{1}{2} V_m I_m \times 0 \text{ (zero)}$$

$$P = 0 \text{ (zero)} \quad \text{परिणाम (result)}$$

(xiv) अनुनाद तथा इसकी आवृत्ति (Resonance and its frequency)

चूँकि 'प्रेरकत्व व धारिता' श्रेणी परिपथ की प्रतिबाधा (impedance)

$$Z = (X_L - X_C) = X \quad \text{... सूत्र}$$

यदि उपर्युक्त परिपथ में $X_L = X_C$ हो जाए तो प्रतिबाधा $Z = 0$ हो जाएगी और परिपथ में धारा का आयाम (मान) अनन्त हो जायेगा। यही "वैद्युत अनुनाद की स्थिति (condition of electric resonance)" कहलाएगी। तब वैद्युत अनुनाद की स्थिति में—

$$X_L = X_C \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{...(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad \text{(दोनों पक्षों का वर्गमूल लेने पर)}$$

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)} \quad (\because \omega = 2\pi f)$$

$$\therefore \quad 2\pi f = \sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)}$$

$$\therefore \quad \text{Resonance frequency } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{(LC)}} \quad \text{... सूत्र}$$

उदाहरण 1—यदि उपर्युक्त प्रेरकत्व-धारिता श्रेणी परिपथ में $L = 70$ mH, $C = \frac{1000}{\pi}\mu F$, $V = 240$ V तथा 50 Hz हो, तो सम्पूर्ण आँकड़ों को ज्ञात कीजिए।

हल—(i) परिपथ का प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 70 \times 10^{-3} = 22\,\Omega \quad \text{उत्तर}$$

(ii) परिपथ की धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{10^6}{2\pi \times 50 \times \frac{1000}{\pi}} = 10\,\Omega \quad \text{उत्तर}$$

(iii) श्रेणी परिपथ की प्रतिबाधा अर्थात् इम्पीडॉन्स (impedance)

$$Z = (X_L - X_C) = (22 - 10) = 12\,\Omega \quad \text{उत्तर}$$

(iv) श्रेणी परिपथ में प्रवाहित वैद्युत धारा (electric current)

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{240}{12} = \mathbf{20\ ऐम्पियर\ (A)} \quad \text{उत्तर}$$

(v) प्रेरकत्व के आरपार वोल्टतापात (voltage drop across inductance)

$$V_L = IX_L = 20 \times 22 = \mathbf{440\ वोल्ट\ (V)} \quad \text{उत्तर}$$

(vi) धारिता के आरपार वोल्टतापात (voltage drop across capacitance)

$$V_C = IX_C = 20 \times 10 = \mathbf{200\ वोल्ट\ (V)} \quad \text{उत्तर}$$

(vii) प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ का कलाकोण (phase angle)

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{22-10}{0}\right) = \tan^{-1}\infty = \mathbf{90°} \quad \text{उत्तर}$$

(viii) प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ का शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{0}{12} = \mathbf{0\ (शून्य)} \quad \text{उत्तर}$$

(ix) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ का प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{(22-10)}{12} = \mathbf{1\ (एकांक)} \quad \text{उत्तर}$$

(x) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की सक्रिय शक्ति (active power)

$$P = V.I.\cos\phi = 240 \times 20 \times 0 = \mathbf{0\ (शून्य)\ W} \quad \text{उत्तर}$$

(xi) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की प्रतिघाती शक्ति (reactive power)

$$P_r = V.I.\sin\phi = 240 \times 20 \times 1 = \mathbf{4800\ VAR} \quad \text{उत्तर}$$

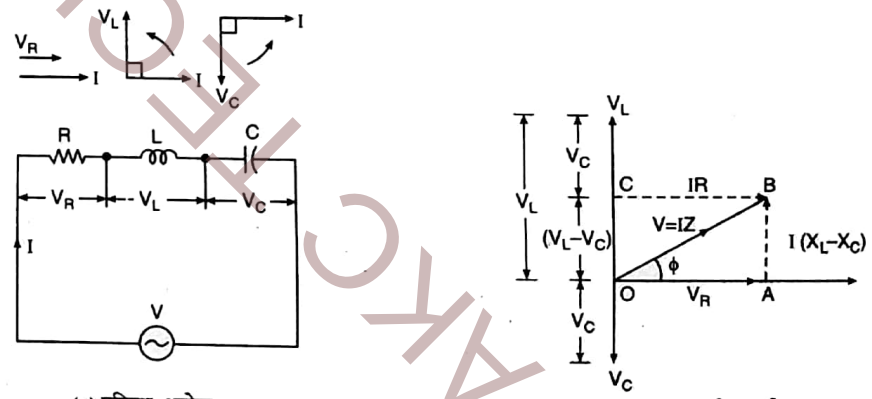
(xii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की आभासी शक्ति (apparent power)

$$P_a = V.I. = 240 \times 20 = \mathbf{4800\ VA} \quad \text{उत्तर}$$

(xiii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में शक्ति-हानि (power loss)

$$P_{loss} = I^2 \cdot R = 400 \times 0 = \mathbf{0\ (शून्य)\ W} \quad \text{उत्तर}$$

1.10. प्रतिरोध, प्रेरकत्व व धारिता श्रेणी परिपथ (*R*, *L* and *C* Series Circuit)



(a) परिपथ आरेख (b) कलीय आरेख

चित्र 1.10–RLC श्रेणी परिपथ तथा इसका कलीय आरेख।

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
13 / 235

(i) परिचय (Introduction)—उपर्युक्त प्र० धा० परिपथ में R ओह्म का प्रतिरोधक, L हेनरी का प्रेरक तथा C फेरेड का धारित्र, परस्पर श्रेणीक्रम में लगे हुये हैं। इस सम्पूर्ण सम्बन्धन के आरपार V वोल्ट की वोल्टता, f चक्र प्रति सेकण्ड (हर्ट्स) वाली आवृत्ति को धारण किये हुये लगी है।

(ii) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)

प्रतिरोध (resistor or resistance) $= R$ ओह्म (Ω)

प्रेरणिक प्रतिघात; $X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L$ ओह्म (Ω) ... सूत्र

धारिता प्रतिघात; $X_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi f \cdot C}$ ओह्म (Ω) ... सूत्र

(iii) वोल्टतापातों का परिकलन (Calculation of voltage drops)—माना कि प्रस्तुत प्र० धा० श्रेणी परिपथ में I एम्पियर की वैद्युत धारा प्रवाहित होती है। तब प्रत्येक अवयव के आरपार (across) वोल्ट में वोल्टतापात (voltage drop)

ओह्मिक प्रतिरोध के आरपार (across) वोल्टतापात (voltage drop)

$V_R = IR$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

प्रेरणिक प्रतिघात के आरपार (across) वोल्टतापात (voltage drop)

$V_L = IX_L$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

धारिता प्रतिघात के आरपार (across) वोल्टतापात (voltage drop)

$V_C = IX_C$ वोल्ट (volt) ... सूत्र

(iv) कलीय आरेख की अवधारणा (Concept of phasor diagram)—श्रेणी परिपथ में अवयवों के आरपार (across) वोल्टतापात का मान, पृथक्-पृथक् तथा प्राय: असमान होता है, जबकि सभी श्रेणीबद्ध अवयवों में प्रवाहित होने वाली वैद्युत धारा का मान, समान होता है अर्थात् श्रेणी परिपथ में समान रूप से एक ही परिमाण की धारा प्रवाहित होती है; इसलिए श्रेणी परिपथ का कलीय आरेख खींचते समय, सुगमता के लिए धारा को सदैव सन्दर्भ रेखा (reference line) पर लेते हैं, जैसा कि प्रस्तुत कलीय आरेख से स्पष्ट है। इस कलीय आरेख में वोल्टता V_C के मान से वोल्टता V_L का मान अधिक लिया गया है। अन्य सब नियमों में अवयवों की प्रकृति के अनुसार, कलीय अभिलक्षणों (phasor characteristics) का अनुगमन किया गया है।

(v) सदिश आरेख द्वारा परिणामी वोल्टता का परिकलन (Calculation of resultant voltage)

$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$ (वर्गमूल लेने पर)

$V = \sqrt{\{V_R^2 + (V_L - V_C)^2\}}$ वोल्ट ... सूत्र

अत: परिणामी वोल्टता विभिन्न अवयवों के आरपार (across), वोल्टतापात का सदिश योग है। इसे वोल्ट मात्रक में V या E किसी एक प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

(vi) प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance)—उपर्युक्त परिणामी वोल्टता सूत्र में वोल्टतापातों के मान रखने पर

$V = \sqrt{\{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2\}}$ (हल करने पर)

$V = I\sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$ (व्यवस्थित करने पर)

$\dfrac{V}{I} = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$ (चूँकि $V/I = Z$)

इसलिए $Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$ ओह्म ... सूत्र

अत: परिणामी प्रतिबाधा, विभिन्न अवयवों (R, L and C) के ओह्मिक मानों का सदिश योग है। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में Z प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

(vii) वैद्युत धारा का परिकलन (Calculation of electric current)

धारा (I) $= \dfrac{\text{परिणामी वोल्टता } (V)}{\text{परिणामी प्रतिबाधा } (Z)}$, ऐम्पियर (मात्रक) ...सूत्र

एकल कला प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथों का निष्कर्ष/सारांश
(Summary of single phase a. c. series circuits)

क्र० सं०	परिपथ के प्रकार (Type of circuits)	प्रतिबाधा (Impedance) $Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$	कलाकोण (Phase angle) $\phi = \tan^{-1}\dfrac{X_L - X_C}{R}$	शक्तिगुणक (Power factor) $\cos\phi = \dfrac{V_R}{V} = \dfrac{R}{Z}$
1.	R—परिपथ	$Z = R$ ओह्म (Ω)	$\phi = 0°$ समान कला	$\cos\phi = 1$ समगामी
2.	L—परिपथ	$Z = X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L\ \Omega$	$\phi = 90°$ पश्चगामी	$\cos\phi = 0$ पश्चगामी
3.	C—परिपथ	$Z = X_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi f \cdot C}\Omega$	$\phi = 90°$ अग्रगामी	$\cos\phi = 0$ अग्रगामी
4.	RLC—परिपथ	$Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}\Omega$	$0 < \phi < 90°$ पश्च या अग्र	$\cos\phi < 1$ पश्च या अग्र
5.	RL—परिपथ	$Z = \sqrt{(R^2 + X_L^2)}\ \Omega$	$0 < \phi < 90°$ पश्चगामी	$\cos\phi < 1$ पश्चगामी
6.	RC—परिपथ	$Z = \sqrt{(R^2 + X_C^2)}\ \Omega$	$0 < \phi < 90°$ अग्रगामी	$\cos\phi < 1$ अग्रगामी
7.	LC—परिपथ	$Z = X_L - X_C = X\ \Omega$	$\phi = 90°$ पश्च या अग्र	$\cos\phi = 0$ पश्च या अग्र

(viii) कलीय आरेख द्वारा कलाकोण का परिकलन (Calculation of phase angle)

$\tan\phi = \dfrac{V_L - V_C}{V_R}$ अथवा $\dfrac{X_L - X_C}{R}$ (मात्रकरहित राशि)

$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\dfrac{V_L - V_C}{V_R}$ अथवा $\tan^{-1}\dfrac{X_L - X_C}{R}$ अंश ... सूत्र

अत: किसी प्र० धा० परिपथ का कलाकोण, परिपथ की परिणामी वोल्टता तथा परिपथ में बहने वाली कुल धारा के बीच का सदिश कोण (vector angle) है। इसे डिग्री या रेडियन मात्रक में ϕ प्रतीकात्मक अक्षर से प्रदर्शित करते हैं, जैसा कि कलीय आरेख से स्पष्ट है।

(ix) कलीय आरेख द्वारा शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor)—कला कोण की कोज्या को शक्तिगुणक कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है। (Cosine of the phase angle is known as power factor. It is an unit-less quantity).

$\cos\phi = \dfrac{V_R}{V} = \dfrac{R}{Z}$ (मात्रकरहित राशि) ... सूत्र

अत: किसी प्र० धा० श्रेणी परिपथ का शक्तिगुणक, उस परिपथ के कुल प्रतिरोध (R) तथा कुल प्रतिबाधा (Z) का अनुपात है। इसे P.F. प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त किया जाता है। इसका अधिकतम मान एकांक (unity) होता है।

(x) कलीय आरेख द्वारा प्रतिघातीगुणक का परिकलन (Calculation of reactive factor)—कलाकोण की ज्या को प्रतिघाती गुणक कहते हैं। यह भी एक मात्रक रहित राशि है। (Sine of the phase angle is known as reactive factor. It is also an unit-less quantity).

MKG TECHNOCRAFT CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\sin\phi = \frac{V_L - V_C}{V} = \frac{X_L - X_C}{Z} \quad \text{(मात्रकरहित राशि)} \quad \text{... सूत्र}$$

अत: किसी प्र० धा० श्रेणी परिपथ का प्रतिघातीगुणक, उस परिपथ के कुल प्रतिघात (X) तथा कुल प्रतिबाधा (Z) का अनुपात है। इसे R.F. प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त करते हैं। इसका अधिकतम मान भी एकांक (unity) होता है।

(xi) शक्ति का परिकलन (Calculation of power)—यह एक शक्ति है, जिसे वॉटमीटर मापयन्त्र द्वारा मापा जाता है। इसे वाट (W), किलोवाट (kW) तथा मेगावाट (MW) मात्रकों में P अथवा W प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है। इसे प्रभावी शक्ति (effective power), क्रियात्मक शक्ति (active power), सत्य शक्ति (true power), यथार्थ शक्ति (real power), वास्तविक शक्ति (actual power), वाटयुक्त शक्ति (wattful power) आदि कई नामों से जाना जाता है।

शक्ति (power) = वोल्टता (voltage) × धारा (Current) × शक्तिगुणक ($p.f.$)

$$P = V.I.\cos\phi \text{ वाट (W)}$$

$$P = V.I.\cos\phi \times 10^{-3} \text{ किलोवाट (kW)}$$

$$P = V.I.\cos\phi \times 10^{-6} \text{ मेगावाट (MW)}$$

अत: किसी प्र० धा० परिपथ की सक्रिय शक्ति, उस परिपथ की कुल वोल्टता (V) कुल धारा (I) तथा कुल शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का गुणनफल होती है, जैसा कि उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है।

(xii) प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of reactive power)—यह वह शक्ति है, जिसे रीऑक्टिव वाटमीटर मापक यन्त्र द्वारा मापा जाता है। इसे वोल्ट-ऐम्पियर रीऑक्टिव (VAR), किलोवोल्ट-ऐम्पियर रीऑक्टिव (kVAR) तथा मेगावोल्ट ऐम्पियर रीऑक्टिव (MVAR) मात्रकों में P_r प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है। इसे वाटरहित शक्ति (watt-less power), काल्पनिक शक्ति (imaginary power) आदि नामों से भी जाना जाता है।

प्रतिघाती शक्ति (r.p.) = वोल्टता (voltage) × धारा (Current) × प्रतिघातीगुणक (r.f.)

$$P_r = VI\sin\phi \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)} \quad \text{... सूत्र}$$

$$= VI\sin\phi\, 10^{-3} \text{ किवो० ऐ० रि० (kVAR)}$$

$$= VI\sin\phi \times 0^{-6} \text{ मेवो० ऐ० रि० (MVAR)}$$

अत: किसी प्र० धा० परिपथ की प्रतिघातीशक्ति उस परिपथ की कुल वोल्टता (V), कुल धारा (I) तथा कुल प्रतिघातीगुणक ($\sin\phi$) का गुणनफल है, जैसा कि उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है।

(xiii) आभासी शक्ति का परिकलन (Calculation of apparent power)—यह वह शक्ति है, जिसे वोल्ट-ऐम्पियर वाटमीटर मापक यन्त्र द्वारा मापा जाता है। इसे वोल्ट-ऐम्पियर (VA), किलोवोल्ट-ऐम्पियर (kVA) तथा मेगावोल्ट-ऐम्पियर (MVA) मात्रकों में P_a प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है। इसे वोल्ट-ऐम्पियर शक्ति (volt ampere power), तुल्य दिष्टधारा शक्ति (equivalent d. c. power) आदि नामों से भी जाना जाता है।

आभासी शक्ति (a. p.) = कुल वोल्टता (t. v.) × कुल धारा (t. c.)

$$P_a = VI \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)} \quad \text{...सूत्र}$$

$$P_a = VI \times 10^{-3} \text{ किवो० ऐ० (kVA)}$$

$$P_a = VI \times 10^{-6} \text{ मेवो० ऐ० (MVA)}$$

अत: किसी प्र० धा० परिपथ की आभासी शक्ति, उस परिपथ की कुल वोल्टता (V) तथा कुल धारा (I) का गुणनफल होती है, जैसा कि उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है।

(xiv) शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of power loss)—यह, वह शक्ति हानि है, जिसे वाटमीटर मापक यन्त्र द्वारा मापा जाता है। इसकी मापक इकाइयाँ भी शक्ति की मापक इकाइयों के समान ही होती हैं। इसे P_{loss} प्रतीक से व्यक्त करते हैं।

शक्ति-हानि (p. l.) = प्रतिरोधी धारा का वर्ग × कुल प्रतिरोध (t. r.)

$$P_{loss} = I^2R \text{ वाट या जूल / सेकण्ड (W or J / S)} \quad \text{... सूत्र}$$

$$P_{loss} = I^2R \times 10^{-3} \text{ किलोवाट (kW)}$$

$$P_{loss} = I^2R \times 10^{-6} \text{ मेगावाट (MW)}$$

अत: किसी प्र० धा० परिपथ में शक्ति-हानि, उस परिपथ की प्रतिरोधी धारा का वर्ग (I^2), तथा कुल प्रतिरोध (R) का गुणनफल होती है।

अथवा

अत: किसी प्र० धा० परिपथ में शक्ति-हानि, उस परिपथ का कुल प्रतिरोध (R) तथा प्रतिरोध (R) से होकर बहने वाली धारा के वर्ग (I^2) का गुणनफल होती है।

(xv) श्रेणी परिपथ में शक्ति तथा शक्ति-हानि में सम्बन्ध (Relation between power and power loss in series circuit)—

$$\text{शक्ति } P = VI\cos\phi \text{ वाट (मात्रक)} \quad \text{(मानक मान रखने पर)}$$

$$= IZ \times I \times \frac{R}{Z} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= I^2R = P_{loss} \text{ (शक्ति-हानि)} \quad \text{सम्बन्ध (relation)}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—अवयवी परिपथ में शक्ति तथा शक्ति-हानि परस्पर तुल्य (equal) होती हैं।

1.11. प्र० धा० श्रेणी परिपथ में प्रतिबाधा-त्रिभुज ($Z - \Delta$ in A. C. S. C.)

(i) प्रतिबाधा $Z = \sqrt{(R^2 + X^2)}$ यहाँ पर $X^2 = (X_L - X_C)^2$

(ii) कलाकोण $\phi = \tan^{-1}\frac{X}{R}$ (X का मान रखने पर)

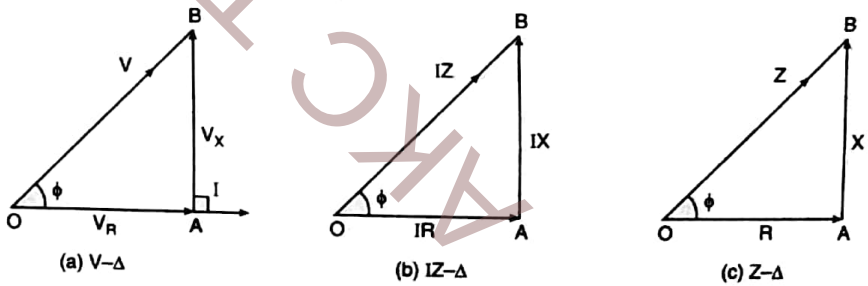
अर्थात् $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$ .... सूत्र

(iii) शक्तिगुणक $\cos\phi = \frac{R}{Z}$ (प्रतिबाधा-त्रिभुज के अनुसार)

$\therefore$ $R = Z\cos\phi$ ... सूत्र

(iv) प्रतिघाती गुणक $\sin\phi = \frac{X}{Z}$ (प्रतिबाधा त्रिभुज के अनुसार)

$\therefore$ प्रतिघात $X = Z\sin\phi$ ... सूत्र



चित्र 1.11–वोल्टता, वोल्टतापात तथा प्रतिबाधा के त्रिभुज।

Scanned with CamScanner
15 / 235
AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 1—चित्र 1.10 में यदि $R = 20\Omega$, $L = 0{\cdot}1$ H, $C = 50\,\mu$F, $V = 100$ तथा $f = 50$ c / s हो, तो सम्पूर्ण श्रेणी परिपथ की गणनात्मक व्याख्या कीजिए। *(B. T. E. 1992)*

हल : (i) वैद्युत परिपथ का प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

$$X_L = 2\pi . f.L = 2\pi \times 50 \times 0{\cdot}1 = \mathbf{31{\cdot}4\,\Omega}$$

(ii) वैद्युत परिपथ की धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$$X_C = \frac{1}{2\pi . f.C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 50 \times 10^{-6}} = \mathbf{63{\cdot}70\,\Omega}$$

(iii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ की प्रतिबाधा (impedance of the circuit) (मान रखने पर)

$$Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$$

$$= \sqrt{\{(20)^2 + (63{\cdot}70 - 31{\cdot}4)^2\}} = \mathbf{38\,\Omega}$$

(iv) वैद्युत परिपथ में प्रवाहित होने वाली वैद्युत धारा (electric current)

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{38} = \mathbf{2{\cdot}63\ ऐम्पियर\ (A)}$$

(v) वैद्युत परिपथ में प्रतिरोध के आरपार वोल्टतापात (voltage drop)

$$V_R = I.R = 2{\cdot}63 \times 20 = \mathbf{52{\cdot}6\ वोल्ट\ (V)}$$

(vi) वैद्युत परिपथ में प्रेरक के आरपार वोल्टतापात (voltage drop)

$$V_L = I.X_L = 2{\cdot}63 \times 31{\cdot}4 = \mathbf{82{\cdot}58\ वोल्ट\ (V)}$$

(vii) वैद्युत परिपथ में संधारित्र के आरपार वोल्टतापात (voltage drop)

$$V_C = I.X_C = 2{\cdot}63 \times 63{\cdot}70 = \mathbf{167{\cdot}5\ वोल्ट\ (V)}$$

(viii) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का कलाकोण (phase angle)

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{31{\cdot}4 - 63{\cdot}70}{20}\right) = \mathbf{57{\cdot}51°}$$

(ix) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का शक्तिगुणक (power factor) (मात्रकरहित राशि)

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{20}{38} = \mathbf{0{\cdot}526}$$

(x) प्र० धा० श्रेणी परिपथ का प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi = \frac{X}{Z} = \frac{X_L - X_C}{Z} = \left(\frac{31{\cdot}4 - 63{\cdot}70}{38}\right) = \mathbf{0{\cdot}826}$$

(xi) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की सक्रिय शक्ति (reactive power) (मान रखने पर)

$$P = V.I.\cos\phi$$

$$= 100 \times 2{\cdot}63 \times 0{\cdot}526 = \mathbf{138{\cdot}33\ वाट\ (W)}$$

(xii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की प्रतिघाती शक्ति (reactive power) (मान रखने पर)

$$P_r = V.I.\sin\phi$$

$$= 100 \times 2{\cdot}63 \times 0{\cdot}826 = \mathbf{217{\cdot}23\ वो०\ ऐ०\ रि०\ (VAR)}$$

(xiii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की आभासी शक्ति (apparent power)

$$P_a = V.I = 100 \times 2{\cdot}63 = \mathbf{263\ वो०\ ऐ०\ (VA)}$$

(xiv) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में वैद्युत शक्ति-हानियाँ (power losses)

$$P_{loss} = I^2.R \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= (2{\cdot}63)^2 \times 20 = \mathbf{138{\cdot}33\ वाट\ (W)}$$

1.12. प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में श्रेणी अनुनाद (Series Resonance)

प्र० धा० श्रेणी परिपथ में उत्पन्न अनुनाद को श्रेणी अनुनाद कहते हैं। इसे वोल्टता अनुनाद (voltage resonance) भी कहते हैं; क्योंकि इसमें संलग्न प्रेरक L तथा धारित्र C के आरपार (across) अत्यधिक वोल्टतायें विकसित होती हैं। ये वोल्टतायें परस्पर विपरीत तथा तुल्य ($V_L = V_C$) होती हैं। मूल रूप से सभी व्यावहारिक प्र० धा० परिपथों में एकांक शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर अनुनाद उत्पन्न होता है। अनुनाद की स्थिति में RLC श्रेणी परिपथ से सम्बन्धित कलीय आरेख चित्र 1.12 में प्रदर्शित किया गया है।

1.13. प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ में अनुनाद आवृत्ति का परिकलन (Calculation of Resonance Frequency in A. C. Series Circuit)

वह स्थिर आवृत्ति, जिस पर प्रेरक L तथा धारित्र C के आरपार समान वोल्टतायें विकसित होती हैं, अनुनाद आवृत्ति कहलाती है। इसे साइकल प्रति सेकण्ड (c / s) या हर्ट्स (Hz) मात्रक में f_0 या f_r प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इससे सम्बन्धित कोणीय वेग को अनुनाद कोणीय वेग (resonance angular velocity) कहते हैं। इसे रेडियन प्रति सेकण्ड (r / s) मात्रक में ω_0 या ω_r प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

श्रेणी अनुनाद के लिए स्थिति (condition for series resonance)

$$V_L - V_C = 0 \qquad \text{(where } V_L \text{ \& } V_C \text{ are the reactive voltages)}$$

अर्थात् $V_L = V_C$ (put values in the form of I)

या $IX_L = IX_C$ (where X_L & X_C are the reactances)

अथवा $X_L = X_C$

या $\omega_r L = \dfrac{1}{\omega_r C}$ (where ω_r is the resonance angular velocity)

अथवा $W_r^2 = \dfrac{1}{LC}$ (by taking square root of both side)

$$\omega_r = \sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)} \quad \text{अथवा} \quad \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ रेडियन / सेकण्ड} \qquad \text{... सूत्र (i)}$$

या $2\pi \cdot f_r = \sqrt{\left(\dfrac{1}{LC}\right)}$ अथवा $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ रेडियन/सेकण्ड (Where $2\pi f_r = \omega_r$)

इसलिए $f_r = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\dfrac{1}{LC}\right)}$ अथवा $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ हर्ट्स (Hz) ... सूत्र (ii)

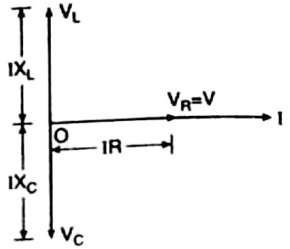
Note—If L is in Henry and C is in Farad then f_r will be in Hz.

1.14. श्रेणी अनुनाद के प्रभाव (Effects of Series Resonance)

अनुनाद की अवस्था में $R-L-C$ श्रेणी परिपथ, एक शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ की तरह कार्य करता है; क्योंकि अनुनादीय आवृत्ति पर प्रेरणिक प्रतिघात X_L तथा धारिता प्रतिघात X_C परस्पर विपरीत व तुल्य ($X_L = X_C$) होने के कारण, उदासीन (neutral) हो जाते हैं। फलतः परिपथ का शक्तिगुणक बढ़कर, एकांक ($\cos\phi = 1$) हो जाता है और प्रतिबाधा Z का मान

MADE EASY TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
16 / 235

घटकर, प्रतिरोध R के तुल्य ($Z = R$) हो जाता है। इससे धारा I का मान अत्यधिक बढ़ जाता है, जो प्रेरक L तथा धारित्र C के आरपार वोल्टतापात क्रमश: IX_L तथा IX_C के मानों को बढ़ा देता है; परन्तु ये वोल्टताये एक-दूसरे के विपरीत तथा तुल्य ($V_L = V_C$) होने के कारण, निरस्त (cancel) हो जाती हैं। फलत: प्रयुक्त वोल्टता V का मान केवल प्रतिरोधी वोल्टतापात IR के तुल्य रह जाता है। परिपथ में एकांक शक्तिगुणक पर धारा का मान उच्च होने के कारण, वाट तथा वोल्ट-ऐम्पियर पॉवर के मान भी बढ़कर परस्पर समान हो जाते हैं। अनुनाद की स्थिति में RLC श्रेणी परिपथ के विभिन्न मानों का परिकलन अग्रिम अनुच्छेद में किया गया है।



चित्र 1.12–श्रेणी अनुनाद कलीय आरेख।

1.15. श्रेणी अनुनाद की अवस्था में विभिन्न राशियों के मान (Values of Different Quantities In Series Resonance Condition)

(i) चूँकि श्रेणी परिपथ में कुल परिणामी वोल्टता (total resultant voltage)

$$V = \sqrt{\{V_R^2 + (V_L - V_C)^2\}}$$

परन्तु श्रेणी अनुनादी स्थिति में (but in series resonance condition)

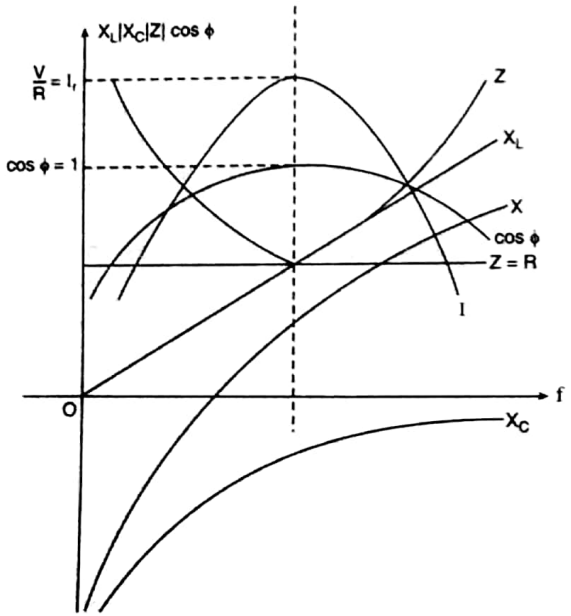
$$V_L - V_C = 0 \text{(zero)} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

इसलिए अनुनादी स्थिति में कुल परिणामी वोल्टता (total resultant voltage)

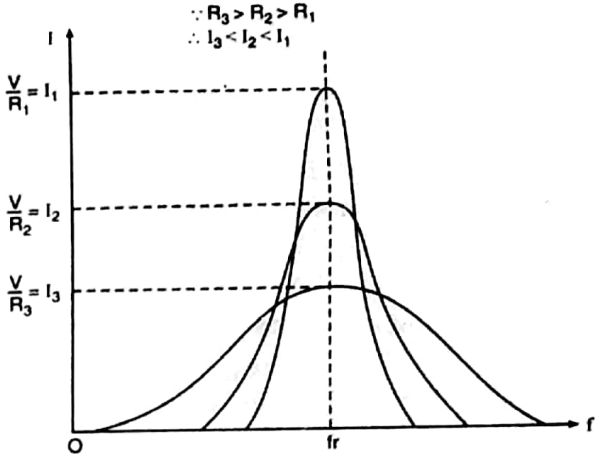
$$V_r = V_R = IR \text{ वोल्ट (volt)} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

(ii) चूँकि प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी परिपथ में प्रतिबाधा (impedance)

$$Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}}$$



चित्र 1.13–आवृत्ति के सापेक्ष I, $\cos\phi$ व ओहिक ग्राफ।



चित्र 1.14–श्रेणी अनुनादी वक्र अर्थात् f व I के मध्य आलेख।

परन्तु श्रेणी अनुनादी स्थिति में (in series resonance condition)

$$X_L - X_C = 0 \text{(zero)}$$

इसलिए अनुनादी स्थिति में प्रतिबाधा (impedance)

$$Z_r = R \text{ ओह्म} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

(iii) अनुनादी स्थिति में वैद्युत धारा (current)

$$I_r = \frac{V_r}{Z_r} = \frac{V}{R} \text{ ऐम्पियर (मात्रक)} \qquad \text{(अधिकतम)}$$

(iv) अनुनादी स्थिति में कलाकोण (phase angle)

$$\because \quad \phi = \tan^{-1}\frac{X_L - X_C}{R}, \text{ परन्तु } (X_L - X_C) = 0$$

$$\therefore \quad \phi_r = \tan^{-1}\left(\frac{0}{R}\right) = 0 \text{(zero)} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

(v) अनुनादी स्थिति में शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi_r = \frac{R}{Z_r} = \frac{R}{R} = 1 \text{(unity)} \qquad \text{(अधिकतम)}$$

(vi) अनुनादी स्थिति में प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi_r = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{0}{Z_r} = 0 \text{ (zero)} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

(vii) अनुनादी स्थिति में सक्रिय शक्ति (active power)

$$P = V.I.\cos\phi_r = V.I \times 1 = V.I \text{ वॉट (मात्रक)} \qquad \text{(अधिकतम)}$$

(viii) अनुनादी स्थिति में प्रतिघाती शक्ति (reactive power)

$$P_r = V.I.\sin\phi_r = V.I. \times 0 = 0 \text{ (zero)} \qquad \text{(न्यूनतम)}$$

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
17 / 235

(ix) अनुनादी स्थिति में आभासी शक्ति (apparent power)

$P_a = V.I.$ वोल्ट-ऐम्पियर (मात्रक) (अधिकतम)

(x) अनुनादी स्थिति में शक्ति-हानि (power loss)

$P_{loss} = I^2 \cdot R$ वाट (मात्रक) (अधिकतम)

1.16. श्रेणी अनुनादी परिपथ का गुणता-गुणांक अर्थात् क्यू-फेक्टर (Quality Factor of A Series Resonance Circuit)

प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में अनुनाद के कारण, प्रेरक (L) तथा धारित्र (C) के आरपार वोल्टता का मान, प्रयुक्त वोल्टता की अपेक्षा, कई गुना बढ़ जाता है। ये दोनों वोल्टतायें एक-दूसरे के विपरीत तथा तुल्य ($V_L = V_C$) होती हैं। अनुनाद द्वारा उत्पन्न यही वोल्टता आवर्धन (voltage magnification), श्रेणी अनुनाद परिपथ का गुणता-गुणांक (Q-Factor) कहलाता है। इस प्रकार यह श्रेणी अनुनाद की स्थिति में प्रेरक (L) अथवा धारित्र (C) के आरपार वोल्टतापात तथा प्रयुक्त वोल्टता का एक अनुपात होता है, जिसे Q प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं और क्यू-फेक्टर कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है। सूत्र रूप में इसे निम्न प्रकार से व्यक्त (represent) किया जा सकता है—

$$\text{क्यू-फेक्टर} = \text{वोल्टता आवर्धन (voltage magnification)} = \frac{L \text{ अथवा } C \text{ के आरपार वोल्टतापात}}{\text{प्रयुक्त वोल्टता (applied volage)}}$$

$$Q\text{-Factor} = \frac{V_L}{V} \quad \text{अथवा} \quad \frac{V_C}{V}; \quad (\because V_L = V_C)$$

$$= \frac{V_L}{V_R} \quad \text{अथवा} \quad \frac{V_C}{V_R}; \quad (\because V = V_R)$$

$$= \frac{I \cdot X_L}{I \cdot R} \quad \text{अथवा} \quad \frac{I \cdot X_C}{I \cdot R} \quad (\because V_R = I \cdot R)$$

$$= \frac{X_L}{R} \quad \text{अथवा} \quad \frac{X_C}{R}; \quad (\because I \text{ is cancelled})$$

$$= \frac{\omega L}{R} \quad \text{अथवा} \quad \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R} \quad (\text{where } X_L = \omega \cdot L \text{ and } X_C = 1/\omega C)$$

$$= \frac{L}{R \cdot \sqrt{(LC)}} \quad \text{अथवा} \quad \frac{\sqrt{(L.C.)}}{R \cdot C}; \quad (\because \omega = 1/\sqrt{(LC)})$$

अर्थात् $Q\text{-Factor} = \frac{1}{R}\sqrt{\left(\frac{L}{C}\right)}$ ... सूत्र

1.17. कुण्डली या प्रतिघातक अथवा चोक का गुणता-गुणांक (Quality Factor of A Coil or Reactor or Choke)

किसी कुण्डली या चोक अथवा प्रतिघातक का गुणता-कारक, उसके प्रतिघात (X_L) तथा प्रतिरोध (R) का अनुपात होता है। इसे Q अक्षर से निरूपित करते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है, जो अवयव (कुण्डली, चोक, परिनलिका, प्रतिघातक आदि) की गुणता का आभास कराती है; इसलिए इसे सूक्ष्म रूप में क्यू-कारक या क्यू-फेक्टर कहते हैं।

अत: सूत्ररूप में किसी कुण्डली का गुणता-गुणांक (quality factor)

$$\text{क्यू-फेक्टर} = \frac{\text{प्रतिघात (reactance)}}{\text{प्रतिरोध (resistance)}} \quad \text{(प्रतीकात्मक मान रखने पर)}$$

$$Q = \frac{X}{R} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f \cdot L}{R} \quad \text{(मात्रकरहित राशि)}$$

1.18. गुणता-गुणांक की निर्भरता (Dependency of Quality-factor)

उक्त सूत्रों से स्पष्ट है कि क्यू-फेक्टर का मान वैद्युत परिपथ के निम्नलिखित अवयवी कारकों पर निर्भर करता है—

(i) प्रतिरोध (Resistance)—यह वैद्युत परिपथ में प्रतिरोध (R) के बढ़ने से घटता है। अर्थात् Q-Factor α 1 / R.

(ii) प्रेरकत्व (Inductance)—यह वैद्युत परिपथ में प्रेरकत्व (L) के बढ़ने से बढ़ता है अर्थात् Q-Factor $\propto \sqrt{L}$.

(iii) धारिता (Capacitance)—यह वैद्युत परिपथ में धारिता (C) के बढ़ने से घटता है। अर्थात् Q-Factor $\propto 1/\sqrt{C}$.

प्रत्यावर्तीधारा श्रेणी अनुनाद की निष्कर्ष तालिका (A. C. Series Resonance Summary Chart)

क्र० सं०	अध्ययन के लिए कारक (Factors for study)	परिणाम या निष्कर्ष (Result or conclusion)
1.	अनुनादी स्थितियाँ (resonant conditon)	
	(a) वोल्टता स्थिति (voltage condition)	$V_L - V_C = 0$ अर्थात् $V_L = V_C$
	(b) प्रतिबाधा स्थिति (impedance condition)	$X_L - X_C = 0$ अर्थात् $X_L = X_C$
2.	अनुनादी कोणीय वेग (resonance angular velocity)	$\omega_r = \sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)}$ अर्थात् $\frac{1}{\sqrt{LC}}$
3.	अनुनादी आवृत्ति (resonant frequency)	$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)}$ अर्थात् $\frac{1}{2\pi\sqrt{(LC)}}$
4.	प्रतिबाधा (impedance)	$Z_r = R$ (न्यूनतम)
5.	वैद्युत धारा (electric current)	$I_r = V / Z_r = V / R$ (अधिकतम)
6.	कुल वोल्टतापात (totoal voltage drop)	$V_r = IZ_r = IR$
7.	कलाकोण (phase angle)	$\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
8.	शक्तिगुणक (power factor)	$\cos\phi_r = 1$ (अधिकतम)
9.	प्रतिघातीगुणक (reactive factor)	$\sin\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
10.	सक्रिय शक्ति (active power)	$P = VI = P_a$ (अधिकतम)
11.	प्रतिघाती शक्ति (R-power)	$P_r = 0$ (न्यूनतम)
12.	आभासी शक्ति (A-power)	$P_a = VI$ (अधिकतम)
13.	शक्ति-हानि (power loss)	$P_{loss} = I^2R$ (अधिकतम)
14.	आवर्धन (magnification)	$Q = X_L / R = \omega_r L / R = 2\pi f_r L / R$

Scanned with CamScanner
18 / 235

टिप्पणी (Note)—श्रेणी अनुनाद को वोल्टता अनुनाद भी कहते हैं; क्योंकि इसमें वोल्टता का आवर्धन (magnification) होता है।

उदाहरण 1—एक कुण्डली, जिसमें 20 ओह्म का प्रतिरोध तथा 0·04 हेनरी का प्रेरकत्व है, को एक परिवर्ती संधारित्र के श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है। वह सम्बन्धन 200 V, 50 Hz की प्रत्यावर्ती प्रदाय के आरपार जुड़ा है। गणना करके बताइये कि संधारित्र के किस मान के लिए धारा का मान अधिकतम होगा? इस स्थिति में सम्पूर्ण धारा तथा शक्तिगुणक व गुणता कारक का क्या मान होगा? *(B. T. E. 1993)*

हल : विदित है कि श्रेणी परिपथ में अनुनादी स्थिति (resonant condition) में धारा का मान अधिकतम होता है; इसलिए अनुनाद के लिए स्थिति (Condition)—

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \qquad \text{(Where angular velocity } \omega = 2\pi f\text{)}$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{(2\pi f)^2 \times L} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$C = \frac{1}{(2\times 3\cdot 14\times 50)^2 \times 0\cdot 04} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= 253\cdot 5\times 10^{-6}$$

$$= \mathbf{253\cdot 5\,\mu F} \qquad \text{उत्तर}$$

$$I_r = \frac{V}{Z_r} = \frac{V}{R} = \frac{200}{20}$$

$$= \mathbf{10 \text{ ऐम्पियर (A)}} \qquad \text{उत्तर}$$

$$\cos\phi_r = \frac{R}{Z_r} = \frac{R}{R} = \mathbf{1 \text{ (unity)}} \qquad \text{उत्तर}$$

अनुनादी स्थिति में गुणताकारक अर्थात् क्यू-फेक्टर (quality factor)

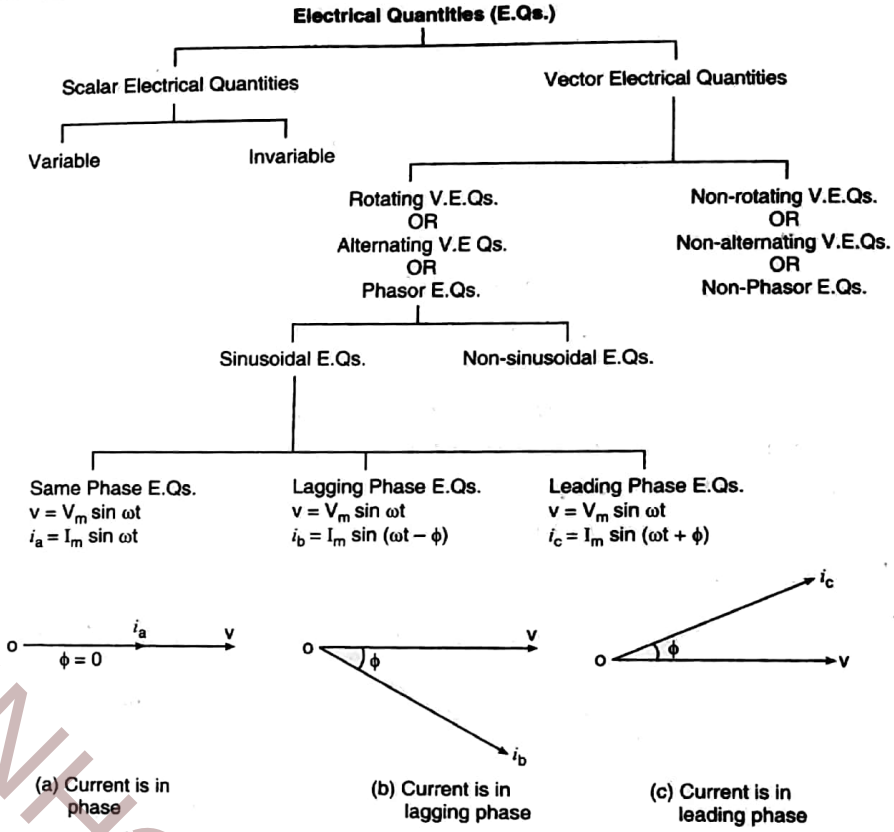
$$Q.F. = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi . f . L}{R} = \frac{2\times 3\cdot 14\times 50\times 0\cdot 04}{20} = \mathbf{0\cdot 628}$$

$$Q.F. = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega . C . R.}$$

$$= \frac{1}{2\pi f \times C \times R} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{1}{2\times 3\cdot 14\times 50\times 253\cdot 5\times 10^{-6}\times 20} = 0\cdot 628 \qquad \text{उत्तर}$$

सारांश (Summary)



चित्र 1.15–Concept of lagging and leading phase of phasor quantity

1. Resistive resistance, $R = \rho\frac{l}{a}$ ओह्म (where ρ is resistivity)
2. Inductive reactance, $X_L = \omega L = 2\pi \cdot f \cdot L$ ओह्म (मात्रक)
3. Capacitive reactance, $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ ओह्म (मात्रक)
4. Resultant reactance, $X = (X_L - X_C)$ ओह्म (मात्रक)
5. Impedance of R-L-C series circuit

$$Z = \sqrt{\{R^2 + (X_L - X_C)^2\}} \text{ ओह्म (मात्रक)}$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} \text{ ओह्म where } X = (X_L - X_C)$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} \text{ ओह्म when } X_C = 0 \text{ (zero)}$$

MAGTECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
19 / 235

$Z = \sqrt{(R^2 + X_C^2)}$ ओह्म when $X_L = 0$ (zero)

$Z = R$ ओह्म when $X_L = X_C = 0$ (zero)

$Z = (X_L - X_C) = X$ ओह्म when $R = 0$ (zero)

6. A. C. Current $(I) = \dfrac{\text{A. C. voltage } (V)}{\text{Impedance } (Z)}$ ऐम्पियर (मात्रक)

7. Power factor of an a. c. series circuit, $\cos\phi = \dfrac{V_R}{V} = \dfrac{IR}{IZ} = \dfrac{R}{Z}$ (unitless quantity)

8. Reactive factor of an a. c. series circuit, $\sin\phi = \dfrac{V_L - V_C}{V} = \dfrac{X_L - X_C}{Z}$ (unitless quantity)

9. Active power, $P = V \cdot I \cdot \cos\phi$ वाट (मात्रक)

10. Reactive power, $P_r = V \cdot I \cdot \sin\phi$ वोल्ट-ऐम्पियर-रिऐक्टिव (मात्रक)

11. Apparent power, $P_a = V \cdot I$ वोल्ट-ऐम्पियर (मात्रक)

12. Power loss, $P_{loss} = I^2 \cdot R = V \cdot I \cdot \cos\phi$ वाट (मात्रक)

Trigonometrical equations of a power triangle diagram

13. Kilo-watt, $\text{kW} = \text{kVA} \cos\phi$

14. Kilo-Volt-Ampere Reactive, $\text{kVAR} = \text{kVA} \sin\phi$

15. Kilo-Volt-Ampere, $\text{kVA} = \sqrt{\{(\text{kW})^2 + (\text{kVAR})^2\}}$

16. Phase angle in term of electric power, $\phi = \tan^{-1}\left(\dfrac{\text{kVAR}}{\text{kW}}\right) = \tan^{-1}\left(\dfrac{\text{VAR}}{\text{W}}\right)$ अंश (degree)

17. Power factor in term of active power, $\cos\phi = \dfrac{\text{kW}}{\text{kVA}} = \dfrac{\text{W}}{\text{VA}}$ (unitless quantity)

18. Reactive factor in term of reactive power,

$$\sin\phi = \frac{\text{kVAR}}{\text{kVA}} = \frac{\text{VAR}}{\text{VA}} \text{ (unitless quantity)}$$

19. Condition for resonance in an a. c. simple *R-L-C* series circuit,

$V_L = V_C$ अर्थात् $X_L = X_C$ इसलिये $X_L - X_C = X = 0$ (zero)

20. Resonance angular velocity in an a. c. series circuit,

$\omega_r = \sqrt{\left(\dfrac{1}{LC}\right)}$ अर्थात् $\dfrac{1}{\sqrt{(LC)}}$ रेडियन/सेकण्ड (मात्रक)

21. Resonant frequency in an a. c. series circuit,

$f_r = \dfrac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\left(\dfrac{1}{LC}\right)}$ अर्थात् $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{(LC)}}$ हर्ट्ज़

22. Quality factor of an a. c. series resonant circuit,

$$Q\text{-Factor} = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{C}\right)}$$

23. Quality factor of a coil or inductor or reactor or choke or solenoid or toroid,

$$Q\text{-Factor} = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi fL}{R} \text{ (unitless quantity)}$$

24. At resonant frequency, the admittance (Y) of a series circuit is maximum and the impedance (Z) of a parallel circuit is maximum.

25. An electrical network (circuit) is in resonance when voltage and current at its input are in phase, that is, the power factor ($\cos\phi$) is unity.

26. A 'pure inductive or pure capacitive *i.e.*, pure reactive' circuit has zero power consumption due to zero power factor *i.e.* $\cos\phi = 0$ (zero).

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. उपयुक्त तरंग तथा फेजर आरेख की मदद से निम्नलिखित को स्पष्ट करिये—
(i) कला (phase) तथा (ii) कलान्तर (phase difference)
2. एक *RLC* श्रेणी परिपथ, जो आवृत्ति f हर्ट के प्रदाय स्रोत V वोल्ट से जुड़ा है, के लिए प्रतिबाधा, वैद्युत धारा, शक्तिगुणक तथा शक्ति का व्यंजक प्राप्त कीजिये तथा इसके लिए फेजर आरेख बनाइये।
3. सिद्ध कीजिये कि शुद्ध प्रेरणिक परिपथ में धारा, वोल्टता से 90 डिग्री से पश्चगामी होती है तथा अवशोषित शक्ति शून्य होती है। ***(U.P. 2012)***
4. सिद्ध कीजिये कि किसी *RLC* श्रेणी परिपथ में वास्तविक शक्ति व्यय I^2R वाट के बराबर होती है।
5. निम्नलिखित को परिभाषित कीजिये—
(i) अनुनाद, (ii) शक्तिगुणक (p. f.) तथा (iii) क्रियात्मक तथा प्रतिघाती शक्ति तथा उसके महत्त्व। ***(U. P. 2003)***
6. एक अनुनादित *RLC* श्रेणी परिपथ का कलीय आरेख खींचिये।
7. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये—
(i) सक्रिय शक्ति तथा इसके महत्त्व
(ii) प्रतिघाती शक्ति तथा इसके महत्त्व
8. प्र० धा० परिपथ के संदर्भ में आभासी शक्ति, वास्तविक शक्ति तथा प्रतिघाती शक्ति को परिभाषित कीजिये। ***(U. P. 2002, 03)***
9. *RL* श्रेणी परिपथ और *RC* श्रेणी परिपथ में शक्ति की क्या खपत होती है?
10. निम्नलिखित कथनों में कारण सहित बताइये कि यह सत्य है अथवा असत्य है—
(क) एक शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ में धारा, वोल्टता से 90 अंश अग्रगामी होती है।
(ख) एक शुद्ध प्रेरणिक परिपथ में शक्ति व्यय बहुत अधिक होती है।
(ग) एक शुद्ध संधारित्रिक परिपथ में वोल्टता, धारा से 90 अंश पश्चगामी होती है।
(घ) एक परिपथ में शक्तिगुणक का अधिकतम मान एक हो सकता है।
(ङ) एक प्र० धा० परिपथ में प्रतिघाती शक्ति $VI\sin\phi$ होती है।
11. (i) शुद्ध प्रतिरोधक परिपथ, (ii) शुद्ध प्रेरणिक परिपथ तथा (iii) शुद्ध धारिता परिपथ के लिए शक्तिगुणक के क्या मान होते हैं?
12. एक प्र० धा० श्रेणी परिपथ में वैद्युत अनुनाद के लिए क्या शर्त होती है? अनुनाद पर प्रतिबाधा तथा शक्तिगुणक क्या होता है?
13. प्रेरणिक प्रतिघात के भौतिक महत्त्व को समझाइये।
14. अनुनादी स्थिति में श्रेणी परिपथ की विशेषताओं को लिखिये। ***(U. P. 2002)***
15. एक RLC ए० सी० सर्किट में श्रेणी अनुनाद की परिभाषा कीजिये। ***(U. P. 2001)***

AKTU PHYSICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
20 / 235

16. समझाइये कि संधारित्र द्वारा ली गई धारा प्रयुक्त प्रदायी वोल्टता से चौथाई चक्र (90° कोण) पर अग्रगामी क्यों होती है? *(U. P. 2001)*
17. वैद्युत परिपथ में अनुनाद की व्याख्या कीजिए, और LC श्रेणी परिपथ में अनुनादी आवृत्ति के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।
18. सिद्ध कीजिये कि शुद्ध धारिता परिपथ में वोल्टता से धारा 90° अग्रगामी होती है। *(U. P. 2001)*
19. श्रेणी अनुनाद किसे कहते हैं और यह कैसे उत्पन्न होता है?
20. प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी परिपथ में निम्नलिखित के मान सम्बन्धी सूत्र लिखिए—
    (i) शक्ति गुणक ($\cos\phi$) *(U. P. 2004)*
    (ii) प्रतिघाती गुणक ($\sin\phi$) *(U. P. 2004)*
    (iii) शक्ति-हानि (P_{loss}) *(U. P. 2004)*
    (iv) अनुनादी आवृत्ति (f_r) *(U. P. 2004)*
    (v) गुणता-कारक (Q. F.) *(U. P. 2005)*
    (vi) $R-L-C$ परिपथ की प्रतिबाधा (Z) *(U.P. 2005)*
    (vii) $R-C$ परिपथ की प्रतिबाधा (Z) *(U. P. 2005)*
    (viii) $L-C$ परिपथ की प्रतिबाधा (Z) *(U. P. 2010)*
21. एक प्रत्यावर्ती परिपथ के प्रेरक प्रतिघात तथा धारिता प्रतिघात में व्याख्या कीजिए। *(U. P. 2010)*
22. शुद्ध प्रतिरोध तथा शुद्ध संधारित्र पर एकल कला प्र० धा० पृथकत; लगाई जाने पर इनकी वोल्टता तथा धारा के मध्य कलान्तर का भौतिक स्पष्टीकरण दीजिए।
23. अनुनाद की परिभाषा दीजिए और $R-L-C$ श्रेणी परिपथ हेतु अनुनाद आवृत्ति का व्यंजक स्थापित कीजिए। *(U. P. 2010)*
24. एक प्र० धा० परिपथ के लिए (i) 'प्रेरक तथा धारिता', प्रतिघात तथा (ii) प्रतिबाधा तथा प्रतिबाधा त्रिभुज की व्याख्या कीजिए। *(U. P. 2011)*
25. वास्तविक शक्ति, आभासी शक्ति तथा प्रतिकारक शक्ति से आपका क्या अभिप्राय है? *(U. P. 2012)*
26. एक परिशुद्ध प्रेरक में प्र० धा० इस पर प्रयुक्त वोल्टता से एक चक्र के चतुर्थांश से पश्चगामी रहती है। क्यों? *(U. P. 2003)*
27. कुण्डली का गुणता कारक (Q-factor) क्या है? *(U. P. 2004)*
28. शुद्ध प्रेरकीय परिपथ में शक्ति व्यय को संक्षेप में समझाइए। *(U. P. 2004)*
29. जब प्रत्यावर्ती विभव श्रेणीक्रम में लगे हुए प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व को दिया जाता है, तो विभव व धारा में सम्बन्ध को समझाइए। *(U. P. 2004)*
30. एक $R-L-C$ श्रेणी परिपथ में अनुनादी आवृत्ति के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। *(U. P. 2004)*
31. एक प्रत्यावर्ती परिपथ, जिसमें R, L तथा C श्रेणीक्रम में लगे हैं, की अनुनाद का उल्लेख कीजिए तथा अनुनाद शर्त की व्याख्या कीजिये। *(U. P. 2002)*
32. आभासी शक्ति, वास्तविक शक्ति तथा प्रतिघाती शक्ति में विभेद समझाइये तथा उनके बीच सम्बन्ध लिखिये। *(U. P. 2003)*
33. V व I के बीच फेज-सम्बन्धों के व्यावहारिक अर्थ को समझाइये, जब ए० सी० वोल्टेज को निम्न पर प्रयुक्त किया जाता है—
    (i) प्रेरकता (ii) संधारिता व (iii) प्रतिरोध *(U. P. 2015)*
34. गणितीय व्यंजक व फेजर आरेख से समझाइए कि शुद्ध प्रेरकता द्वारा उपभोगित शक्ति शून्य होती है।
35. 'प्रेरकीय प्रतिघात', संधारित्र प्रतिघात व प्रतिबाधा पदों को परिभाषित कीजिए। प्रतिरोध व संधारित्र के श्रेणी परिपथ हेतु उपरोक्त के व्यंजक लिखिये। *(U. P. 2015)*
36. फेज व फेज अन्तर से क्या आशय है? सोदाहरण समझाइये। *(U. P. 2015)*
37. कुण्डलियों व संधारित्रों के Q-factor को परिभाषित कीजिये। *(U. P. 2015)*

(A) L तथा RL श्रेणी परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्नावली

1. 12Ω का प्रतिरोध तथा 0·02 H का प्रेरकत्व रखने वाले चोक-कुण्डली को 240 V, 50 Hz के प्र० धा० प्रदाय से सम्बद्ध किया जाता है। ज्ञात कीजिये—(i) धारा, (ii) शक्तिगुणक, (iii) शक्ति-व्यय तथा (iv) सदिश आरेख भी खींचिये।
   [**उत्तर :** (i) 3·75 A, (ii) 0·1875, (iii) 168·75 W]
2. एक परिपथ में $R\,\Omega$ का प्रतिरोध, L-H के प्रेरकत्व के श्रेणीक्रम में संयुक्त है। यदि इस पूर्ण संयुक्ति को 240 V, 50 Hz प्रत्यावर्ती प्रदाय के आरपार जोड़ा जाये, तो परिपथ में कुल शक्ति-व्यय 300 W होती है और R के आरपार वोल्टतापात 100 V होता है। प्रेरकत्व L का मान ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर :** 0·23 H]
3. एक प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व के श्रेणी परिपथ में प्रेरकत्व 0·02 H तथा प्रतिबाधा 17·85 Ω है। इसका प्रदायी स्रोत 220 V, 50 Hz की ज्यावक्रीय प्रत्यावर्ती वोल्टता है। यदि परिपथ में धारा, प्रदायी वोल्टता से 63·4° कोण पर पश्चगामी हो, तो परिपथ में शक्ति तथा प्रतिबाधा का मान ज्ञात कीजिए, जबकि दिया गया है—$\tan 63{\cdot}4° = 2$.
   [**उत्तर :** 1214 W तथा 17·85 Ω]
4. एक 20 Ω का प्रतिरोध तथा 0·1 H का प्रेरकत्व वाले श्रेणी परिपथ को 50 Hz की सप्लाई से सम्बद्ध किया गया है। परिपथ में तात्क्षणिक धारा $i = \sqrt{2} \times 5{\cdot}4 \sin 314\,t$ ऐम्पियर प्रवाहित हो रही है, तो ज्ञात कीजिये—(a) प्रतिरोध, (b) प्रतिघात, तथा (c) सम्पूर्ण परिपथ के आरपार (across) वोल्टता।
   [**उत्तर :** (a) 108 V, (b) 109·67 V, (c) 202·2 V]

(B) C तथा RC श्रेणी परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्नावली

1. एक 100μ F वाले संधारित्र में, 200 V, 50 Hz प्रत्यावर्ती प्रदाय द्वारा प्रवाहित प्रत्यावर्ती धारा ज्ञात कीजिए। यदि प्रयुक्त वोल्टता को स्थिर रखते हुए आवृत्ति में वृद्धि की जाये, तो धारा पर क्या प्रभाव पड़ेगा? इसकी व्याख्या कीजिये।
   [**उत्तर :** 6·281 A, स्थिर वोल्टता पर आवृत्ति के बढ़ाने पर धारा बढ़ेगी; क्योंकि $I = \omega CV = 2\pi f \cdot CV$]
2. एक अप्रेरणिक प्रतिरोध को एक शुद्ध (आदर्श) संधारित्र के श्रेणीक्रम में सम्बद्ध किया गया है। प्रस्तुत संयुक्ति 125 V, 50 Hz के प्रदाय से सम्बद्ध है। परिपथ में 2·2 A की धारा प्रवाहित हो रही है। परिपथ का प्रतिरोध तथा धारिता ज्ञात कीजिए। परिपथ का सदिश आरेख भी खींचिए।
   [**उत्तर :** 20 Ω तथा 60μF]
3. एक श्रेणी परिपथ में 100 Ω का प्रतिरोध तथा 20μ F का संधारित्र, 120 V, 50 Hz की सप्लाई के आरपार सम्बद्ध है। परिपथ में औसत शक्ति की गणना कीजिए।
   [**उत्तर :** 52·14 W]
4. एक श्रेणी परिपथ में 120 Ω का प्रतिरोध तथा 10μ F का संधारित्र, 100 V, 50 Hz के प्रत्यावर्ती प्रदाय से सम्बद्ध है। ज्ञात कीजिए—(a) धारा, (b) कलान्तर, (c) उपभुक्त शक्ति।
   [**उत्तर :** (a) 0·294 A (b) 69° 23′ (c) 10·35 W]

(C) L-C श्रेणी परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्नावली

1. एक प्र० धा० श्रेणी परिपथ में, 10 H के प्रेरकत्व को 10μ F के संधारित्र से, श्रेणीक्रम में जोड़कर, इस संयुक्ति के आरपार 120 V, 60 c/s की सप्लाई लगाई गई है। परिपथ का कलीय आरेख खींचते हुए, धारा तथा तीनों प्रकार की शक्तियाँ (P_{loss}, P_r and P_a) ज्ञात कीजिये। [**उत्तर :** 34 mA, $P_r = P_a = 4{\cdot}08$ VA, $P = P_{loss} = 0$(zero)]
2. एक 0·21 H के प्रेरकत्व को 1 / 22 mF की धारिता के श्रेणी में जोड़कर, सम्पूर्ण संयुक्ति को 40 V, 50 Hz की सप्लाई से लगाया गया है, तो ज्ञात कीजिए—
   (a) X_L, X_C तथा Z, (b) I, (c) P, P_r तथा P_a
   [**उत्तर :** (a) 66 Ω, 70 Ω तथा 4 Ω, (b) 10 A, (c) zero, $P_r = P_a = 400$ VAR]

Scanned with CamScanner
21 / 235

2 प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ

[A.C. PARALLEL CIRCUIT]

2.1. परिचय (Introduction)

प्र० धा० समान्तर परिपथ दो या दो से अधिक प्र० धा० श्रेणी परिपथों का एक ऐसा समूह (group) अर्थात् संयोग (combination) है, जिसके सभी परिपथों (शाखाओं) के आरपार (across) वोल्टता समान होती है; परन्तु इनमें धारा असमान बहती है; क्योंकि यहाँ पर धारा एकमात्र प्रतिबाधा पर निर्भर करती है; इसलिए प्रत्येक परिपथ की प्रतिबाधा असमान होने के कारण, इनमें प्रवाहित धारा भी ओह्म के नियमानुसार असमान होती है, अर्थात् पृथक्-पृथक् मान की होती है। इस प्रकार वोल्टता एक और धाराएँ अनेक (कई) होती हैं, जिनकी संख्या परिपथों की संख्या पर निर्भर करती है। इन धाराओं का सदिश योग परिणामी धारा (resultant current) कहलाता है।

प्र० धा० समान्तर परिपथ में वोल्टता एक तथा धाराएँ अनेक (कई) होती हैं; इसलिए इसका कलीय आरेख खींचते समय, वोल्टता सदिश को सदैव आधार (मूल) रेखा पर धनात्मक दिशा में लिया जाता है और फिर इसके सापेक्ष नियमानुसार धारा-सदिशों को खींचकर परिणामी धारा-सदिश को प्राप्त किया जाता है, जो वोल्टता-सदिश से एक निश्चित कोण बनाता है, जिसे कलाकोण (phase angle) कहते हैं। इसे θ या ϕ अर्थात् दोनों में से किसी एक प्रतीकात्मक अक्षर से अंश मात्रक (degree unit) में व्यक्त करते हैं। प्र० धा० समान्तर के गणनात्मक प्रश्नों को निम्नलिखित विधियों द्वारा हल किया जाता है—

(i) कलीयारेख विधि द्वारा (By phaser diagram method)

(ii) सांकेतिक अंकन विधि द्वारा (By symbolic notation method)

(iii) प्रवेश्यता विधि द्वारा (By admittance method)

(iv) वोल्ट-ऐम्पियर विधि द्वारा (By volt-ampere method)

टिप्पणी (Note)—इस अध्याय में केवल सदिश आरेख (vector diagram) विधि की व्याख्या की गई है।

2.2. सरल प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ का सिद्धान्त (Theory of simple alternating current parallel circuit)

(i) परिचय (Introduction)—अग्र प्र० धा० परिपथ में R ओह्म का प्रतिरोध, L हेनरी का प्रेरक तथा C फेरड का संधारित्र, तीनों अवयव एक-दूसरे के समान्तर क्रम में जुड़े हुए हैं। इस सम्पूर्ण परिपथ के आरपार f हर्ट्स आवृत्ति वाली V वोल्ट की वोल्टता लगी हुई है।

(ii) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)

प्रतिरोध (resistance) = R ओह्म (Ω)

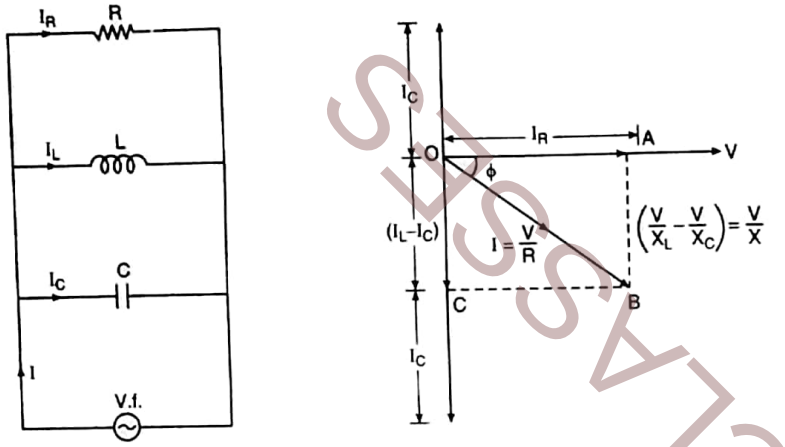
प्रेरणिक प्रतिघात $X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$ ओह्म (Ω)

धारिता प्रतिघात $X_C = \dfrac{1}{\omega \cdot C} = \dfrac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ ओह्म (Ω)

(iii) प्रत्येक शाखा में धारा का परिकलन (Calculation of current in each branch)—चूँकि निम्नदर्शित प्र० धा० परिपथ में सभी अवयव परस्पर एक-दूसरे के समान्तर क्रम में सम्बद्ध हैं; इसलिए प्रत्येक अवयव के आरपार V वोल्ट की वोल्टता ही प्रभावी होगी। तब ओह्म के नियमानुसार, प्रत्येक अवयव में धारा का मान—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



चित्र 2.1–RLC समान्तर परिपथारेख व कलीय आरेख।

प्रतिरोध R में प्रवाहित धारा, जो प्रतिरोधक धारा (resistive current) कहलाती है।

$$I_R = \frac{V}{R} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \quad \text{...सूत्र}$$

प्रेरक L में प्रवाहित धारा, जो प्रेरणिक धारा (inductive current) कहलाती है।

$$I_L = \frac{V}{X_L} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \quad \text{...सूत्र}$$

संधारित्र C में प्रवाहित धारा, जो धारिता धारा (capacitive current) कहलाती है।

$$I_C = \frac{V}{X_C} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \quad \text{...सूत्र}$$

(iv) कलीयारेख की अवधारणा (Concept of phasor diagram)—समान्तर परिपथ की प्रत्येक शाखा में धारा का मान पृथक्-पृथक् तथा प्राय: असमान होता है, जबकि प्रत्येक शाखा के आरपार वोल्टता समान रहती है। इस प्रकार धाराओं की संख्या, शाखाओं के बराबर होती है और वोल्टता केवल एक ही प्राप्त होती है। अत: समान्तर परिपथ का कलीयारेख खींचते समय, सुगमता के लिए एकल राशि वोल्टता को आधार रेखा (base line) अर्थात् संदर्भ रेखा (reference line) पर व्यक्त करते हैं, जैसा कि प्रस्तुत कलीयारेख से स्पष्ट है। इस कलीयारेख में प्रेरणिक धारा का मान, धारिता धारा के मान से अधिक ($I_L > I_C$) लिया गया है। अन्य सभी स्थानों पर अवयवों की प्रकृति के अनुसार ही, कलीय अभिलक्षणों के नियमों का पालन किया गया है।

(v) परिणामी धारा का परिकलन (Calculation of resultant current)—कलीयारेख द्वारा—

$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2$$

$$I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}} \quad \text{...सूत्र}$$

अत: परिणामी धारा विभिन्न शाखाओं में प्रवाहित होने वाली धाराओं का सदिश योग है। इसे ऐम्पियर मात्रक में I प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है।

(vi) प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance)—ओह्म के नियमानुसार—

$$\text{प्रतिबाधा } (Z) = \frac{\text{कुल वोल्टता } (V)}{\text{कुल धारा } (I)}, \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र}$$

अत: प्रतिबाधा, कुल प्रत्यावर्तीवोल्टता (V) तथा कुल प्रत्यावर्तीधारा (I) का अनुपात है। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में Z प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

(vii) कलाकोण का परिकलन (Calculation of phase angle)—कलीयारेख द्वारा—

चूँकि $$\tan\phi = \frac{I_L - I_C}{I_R} \quad \text{(मात्रकरहित राशि)}$$

इसलिए $$\phi = \tan^{-1}\frac{I_L - I_C}{I_R} \text{ अंश (degree)} \quad \text{...सूत्र}$$

अत: किसी प्र० धा० परिपथ का कलाकोण, परिपथ की कुल वोल्टता तथा कुल परिणामी धारा के बीच का कोण (angle) है। इसे प्राय: डिग्री या यदा-कदा रेडियन मात्रक में ϕ से व्यक्त करते हैं, जैसाकि कलीयारेख से स्पष्ट है।

(viii) शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor)—कलीयारेख द्वारा—

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I} = \frac{V}{R}\times\frac{Z}{V} = \frac{Z}{R} \text{ (मात्रकरहित राशि)} \quad \text{...सूत्र}$$

अत: किसी प्र० धा० समान्तर परिपथ का शक्तिगुणक, उस परिपथ की कुल प्रतिरोधी धारा (I_R) तथा कुल परिणामी धारा (I) का अनुपात है। *अथवा*

किसी प्र० धा० समान्तर परिपथ का शक्तिगुणक, परिपथ की कुल प्रतिबाधा (Z) तथा कुल प्रतिरोध (R) का अनुपात है। इसे P. F. प्रतीकात्मक अक्षरों से निरूपित करते हैं और यह $\cos\phi$ के तुल्य है, जिसका उच्चतम मान एकांक (unit) होता है।

(ix) प्रतिघातीगुणक का परिकलन (Calculation of reactive factor)—कलीयारेख द्वारा—

$$\sin\phi = \frac{I_L - I_C}{I} \text{ (मात्रकरहित राशि)} \quad \text{...सूत्र}$$

$$\sin\phi = \left(\frac{V}{X_L} - \frac{V}{X_C}\right)\times\frac{Z}{V} = \frac{Z}{X} \text{ (मात्रकरहित राशि)} \quad \text{...सूत्र}$$

अत: किसी प्र० धा० समान्तर परिपथ का प्रतिघातीगुणक, उस परिपथ की कुल प्रतिघाती धारा तथा कुल धारा का अनुपात (ratio) है। *अथवा*

अत: किसी प्र० धा० समान्तर परिपथ का प्रतिघातीगुणक, उस परिपथ की कुल प्रतिबाधा (Z) तथा कुल प्रतिघात (X) का अनुपात (ratio) है। इसे R.F. प्रतीकात्मक अक्षरों से निरूपित करते हैं। यह $\sin\phi$ के तुल्य होता है, जिसका उच्चतम मान एकांक (unit) होता है।

(x) सक्रिय शक्ति का परिकलन (Calculation of active power)

वैद्युत शक्ति (electric power) = वोल्टता × धारा × शक्तिगुणक (p. f.) ...सूत्र

$$P = VI\cos\phi \text{ वाट (W) मात्रक}$$

(xi) प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of reactive power)

प्रतिघाती शक्ति = वोल्टता × धारा × प्रतिघाती गुणक (r.f.)

$$P_r = VI\sin\phi \text{ वो० ऐ० रि० (VAR) मात्रक} \quad \text{...सूत्र}$$

(xii) आभासी शक्ति का परिकलन (Calculation of apparent power)

आभासी शक्ति = वोल्टता (Voltage) × धारा (current)

$$P_a = VI \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA) मात्रक} \quad \text{...सूत्र}$$

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
23 / 235

(xiii) वैद्युत शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of electric power loss)

शक्ति-हानि = प्रतिरोधक धारा का वर्ग × प्रतिरोध

$$P_{loss} = I_R^2 \times R \text{ वाट (watt) मात्रक} \quad \text{...सू}$$

टिप्पणी (Note)—प्रतिरोधक धारा का तात्पर्य, प्रतिरोध (R) से होकर बहने वाली धारा है, अर्थात् प्रतिरोध संलग्न शाखा में (in) बहने वाली धारा है।

(xiv) सक्रिय शक्ति तथा शक्ति-हानि में सम्बन्ध (Relation between active power and power loss in parallel circuit)

सक्रिय शक्ति $P = VI\cos\phi$ वाट (watt) मात्रक (मान रखने पर)

$$= V \times \frac{V}{Z} \times \frac{Z}{R}$$

$$= \frac{V^2}{R} = \frac{(I_R R)^2}{R} = I_R^2 R = P_{loss} \quad \text{(शक्ति-हानि)}$$

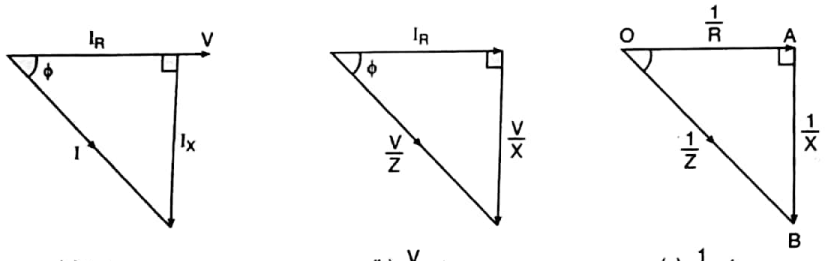
2.3. प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ में प्रतिलोम प्रतिबाधा-त्रिभुज (Inverse impedance-triangle in a. c. parallel circuit)

(i) त्रिभुज के अनुसार, प्रतिघातीगुणक अर्थात् रीऑक्टिव फैक्टर (reactive factor)

$$\text{R. F.} = \sin\phi = \frac{Z}{X} \quad \text{...सू}$$

(ii) त्रिभुज के अनुसार, शक्तिगुणक अर्थात् पॉवर फैक्टर (power factor)

$$\text{P. F.} = \cos\phi = \frac{Z}{R} \quad \text{...सू}$$



(a) I–Δ (b) $\frac{V}{Z}$–Δ (c) $\frac{1}{Z}$–Δ

चित्र 2.2–I-Δ को $\frac{I}{Z}$ – Δ में बदलना।

(iii) त्रिभुज के अनुसार, कलाकोण अर्थात् फेज़ एंगल (phase angle)

$$\because \quad \tan\phi = \frac{R}{X} \quad \text{...सू}$$

$$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\left(\frac{R}{X}\right) \quad \text{...सू}$$

(iv) प्रतिलोमी प्रतिबाधा अर्थात् इनवर्स इम्पीडॉन्स (inverse impedance)

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left\{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2\right\}} \quad \text{...सूत्र}$$

Where spuare of inverse reactance $\left(\frac{1}{X}\right)^2 = \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2$

उदाहरण 1—चित्र 2.1 में प्रदर्शित एकल कला प्र० धा० समान्तर परिपथ में निम्नलिखित आँकड़े उपलब्ध हैं—

$$R = 10\,\Omega, \quad L = \frac{1}{20\pi}\text{ H}, \quad C = \frac{1}{800\,\pi}\text{ F}, \quad V = 80\text{ V}, \quad f = 50\text{ Hz}$$

तो कलीयारेख खींचते हुए ज्ञात कीजिए—

$$X_L, X_C, I_R, I_L, I_C, I, Z, \phi, \cos\phi, \sin\phi, P, P_r, P_a, P_{loss}, \quad \text{...etc.}$$

हल : प्रस्तुत गणनात्मक प्रश्न के वैद्युत परिपथ तथा कलीयारेख, उपर्युक्त चित्र 2.1 के अनुरूप ही होंगे।

एकल कला प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथों का निष्कर्ष (Summary of Single Phase A. C. Parallel Circuits)

क्र० सं०	परिपथ का प्ररूप (Type of circuit)	परिणामी धारा (Resultant current) $I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}}$	कलाकोण (Phase angle) $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{I_L - I_C}{I_R}\right)$	शक्तिगुणक (Power factor) $\cos\phi = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$
1.	R—परिपथ	$I = I_R$ ऐम्पियर	$\phi = 0°$ समान कला	$\cos\phi = 1$ एकांक
2.	L—परिपथ	$I = I_L$ ऐम्पियर	$\phi = 90°$ पश्चगामी	$\cos\phi = 0$ पश्चगामी
3.	C—परिपथ	$I = I_C$ ऐम्पियर	$\phi = 90°$ अग्रगामी	$\cos\phi = 0$ अग्रगामी
4.	RLC—परिपथ	$I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}}$ ऐ०	$0 < \phi < 90°$ पश्च या अग्र	$\cos\phi < 1$ पश्च या अग्र
5.	RL—परिपथ	$I = \sqrt{(I_R^2 + I_L^2)}$ ऐ०	$0 < \phi < 90°$ पश्चगामी	$\cos\phi < 1$ पश्चगामी
6.	RC—परिपथ	$I = \sqrt{(I_R^2 + I_C^2)}$ ऐ०	$0 < \phi < 90°$ अग्रगामी	$\cos\phi < 1$ अग्रगामी
7.	LC—परिपथ	$I = I_L - I_C = I_X$ ऐ०	$\phi = 90°$ पश्च या अग्र	$\cos\phi = 0$ पश्च या अग्र

प्रतिरोध (resistance)	$R = 10\Omega$
प्रेरणिक प्रतिघात	$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 1/20\pi = 5\Omega$
धारिता प्रतिघात	$X_C = 1/2\pi fC = 1/2\pi \times 50 \times 1/800\pi = 8\Omega$
प्रतिरोधक धारा	$I_R = V/R = 80/10 = 8\text{ A}$
प्रेरणिक धारा	$I_L = V/X_L = 80/5 = 16\text{ A}$

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
24 / 235

धारिता धारा $I_C = V / X_C = 80/8 = 10\,A$

परिणामी धारा $I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}}$ (मान रखने पर)

$= \sqrt{(64+36)} = 10\,A.$

परिणामी प्रतिबाधा $Z = \frac{V}{I} = \frac{80}{10} = 8$ ओह्म (Ω) मात्रक

कलाकोण $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{I_L - I_C}{I_R}\right)$ अंश (degree)

$= \tan^{-1}\frac{6}{8} = 36{\cdot}9$ अंश (degree)

शक्तिगुणक $\cos\phi = \frac{I_R}{I} = \frac{8}{10} = 0{\cdot}8$ मात्रकरहित राशि

प्रतिघातीगुणक $\sin\phi = \frac{I_L - I_C}{I} = \frac{6}{10} = 0{\cdot}6$ मात्रकरहित राशि

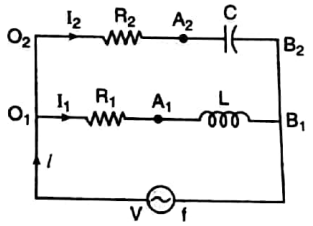
सक्रिय शक्ति $P = VI\cos\phi = 80\times10\times0{\cdot}8 = 640$ वाट (W)

प्रतिघाती शक्ति $P_r = VI\sin\phi = 80\times10\times0{\cdot}6 = 480$ वो० ऐ० रि० (VAR)

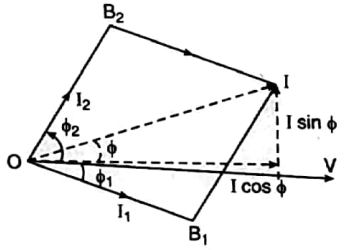
आभासी शक्ति $P_a = VI = 80\times10 = 800$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)

व्यय शक्ति $P_{loss} = I^2R = 64\times10 = 640$ वाट (W)

2.4. जटिल प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ का सिद्धान्त (Theory of complicated a. c. parallel circuit)



चित्र 2.3–समान्तर परिपथरेख।



चित्र 2.4–परिणामीकलीयारेख।

(i) ओह्मिक मानों का परिकलन (Calculation of ohmic values)

वैद्युत परिपथ का प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \text{ ओह्म } (\Omega)$$

वैद्युत परिपथ का धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

(ii) दोनों शाखाओं की क्रमशः प्रतिबाधायें (Impedances)

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_C^2} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

(iii) दोनों शाखाओं की क्रमशः धाराएँ (Currents)

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} \text{ ऐम्पियर (A)}; \qquad I_2 = \frac{V}{Z_2} \text{ ऐम्पियर (A)}$$

(iv) दोनों शाखाओं के क्रमशः कलाकोण (Phase angles)

$$\phi_1 = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R_1}\right) \text{ अंश (degree)}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R_2}\right) \text{ अंश (degree)}$$

(v) दोनों शाखाओं की क्रमशः शक्तिगुणकें (Power factors)

$$\cos\phi_1 = R_1 / Z_1 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

$$\cos\phi_2 = R_2 / Z_2 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

(vi) दोनों शाखाओं की क्रमशः प्रतिघातीगुणकें (Reactive factors)

$$\sin\phi_1 = R_L / Z_1 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

$$\sin\phi_2 = R_C / Z_2 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

(vii) दोनों शाखाओं की क्रमशः सक्रिय शक्तियाँ (Active powers)

$$P_1 = VI_1\cos\phi_1 \text{ वाट (W)}$$

$$P_2 = VI_2\cos\phi_2 \text{ वाट (W)}$$

(viii) दोनों शाखाओं की क्रमशः प्रतिघाती शक्तियाँ (Reactive powers)

$$P_{r_1} = VI_1\cos\phi_1 \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)}$$

$$P_{r_2} = VI_2\cos\phi_2 \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)}$$

(ix) दोनों शाखाओं की क्रमशः आभासी शक्तियाँ (Apparent powers)

$$P_{a_1} = VI_1 \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)}$$

$$P_{a_2} = VI_2 \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)}$$

(x) दोनों शाखाओं में क्रमशः शक्ति-हानियाँ (Power losses)

$$P_{l_1} = I_1^2R_1 \text{ वाट (watt)}$$

$$P_{l_2} = I_2^2R_2 \text{ वाट (watt)}$$

(xi) सम्पूर्ण परिपथ की कुल शक्ति-हानियाँ (Total power lasser)

$$P_l = (P_{l_1} + P_{l_2}) \text{ वाट (watt)}$$

(xii) पणिामी धारा का परिकलन (Calculation of resultant current)—

उपर्युक्त कलीयारेखों के क्षैतिज घटकों की परस्पर तुलना करने पर—

$$I\cdot\cos\phi = I_1\cos\phi_1 + I_2\cos\phi_1 = I_x \text{ ऐम्पियर (say)}$$

उपर्युक्त कलीयारेखों के ऊर्ध्वाधर घटकों की परस्पर तुलना करने पर—

$$I\cdot\sin\phi = -I_1\sin\phi_1 + I_2\sin\phi_2 = I_y \text{ ऐम्पियर (say)}$$

उपर्युक्त दोनों समीकरणों का वर्ग करके जोड़ने पर—

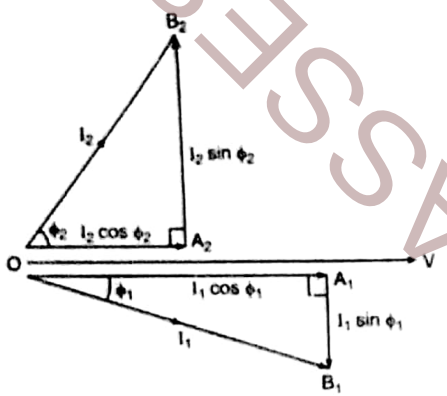
$$I^2\cos^2\phi + I^2\sin^2\phi = I_x^2 + I_y^2$$

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
25 / 235

$$I^2(\cos^2\phi+\sin^2\phi)=I_x^2+I_y^2$$

$$I^2=I_x^2+I_y^2$$ (वर्गमूल लेने पर)

परिणामी धारा : $$I=\sqrt{(I_x^2+I_y^2)}$$ ...सूत्र



चित्र 2.5–समान्तर परिपथ का घटकीय कलीयारेख।

(xiii) परिणामी कलाकोण का परिकलन (Calculation of resultant phase angle)—धारा घटकों के उपर्युक्त दोनों सूत्रों को परस्पर विभाजित करने पर—

$$\frac{I\sin\phi}{I\cos\phi}=\frac{I_y}{I_x}$$ अथवा $$\tan\phi=\frac{I_y}{I_x}$$ (मात्रकरहित राशि)

इसलिए कलाकोण : $$\phi=\tan^{-1}\left(\frac{I_y}{I_x}\right)$$ अंश (degree) ...सू

(xiv) परिणामी प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of resultant impedance)

परिणामी प्रतिबाधा : $$Z=\frac{V}{I}$$ ओह्म (Ω) ...सू

(xv) परिणामी शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of resultant power factor)

∵ $$I\cos\phi=I_x$$ ऐम्पियर (A) ...घटकीय सू

∴ $$\cos\phi=I_x/I$$ (मात्रकरहित राशि) ...सूत्र

(xvi) परिणामी प्रतिघातीगुणक का परिकलन (Calculation of resultant reactive factor)

∵ $$I\sin\phi=I_y$$ ऐम्पियर (A) ...घटकीय सू

∴ $$\sin\phi=I_y/I$$ (मात्रक रहित राशि) ...सू

(xvii) परिणामी सक्रिय शक्ति का परिकलन (Calculation of resultant active power)

$$P=VI\cos\phi$$ वाट (watt) ...सू

(xviii) परिणामी प्रतिघाती शक्ति का परिकलन (Calculation of resultant reactive power)

$$P_r=VI\sin\phi$$ वोल्ट-ऐम्पियर रिऐक्टिव (VAR) ...सू

(xix) परिणामी आभासी शक्ति का परिकलन (Calculation of resultant apparent power)

$$P_a=VI$$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA) ...सूत्र

(xx) परिणामी शक्ति-हानि का परिकलन (Calculation of resultant power less)

$$P_{loss}=(I_1^2R_1+I_2^2R_2)$$ वाट (watt) ...सूत्र

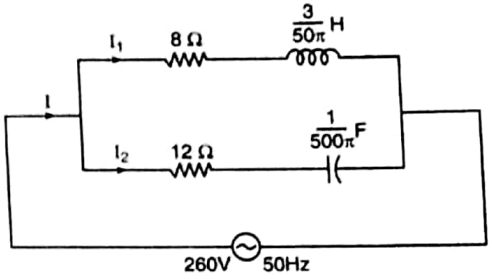
$$=\left(I_1\cdot\frac{V}{Z_1}\cdot R_1+I_2\frac{V}{Z_2}\cdot R_2\right)$$ (मान रखने पर)

$$=(VI_1\cos\phi_1+VI_2\cos\phi_2)$$ (since $\cos\phi=R/Z$)

$$=V(I_1\cos\phi_1+I_2\cos\phi_2)$$ (मान रखने पर)

$$=V\cdot I\cdot\cos\phi$$ वाट (watt) ...सूत्र

उदाहरण 1—निम्नदर्शित परिपथ में उपर्युक्त सभी मानों को ज्ञात कीजिए—



चित्र 2.6–उदाहरण सम्बन्धी समान्तर परिपथारेख।

हल :

(i) प्रथम शाखा का प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance)

$$X_L=2\pi\cdot f\cdot L=\frac{2\pi\times50\times3}{50\pi}=6$$ ओह्म (Ω)

(ii) द्वितीय शाखा का धारिता प्रतिघात (capacitive reactance)

$$X_C=\frac{1}{2\pi\cdot f\cdot C}=\frac{500\pi}{2\pi\times50}=5$$ ओह्म (Ω)

(iii) प्रथम शाखा की प्रतिबाधा (impadance of first branch)

$$Z_1=\sqrt{(R_1^2+X_L^2)}=\sqrt{(64+36)}=10$$ ओह्म (Ω)

(iv) द्वितीय शाखा की प्रतिबाधा (impadance of second branch)

$$Z_2=\sqrt{(R_2^2+X_C^2)}+\sqrt{(144+25)}=13$$ ओह्म (Ω)

(v) प्रथम शाखा की धारा (current of first branch)

$$I_1=\frac{V}{Z_1}=\frac{260}{10}=26$$ ऐम्पियर (A)

(vi) द्वितीय शाखा की धारा (current of second branch)

$$I_2=\frac{V}{Z_2}=\frac{260}{13}=20$$ ऐम्पियर (A)

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
26 / 235

(vii) प्रथम शाखा का कलाकोण (phase angle of first branch)

$$\phi_1 = \tan^{-1}\frac{X_L}{R_1} = \tan^{-1}\frac{6}{8} = \tan^{-1} 0{\cdot}75 = 36{\cdot}8699 \text{ अंश (degree)}$$

(viii) द्वितीय शाखा का कलाकोण (phase angle of second branch)

$$\phi_2 = \tan^{-1}\frac{X_C}{R_2} = \tan^{-1}\frac{5}{12} = \tan^{-1} 0{\cdot}1467 = 22{\cdot}62 \text{ अंश (degree)}$$

(ix) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं की क्रमश: शक्तिगुणकें (power factors)

$\cos\phi_1 = 8/10 = 0{\cdot}8$ मात्रकरहित राशि

$\cos\phi_2 = 12/13 = 0{\cdot}923$ मात्रकरहित राशि

(x) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं की क्रमश: प्रतिघाती गुणकें (reactive factors)

$\sin\phi_1 = 6/10 = 0{\cdot}6$ मात्रक रहित राशि

$\sin\phi_2 = 5/13 = 0{\cdot}36$ मात्रक रहित राशि

(xi) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं की क्रमश: सक्रिय शक्तियाँ (active powers)

$P_1 = VI_1\cos\phi_1 = 260\times 26\times 0{\cdot}8 = 5408$ वाट (watt)

$P_2 = VI_2\cos\phi_2 = 260\times 20\times 0{\cdot}923 = 4800$ वाट (watt)

(xii) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं की क्रमश: प्रतिघाती शक्तियाँ (reactive powers)

$P_{r1} = VI_1\sin\phi_1 = 260\times 26\times 0{\cdot}6 = 4056$ वो० ऐ० रि० (VAR)

$P_{r2} = VI_2\sin\phi_2 = 260\times 20\times 0{\cdot}38 = 1976$ वो० ऐ० रि० (VAR)

(xiii) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं की क्रमश: आभासी शक्तियाँ (apparent powers)

$P_{a1} = VI_1 = 260\times 26 = 6760$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)

$P_{a2} = VI_2 = 260\times 20 = 5200$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)

(xiv) प्रथम तथा द्वितीय शाखाओं में क्रमश: शक्ति-हानियाँ (power losses)

$P_{l1} = I_1^2 R_1 = 26\times 26\times 8 = 5408$ वाट (watt)

$P_{l2} = I_2^2 R_2 = 20\times 20\times 12 = 4800$ वाट (watt)

(xv) धाराओं के क्षैतिज घटकों का योग (sum of horizontal comports of current)

$$I_x = I_1\cos\phi_1 + I_2\cos\phi_2 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$
$$= (26\times 0{\cdot}8 + 20\times 0{\cdot}923) = 39{\cdot}26 \text{ ऐम्पियर (A)}$$

(xvi) धाराओं के ऊर्ध्वाधर घटकों का योग (sum of vertical components of current)

$$I_y = I_1\sin\phi_1 + I_2\sin\phi_2 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$
$$= (-26\times 0{\cdot}6 + 20\times 0{\cdot}385) = -7{\cdot}9 \text{ ऐम्पियर (A)}$$

(xvii) परिणामी धार

$$I = \sqrt{(I_x^2 + I^2)} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$I = \sqrt{(1541{\cdot}35 + 62{\cdot}41)} = \sqrt{1603{\cdot}76} = 40{\cdot}05 \text{ ऐम्पियर (A)}$$

(xviii) परिणामी कलाकोण :

$$\phi = \tan^{-1}(I_y / I_x) \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\phi = \tan^{-1}(-7{\cdot}9/39{\cdot}26) = \tan^{-1}(-0{\cdot}201223) = -11{\cdot}53 \text{ अंश (degree)}$$

(xix) परिपथ की कुल प्रतिबाधा (total impedance of the circuit)

$$Z_1 = \frac{V}{I} = \frac{260}{40{\cdot}05} = 6{\cdot}492 \text{ ओह्म } (\Omega)$$

(xx) परिपथ का परिणामी शक्तिगुणक (resultant power factor)

$$\cos\phi = \frac{I_x}{I} = \frac{39{\cdot}26}{40{\cdot}06} = 0{\cdot}98 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

(xxi) परिपथ का परिणामी प्रतिघातीगुणक (resultant reactive factor)

$$\sin\phi = \frac{I_y}{I} = \frac{-7{\cdot}9}{40{\cdot}05} = -\ 0{\cdot}2 \text{ मात्रकरहित राशि}$$

(xxii) परिपथ की कुल सक्रिय शक्ति (total active power)

$$P = VI\cos\phi = 260\times 40{\cdot}05\times 0{\cdot}9803 = 10208 \text{ वाट (W)}$$

(xxiii) परिपथ की कुल प्रतिघाती शक्ति (total reactive power)

$$P_r = VI\sin\phi = 260\times 40{\cdot}05\times 0{\cdot}2 = 2080 \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)}$$

(xxiv) परिपथ की कुल आभासी शक्ति (total apparent power)

$$P_a = VI = 260\times 40{\cdot}05 = 10413 \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)}$$

(xxv) परिपथ में कुल वैद्युत शक्ति-हानियाँ (total power losses)

$$P_{loss} = (I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2) \text{ वाट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$
$$= (26\times 26\times 8 + 20\times 20\times 12)$$
$$= 5408 + 4800 = 10208 \text{ वाट (watt)}$$

2.5. एकल कला परिपथ में किलोवाट (kW), किलोवोट-ऐम्पियर (kVA) तथा किलोवोल्ट-ऐम्पियर-रिऐक्टिव (kVAR) में त्रिकोणमितीय सम्बन्ध

चित्र 2.7 (d) द्वारा त्रिकोणमितीय सम्बन्ध (trigonometrical realtions)

(i) शक्ति-त्रिभुज के अनुसार, प्रतिघाती गुणक (reactive factor)

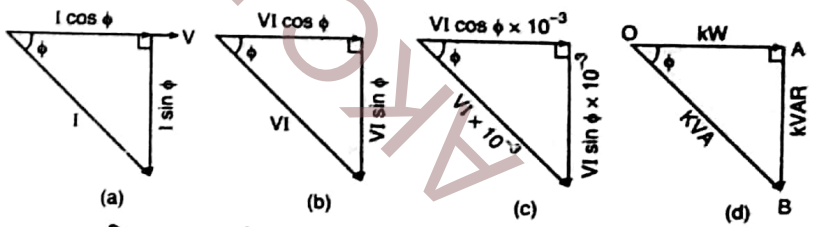
$$\sin\phi = \frac{kVAR}{kVA} \qquad \text{...सूत्र}$$

$$\therefore \quad kVAR = kVA\cdot\sin\phi \qquad \text{...सूत्र}$$

(ii) शक्ति-त्रिभुज के अनुसार, शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = \frac{kW}{kVA} \qquad \text{... सूत्र}$$

$$\therefore \quad kW = kVA\cdot\cos\phi \qquad \text{...सूत्र}$$



चित्र 2.7–धारा-त्रिभुज (I – Δ) को शक्ति-त्रिभुज (P – Δ) में बदलना।

Scanned with CamScanner
27 / 235
AKGOTECHNICAL CLASSES

(iii) शक्ति-त्रिभुज के अनुसार, कलाकोण (phase angle)

$$\because \quad \tan\phi = \frac{kVAR}{kW} \qquad \text{...सूत्र}$$

$$\therefore \quad \phi = \tan^{-1}\frac{kVAR}{kW} \qquad \text{...सूत्र}$$

(iv) $P-\Delta$ के अनुसार, आभासी शक्ति (apparent power)

$$kVA = \sqrt{\{(kW)^2 + (kVAR)^2\}} \qquad \text{...सूत्र}$$

उदाहरण 1—एक एकल कला प्र० धा० परिपथ में 2000 V की वोल्टता पर 50 A की धारा प्रवाहित होती है और परिपथ का शक्तिगुणक 0·8 है, तो परिपथ की निविष्ट शक्ति (input power) को शक्ति की विभिन्न इकाइयों में ज्ञात कीजिए। *(B. T. E. Exam.)*

हल : वैद्युत परिपथ की किलोवॉट मात्रक में शक्ति (power)

$$kW = \frac{VI\cos\phi}{1000} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$kW = \frac{2000\times 50\times 0{\cdot}8}{1000} = \mathbf{80\ kW.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

वैद्युत परिपथ की किलोवोल्ट-ऐम्पियर-रिऐक्टिव मात्रक के शक्ति (power)

$$kVAR = \frac{VI\sin\phi}{1000} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \frac{2000\times 50\times 0{\cdot}6}{1000} = \mathbf{60\ kVAR.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

वैद्युत परिपथ की किलोवोल्ट-ऐम्पियर मात्रक में शक्ति (power)

$$kVA = \sqrt{\{(kW)^2 + (kVAR)^2\}} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \{(80)^2 + (60)^2\} = \mathbf{100\ kVA.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 2—एक एकल कला प्र० धा० समान्तर परिपथ की कुल प्रतिबाधा 96 Ω है और वोल्टता से कुल धारा 36·9° पश्चगामी है, तो परिपथ के प्रतिरोध तथा प्रतिघात का मान ज्ञात कीजिए। *(B. T. E. Exam.)*

हल : दिया है $Z = 96\ \Omega, \phi = 36{\cdot}9°$ (lagging)

प्रतिरोध $$R = \frac{Z}{\cos\phi} = \frac{96}{\cos 36{\cdot}9°} = \frac{96}{0{\cdot}8} = \mathbf{120\ \Omega}$$ **उत्तर**

प्रतिघात $$X = \frac{Z}{\sin\phi} = \frac{96}{\sin 36{\cdot}9°} = \frac{96}{0{\cdot}6} = \mathbf{160\ \Omega.}$$ **उत्तर**

2.6. शक्तिगुणक तथा इसका महत्त्व (Power factor and its significance)

किसी प्रत्यावर्तीधारा परिपथ की क्रियात्मक शक्ति तथा आभासी शक्ति के अनुपात को शक्तिगुणक अर्थात् पॉवर फैक्टर कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है, जिसे P. F. तथा $\cos\phi$ प्रतीकों (symbols) से व्यक्त करते हैं। इसका अधिकतम मान एकांक (one) होता है; परन्तु मानक निर्धारित मान 0·8 माना गया है।

$$\text{शक्तिगुणक} = \frac{\text{क्रियात्मक शक्ति (active power)}}{\text{आभासी शक्ति (apparent power)}}$$

$$\text{P. F.} = \frac{kW}{kVA} = \frac{kVA\cos\phi}{kVA} = \cos\phi$$

शक्तिगुणक के महत्त्व की विवेचना निम्नांकित दो प्रकार से की जा सकती है—

(A) न्यून शक्तिगुणक के कारण, हानियों द्वारा (by losses due to low power factor)

(B) उच्च शक्तिगुणक के कारण, लाभों द्वारा (by gains due to high power factor)

(A) न्यून शक्तिगुणक के कारण, हानियाँ (Disadvantages due to low power factor)

प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूप से न्यून शक्तिगुणक के कारण, निम्नलिखित कमियों का सामना करना पड़ता है—

(i) न्यून शक्तिगुणक के कारण, वैद्युत प्रणाली (तन्त्र) में धारा का मान बढ़ जाता है। चूँकि धारा (I) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) परस्पर एक-दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती (विलोमानुपाती) होते हैं; इसलिए शक्तिगुणक के घटने से धारा बढ़ जाती है। एकल कला वैद्युत शक्ति (electric power)

$$P = VI\cos\phi \text{ वाट} \qquad \text{...सूत्र}$$

चूँकि स्थिर भार की अवस्था में यन्त्र द्वारा वैद्युत शक्ति P स्थिर ली जाती है और तन्त्र द्वारा वोल्टता V स्थिर रखी जाती है। इस प्रकार P तथा V को स्थिर माना जा सकता है, केवल धारा I तथा शक्तिगुणक $\cos\phi$ परिवर्तनीय रहते हैं। तब उपर्युक्त सूत्र द्वारा I तथा $\cos\phi$ में सम्बन्ध

$$I = \frac{P}{V\cos\phi} \qquad \text{अर्थात्} \qquad I \propto \frac{1}{\cos\phi}.$$

(ii) धारा (I) के बढ़ने से प्रणाली (तन्त्र) में वोल्टतापात (voltage drop *i.e.* IZ) बढ़ जाता है।

(iii) वोल्टतापात (IZ) के बढ़ने से प्रणाली का वोल्टता-नियमन (voltage regulation) निर्बल (poor) हो जाता है। अर्थात् ग्राह्य सिरों (receiving ends) पर वोल्टता (V_R) कम प्राप्त होती है; क्योंकि $V_R = (V_S - IZ)$.

(iv) धारा (I) के बढ़ने से प्रणाली में वैद्युत शक्ति-हानियाँ (power losser) बढ़ जाती हैं।

(v) वैद्युत प्रणाली में शक्ति-हानियों के बढ़ने से प्रणाली की दक्षता (efficiency) घट जाती है।

$$\eta = \frac{P(\text{out})}{P(\text{in})} = \frac{(P_i - I^2R)}{P_i} \qquad \text{...सूत्र}$$

(vi) शक्तिगुणक $\cos\phi$ के घटने से वैद्युत प्रणाली पर आभासी भार शक्ति kVA बढ़ जाती है; क्योंकि $\cos\phi$ तथा kVA परस्पर एक-दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती (विलोमानुपाती) होते हैं। फलत: वैद्युत प्रणाली अतिभारित (over loaded) हो जाती है।

वैद्युत शक्ति प्रणाली की वास्तविक शक्ति ('real or actual' power)

$$kW = kVA\cos\phi \qquad \text{...सूत्र}$$

इसलिए $$kVA = \frac{kW}{\cos\phi} \qquad \text{अर्थात्} \qquad kVA \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

(vii) अतिभारन (over loading) से वैद्युत शक्ति प्रणली का तापमान बढ़ जाता है।

(viii) तापमान के बढ़ने से वैद्युत शक्ति प्रणाली का टिकाऊपन (जीवनकाल) घट जाता है।

(ix) शक्तिगुणक के घटने पर वैद्युत ऊर्जा (kWh) की खपत (consumption) बढ़ जाती है; क्योंकि—

$$kWh \propto kVA \propto I \propto \frac{1}{\cos\phi}.$$

(x) विद्युत-ऊर्जा की खपत के बढ़ने से इलेक्ट्रिसिटी-बिल बढ़ जाता है; क्योंकि—

$$\text{Cost of } kWh \propto kWh \propto kVA \propto I \propto \frac{1}{\cos\phi}.$$

Scanned with CamScanner
28 / 235
AMC TECHNICAL CLASSES

(xi) शक्तिगुणक (power factor) के घटने से वैद्युत शक्तिप्रणाली (तन्त्र) में संलग्न यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण (चालक, कॉइल) आदि प्रयुक्तियों व अनुप्रयुक्तियों की कीमत बढ़ जाती है; क्योंकि उच्च धारा के लिए मोटे चालकों की आवश्यकता होती है।

$$\text{Cost of apparatus} \propto kVA \propto I \propto \frac{1}{\cos\phi}.$$

(xii) शक्तिगुणक (power factor) के घटने से वैद्युत प्रणाली में संलग्न वैद्युत यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों की कार्य-कुशलता (performance) घट जाती है।

$$\text{Performance of equipments} \propto \cos\phi.$$

(xiii) शक्तिगुणक के घटने से सम्पूर्ण वैद्युत प्रणाली की दक्षता (efficiency) घट जाती है; क्योंकि—

$$\text{Inpur power } (kW) \propto \cos\phi.$$

(B) उच्च शक्तिगुणक के लाभ (Advantages of high power factor)

वैद्युत शक्ति प्रणाली में उच्च शक्तिगुणक से निम्नलिखित लाभ उपलब्ध (gain) होते हैं—

(i) उच्च शक्तिगुणक के कारण, वैद्युत शक्ति प्रणाली में धारा का मान घट जाता है।

(ii) धारा (I) के घटने से लाइन में वोल्टतापात (voltage drop *i.e.*, IZ) घट जाता है।

(iii) वोल्टतापात (IZ) के घटने से लाइन का वोल्टता-नियमन (voltage regulation) सबल (rich) हो जाता है।

(iv) धारा (I) घटने से लाइन में वैद्युत शक्ति-हानियाँ (I^2R-losser) घट जाती हैं।

(v) शक्ति-हानियों (I^2R) के घटने से लाइन की संचरण दक्षता (transmission efficiency) बढ़ जाती है।

(vi) शक्तिगुणक के बढ़ने से वैद्युत प्रणाली (तन्त्र) की आभासी भार शक्ति (kVA) घट जाती है। फलत: वैद्युत प्रणाली अतिभारित (over loaded) नहीं होती।

(vii) अतिभारित (over loaded) न होने के कारण, वैद्युत प्रणाली का तापमान सीमित (कम) रहता है।

(viii) तापमान के सीमित (कम) रहने से वैद्युत प्रणाली (तन्त्र) का टिकाऊपन (जीवनकाल) बढ़ जाता है।

(ix) शक्तिगुणक (power factor) के बढ़ने से वैद्युत ऊर्जा की खपत (उपभोगिता) कम हो जाती है; क्योंकि यन्त्रों की निविष्ट धारा (input current) घट जाती है।

(x) वैद्युत ऊर्जा की खपत कम होने से इलेक्ट्रिसिटी बिल, कम धनराशि (amount) का आता है।

(xi) शक्तिगुणक के बढ़ने से सम्पूर्ण वैद्युत शक्ति प्रणाली की कीमत घट जाती है, क्योंकि वैद्युत यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण की कीमत उनकी आभासी वैद्युत शक्ति (kVA) पर निर्भर करती है।

$$\text{Cost of equipment} \propto kVA \propto I \propto \frac{1}{\cos\phi}.$$

(xii) उच्च शक्तिगुणक पर विद्युत के सभी यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों का निष्पादन (performance) श्रेष्ठ होता है।

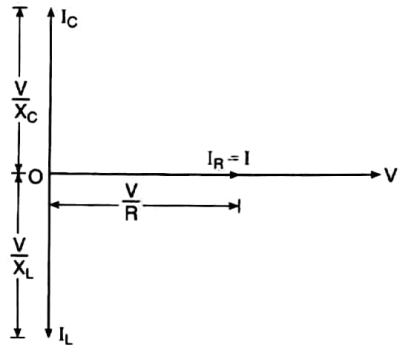
$$\text{Performance of machine} \propto \cos\phi$$

(xiii) उच्च शक्तिगुणक पर वैद्युत शक्ति प्रणाली की दक्षता (efficiency) उच्च होती है।

(xiv) उच्च शक्तिगुणक पर प्राइमूवर की निर्गत शक्ति का अपव्यय कम हो जाता है, क्योंकि उच्च शक्तिगुणक पर वैद्युत यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों का निविष्ट घट जाता है। फलत: विद्युत-जनन (electric generation) के लिए ईंधन की खपत (consumption of fuel) कम हो जाती है।

2.7. सरल प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ में अनुनाद
(Resonance in simple a. c. parallel circuit)

विदित है कि सभी प्रकार के प्र० धा० परिपथों में अनुनादी अवस्था में शक्तिगुणक का मान एकांक ($\cos\phi = 1$) होता है। इस प्रकार अनुनादी अवस्था में RLC सरल समान्तर परिपथ के कलीयारेख में प्रेरणिक धारा (inductive current) का मान धारिता धारा (capacitive current) के विपरीत तथा तुल्य ($I_L = I_C$) होता है, जैसाकि चित्र 2.8 से स्पष्ट है। यह अवस्था एक निश्चित आवृत्ति पर ही प्राप्त होती है, जिसे अनुनादी आवृत्ति (resonant frequency) कहते हैं। इसे साइकल प्रति सेकण्ड (c/s) अर्थात् हर्ट्स (Hz) मात्रक में f_0 या f_r अक्षर से व्यक्त करते हैं। इससे सम्बन्धित कोणीय वेग को अनुनादी कोणीय वेग (resonant angular velocity) कहते हैं। इसे रेडियन प्रति सेकण्ड (rad./s) मात्रक में ω_0 या ω_r अक्षर से व्यक्त करते हैं।



चित्र 2.8–अनुनाद सम्बन्धी कलीयारेख।

सरल समान्तर परिपथ हेतु अनुनादी अवस्था (resonant condition)

$$I_L - I_C = 0 \qquad \text{(Where } I_L \text{ and } I_C \text{ are the currents)}$$

अर्थात्
$$I_L = I_C \qquad \text{(Put the values of } I_L \text{ and } I_C\text{)}$$

या
$$\frac{V}{X_L} = \frac{V}{X_C} \qquad \text{(Where } X_L \text{ and } X_C \text{ are the reactances)}$$

अर्थात्
$$X_L = X_C \qquad \text{(Put the values of } X_L \text{ and } X_C\text{)}$$

या
$$\omega_r \cdot L \frac{1}{\omega_r C} \qquad \text{(Where } \omega_r \text{ is a resonant angular velocity)}$$

अर्थात्
$$\omega_r^2 = \frac{1}{L \cdot C} \qquad \text{(Taking under root of both sides)}$$

इसलिए
$$\omega_r = \sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C}\right)} \qquad (\because\ \omega_r = 2\pi f_r)$$

अर्थात्
$$2\pi f_r = \sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C}\right)} \qquad (f_r \text{ is a resonant frequency})$$

इसलिए
$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C}\right)} \quad \text{अर्थात्} \quad \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \qquad \text{...सूत्र}$$

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि RLC सरल समान्तर परिपथ तथा सरल श्रेणी परिपथ में अनुनादी आवृत्ति (resonant frequency) का मान समान (equal) होता है।

Scanned with CamScanner
29 / 235
AMC TECHNICAL CLASSES

2.8. सरल समान्तर अनुनाद की अवस्था में विभिन्न राशियों के मान
(Values of different quantities in simple parallel resonant conditions)

(i) चूँकि समान्तर परिपथ में कुल परिणामी धारा (total resultant current)

$$I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}} \quad \text{ऐम्पियर (A) मात्रक} \qquad \text{...सूत्र}$$

परन्तु समान्तर अनुनादी अवस्था में (but in parallel resonant condition)

$$I_L - I_C = (\text{zero}) \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(ii) इसलिए अनुनादी अवस्था में कुल परिणामी धारा (total resultant current)

$$I_r = I_R = \frac{V}{R} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(iii) अनुनादी अवस्था में प्रतिबाधा अर्थात् इम्पीडॉन्स (impedance)

$$Z_r = \frac{V}{I_r} = \frac{V}{I_R} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \qquad (\text{अधिकतम})$$

(iv) अनुनादी अवस्था में कलाकोण अर्थात् फेज़ एंगल (phase angle)

$$\because \quad \phi = \tan^{-1}\frac{I_L - I_C}{I_R} \text{ अंश (D) मात्रक} \qquad (\text{परन्तु } I_L - I_C = 0)$$

$$\therefore \quad \phi_r = \tan^{-1}\frac{\text{zero}}{I_R} = 0\,(\text{zero}) \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(v) अनुनादी अवस्था में शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi_r = \frac{I_R}{I_r} = \frac{I_R}{I_R} = 1 \text{ (unity) मात्रकरहित} \qquad (\text{अधिकतम})$$

(vi) अनुनादी अवस्था में प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi_r = \frac{I_L - I_C}{I} = \frac{\text{zero}}{I} = 0, (\text{zero}) \text{ मात्रकरहित} \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(vii) अनुनादी अवस्था में सक्रिय शक्ति (active power)

$$P = VI\cos\phi_r = VI \text{ वाट (W), मात्रक} \qquad (\text{अधिकतम})$$

(viii) अनुनादी अवस्था में प्रतिघाती शक्ति (reactive power)

$$P_r = VI\sin\phi_r = VI \times \text{zero} = 0 \text{ वो० ऐ० रि०} \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(ix) अनुनादी अवस्था में आभासी शक्ति (apparent power)

$$P = VI = VI_R \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA), मात्रक} \qquad (\text{न्यूनतम})$$

(x) अनुनादी अवस्था में शक्ति-हानि (power loss)

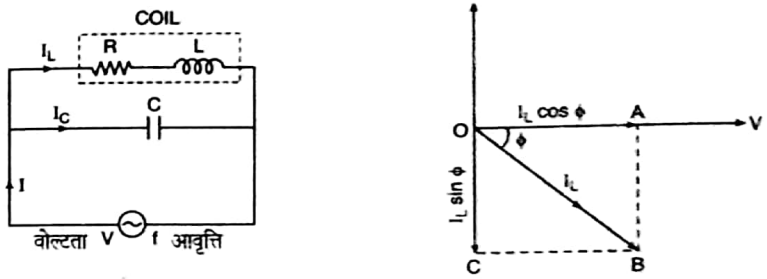
$$P_{loss} = I_R^2 R \text{ वाट (W) मात्रक} \qquad (\text{अपरिवर्तनीय})$$

2.9. व्यावहारिक प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ में अनुनाद
(Resonance in practical a. c. parallel circuit)

परिपथारेख चित्र 2.9 (a) में R ओह्म तथा L हेनरी वाले एक व्यावहारिक कुण्डली (practical coil) में अनुनाद उत्पन्न करने के लिए, इसके समान्तर एक C फेरेड का संधारित्र सम्बद्ध किया गया है। इस परिपथ के आरपार V वोल्ट, f हर्ट्स की सप्लाइ सम्बद्ध की गई है। इस प्रकार के समान्तर परिपथ में वैद्युत अनुनादी अवस्था पर लाइन धारा के प्रतिघाती घटकों

(reactive or wattless components) का सदिश योग शून्य होता है। जिस एक आवृत्ति पर ऐसा होता है, उसे अनुनादी आवृत्ति (resonant frequency) कहते हैं। इसे साइकल प्रति सेकण्ड (हर्ट्स) मात्रक में f_r प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

इस परिपथारेख से सम्बन्धित, कलीयारेख चित्र 2.9 (b) में प्रदर्शित किया गया है। इसमें कुण्डली द्वारा ली गई धारा के सदिश को I_L से प्रदर्शित किया गया है, जो वोल्टता के सदिश V से ϕ कोण पर पीछे है; इसलिए इसे दो सदिशों में परिवर्तित किया गया है। इसका एक प्रतिघाती घटक $I_L \sin\phi$ है, जो समान्तर में सम्बद्ध संधारित्र की धारा I_C सदिश के विपरीत है, जैसा कि कलीयारेख चित्र 2.9 (b) से स्पष्ट है।



(a) परिपथारेख (b) कलीयारेख

चित्र 2.9–व्यावहारिक प्र०धा० समान्तर परिपथ में अनुनाद।

सदिशारेख के अनुसार अवशिष्ट प्रतिघाती घटक (net reactive or wattless component)

$$= I_C - I_L \sin\phi$$

विदित है कि अनुनादी अवस्था पर इसका मान शून्य होता है; इसलिए

$$I_C - I_L \sin\phi = 0 \quad (\text{शून्य})$$

अर्थात् $I_C = I_L \sin\phi$ ($Z-\Delta$ से मान रखने पर)

अथवा $\frac{V}{X_C} = \frac{V}{Z} \times \frac{X_L}{Z}$ (V को निरस्त करने पर)

अर्थात् $Z^2 = X_L \times X_C$ ($\because X_L = \omega L$ and $X_C = 1/\omega C$)

या $Z^2 = \omega L \times \frac{1}{\omega C}$ (ω निरस्त करने पर)

अर्थात् $Z^2 = \frac{L}{C}$ ($\because Z^2 = R^2 + X_L^2$)

या $R^2 + X_L^2 = \frac{L}{C}$ ($\because X_L = \omega L$)

अथवा $(\omega L)^2 = \frac{L}{C} - R^2$ (L^2 का भाग देने पर)

इसलिए $\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$ ($\because \omega = 2\pi f_r$)

अथवा $2\pi f_r = \sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$

MRC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
30 / 235

इसलिए $$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$$ ...सूत्र

स्थिति (Condition)—यदि कुण्डली (चोक) का प्रतिरोध अतिकम अर्थात् नगण्य (negligible) हो, तब उक्त सूत्र में $R = 0$ रखने पर प्राप्त अनुनादी आवृत्ति (resonant frequency)

$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)} \quad \text{अर्थात्} \quad \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$ ...सूत्र

टिप्पणी (Note)—(i) उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि $R = 0$ की अवस्था में समान्तर अनुनादी आवृत्ति का मान, श्रेणी अनुनादी आवृत्ति के तुल्य (equal) हो जाता है।

(ii) इस समान्तर अनुनाद को प्राय: धारा अनुनाद (current resonance) भी कहते हैं; क्योंकि अनुनाद की अवस्था में परिपथ की दोनों शाखाओं के बीच अत्यधिक धारा परिभ्रमित (circulate) होती है, जो प्रदाय (supply) द्वारा दी गई लाइन धारा से कई गुनी अधिक होती है।

(iii) इलेक्ट्रोनिक्स तथा रेडियो के क्षेत्र में इस प्रकार के समान्तर परिपथ को अस्वीकारक परिपथ (rejector circuit) कहते हैं; क्योंकि इस परिपथ द्वारा अनुनादी अवस्था में प्रदाय से अतिकम (mA) धारा ली जाती है।

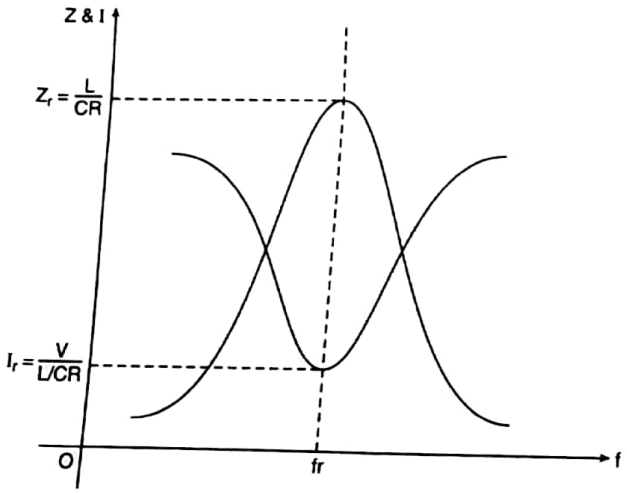
(iv) प्रस्तुत समान्तर अनुनाद की परिघटना (phenomenon), व्यावहारिक दृष्टिकोण से अधिक महत्त्वपूर्ण है; क्योंकि इसका प्रयोग इलेक्ट्रोनिक्स में ट्यूण्ड परिपथों (tuned circuits) का आधार रूप है।

2.10. समान्तर अनुनाद की अवस्था में वैद्युत धारा (Electric current in the condition of parallel resonance)

चित्र 2.9 के अनुसार, न्यूनतम अनुनादी धारा (minimum resonant current)

$$I_r = I_L \cos\phi \qquad (Z-\Delta \text{ से मान रखने पर})$$

$$I_r = \frac{V}{Z}\times\frac{R}{Z} = \frac{V.R}{Z^2} = \frac{V\,R}{L/C} = \frac{V}{L/CR} = \frac{V}{Z_r}$$



चित्र 2.10–समान्तर अनुनादी वक्र अर्थात् f के सापेक्ष I व Z के आलेख।

उपर्युक्त सूत्र $V/(L/CR)$ में हर, अनुनाद की अवस्था में समान्तर परिपथ की अधिकतम तुल्य-प्रतिबाधा (equivalent impedance) है। इसे प्राय: गतिकीय प्रतिबाधा (dynamic impedance) के नाम से जाना जाता है। यह चित्र 2.9 (a) में प्रदर्शित समान्तर परिपथ की प्रतिरोधक प्रतिबाधा (resistive impedance) है, जैसाकि कलीयारेख चित्र 2.9 (b) से स्पष्ट है।

टिप्पणी (Note)—(i) उपर्युक्त समान्तर अनुनाद को धारा अनुनाद (current resonance) भी कहते हैं; क्योंकि अनुनाद आवृत्ति पर धारा के प्रतिकारी घटकों का मान शून्य हो जाता है। दूसरे, दोनों शाखाओं में अत्यधिक धारा परिभ्रमित होती है; परन्तु मुख्य प्रदाय से ली जाने वाली लाइन धारा का मान अतिकम होता है, जैसाकि कलीयारेख चित्र 2.9 (b) से स्पष्ट है।

(ii) इलेक्ट्रॉनिकी क्षेत्र में ट्यूण्ड परिपथ के रूप में प्रयोग होने वाले चित्र 2.9 (a) में प्रदर्शित उपर्युक्त समान्तर परिपथ को कभी-कभी अस्वीकारक परिपथ (rejected circuit) भी कहते हैं; क्योंकि अनुनाद पर यह प्रदायी स्रोत से नगण्य लाइन धारा लेता है।

2.11. समान्तर अनुनादी परिपथ का गुणतागुणांक अर्थात् क्यू-फैक्टर (Quality factor of parallel resonant circuit)

अनुनाद की अवस्था पर किसी प्र० धा० समान्तर परिपथ में धारा-आवर्धन (current magnification) को उस परिपथ का गुणतागुणांक कहते हैं। इसे Q प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं; इसलिए इसे क्यू-फैक्टर भी कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है। अत: उपर्युक्त परिभाषा के अनुसार—

प्रथम विधि (First Method)—धारा-आवर्धन $= \dfrac{\text{परिभ्रामी धारा (circulating current)}}{\text{कुल प्रदायी धारा (total supply current)}}$

$$\text{क्यू-फैक्टर} = \frac{I_C}{I_r} \qquad (\text{सदिशारेख द्वारा मान रखने पर})$$

$$= \frac{I_L \sin\phi}{I_L \cos\phi} \qquad (I_L\text{–निरस्त करने पर})$$

$$= \tan\phi \qquad (Z-\Delta \text{ द्वारा मान रखने पर})$$

$$\text{क्यू-फैक्टर} = \frac{X_L}{R} \qquad (X_L = \omega L \text{ रखने पर})$$

$$= \frac{\omega L}{R} \qquad (\omega = 1/\sqrt{LC} \text{ रखने पर})$$

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \qquad (\text{हल करने पर})$$

$$\text{क्यू-फैक्टर} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$ ...सूत्र

द्वितीय विधि (Second method)—

$$\text{क्यू-फैक्टर} = \frac{I_C}{I_r}. \qquad (\text{परिपथारेख द्वारा मान रखने पर})$$

$$= \frac{V}{X_C}\times\frac{Z_r}{V} \qquad (\text{हल करने पर})$$

$$= \frac{Z_r}{X_C} \qquad (\text{मान रखने पर})$$

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$= \frac{L}{RC} \times \omega C \qquad \text{(हल करने पर)}$$

क्यू-फैक्टर $= \dfrac{\omega L}{R}$ $\qquad (\omega = 1/\sqrt{LC}$ रखने पर)

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

क्यू-फैक्टर $= \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$. ...सू

तृतीय विधि (Third method)—

क्यू-फैक्टर $= \dfrac{I_C}{I_r}$ $\qquad (I = I_L \cos\phi$ रखने पर)

$$= \frac{I_C}{I_L \cos\phi} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \left(\frac{V}{X_C}\right) \Big/ \left(\frac{V}{Z} \times \frac{R}{Z}\right) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{Z^2}{R \times X_C}, \qquad \left(Z^2 = \frac{L}{C} \text{ and } X_C = 1/\omega C \text{ रखने पर}\right)$$

$$= \frac{\omega C}{R} \times \frac{L}{C}, \qquad \text{(हल करने पर)}$$

क्यू-फैक्टर $= \dfrac{\omega L}{R}$, $\qquad (\omega = 1/\sqrt{LC}$ रखने पर)

$$= \frac{L}{R\sqrt{LC}}, \qquad \text{(हल करने पर)}$$

क्यू-फैक्टर $= \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ ...सू

2.12. समान्तर अनुनादी अवस्था में विविध राशियों के मान
(Values of various quantities in parallel resonant condition)

(i) चूँकि समान्तर परिपथ में कुल परिणामी धारा (total resultant current)

$$I = \sqrt{\{(I_L \cos\phi)^2 + (I_C - I_L \sin\phi)^2\}} \qquad \text{...सू}$$

परन्तु समान्तर अनुनादी अवस्था पर (but at parallel resonant condition)

$$I_C - I_L \sin\phi = 0 \qquad \text{(न्यूनतम}$$

इसलिए समान्तर अनुनादी अवस्था पर कुल परिणामी धारा (total resultant current)

$$I_r = I_L \cos\phi \qquad \text{(मान रखने पर}$$

$$= \frac{V}{Z} \times \frac{R}{Z} \qquad (Z^2 = L/C \text{ रखकर, व्यवस्थित करने पर}$$

$$I_r = \frac{V}{L/RC} \qquad \text{(न्यूनतम}$$

उपर्युक्त सूत्र से समान्तर अनुनादी अवस्था पर परिपथ की प्रतिबाधा (impedance)

$$Z_r = \frac{V}{I_r} = \frac{L}{RC}. \qquad \textbf{(अधिकतम)}$$

टिप्पणी (Note)—यहाँ पद L/RC को गतिक प्रतिबाधा (dynamic impedance) कहते हैं; क्योंकि अनुनादी अवस्था में धारा के न्यूनतम होने के कारण, प्रतिबाधा अधिकतम होती है।

(ii) समान्तर अनुनादी अवस्था पर कलाकोण (phase angle)

$$\phi_r = \tan^{-1}\left(\frac{I_C - I\sin\phi}{I_L \cos\phi}\right) \qquad \text{...(सदिशारेख के अनुसार)}$$

परन्तु अनुनादी अवस्था पर $I_C - I\sin\phi = 0$ zero होता है;

इसलिए $\qquad \phi_r = \tan^{-1}\dfrac{0}{I_L\cos\phi} = 0$ (zero) $\qquad$ **(न्यूनतम)**

(iii) समान्तर अनुनादी अवस्था पर शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi_r = \frac{I_L\cos\phi}{I_r} = \frac{I_L\cos\phi}{I_L\cos\phi} = 1 \qquad \textbf{(अधिकतम)}$$

(iv) समान्तर अनुनादी अवस्था पर प्रतिघातीगुणक (reactive factor)

$$\sin\phi_r = \frac{I_C - I_L\sin\phi}{I} = \frac{0}{I_L\cos\phi} = 0\,(\text{zero}) \qquad \textbf{(न्यूनतम)}$$

(v) समान्तर अनुनादी अवस्था पर वैद्युत शक्ति (electric power)

$P = VI\cos\phi = VI \qquad (\because\ I = I_L\cos\phi)$

$P = VI_L\cos\phi = VI_L$ वाट (W) $\qquad (\because\ \cos\phi = 1)$ $\qquad$ **(अधिकतम)**

(vi) समान्तर अनुनादी अवस्था पर प्रतिघाती शक्ति (reactive power)

$P_r = VI\sin\phi = 0$ zero वो० ऐ० रि० (VAR) मात्रक $\qquad$ **(न्यूनतम)**

(vii) समान्तर अनुनादी अवस्था पर आभासी शक्ति (apparent power)

$P = VI = VI_L\cos\phi = VI_L$ वोल्ट-ऐम्पियर (VA) $\qquad$ **(अधिकतम)**

(viii) समान्तर अनुनादी अवस्था पर शक्ति-हानियाँ (power losses)

$P_{loss} = I_R^2 R = I_L^2 R$ वाट (W) मात्रक $\qquad$ **(अधिकतम)**

'श्रेणी तथा समान्तर' अनुनादी परिपथों में तुलना
(Comparison between series and parallel resonant circuits)

क्र० सं०	अनुनादी अवस्था पर तुलनात्मक कारक	श्रेणी परिपथ (Series Circuit)	समान्तर परिपथ (Parallel Circuit)
1.	पर्यायवाची नाम	वोल्टता अनुनाद (V.R.)	धारा अनुनाद (C.R.)
2.	अनुनादी अवस्था	$V_L = V_C = 0$	$I_C - I_L\sin\phi = 0$
3.	ओह्मिक अनुनाद अवस्था	$X_L = X_C$	$Z^2 = X_L \times X_C = L/C$
4.	अनुनादी कोणीय वेग	$\omega_r = \sqrt{\left(\dfrac{1}{LC}\right)}$	$\omega_r = \sqrt{\left\{\dfrac{1}{LC} - \left(\dfrac{R}{L}\right)^2\right\}}$

ACE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
32 / 235

5.	अनुनादी आवृत्ति (R.F.)	$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)}$	$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)}$
6.	आवर्धन राशि (M. Q)	वोल्टता (V)	धारा (I)
7.	गुणतागुणांक (Quality factor)	$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\left(\frac{L}{C}\right)}$	$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$
8.	प्रतिबाधा (Z)	$Z_r = R$ (न्यूनतम)	$Z_r = L/RC$ (अधिकतम)
9.	धारा (Current)	$I_r = V/R$ (अधिकतम)	$I_r = V/\frac{L}{RC}$ (न्यूनतम)
10.	कलाकोण (P. A.)	$\phi_r = 0$ (न्यूनतम)	$\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
11.	शक्तिगुणक (P. F.)	$\cos\phi_r = 1$ (अधिकतम)	$\cos\phi_r = 1$ (अधिकतम)
12.	प्रतिधातीगुणक (R. F.)	$\sin\phi_r = 0$ (न्यूनतम)	$\sin\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
13.	परिपथ का प्ररूप	स्वीकारक परिपथ	अस्वीकारक परिपथ
14.	अनुप्रयोग (uses)	इलेक्ट्रॉनिक सर्किट	इलेक्ट्रॉनिक ट्यूण्ड सर्किट

2.13. प्रत्यावर्तीधारा के 'श्रेणी व समान्तर' परिपथों में मूल विभेद या अन्तर
(Differences between series and parallel circuits of alternating current)

प्र० धा० के श्रेणी तथा समान्तर परिपथों में निम्नलिखित अन्तर (difference) हैं—

(i) श्रेणी परिपथ एकाकी (केवल एक) होता है, जबकि समान्तर परिपथ एक से अधिक समान वोल्टता वाले श्रेणी परिपथों से मिलकर बना होता है।

(ii) श्रेणी परिपथ में धारा एक तथा वोल्टताएँ अनेक (कई) होती हैं, जबकि समान्तर परिपथ में वोल्टता एक तथा धाराएँ अनेक (कई) होती हैं।

(iii) कलीयारेख खींचते समय, श्रेणी परिपथ में धारा सदिश को मूल रेखा पर दर्शाया जाता है, जबकि समान्तर परिपथ में वोल्टता सदिश को मूल रेखा पर दर्शाया जाता है।

(iv) स्थिर वोल्टता की अवस्था में वैद्युत भार बढ़ाने पर, श्रेणी परिपथ में धारा घटती है, जबकि समान्तर परिपथ में धारा बढ़ती है। ऐसा ओह्म के नियमानुसार, प्रतिबाधा (impedance) के कारण होता है।

(v) श्रेणी परिपथ की अपेक्षा, समान्तर परिपथ का प्रयोग व अनुप्रयोग (use and application) अधिक होता है; क्योंकि इसमें वोल्टता सभी परिपथों के आरपार (across) समान रहती है।

प्र० धा० श्रेणी व समान्तर परिपथों में 'विभेद/अन्तर' सम्बन्धी तालिका

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक (C. F.)	श्रेणी परिपथ	समान्तर परिपथ
1.	परिपथ संख्या (C. N.)	एक (one)	अनेक (many)
2.	धारा सदिश (C. V.)	एक (one)	अनेक (many)
3.	वोल्टता सदिश (V. V.)	अनेक (many)	एक (one)

4.	संदर्भ सदिश (R. V.)	धारा सदिश	वोल्टता सदिश
5.	परिणामी सदिश (R. V.)	वोल्टता सदिश	धारा सदिश
6.	प्रतिबाधा (Z)	$\sqrt{(R^2+X^2)}$	$Z = V/I$
7.	धारा (I)	$I = V/Z$	$\sqrt{(I_R^2+I_X^2)}$
8.	वोल्टता (V)	$\sqrt{(V_R^2+V_X^2)}$	$V = IZ$
9.	कलाकोण (ϕ)	$\tan^{-1}\left(\frac{V_L - V_C}{V_R}\right)$	$\tan^{-1}\left(\frac{I_L - I_C}{I_R}\right)$
10.	शक्तिगुणक ($\cos\phi$)	$\frac{V_R}{V}$ या $\frac{R}{Z}$	$\frac{I_R}{I}$ या $\frac{Z}{R}$
11.	प्रतिघातीगुणक ($\sin\phi$)	$\frac{V_L - V_C}{V}$ या $\frac{X_L - X_L}{Z}$	$\frac{I_L - I_C}{I}$ या $\frac{Z(X_C - X_L)}{X_L X_C}$
12.	सक्रिय शक्ति (P)	$VI\cos\phi$	$VI\cos\phi$
13.	प्रतिघाती शक्ति (P_r)	$VI\sin\phi$	$VI\sin\phi$
14.	आभासी शक्ति (P_a)	VI या VA	VI या VA
15.	शक्ति-हानियाँ (P_l)	I^2R	I_R^2R
16.	अनुनाद आवृत्ति (f_r)	$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{LC}\right)}$	$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\left\{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2\right\}}$

उदाहरण 1—एक परिपथ में 4Ω का प्रतिरोध, 2 mH के प्रेरकत्व से श्रेणीबद्ध है। इस परिपथ के आरपार (across) कितनी धारिता सम्बद्ध की जाये, जिससे 100 Hz की आवृत्ति पर अनुनाद हो?

हल : चूँकि अनुनादी अवस्था में आवृत्ति के लिए मानक सूत्र (standard formula)

$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left\{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2\right\}} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$100 = \frac{1}{2\times3\cdot14}\sqrt{\left\{\frac{1}{2\times10^{-3}\times C} - \left(\frac{4}{2\times10^{-3}}\right)^2\right\}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

उपर्युक्त व्यंजक को हल करने पर प्राप्त धारिता (capacitance) का मान निम्नलिखित है—

$$C = 113\cdot7\times10^{-6}$$

$$= 113\cdot7\,\mu F.$$

उत्तर

AKTU TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
33 / 235

समान्तर अनुनाद की 'निष्कर्ष/सारांश' सारणी
(Summary Chart of Parallel Resonance)

क्र० सं०	अध्ययन के लिए कारक (Factors for study)	परिणाम अर्थात् निष्कर्ष (Result *i. e.*, Conclusion)
1.	अनुनादी स्थितियाँ (Resonant condition)	
	(a) धारा अवस्था (current condition)	(a) $I_{RL}\sin\phi = I_C$
	(b) प्रतिबाधा अवस्था (Impedance condition)	(b) $Z^2 = X_L X_C$
2.	अनुनादी कोणीय वेग (Resonant angular velocity)	$\omega_r = \sqrt{\left\{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2\right\}}$
3.	अनुनादी आवृत्ति (Resonant frequency)	$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left\{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2\right\}}$
4.	प्रतिबाधा (Impedance)	$Z_r = \frac{L}{RC}$ (अधिकतम)
5.	धारा (Current)	$I_r = \frac{V}{Z_r} = \frac{RCV}{L}$ (न्यूनतम)
6.	वोल्टतापात (Voltage-drop)	$V = I_r Z_r = \frac{LI_r}{RC}$
7.	कलाकोण (Phase angle)	$\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
8.	शक्तिगुणक (Power factor)	$\cos\phi_r = 1$ (अधिकतम)
9.	प्रतिघातीगुणक (Reactive factor)	$\sin\phi_r = 0$ (न्यूनतम)
10.	सक्रिय शक्ति (Active power)	$P = VI = P_a$ (अधिकतम)
11.	प्रतिघाती शक्ति (Reactive power)	$P_r = 0$ (न्यूनतम)
12.	आभासी शक्ति (Apparent power)	$P_a = VI = P$ (अधिकतम)
13.	शक्ति-हानि (Power losses)	$P_{loss} = I^2R$ (न्यूनतम)
14.	आवर्धन (Magnification)	$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega_r . L}{R} = \frac{2\pi f_r L}{R}$

टिप्पणी (Note)—इसे समानान्तर अनुनाद भी कहते हैं; क्योंकि इससे धारा का आवर्धन (magnification) होता है।

अर्थात् $I_{RL}\sin\phi - I_C = 0$

अथवा $I_{RL}\sin\phi = I_C$.

उदाहरण 3—एक कुण्डली में प्रेरकत्व 0·04 हेनरी तथा प्रतिरोध 5 ओह्म को चल संधारित्र के समान्तर में जोड़ा गया है। यह सम्बन्धन 100 वोल्ट, 50 हर्ट्स की प्र० धा० प्रदाय के आरपार जुड़ा है। संधारित्र के किस मान के लिए धारा का मान न्यूनतम होगा? इस अवस्था में शाखा धारा, सम्पूर्ण धारा तथा शक्तिगुणक क्या होंगे? ***(B. T. E. 1990)***

हल : चित्र 2.9 के अनुसार, विदित है कि समान्तर परिपथ में अनुनाद की अवस्था में धारा का मान न्यूनतम होता है।

RL– शाखा की प्रतिबाधा (branch's impedanace)

$$Z = \sqrt{\left\{R^2 + (2\pi fL)^2\right\}} \quad \text{(सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{\{(5)^2 + (2\times 3\cdot 14\times 50\times 0\cdot 04)^2\}} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \sqrt{183} = 13\cdot 53 \text{ ओह्म } (\Omega)$$

न्यूनतम धारा के लिए संधारित्र की धारिता (capacitance)

$$C = \frac{1}{Z^2} = \frac{0\cdot 04}{183} = \mathbf{218\cdot 5\times 10^{-6}} \textbf{ फेरेड (F).} \quad \textbf{उत्तर}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\cdot f\cdot C} \quad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \frac{1}{2\times 3\cdot 14\times 50\times 218\cdot 5\times 10^{-6}}$$

$$= 14\cdot 5 \text{ ओह्म } (\Omega)$$

अनुनादी अवस्था पर संधारित्र "*C*" में धारा (current)

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{14\cdot 5} = \mathbf{6\cdot 9} \textbf{ ऐम्पियर (A).} \quad \textbf{उत्तर}$$

अनुनादी अवस्था पर कुण्डली "*RL*" में धारा (current)

$$I_{RL} = \frac{V}{Z} = \frac{100}{13\cdot 53} = \mathbf{7\cdot 4} \textbf{ ऐम्पियर (A).} \quad \textbf{उत्तर}$$

अनुनादी अवस्था में सम्पूर्ण धारा (total current)

$$I_r = \frac{V}{Z_r} = \frac{V}{L/CR} = \frac{V\times C\times R}{L} \quad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \frac{100\times 218\cdot 5\times 10^{-6}\times 5}{0\cdot 04} = \mathbf{2\cdot 73} \textbf{ ऐम्पियर (A).} \quad \textbf{उत्तर}$$

अनुनादी अवस्था में सम्पूर्ण परिपथ के शक्तिगुणक का मान इकाई होगा। **उत्तर**

सारांश (Summary)

1. Resultant current in a '*R-L-C*' parallel circuit,

$I = \sqrt{\{I_R^2 + (I_L - I_C)^2\}}$ ऐम्पियर (ampere)

$I = \sqrt{(I_R^2 + I_L^2)}$ ऐम्पियर (मात्रक) When $I_C = 0$ (zero)

$I = \sqrt{(I_R^2 + I_C^2)}$ ऐम्पियर (मात्रक) When $I_L = 0$ (zero)

$I = (I_L - I_C)$ ऐम्पियर (मात्रक) When $I_R = 0$ (zero)

$I = I_R$ ऐम्पियर (मात्रक) When $I_L = I_C = 0$ (zero)

PYQ TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

2. Impedance $(Z) = \frac{\text{A.C. Voltage } (V)}{\text{A.C. Current } (I)}$ ऐम्पियर (मात्रक)

3. Phase angle, $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{I_L - I_C}{I_R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{R}{X}\right)$ अंश (degree)

4. Power factor of an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit,

$$\cos\phi = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R} \text{ (unitless quantity)}$$

5. Reactive factor of an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit,

$$\sin\phi = \left(\frac{I_L - I_C}{I}\right) = \frac{Z}{X} \text{ (unitless quantity)}$$

6. Inverse impedance of an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit,

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left\{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2\right\}} \text{ ओह्म (ohm)}$$

$$= \sqrt{\left\{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2\right\}} \text{ ओह्म (ohm)} \quad \text{Where } \frac{1}{X} = \left(\frac{1}{X} - \frac{1}{X_C}\right) \text{ ओह्म (ohm)}$$

7. According to P-Δ , trigonomatrical relationship between the *kW* and *kVA*, $kW = kVA.\cos\phi$ ...सूत्र

8. According to P-Δ, trigonomatrical relationship between the *kVAR* and *kVA*,

$kVAR = kVA \sin\phi$ .. ...सूत्र (formula)

9. According to P-Δ, trigonomatrical relationship between the *kW*, *kVAR* and *kVA*,

$kW = \sqrt{\{(kW)^2 + (kVAR)^2\}}$ ...सूत्र (formula)

10. According to P-Δ, power factor in term of active power (*kW*).

$$\cos\phi = \frac{kW}{kVA} = \frac{\text{Active power}}{\text{Apparent power}}$$ ...सूत्र

11. According to the P-Δ, reactive factor in term of reactive power (*kVAR*),

$$\sin\phi = \frac{kVAR}{kVA} = \frac{\text{Reactive power}}{\text{Apparent power}}$$ ...सूत्र

12. Resonant condition in an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit,

$I_L = I_C$ अर्थात् $X_L = X_C$ इसलिये $X = (X_L - X_C) = 0$ (zero)

13. Resonant angular velocity for an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit,

$\omega r = \sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C}\right)}$ अर्थात् $\frac{1}{\sqrt{(L \cdot C}}$ रेडियन/सेकण्ड (मात्रक)

14. Resonant frequency for an a. c. simple *R-L-C* parallel circuit;

$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C}\right)}$ अर्थात् $\frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ हर्ट्ज (मात्रक)

15. Resonant condition in an a. c. practical parallel circuit, *i.e.*, coil / choke / reactor / inductor and capacitor parallel circuit,

$I_C = I_L \sin\phi$ अर्थात् $I_C - I_L \sin\phi = 0$ (zero)

16. Resonant angular velocity for an a. c. practical parallel circuit, that is, inductor and capacitor parallel circuit,

$$\omega_r = \sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}\right)} \text{ रेडियन प्रति सेकण्ड} \qquad \text{Where } \omega_r = 2 \cdot \pi f_r$$

17. Resonant frequency for an a. c. practical parallel circuit, that is, inductor and capacitor parallel circuit,

$$f_r = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{L^2}\right)} \text{ हर्ट्ज (Hz)}$$ ...सूत्र (formula)

18. Quality factor of an a. c. parallel resonant circuit,

$$Q\text{-Factor} = \frac{I_C}{I_r} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \text{ (unitless quantity)}$$

19. A. C. series circuit has voltage resonance while A. C. parallel circuit has current resonance.

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. कलीय चित्र (phasor diagram) की सहायता से समान्तर परिपथ का विश्लेषण कीजिये।
2. निम्नलिखित पर संक्षेप (short) में टिप्पणी लिखिये—
   (i) समान्तर अनुनाद तथा इसके उपयोग ***(U.P. 2004)***
   (ii) श्रेणी अनुनाद तथा इसके उपयोग
3. प्र० धा० समान्तर परिपथ में अनुनाद का उल्लेख तथा स्पष्टीकरण कीजिये। परिणामी धारा का मान निकालिये तथा कलीयारेख खींचिये।
4. समानान्तर परिपथ में अनुनाद घटना की व्याख्या कीजिये। इसे धारा अनुनाद क्यों कहते हैं?
5. समानान्तर परिपथ को हल करने की कौन-कौन सी विधियाँ हैं? उनमें से किसी एक विधि का सविस्तार वर्णन कीजिये।
6. प्र० धा० श्रेणी परिपथ के मूल सिद्धान्तों (basic principle) की व्याख्या कीजिये।
7. *R-L-C* समान्तर परिपथ के सिद्धान्त (theory) की व्याख्या कीजिये।
8. *KW, KVAR* एवं *KVA* शक्तियों में परस्पर क्या सम्बन्ध है? सूत्रों द्वारा व्यक्त कीजिये।
9. उच्च शक्तिगुणक ($\cos\phi$) के लाभों (advantages) पर प्रकाश डालिये।
10. निम्न शक्तिगुणक ($\cos\phi$) से क्या हानियाँ हैं?
11. प्र० धा० समान्तर परिपथ में निम्नलिखित के मान लिखिए—
    (i) शक्तिगुणक ($\cos\phi$), (ii) प्रतिघाती गुणक ($\sin\phi$), (iii) शक्ति-हानि (P_{loss}), (iv) व्यावहारिक अनुनाद आवृत्ति (f_r),(v) गुणताकारक (*Q. F.*), (vi) *R-L-C* परिपथ की प्रतिबाधा (Z), (vii) *R-L* परिपथ की प्रतिबाधा (Z),(viii) *L-C* परिपथ की प्रतिबाधा (Z)।
12. शक्तिगुणक (power factor) को परिभाषित कीजिए। न्यून शक्तिगुणक की हानियाँ कौन-सी हैं और इनका किस प्रकार सुधार (improvement) किया जा सकता है? ***(U.P. 2004)***

Scanned with CamScanner
35 / 235
MAGNETICAL CLASSES

13. एक एकल कला प्र० धा० वाले *R-L-C* समान्तर परिपथ में वैद्युत धारा की गणना कीजिए और इसका सदिश आरेख (vector diagram) खींचिए। *(U.P. 2012)*
14. *R-L-C* समान्तर परिपथ के लिए कलीय रेखाचित्र खींचिए। यह भी प्रदर्शित कीजिए कि शुद्ध संधारित्र परिपथ में शक्ति व्यय शून्य होती है। *(U.P. 2005)*
15. किसी परिपथ में क्रियात्मक तथा प्रतिघाती विद्युत-धारा के भागों के महत्त्व की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2005)*
16. शक्तिगुणक क्या होता है? इसके व्यावहारिक महत्त्व पर प्रकाश डालिए। *(U.P. 2015)*

(A) RL समान्तर परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

1. एक एकल कला प्र० धा० समान्तर परिपथ में 15 Ω का एक प्रतिरोध तथा 20 Ω का एक शुद्ध प्रेरक (प्रतिघातक) परस्पर समानान्तर में जोड़कर 420 V प्र० धा० सप्लाई के आरपार (across) लगाये गये हैं तो ज्ञात कीजिए—
(a) प्रत्येक शाखा में धारा (b) कुल धारा (c) प्रतिबाधा (d) कलाकोण (e) शक्तिगुणक (f) प्रतिघातीगुणक (g) शक्ति (h) प्रतिघाती शक्ति (i) आभासी शक्ति (j) शक्ति व्यय।
[**उत्तर :** (a) 28 A, 21 A, (b) 35 A, (c) 12 Ω, (d) 36·9°, (e) 0·8, (f) 0·6, (g) 11·76 kW, (h) 8·82 kVAR, (i) 14·70 kVA, (j) 11·76 kW.]
2. एक 210 V सप्लाई वोल्टता से प्रदायित, एकल कला प्रत्यावर्तीधारा समान्तर परिपथ की कुल प्रतिबाधा तथा कलाकोण क्रमशः 21 Ω तथा $\pi/4$ रेडियन (45°) है, तो परिपथ की प्रतिरोधक तथा प्रतिघाती धाराओं के मान ज्ञात कीजिये।
[**उत्तर :** $I_r = 7{\cdot}071$ A तथा $I_x = 7{\cdot}071$ A.]

(B) RC समान्तर परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

1. एक 11·67 Ω के प्रतिरोध तथा 144 μF के संधारित्र को 150 V 50 Hz प्र० धा० प्रदाय के आरपार समान्तर में जोड़ा गया है। परिपथ की कुल धारा तथा इसका कलाकोण ज्ञात कीजिये।
[**उत्तर :** 14·55 A तथा 46°]
2. एक 21 Ω के प्रतिरोध को 1/6·6 μF के संधारित्र के समान्तर में सम्बद्ध करके, प्रस्तुत संयुक्ति को 210 V, 50 c/s की सप्लाई से जोड़ा गया है, तो ज्ञात कीजिए—(a) प्रत्येक शाखा या अवयव में प्रवाहित धारा, (b) कुल धारा, (c) प्रतिबाधा, (d) कलाकोण, (e) शक्तिगुणक, (f) प्रतिक्रिया गुणक, (g) शक्ति, (h) प्रतिघाती शक्ति, (i) आभासी शक्ति, (j) उपभुक्त शक्ति।
[**उत्तर :** (a) 10 A, 10 A, (b) 14·14 A, (c) 14·8 Ω, (d) 45°, (e) 0·7071, (f) 0·7071, (g) 4·2 kW, (h) 4·2 kVAR, (i) 4·41 kVA, (j) 4·2 kW.]
3. एक 500 V प्रदाय से प्रदायित, एकल कला प्र० धा० सरल समान्तर परिपथ की प्रतिबाधा 50 Ω तथा परिपथ का कलाकोण $\pi/18$ रेडियन (10°) है, तो परिपथ की प्रतिरोधक तथा प्रतिघाती धाराएँ ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर :** $I_R = 9{\cdot}848$ A, $I_X = 1{\cdot}736$ A.]

(C) RLC तथा LC समान्तर परिपथ सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

1. समान्तर में सम्बद्ध एक प्रतिरोध, एक प्रेरकत्व तथा एक संधारित्र, प्र० धा० प्रदाय से क्रमशः 2 A, 5A तथा 3 A की धारा लेते हैं। ज्ञात कीजिए—
(i) परिपथ द्वारा ली गई कुल धारा, तथा (ii) परिपथ का शक्तिगुणक, (iii) सदिश आरेख भी खींचिये।
[**उत्तर :** (i) 2·828 A, (ii) 0·707.]
2. 100 Ω, व 0·1H तथा 0·1 μF का क्रमशः प्रतिरोध व प्रेरक तथा संधारित्र को परस्पर समान्तर में जोड़ा गया है। इस सम्पूर्ण संयुक्ति के आरपार 50 c/s पर 1 V की वोल्टता लगाई गई है, तो ज्ञात कीजिये—
(a) प्रत्येक शाखा में धारा, (b) मुख्य धारा, (c) शक्तिगुणक।
[**उत्तर :** (a) 10 mA, 31·8 mA, 31·4 μA, (b) 33·3 mA, (c) 0·8 lag.]

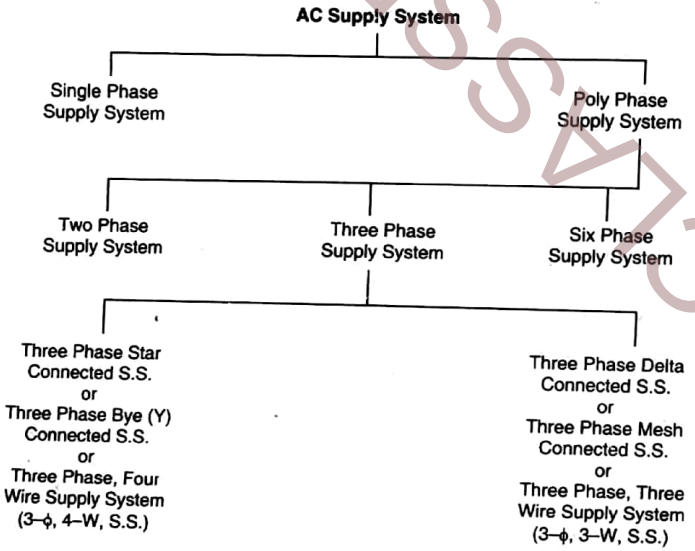
3. एक एकल कला प्र० धा० परिपथ में एक 20 Ω का प्रतिरोधक एक 16 Ω का प्रेरक तथा एक 24 Ω का संधारक परस्पर समान्तर क्रम में जुड़े हुये हैं और उनके आरपार 240 V की सप्लाइ लगी हुई है, तो ज्ञात कीजिये—
(a) प्रत्येक शाखा में धारा तथा कुल धारा, (b) कलाकोण, (C) शक्तिगुणक, (d) प्रतिघाती गुणक, (e) शक्ति व्यय।
[**उत्तर :** (a) 12 A, 15 A, 10 A, 13 A, (b) 22·7°, (c) 0·924, (d) 0·386, (e) 3380 W.]
4. एक 70 *m*H प्रेरकत्व को 127·2 μF संधारित्र के आरपार जोड़ा गया है और इस संयुक्ति के आरपार 50 c/s पर 200 V की वोल्टता लगाई गई है, तो ज्ञात कीजिये—
(a) प्रतिबाधा, (b) प्रत्येक शाखा में धारा, (c) कुल धारा, (d) शक्तिगुणक।
[**उत्तर :** (a) 182 Ω, (b) 9·1 A, 8 A, (c) 1·1 A, (d) 0 lag.]

(D) समानान्तर अनुनाद सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

1. एक प्रतिबाधा कुण्डली (impedance coil) में 5 Ω का प्रतिरोध तथा 0·04 H का प्रेरकत्व है। इसे एक परिवर्तनीय संधारित्र के पार्श्व में प्रयोग किया जाता है। प्रस्तुत संयुक्ति 100 V 50 Hz सप्लाइ के आरपार जोड़ी गई है। ज्ञात कीजिये कि संधारित्र के किस मान के लिए धारा न्यूनतम होगी और तब शाखाएँ व सम्पूर्ण शक्ति तथा शक्तिगुणक का मान क्या होगा?
[**उत्तर :** 296 μ F, $I_L = 7{\cdot}396$ A, $I_c = 9{\cdot}28$ A, $I = 3{\cdot}7$ A, $\cos\phi$ = unity, $P = 370$ W.]
2. 0·005 μ F के संधारित्र तथा 100 *m* H के प्रेरकत्व वाली कुण्डली, जिसका प्रतिरोध 5000 Ω है, की श्रेणी तथा समान्तर अनुनाद आवृत्ति ज्ञात कीजिये। समान्तर परिपथ की अनुनादी आवृत्ति पर प्रतिबाधा भी ज्ञात कीजिये।
[**उत्तर :** $f_{sr} = 7119$ Hz व $f_{pr} = 7073$ Hz तथा $Z_r = L/CR = 40$ k Ω.]

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
36 / 235

3 त्रिकला प्रदाय प्रणाली
[THREE PHASE SUPPLY SYSTEM]



3.1. परिचय (Introduction)

सर्वप्रथम दिष्टवर्ती विद्युत (d.c electricity) की जानकारी थी और इसी को उपयोग (use) में लाया जाता था। इसीलिये आज भी दिल्ली, कोलकाता, चेन्नई (मद्रास) मुम्बई (बम्बई) आदि महानगरों में दिष्टवर्ती विद्युत के पुराने वितरण उपकेन्द्र (distribution sub-stations) जहाँ-तहाँ देखने को मिलते हैं। इसके बाद एकल कला प्रत्यावर्ती विद्युत ($1-\phi$, a.c. electricity) की जानकारी मिली, जिसे दिष्टवर्ती विद्युत की तरह ही दो तारों द्वारा वितरित किया जाता है। सबसे पहले इसका उपयोग प्रकाशन व तापन (lig hting and heating) के लिये किया गया, परन्तु ए० सी० मोटर का आविष्कार होने पर इसका उपयोग सिंगल फेज ए० सी० मोटर को चलाने के लिये भी किया जाने लगा। आज घरेलू तथा लघु उद्योगों के कार्यों में प्रयुक्त एकल कला आंशिक अश्वशक्ति वाली मोटरों को चलाने के लिए, एकल कला प्रत्यावर्ती धारा प्रदाय का उपयोग, सम्पूर्ण विश्व में व्यापक रूप से हो रहा है।

3.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

'स्टार या तारा' सम्बन्धन (Star connection)—वह त्रिकला खुलापथ सम्बन्धन, जिसमें तीन कला कुण्डलनें तथा तीन लाइन तारों के अतिरिक्त एक उदासीन तार भी होता है, जो उदासीन बिन्दु से जुड़ा होता है। इसकी लाइन एवं फेज की वोल्टताओं तथा धाराओं में निम्नांकित सम्बन्ध होते हैं—

$$V_l = \sqrt{3}.V_p \quad \text{एवं} \quad I_l = I_p$$

'डेल्टा या त्रिभुज' सम्बन्धन (Delta connection)—वह त्रिकला बन्दपथ सम्बन्धन, जिसमें तीन कला कुण्डलनें तथा तीन लाइन तारें होती है। इसकी लाइन एवं फेज की वोल्टताओं तथा धाराओं में निम्नांकित सम्बन्ध होते हैं—

$$V_l = V_p$$

एवं

$$I_l = \sqrt{3}.I_p$$

3.3. विविध कलाओं में वैद्युत जनन तथा उनका वैद्युत विस्थापन (Electric generation in various phases and their displacement)

यदि किसी एक कुण्डली (कुण्डलन या परिपथ) को घूर्णक (rotor) पर स्थापित कर, किसी एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र (uniform magnetic field) के अन्दर, लम्बवत् घुमाया जाये, तो उस कुण्डली में विद्युत-वाहक बल की एक ज्या तरंग प्रेरित (उत्पन्न) होगी। इसे एकल कला विद्युत-जनन (single phase electric generation) कहते हैं, जिसका उपयोग प्राय: प्रकाश तथा पंखों (light and fans) के लिये होता है।

यदि किन्हीं दो एकरूप कुण्डलियों (identical coils) में परस्पर नब्बे वैद्युत अंश (90 e.d.) का कोण रखते हुए, उन्हें घूर्णक पर स्थापित कर, एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में, लम्बवत् घुमाया जाए, तो उनमें विद्युत-वाहक बल की पृथक्-पृथक् दो ज्या तरंगें उत्पन्न होंगी। इसे द्विकला विद्युत-जनन (two-phase electric generation) कहते हैं, जिसका उपयोग प्राय: विद्युत-वेल्डन तथा विद्युत-भट्टियों के लिये होता है।

इसी प्रकार यदि किन्हीं तीन एकरूप कुण्डलियों में परस्पर एक सौ बीस वैद्युत अंश (120 e.d.) का कोण रखते हुए, उन्हें घूर्णक पर स्थापित कर, किसी एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में लम्बवत् घुमाया जाए, तो उनमें विद्युत-वाहक बल की पृथक्-पृथक् तीन ज्या तरंगें उत्पन्न होंगी। इसे त्रिकला विद्युत-जनन (उत्पादन) कहते हैं, जिसका उपयोग प्राय: उद्योगों में विशाल विद्युत-चालनों (मोटरों) के लिये होता है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि घूर्णक पर स्थापित प्रत्येक कुण्डली, अपनी एक कला का प्रतिनिधित्व करती है और उनके बीच का विस्थापित कोण, कलाओं की संख्या (N) पर निर्भर करता है। द्विकला प्रणाली को छोड़कर, अन्य समस्त कला प्रणालियों का वैद्युत अंश (electrical degree) में पारस्परिक वैद्युत विस्थापन कोण का मान, निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{वैद्युत विस्थापन कोण } \theta = \frac{360}{N} \text{ वैद्युत अंश (e.d.)} \quad \ldots \text{ सूत्र}$$

कलाओं की वैद्युत विस्थापन कोण सम्बन्धी तालिका

क्र० सं०	कलाओं की संख्या N	तरंगों की संख्या N	वैद्युत विस्थापित कोण $\theta\ (e.d.) = \frac{360}{N}$
1.	1	1	360 e.d.
2.	2	2	90 e.d.
3.	3	3	120 e.d.
4.	6	6	60 e.d.
5.	9	9	40 e.d.
6.	12	12	30 e.d.

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
37 / 235

3.4. एकल कला प्रणाली पर त्रिकला प्रणाली के लाभ
(Advantages of three phase system over single phase system)

समान निर्धारण (equal power and voltage) पर एकल कला वैद्युत शक्ति प्रणाली की अपेक्षा, त्रिकला वैद्युत शक्ति प्रणाली के प्रमुख लाभ अग्रलिखित हैं—

(i) त्रिकला विद्युत की उत्पादन लागत (production cost) अपेक्षाकृत कम आती है।

(ii) समान क्षमता (kW) पर त्रिकला प्रणाली की संचरण लाइनों के चालकों में पदार्थ की मात्रा अपेक्षाकृत कम लगती है।

(iii) त्रिकला मोटरों में घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) के कारण, घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) उत्पन्न होता है, जबकि एकल कला मोटरों में स्पन्दी चुम्बकीय क्षेत्र (pulsating magnetic field) के कारण, आघूर्णी बलाघूर्ण (non-rotating torque) उत्पन्न होता है।

(iv) त्रिकला प्रेरण मोटरें प्राय: स्वप्रवर्तित (self started) होती हैं, जबकि एकल कला मोटरें प्रेरण प्राय: स्वप्रवर्तित नहीं होती हैं।

(v) त्रिकला यन्त्रों (जनित्रों या परिणामित्रों) का समान्तर प्रचालन (parallel operation) अपेक्षाकृत सुगम (easy) होता है।

(vi) त्रिकला प्रणाली की क्षमता तथा विश्वसनीयता (capability and reliability) अपेक्षाकृत अधिक होती है।

(vii) त्रिकला यन्त्र (machine), उपयन्त्र (instrument), उपस्कर (equipment), उपकरण (apparatus) आदि प्रयुक्तियों (devices) का निर्गत (output) अपेक्षाकृत अधिक होता है।

(viii) त्रिकला यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों की दक्षता (efficiency) अपेक्षाकृत अधिक होती है।

(ix) त्रिकला यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों का शक्तिगुणक अपेक्षाकृत अधिक होता है।

(x) त्रिकला यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों का निष्पादन (कार्य-कौशल) श्रेष्ठ होता है।

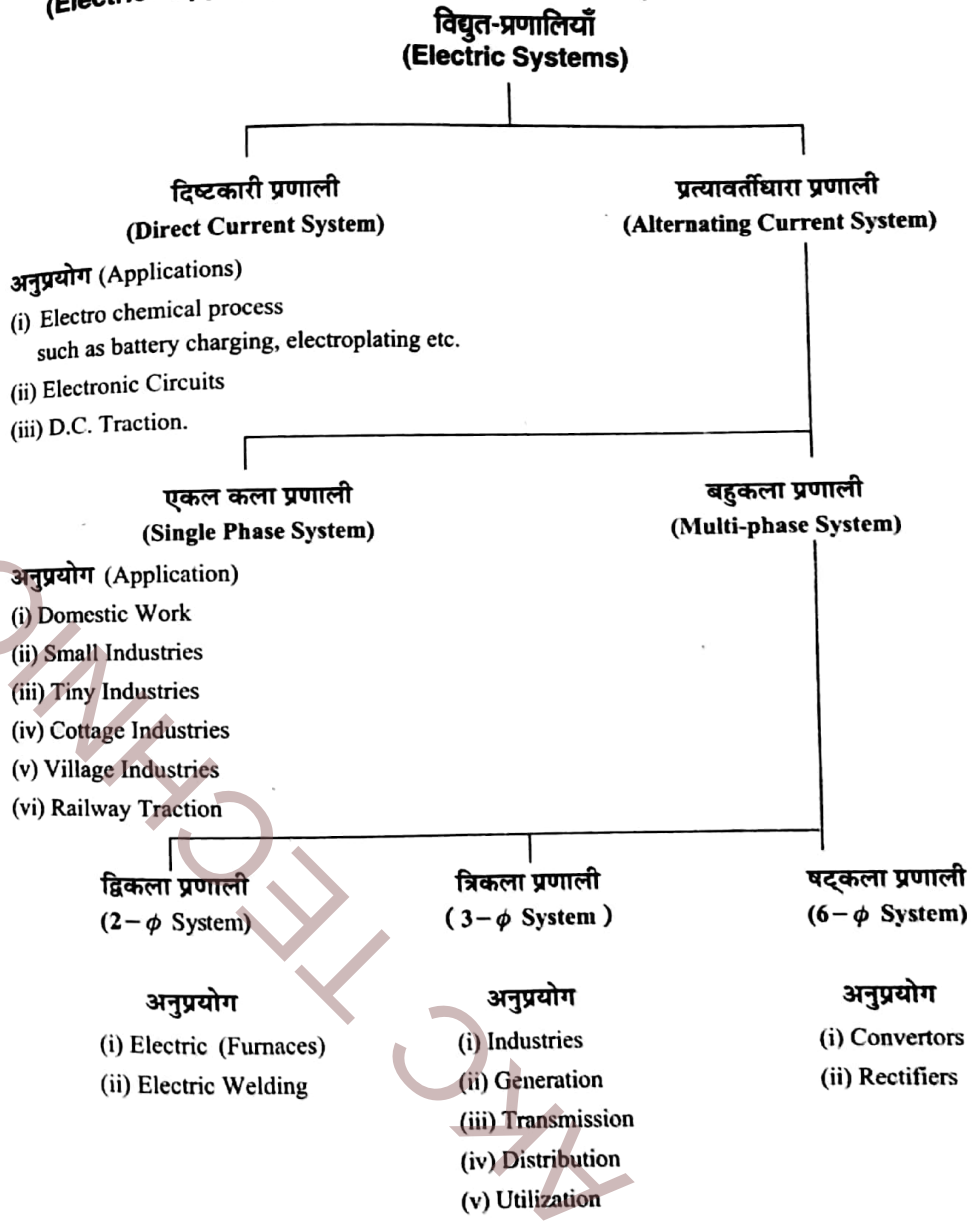
(xi) त्रिकला यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों की प्रारम्भिक कीमत अपेक्षाकृत कम होती है।

टिप्पणी (Note)—(i) उक्त कथनों के कारण ही त्रिकला-त्रितार (delta) की विद्युत-संचरण प्रणाली तथा त्रिकला-चारतार (star) की विद्युत-वितरण प्रणाली को प्रधानता (priority) दी जाती है, अर्थात् पंसद किया जाता है।

(ii) एकल कला प्रदाय की अपेक्षा, त्रिकला प्रदाय में केवल एक ही कमी है और वह है, परिपथ की जटिलता (complicacy); क्योंकि इसमें दो तारों ($P-N$) के स्थान पर तीन तारों ($R-Y-B$) का प्रयोग (use) होता है।

(iii) आवासीय (घरेलू) विद्युत-प्रदाय के लिए त्रिकला विद्युत-प्रदाय का उपयोग नहीं किया जाता, क्योंकि वहाँ पर परिपथ की सरलता (सादगी) नितान्त आवश्यक है।

3.5. विद्युत प्रदाय प्रणालियाँ तथा उनके अनुप्रयोग
(Electric supply systems and their applications)



Scanned with CamScanner
38 / 235

3.6. त्रिकला प्रदाय प्रणाली की सर्वश्रेष्ठता (Excellency of three phase supply system)

यह सिद्ध किया जा चुका है कि सिंगल फेज मशीन की अपेक्षा, टू-फेज मशीन का आउटपुट 41·4% प्रतिशत अधिक होता है और मल्टिफेज मशीन का आउटपुट 57 प्रतिशत अधिक होता है। इस प्रकार थ्री-फेज मशीन की अपेक्षा, मल्टिफेज मशीन का आउटपुट सिर्फ 6 प्रतिशत के लगभग अधिक बढ़ता है, जबकि मल्टिफेज सिस्टम की संचरण तथा वितरण की जटिलता तथा कीमत अत्यधिक बढ़ जाती है।, इसीलिये प्रदाय की सभी प्रणालियों (systems) में थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम ही उत्कृष्ट (excellent) है।

3.7. त्रिकला प्रदाय प्रणालियों की वोल्टता तथा धारा में सम्बन्धता (Relationship between voltage and current of three phase supply system)

त्रिकला प्रदाय प्रणाली
(Three Phase Supply System)

तारा प्रणाली (Star system)	**त्रिभुज प्रणाली** (Delta system)
$V_l = \sqrt{3} \cdot V_P$	$V_l = V_p$
$I_l = I_p$.	$I_l = \sqrt{3} \cdot I_p$
$P_{3-\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$	$P_{3-\phi} = 3V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$
$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cos\phi$	$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cos\phi$
$P_{3-\phi} - \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos\phi$	$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त सूत्रों को आगे अनुच्छेद में सिद्ध (prove) किया गया है।

3.8. त्रिकला प्रदाय प्रणाली का अध्ययन (System of three phase supply system)

चित्र 3.1 में R,Y तथा B फेजों को पृथक्-पृथक् तीन सिंगल फेज सप्लाइ सिस्टम में प्रदर्शित किया गया है। इसके प्रत्येक सप्लाइ सिस्टम में लाइन तथा फेज की चर राशियों ($V$and I) के मान परस्पर बराबर होते हैं, जैसा कि निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

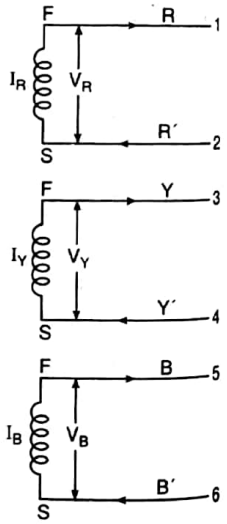
R-फेज सप्लाइ सिस्टम के लिए चर राशियों के मान $V_l = V_p = V_R$ तथा $I_l = I_p = I_R$ दिया है।

Y-फेज सप्लाइ सिस्टम के लिए चर राशियों के मान $V_l = V_p = V_Y$ तथा $I_l = I_p = I_Y$ दिया है।

B-फेज सप्लाइ सिस्टम के लिए चर राशियों का मान $V_l = V_p = V_B$ तथा $I_l = I_p = I_B$ दिया है।

उपर्युक्त चित्र 3.1 में प्रदर्शित, तीन सिंगल फेज सप्लाइ सिस्टम्स को निम्नलिखित दो थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम्स में सम्बद्ध (connect) किया जा सकता है।

(a) त्रिकला स्टार सम्बद्ध प्रदाय प्रणाली (Three phase star connected supply system)—चित्र 3.2 (a) में थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम के तुल्य स्टार सम्बन्धनों को दर्शाया गया है। इसमें तीन पृथक् सिंगल फेज सप्लाइ सिस्टम की वापिसी धाराओं के सभी तारों को एक साथ



चित्र 3.1–त्रिकला प्रदाय प्रणाली।

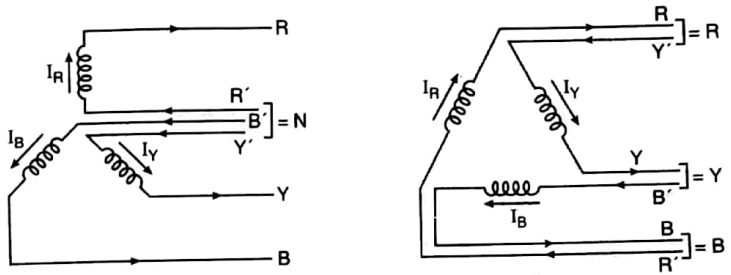
मिलाकर, एक उदासीन तार बनाया जाता है। इस तार में तीनों लाइन धाराओं का सदिश योग प्रवाहित होता है, जो सिस्टम की सन्तुलित अवस्था में शून्य होता है। इसीलिए इसे उदासीन तार का नाम दिया गया है। इस तार के सिरों को (N) प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। थ्री-सिंगल फेज सप्लाइ सिस्टम के फेजों के आरम्भिक बिन्दु (S) परस्पर मिलकर, एक स्टार पॉइन्ट बनाते हैं; जिसे उदासीन बिन्दु कहते हैं। यह बिन्दु प्राय: भूयोजित रहता है, जिसे उदासीन भूयोजन (neutral earthing) कहते हैं। थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम के सम्बन्धन की विविध स्थितियों को चित्र 3.3 में दर्शाया गया है।

टिप्पणी—(i) थ्री-फेज स्टार कनेक्टिड बैलेन्स सिस्टमों में लाइन करेंन्ट्स का सदिश योग शून्य होता है। अर्थात्—

$$I_R + I_Y + I_B = 0 \qquad \text{(At balance condition of system.)}$$

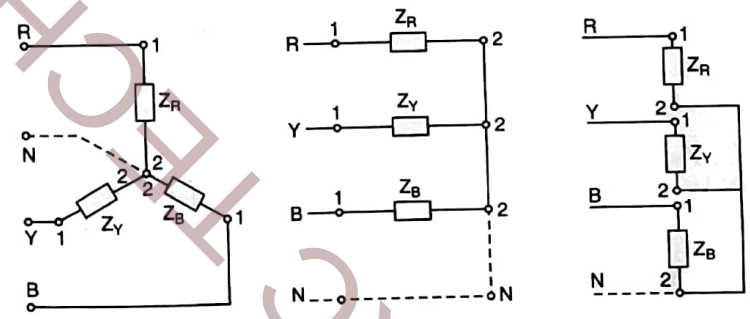
(ii) थ्री-फेज स्टार कनेक्टिड अनबैलेन्स सिस्टम में लाइन करेंन्ट्स का सदिश योग शून्य नहीं होता है। अर्थात्—

$$I_R + I_Y + I_B = I_N \qquad \text{(At unbalance condition of system.)}$$



चित्र 3.2–त्रिकला स्टार तथा डेल्टा सम्बन्धन करने की विधि सम्बन्धी परिपथारेख।

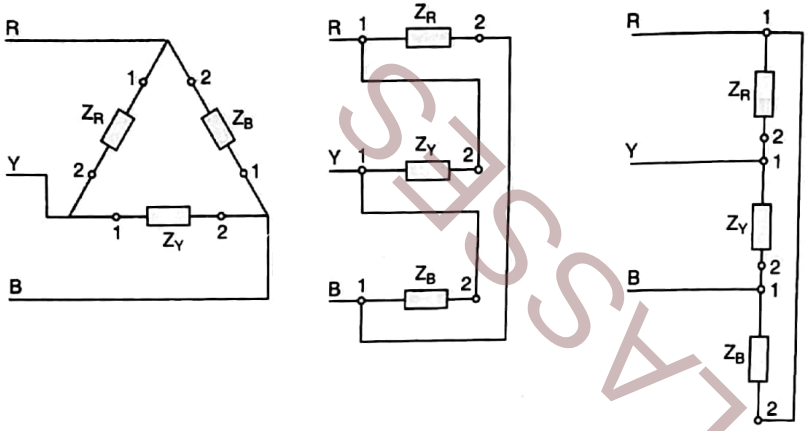
(b) त्रिकला डेल्टा सम्बद्ध प्रदाय प्रणाली (Three phase delta connected supply system)— चित्र 3.2 (b) में थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम के तुल्य डेल्टा सम्बन्धन को दर्शाया गया है। इसमें तीन पृथक् सिंगल फेज सप्लाइ सिस्टम के लाइन



चित्र 3.3–त्रिकला स्टार सम्बन्धन प्रदायप्रणाली की विविध स्थितियाँ (positons)।

तारों के युगलों (pairs) को एक साथ मिलाते हुए, फेजों को श्रेणी में सम्बद्ध किया जाता है। अर्थात् फेजों के F तथा S सिरों को श्रेणीक्रम में सम्बद्ध कर, डेल्टा सम्बन्धन की रचना की गई है। इस प्रकार यह तीन फेजों से निर्मित, एक त्रिभुजाकार बन्द परिपथ होता है, जिसमें तीन लाइन तारें (leads) होती हैं। इसके प्रत्येक लाइन तार में फेज धाराओं का अन्तर प्रवाहित होता है, जैसा कि चित्र 3.2 (b) से स्पष्ट है। थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम सम्बन्धन की विविध स्थितियों को चित्र 3.4 दर्शाया गया है।

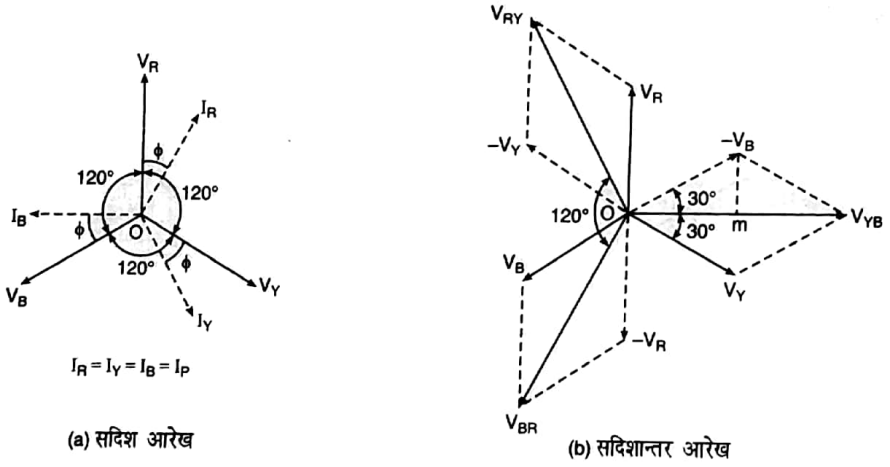
PKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
39 / 235



चित्र 3.4–त्रिकला डेल्टा सम्बन्धन प्रदाय प्रणाली की विविध स्थितियाँ (position)।

3.9. त्रिकला प्रदाय प्रणाली का सदिश आरेख (Vector diagram)

चित्र 3.5 (a) में त्रिकला प्रदाय प्रणाली का सन्तुलित परिपथ सम्बन्धी सदिश आरेख दर्शाया गया है। यह त्रिकला प्रदाय प्रणाली के 'स्टार व डेल्टा' दोनों सन्तुलित परिपथों के लिए समरूप (identical) होता है। इसके प्रत्येक फेज में प्रेरित विद्युत-वाहक बल को परस्पर 120° कोण के कलान्तर पर क्रमशः V_R, V_Y तथा V_B समान परिमाण वाले सदिशों से प्रदर्शित किया गया है। प्रत्येक फेज में प्रेरित विद्युत-वाहक बल के कारण, प्रवाहित फेज करेंन्ट को क्रमशः I_R, I_Y तथा I_B समान परिमाण वाले सदिशों से ϕ कलाकोण पर पश्चगामी दर्शाया गया है। इसलिये इसका शक्तिगुणक भी पश्चगामी होगा।



चित्र 3.5–त्रिकला प्रदाय प्रणाली का सदिश आरेख (vector diagram)।

3.10. त्रिकला प्रदाय प्रणाली में लाइन तथा फेज की चर राशियों में सम्बन्धता (Relationship between variable quantities of line and phase in three phase supply system *i.e.*, circuit)

चित्र 3.5 (b) में थ्री-फेज स्टार कनेक्टिड सप्लाइ सिस्टम की फेज वोल्टताओं का सदिश आरेख प्रदर्शित किया गया है। इसमें दो फेज वोल्टताओं के सदिशान्तर को एक लाइन वोल्टता के तुल्य सदिश से प्रदर्शित किया गया है; तब थ्री-फेज स्टार कनेक्टिड सिस्टम की लाइन वोल्टता (line voltage)

$$V_L = \sqrt{V_p^2 + V_p^2 + 2V_p^2 \cos 60°}$$

$$V_l = \sqrt{3V_p^2} \qquad (\because \cos 60° = \frac{1}{2})$$

$$V_l = \sqrt{3} \cdot V_p \qquad \text{... सूत्र}$$

द्वितीय विधि (Second method)—चित्र 3.5 (b) के अनुसार,

$$Om = V_p \cos 30° \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\frac{V_l}{2} = V_p \times \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\therefore \quad V_l = \sqrt{3} \cdot V_p \qquad \text{...सूत्र}$$

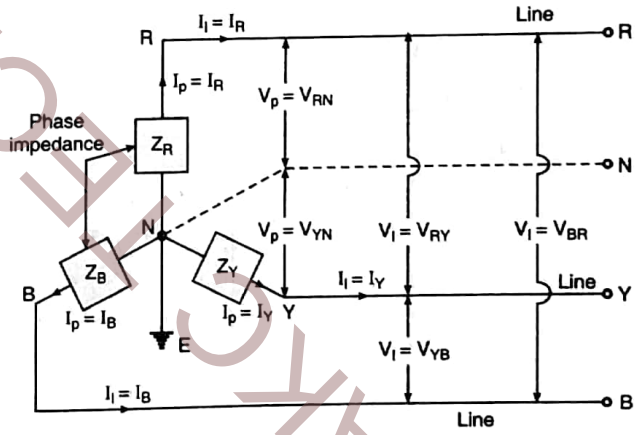
टिप्पणी—इसी प्रकार थ्री-फेज डेल्टा कनेक्टिड सप्लाइ सिस्टम में लाइन करेंन्ट

$$I_l = \sqrt{3} . I_p \qquad \text{...सूत्र}$$

3.11. स्टार परिपथ की राशियों में पारस्परिक सम्बन्धता (Mutual Ralationship between the quantities of star circuit)

चित्र 3.6 के अनुसार, प्रतिबाधा की राशियों में सम्बन्धता (relationship)

$$Z_R = Z_Y = Z_B = Z_P \qquad \text{(phase impedance)}$$



चित्र 3.6–त्रिकला स्टार सम्बद्ध परिपथारेख।

चित्र 3.6 के अनुसार, धारा की राशियों में सम्बन्धता (relationship)

$$I_R = I_Y = I_B = I_P \qquad \text{(phase current)}$$

TAKSHILA TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
40 / 235

$$R_R = I_Y = I_B = I_l \quad \text{(line current)}$$

उपर्युक्त धारा सम्बन्धों (current relations) से प्राप्त सूत्र, (formula)

लाइन धारा, $I_l = I_p$, फेज धारा ...सूत्र (i)

चित्र 3.6 के अनुसार, वोल्टता की राशियों में सम्बन्धता (relationship)

$$V_{RN} = V_{YN} = V_{BN} = V_P \quad \text{(phase voltage)}$$

$$V_{RY} = V_{RB} = V_{BR} = V_l \quad \text{(line voltage)}$$

लाइन वोल्टता = दो फेज वोल्टताओं का सदिशान्तर

$$\vec{V_{RY}} = \vec{V_{RN}} - \vec{V_{YN}}$$

स्टार परिपथ के सदिश आरेख द्वारा हल करने पर प्राप्त सूत्र

$$V_l = \sqrt{3} \cdot V_p \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

अर्थात् लाइन वोल्टता = $\sqrt{3}\times$ फेज वोल्टता

स्टार परिपथ में वैद्युत शक्ति (Electric power in star circuit)—

एकल कला शक्ति $P_{1-\phi} = V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$ ...सूत्र (iii)

त्रिकला शक्ति $P_{3-\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cos\phi$

उपर्युक्त सूत्र में $V_p = V_l / \sqrt{3}$ तथा $I_p = I_l$ रखने पर प्राप्त मान ...सूत्र (iv)

$$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cos\phi \quad \text{... सूत्र (va)}$$

यदि $V_l = V$ तथा $I_l = I$ लिखा जाए, तो उपर्युक्त सूत्र का रूप (Form)

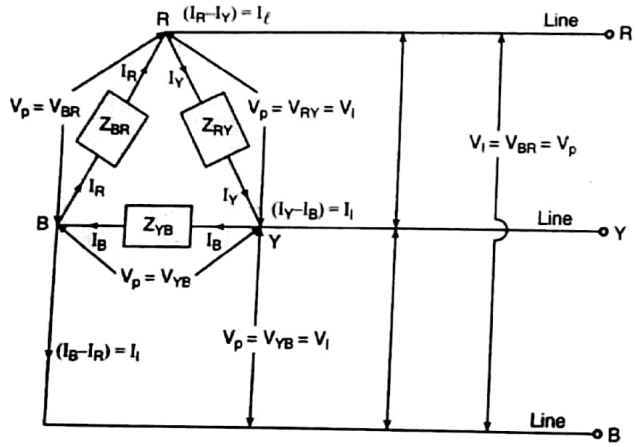
$$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos\phi \quad \text{...सूत्र (vb)}$$

3.12. डेल्टा परिपथ की राशियों में पारस्परिक सम्बन्धता
(Mutual relationship between the quantities of delta circuit)

चित्र 3.7 के अनुसार, प्रतिबाधा की राशियो में सम्बन्धता

$$Z_{RY} = Z_{YB} = Z_{BR} = Z_p \quad \text{(phase impedance)}$$

चित्र 3.7 के अनुसार, वोल्टता राशियों में सम्बन्धता,



चित्र 3.7–त्रिकला डेल्टा सम्बद्ध परिपथारेख।

$$V_{RY} = V_{YB} = V_{BR} = V_p \quad \text{(phase voltage)}$$

$$V_{RY} = V_{YB} = V_{BR} = V_l \quad \text{(line voltage)}$$

उपर्युक्त वोल्टता सम्बन्धों (voltage relations) से प्राप्त सूत्र,

लाइन वोल्टता $V_l = V_p$ फेज वोल्टता ... सूत्र (i)

चित्र 3.7 के अनुसार, धारा की राशियों में सम्बन्धता (relationship)

$$I_R = I_Y = I_B = I_p \quad \text{(phase current)}$$

$$(I_R - I_Y) = (I_Y - I_B) = (I_B - I_R) = I_l \quad \text{(line current)}$$

लाइन धारा = दो फेज धाराओं का सदिशान्तर

$$\vec{I_l} = \vec{I_R} - \vec{I_Y}$$

डेल्टा परिपथ के सदिश आरेख द्वारा हल करने पर प्राप्त सूत्र

$$I_l = \sqrt{3} \cdot I_p \quad \text{... सूत्र (ii)}$$

अर्थात् लाइन धारा = $\sqrt{3}\times$ फेज धारा

3.13. 'स्टार तथा डेल्टा' परिपथों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study)

क्रमांक	तुलनात्मक कारक	स्टार परिपथ	डेल्टा परिपथ
1.	हिन्दी का नाम	तारा परिपथ	त्रिभुज परिपथ
(a)	उपनाम	वाई परिपथ	मैश परिपथ
(b)	तदैव	खुला परिपथ	बन्द परिपथ
(c)	तदैव	न्यूट्रल बिन्दु सहित परिपथ	न्यूट्रल बिन्दुरहित परिपथ
(d)	तदैव	चार तार प्रणाली	त्रितार प्रणाली
2.	उदासीन बिन्दु	सहित (with)	रहित (without)
3.	चतुर्थ तार	सम्भव	असम्भव
4.	V_l व V_p में सम्बन्धता	$V_l = \sqrt{3} \cdot V_p$	$V_l = V_p$
5.	I_l व I_p में सम्बन्धता	$I_l = I_p$	$I_l = \sqrt{3} \cdot I_p$
6.	शक्तिगुणक (p.f.)	$\cos\phi$	$\cos\phi$
7.	फेज वोल्टेज (V_p)	कम (less)	अधिक (more)
8.	फेज करेन्ट (I_p)	अधिक (more)	कम (less)
9.	थर्ड हार्मोनिक वेव	सम्भव (possible)	असम्भव (impossible)
10.	प्रतीक (symbol)	γ-bye/star	Δ-mesh/delta

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
41 / 235

डेल्टा परिपथ में वैद्युत शक्ति (Electric power in delta circuit)—

एकल कला शक्ति $P_{1-\phi} = V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$ ... सूत्र (iii)

त्रिकला शक्ति $P_{3-\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$ ...सूत्र (iv)

उपयुक्त सूत्र में $V_p = V_l$ तथा $I_p = I_l / \sqrt{3}$ रखने पर प्राप्त सूत्र

$$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_l \cdot \cos\phi$$ ... सूत्र (va)

यदि $V_l = V$ तथा $I_l = I$ लिखा जाए, तो उपर्युक्त सूत्र का रूप (form)

$$P_{3-\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos\phi$$ ...सूत्र (vb)

3.14. त्रिकला परिपथ के किलोवाट (kW) तथा किलोवाट-ऐम्पियर (kVA) में सम्बन्धता

त्रिकला, $V_A = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$ ...सूत्र

त्रिकला, $V_A \times 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \times 10^{-3}$ ... व्यवस्था

त्रिकला, $\text{kVA} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \times 10^{-3}$ ...सूत्र

त्रिकला, $W = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$ ...सूत्र

त्रिकला, $W \times 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi \times 10^{-3}$ ...व्यवस्था

त्रिकला, $kW = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \times 10^3 \times \cos\phi$ ...सूत्र

त्रिकला $kW = kVA \cos\phi$ ...सूत्र

3.15. त्रिकला परिपथ के "किलोवाट-ऐम्पियर रिएक्टिव" (kVAR) तथा "किलोवोल्ट-ऐम्पियर" (kVA) में सम्बन्धता (Relationship)

त्रिकला, $VAR = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin\phi$ ...सूत्र

त्रिकला, $VAR \times 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin\phi \times 10^{-3}$ व्यवस्था

त्रिकला, $kVAR = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \times 10^{-3} \times \sin\phi$ ...सूत्र

त्रिकला, $kVAR = kVA.\sin\phi$ ...सूत्र

3.16. किलोवाट (kW) तथा होर्स-पॉवर (HP) में सम्बन्धता (Relationship)

वाट, $W = HP \times 735 \cdot 5$ ...सूत्र

त्रिकला, $W \times 10^{-3} = HP \times 735 \cdot 5 \times 10^{-3}$ ...व्यवस्था

किलोवाट, $kW = HP \times 0 \cdot 7355$ ...सूत्र

अथवा $kW = \dfrac{HP \times 735 \cdot 5}{1000}$ ...सूत्र

3.17. किलोवाट-ऐम्पियर (kVA) तथा होर्स-पॉवर (HP) में सम्बन्धता (Relationship)

$\because$ $kW = HP \times 0 \cdot 7355$ ...सूत्र

$\therefore$ $KVA \cos\phi = HP \times 0 \cdot 7355$ ...सूत्र

$$kVA = \frac{HP \times 0 \cdot 7355}{\cos\phi}$$ ...सूत्र

अथवा $$kVA = \frac{HP \times 735 \cdot 5}{1000 \times \cos\phi}$$ ...सूत्र

3.18. त्रिकला परिपथ में होर्स-पॉवर (HP) के परिकलन सम्बन्धी सूत्र (formula)

$$H.P. = \frac{W}{735 \cdot 5}$$ अर्थात् $$\frac{\text{Watts}}{735 \cdot 5}$$ ...सूत्र

$$H.P. = \frac{kW \times 10^3}{735 \cdot 5}$$ ...सूत्र

$$H.P. = \frac{kVA \cos\phi \times 10^3}{735 \cdot 5}$$ ...सूत्र

$$H.P. = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \times 10^{-3} \times \cos\phi \times 10^3}{735 \cdot 5}$$ ...व्यवस्था

$$H.P. = \frac{\sqrt{3} VI \cos\phi}{735 \cdot 5}$$ (for line values) ...सूत्र

$$H.P. = \frac{3 V_p I_p \cos\phi}{735 \cdot 5}$$ (for phase values) ...सूत्र

3.19. त्रिकला परिपथ में लाइन धारा (I) के परिकलन सम्बन्धी सूत्र (formula)

लाइन धारा, $$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$ ...सूत्र

$$= \frac{kW \times 1000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$ ...सूत्र

$$= \frac{kVA \cdot \cos\phi \times 1000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$ ...व्यवस्था

$$= \frac{kVA \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot V}$$ ...सूत्र

$$= \frac{HP \times 735 \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग
(Application of formulae)

उदाहरण 1—तीन 100 ओहा अप्रेरणिक प्रतिरोध (i) स्टार (ii) डेल्टा में 400 V, 50 Hz, 3-फेज सप्लाइ से सम्बद्ध (connected) हैं। प्रत्येक स्थिति में सप्लाइ से ली गई शक्ति की गणना कीजिये।

हल : दिया है $Z_p = R = 100\,\Omega$, $V_l = 400\,\text{V}$, $f = 50\,\text{Hz}$, ϕ (phase) = 3.

(i) स्टार कनेक्शन में वैद्युत शक्ति का परिकलन (calculation of electric power)

$$V_{ph} = V_l / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 231\,\text{V}$$

$$I_p = V_p / Z_p = \frac{231}{100} = 2 \cdot 31\,\text{A}$$

$$\cos\phi = \frac{R_p}{Z_p} = \frac{100}{100} = 1 \text{ (unity)}$$

$P_{3-\phi} = 3 V_p I_p \cos\phi$ वॉट (उक्त मान रखने पर)

$= 3 \times 231 \times 2 \cdot 31 \times 1 = \mathbf{1600 \cdot 83}$ **वॉट** **उत्तर**

PK'S TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
427 235

(ii) डेल्टा कनेक्शन में वैद्युत शक्ति का परिकलन (calculation of electric power)

$$V_p = V_l = 400\,\text{V} \qquad \text{(phase voltage)}$$

$$I_p = V_p / Z_p = \frac{40}{100} = 4\,\text{A} \qquad \text{(phase casrent)}$$

$$\cos\phi \frac{R_p}{Z_p} = \frac{100}{100} = 1 \text{ (unity)}$$

$$P_{3-\phi} = 3V_p I_p \cos\phi \text{ वॉट} \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 3\times400\times4\times1 = \textbf{4800 वॉट।} \qquad \textbf{उत्तर}$$

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त गणनात्मक प्रश्न में त्रिकला शक्ति का परिकलन, $P_{3-\phi} = \sqrt{3} V_l I_l \cos\phi$ वॉट, लाइन सूत्र द्वारा भी किया जा सकता है, परन्तु सुगमता के दृष्टिकोण से त्रिकला शक्ति का परिकलन फेज सूत्र से किया गया है।

उदाहरण 2–एक स्टार सम्बद्ध ऑल्टरनेटर, पूर्णभार पर 0.75 पश्चगामी शक्तिगुणक पर कार्य करने के लिए, अभिकल्पित किया गया है। प्रत्येक कुण्डलन 11 kV तथा 400 A के लिए निर्धारित है (i) लाइन वोल्टेज, (ii) फुललोड लाइन करेन्ट तथा (iii) फुललोड पॉवर किलोवॉट में ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है कि प्रत्येक कुण्डलन (winding) अर्थात् प्रत्येक फेज 11000 V तथा 400 A के लिए निर्धारित है। अर्थात्

$$V_p = 11\text{kV} = 11000\,\text{V}, I = 400\,\text{A} \qquad \text{(phase current)}$$

(i) थ्री-फेज स्टार कनेक्शन में लाइन वोल्टेज (line voltage)

$$V_l = \sqrt{3}.V_p = \sqrt{3}\times11000 = 19052\,\text{V} = \textbf{19·052 kV.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

(ii) थ्री-फेज स्टार कनेक्शन में पूर्णभार पर लाइन करेन्ट (line current)

$$I_l = I_p = 400\,\text{A} \qquad \textbf{उत्तर}$$

(iii) थ्री-फेज स्टार कनेक्शन में पूर्णभार पर वैद्युत शक्ति (electric power),

$$P_{3-\phi} = 3\cdot V_p . I_p . \cos\phi \text{ वॉट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= 3\times11000\times400\times0\cdot75$$

$$= 99\times10^5 \text{ वॉट (watt)} = \textbf{9900 किलोवॉट।} \qquad \textbf{उत्तर}$$

द्वितीय विधि (Second method)—

थ्री-फेज स्टार कनेक्शन में पूर्णभार पर वैद्युत शक्ति (electric power)

$$P_{3-\phi} = \sqrt{3}\times V_l \cdot I_l \cdot \cos\phi \text{ वॉट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{3}\times19052\times400\times0\cdot75$$

$$= 90\times10^5 = 9900\times10^3 = \textbf{9900 किलोवॉट।} \qquad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक त्रिकला तारा सम्बद्ध प्रत्यावर्तक (alternator) की फेज वोल्टता 3810 V हो, तो उसकी लाइन वोल्टता तथा निर्गत शक्ति ज्ञात कीजिये, जबकि उसके प्रत्येक फेज में 300 A की धारा 0·8 शक्तिगुणक पर प्रवाहित हो रही है।

हल : दिया है $V_p = 3810\,\text{V}$, $I_p = 300\,\text{A}$, $\cos\phi = 0\cdot8$, $V_l = ?$, $P_{out} = ?$

(i) त्रिकला तारा सम्बद्ध प्रत्यावर्तक की लाइन वोल्टता (line voltage),

$$V_l = \sqrt{3}\cdot V_p = \sqrt{3}\times3810 = \textbf{6598 V.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

(ii) त्रिकला तारा सम्बद्ध प्रत्यावर्ती की निर्गत शक्ति (output power),

$$P_{out} = 3\cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi, \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 3\times3810\times300\times0\cdot8 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$= 2743200$ वॉट अर्थात् $= \textbf{2743·2 किलोवॉट।}$ **उत्तर**

उदाहरण 4—एक 15 kW, त्रिकला 400 V के मोटर द्वारा 0·8 शक्तिगुणक पर ली जाने वाली धारा का मान ज्ञात कीजिये। हानियों को नगण्य मानिये।

हल : दिया है कि मोटर का निर्गत;

$$P_{out} = 15\text{kW},\ V_l = 400\,\text{V},\ \cos\phi - 0\cdot8,\ I_l = ?$$

चूँकि मोटर की हानियाँ नगण्य हैं, अर्थात् दक्षता शत-प्रतिशत है; इसलिए मोटर का निवेश व निर्गत (input and output) दोनों आपस में बराबर (equal) ही होंगे।

∵ मोटर का निर्गत (output) = मोटर का निवेश (input)

$$P_{out} = \sqrt{3}\cdot V_l \cdot I_l \cdot \cos\phi \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$15\times10^3 = \sqrt{3}\times400\times I_l \times0\cdot8 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$I_l = \frac{15\times10^3}{\sqrt{3}\times400\times0\cdot8} = \textbf{27·06 A.} \qquad \textbf{उत्तर}$$

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. त्रिकला प्रदाय से क्या अभिप्राय है? त्रिकला विद्युत-वाहक बल को कलीय व तरंग (phasor and wave) रूपों में दर्शाइए। त्रिकला प्रदाय के लिए एकल कला-प्रदाय के सापेक्ष क्या लाभ हैं? ***(U.P. 2011)***
2. तारा तथा त्रिभुज (star and delta) सम्बन्धनों का वर्णन कीजिए। त्रिभुज सम्बन्धन पद्धति के लिए फेज एवं लाइन धाराओं तथा वोल्टताओं के मानों में सम्बन्ध निकालिए। ***(U.P. 2003, 05, 11)***
3. एकल कला पद्धति के सापेक्ष, त्रिकला पद्धति के क्या लाभ हैं? तार सम्बद्ध पद्धति के लिए फेज एवं लाइन धाराओं तथा वोल्टताओं के मानों में सम्बन्ध निकालिए। ***(U.P. 2012)***
4. त्रिकला तारा तथा त्रिकोण सम्बद्ध प्रणाली की तुलना कीजिए। ***(U.P. 2010)***
5. स्वच्छ चित्रों की सहायता से थ्री-फेज वाइंडिंग के स्टार व डेल्टा सम्बन्धनों को समझाइये।
6. औद्योगिक कार्यों के लिए वैद्युत ऊर्जा का अधिकांश प्रतिशत भाग प्रत्यावर्ती विद्युत के रूप में ही क्यों जनित किया जाता है?
7. प्रत्यावर्ती विद्युत में थ्री-फेज किन विधियों में अन्तर्योजित किये जाते हैं?
8. त्रिकला पद्धति क्या है? वैद्युत शक्ति प्रदाय में इसे क्यों प्राथमिकता दी जाती है?
9. थ्री-फेज सप्लाइ सिस्टम में वैद्युत शक्ति ज्ञात करने का सिद्धान्त सिद्ध कीजिए।
10. थ्री-फेज सिस्टम का अन्तर्योजन (internal connection) क्यों आवश्यक है?
11. थ्री-फेज, थ्री-वायर तथा थ्री-फेज, फोर-वायर सिस्टम्स के लाभ तथा हानियों का उल्लेख कीजिए।
12. एक थ्री-फेज, स्टार कनेक्टिड सिस्टम का फेजर डायग्राम बनाइए और लाइन वोल्टेज तथा फेज वोल्टेज में सम्बन्ध ज्ञात कीजिए।
13. थ्री-फेज बैलेन्स लोड सर्किट में शक्ति के लिए व्यजंक ज्ञात कीजिए। प्रदर्शित कीजिए कि यह स्टार व डेल्टा में समान रहता है।
14. थ्री-फेज, फोर-वायर, बैलेन्स सिस्टम के न्यूट्रल वायर में कितनी धारा होती है?
15. समझाइये कि—
    (i) त्रिकला सन्तुलित भार तथा (ii) सममितीय त्रिकला वोल्टता पद्धति से आपका क्या अभिप्राय है?
16. त्रिकला प्रणाली में लाभों का उल्लेख कीजिए।
17. स्वच्छ आरेखों की सहायता से प्रदर्शित कीजिए कि त्रिकला विद्युत-वाहक बल किस प्रकार जनित किए जाते हैं? इन वि० वा० बलों को किस प्रकार गणितीय तथा सदिशीय रूप में निरूपित किया जाता है?
18. एक तारा सम्बद्ध परिपथ के लिए (i) कला वोल्टता तथा लाइन वोल्टता (ii) कला धारा तथा लाइन धारा के बीच सम्बन्ध बताइए और त्रिकला वैद्युत शक्ति के लिए व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए। ***(U.P. 2003, 05)***

Scanned with CamScanner
43/235

19. त्रिकला पद्धति में स्टार व डेल्टा सम्बन्धनों की परस्पर तुलना कीजिए।
20. डेल्टा में सम्बद्ध त्रिकलीय सन्तुलित भार हेतु लाइन धाराओं व फेज धाराओं में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।
21. वे कौन-सी दो पद्धतियाँ हैं, जिनमें तीन कलाओं को अन्तर्योजित किया जा सकता है? प्रत्येक मामले में सम्बन्धन आरेख खींचिये तथा धारा तथा वोल्टता सम्बन्ध दीजिये। प्रत्येक पद्धति के गुण, दोष तथा अनुप्रयोग लिखिये।
22. त्रिकलीय शक्ति प्रदाय को एककलीय वैद्युत शक्ति प्रदाय से क्यों अच्छा समझा जाता है?
23. त्रिकला स्टार तथा डेल्टा सम्बन्धनों में लाइन व फेज, वोल्टताओं तथा धाराओं में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।
24. त्रिकला तथा एकल कला प्रणाली की परस्पर तुलना कीजिए।
25. त्रिकला प्रदाय के क्या लाभ हैं? एक त्रिकला, चार तार प्रदाय यन्त्र का सम्बन्धन त्रिकला तथा एकल कला भार दर्शाते हुए खींचिए।
26. एकल कला प्रदाय की अपेक्षा, त्रिकला प्रदाय के लाभ बताइए।
27. एक डेल्टा सम्बद्ध त्रिकला परिपथ को लिए निम्नलिखित में सम्बन्धन बताइये—
(i) कला वोल्टता और लाइन वोल्टता तथा (ii) कला धारा और लाइन धारा।
28. डेल्टा की अपेक्षा, स्टार सप्लाई सिस्टम के लाभों का उल्लेख कीजिए।
29. स्टार की अपेक्षा, डेल्टा सप्लाई सिस्टम के लाभों का उल्लेख कीजिए।
30. 3–ϕ स्टार व डेल्टा संयोजित प्रणालियों की तुलना कीजिये। *(U.P. 2015)*

गणनात्मक प्रश्नावली

1. तीन समान कुण्डलियाँ, जिनमें प्रत्येक का प्रतिरोध 5 ओह्म तथा प्रेरणिक प्रतिघात 12 ओह्म है, डेल्टा में त्रिकलीय 400 वोल्ट की सप्लाई से जुड़ी हैं। लाइन धारा व शक्तिगुणक तथा शक्तिव्यय की गणना कीजिए।
[**उत्तर :** 53·3A, 0·385 तथा 14217W]
2. तीन समरूप कुण्डलियाँ, जिनका प्रतिरोध 80 ओह्म तथा प्रतिघात 60 ओह्म है, डेल्टा में सम्बद्ध हैं और 400 वोल्ट के प्रदाय से जुड़ी हैं। व्यय होने वाली शक्ति तथा शक्तिगुणक व लाइन धारा का मान ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर :** 17·321A, 0·8 तथा 9600W]
3. एक त्रिकला स्टार सम्बन्धित सन्तुलित भार को त्रिकलीय 400 वोल्ट प्रदाय पर लगाया गया है। लाइन धारा 20 ऐम्पियर है तथा भार द्वारा ली गई शक्ति 12 किलोवाट है। निम्नलिखित की गणना कीजिए— (i) भार की प्रतिबाधा (ii) कला धारा (iii) शक्तिगुणक।
[**उत्तर :** 11·55 Ω, (ii) 20A, (iii) 0·866]
4. 400 वोल्ट की सप्लाई लाइन पर तीन कुण्डलियों को, जिनमें प्रत्येक का प्रतिरोध 4 ओह्म तथा प्रेरणिक प्रतिघात 3 ओह्म है, तारा सम्बन्धन (star connection) में जोड़ा जाता है। कला वोल्टता, लाइन धारा तथा खपत हुई शक्ति निकालिये।
[**उत्तर :** 231V, 46·2A, 25600W]
5. 400V, थ्री-फेज, ए० सी० सप्लाई से डेल्टा में सम्बद्ध तीन समरूप कुण्डलियाँ 50 kW की कुल शक्ति तथा 90A की लाइन धारा लेती हैं।
(i) फेज करेंन्ट, (ii) पॉवर-फैक्टर तथा (iii) कुण्डलियों द्वारा कुल लिए गए किलोवॉट-ऐम्पियर (kVA) ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर :** (i) $I_p = 52A$, (ii) $\cos\phi = 0·8$, तथा (iii) $P_a = 62·5$ kVA]
6. एक थ्री-फेज स्टार कनेक्टिड 11 kV ऑल्टरनेटर, जो 0·8 (पश्चगामी) शक्तिगुणक पर 5 MW पॉवर प्रदान कर रहा है, में प्रति फेज करेंन्ट के सक्रिय तथा प्रतिघाती घटक ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर :** $I_p \cos\phi = 279·8A$ तथा $I_p \sin\phi = 163·8A$]
7. एक स्टार कनेक्टिड ऑल्टरनेटर डेल्टा कनेक्टिड लोड को धारा प्रदान करता है। प्रत्येक शाखा की प्रतिबाधा $(6+j8)$ Ω है। लाइन वोल्टेज 225V है। ज्ञात कीजिए— (i) लोड के प्रत्येक फेज में धारा, (ii) ऑल्टरनेटर के प्रत्येक फेज में धारा, (iii) ऑल्टरनेटर फेज वोल्टेज, (iv) लोड द्वारा ली गई शक्ति, (v) लोड का पॉवर फैक्टर, (vi) लोड की रिएक्टिव पॉवर।

[**उत्तर :** (i) $I_p = 22·5A$, (ii) $I_p = 48·6A$, (iii) $V_p = 132·8V$, (iv) 11·2kW, (v) $\cos\phi = 0·75$, (vi) $P_r = 220$kVAR]
8. तीन कुण्डलियाँ, जिनमें प्रत्येक का प्रतिरोध 16 Ω तथा प्रेरणिक प्रतिरोध 12Ω है, उनको डेल्टा कनेक्शन में जोड़ा जाता है और 400V, थ्री-फेज लाइन पर लगाई गई हैं, लाइन धारा तथा वैद्युत शक्ति ज्ञात करो।
[**उत्तर :** $I_l = 34·64$ A तथा $P = 19·2$kW]

सत्य-असत्य कथन सम्बन्धी प्रश्न

निम्नलिखित कथनों पर सत्य (T) / असत्य (F) अंकित कीजिए—

(i) प्रकाश व पंखों के लिए एकल कला वैद्युत प्रदाय-प्रणाली का प्रयोग सर्वाधिक होता है।
(ii) अतिलघु उद्योगों में प्राय: एकल कला वैद्युत प्रदाय प्रणाली का प्रयोग होता है।
(iii) पटरीपथ वैद्युत संकर्षण-कार्यों (railway electric traction works) के लिए एकल कला प्रदाय-प्रणाली सर्वोत्तम है।
(iv) विशाल उद्योगों में त्रिकला वैद्युत प्रदाय प्रणाली का प्रयोग (use) सर्वाधिक होता है।
(v) त्रिकला वैद्युत शक्ति प्रदाय प्रणाली, एक सर्वोत्तम प्रणाली है।
(vi) षट्कला वैद्युत प्रदाय प्रणाली का प्रयोग मरकरी आर्क रेक्टिफायर के लिए होता है।
(vii) द्विकला शक्ति प्रदाय प्रणाली में वैद्युत विस्थापन नब्बे वैद्युत अंश (90 e.d.) के कोण पर होता है।
(viii) षट्कला शक्ति प्रदाय प्रणाली में वैद्युत विस्थापन साठ वैद्युत अंश (60 e.d.) के कोण पर होता है।
(ix) डेल्टा सम्बन्धन (delta connection) में उदासीन बिन्दु (neutral point) नहीं होता।
(x) तारा सम्बन्धन (delta connection) में उदासीन बिन्दु (neutral point) होता है।
(xi) डेल्टा सम्बन्धन (delta connection) एक बन्दपथ (closed circuit) होता है।
(xii) तारा सम्बन्धन (star connection) एक खुलापथ (open circuit) होता है।
(xiii) स्टार तथा डेल्टा संयोजन में वैद्युत शक्ति का मान समान (equal) होता है।

उत्तर—उक्त सभी कथन (statements) सत्य (T) हैं।

रिक्त स्थानों की पूर्ति सम्बन्धी प्रश्न

निम्नलिखित कथनों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए—

(i) एक त्रिकला परिपथ में वैद्युत शक्ति $P =$ .....
(ii) एक त्रिकला सन्तुलित परिपथ में एक वॉटमीटर द्वारा मापित वैद्युत शक्ति $P =$ .....
(iii) एक स्टार सम्बद्ध परिपथ के लाइन वोल्टेज (V_l) एवं फेज वोल्टेज (V_p) में सम्बन्ध .....
(iv) एक डेल्टा सम्बद्ध परिपथ की लाइन करेंन्ट (I_l) एवं फेज करेंन्ट (I_p) में सम्बन्ध .....
(v) द्विकला शक्ति प्रदाय प्रणाली को छोड़कर, अन्य सभी प्रणालियों के लिए मानक वैद्युत विस्थापन सू .....
(vi) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में kW तथा kVA में सम्बन्ध .....
(vii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में kVAR तथा kVA में सम्बन्ध .....
(viii) प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में kW तथा H.P. में सम्बन्ध .....
(ix) प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में kVA तथा H.P. में सम्बन्ध .....
(x) समस्त वैद्युत शक्ति प्रदाय प्रणालियों में सर्वोत्तम प्रणाली .....

AKG TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
44 / 235

4 शक्ति तथा शक्तिगुणक का मापन

[MEASUREMENT OF POWER AND POWER FACTORS]

4.1. परिचय (Introduction)

वह प्रक्रिया, जिससे किसी राशि के परिमाण की सही जानकारी, मानक मात्रक की संख्या के गुणक के रूप में प्राप्त होती है, मापन (measurement) कहलाती है। अभियान्त्रिकी तथा प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में मापन का विशेष महत्त्व है, क्योंकि इन क्षेत्रों के लगभग सभी कार्य मापन पर निर्भर करते हैं।

किसी विषय का मापन एक या एक से अधिक प्रेक्षकों (observers) का वह विचार है,जो मापयन्त्रों की सहायता से अथवा प्रत्यक्ष विषय के निरीक्षण (inspection) द्वारा व्यक्त (प्रकट) किया जाता है।

मानव के जीवन में मापन का विशेष महत्त्व है। जीवन के हर क्षेत्र में विविध चर राशियों (various variable quantities) के मापने की आवश्यकता होती है। इसीलिए अभियान्त्रिकी, औद्योगिकी, प्रौद्योगिकी, व्यावसायिक, व्यापारिक आदि विविध क्षेत्रों में विभिन्न राशियों को मापने के लिए भिन्न-भिन्न प्रकार के मापयन्त्रों का प्रयोग होता है। उदाहरण के लिए इलेक्ट्रिकल एवं इलेक्ट्रोनिक्स के फील्ड में प्रतिरोध (R), प्रेरकत्व (L), संधारिता (C), आवृत्ति (f), वोल्टता (V), धारा (I), शक्ति (P), शक्तिगुणक ($\cos\phi$), ऊर्जा (U) आदि कई राशियों को मापने के लिए इनके सम्बन्धित यन्त्रों की आवश्यकता होती है। इस अध्ययन में केवल वैद्युत शक्ति मापन तथा शक्तिगुणक मापन की ही व्याख्या की गई है। विभिन्न क्षेत्रों में मापन के मुख्य लाभ (main advantages) निम्नलिखित हैं—

(i) कार्यवस्तु (job) की विमाओं (dimensions) की सही जानकारी में सहायक।

(ii) मानव की शिक्षा, सभ्यता, संस्कृति, कला आदि के विकास में सहायक।

(iii) विविध विन्यासों, अभिन्यासों, तन्त्रों, यन्त्रों, उपयन्त्रों, मापयन्त्रों, उपस्करों, उपकरणों, औजारों आदि की अभिकल्पना करने, सुरक्षा प्रदान करने, अवस्था की जानकारी प्राप्त करने, प्रदोष या खतरे की पूर्व सूचना देने आदि में सहायक।

(iv) मापन की यथार्थता (accuracy) व्यवहारकुशलता तथा न्याय स्थापन में सहायक।

(v) परीक्षण प्रणाली की कार्यकुशलता (performance) की जानकारी देने में सहायक।

(vi) वस्तुओं के निर्माण कार्य (manufacturing processes) में सहायक।

(vii) उद्योगों में उत्पादन (production) को तीव्रता के साथ बढ़ाने में सहायक।

4.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

यान्त्रिक शक्ति (Mechanical power)—यह बल (force) तथा वेग (velocity) का गुणनफल होती है। सूत्र रूप में—

$$P_m = f \times v \left(\frac{\text{न्यूटन-मीटर}}{\text{सेकण्ड}} = \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}} = \text{वाट} \right) \quad \text{...सूत्र (i)}$$

प्रत्यावर्ती शक्ति (A.C. power)—यह प्रत्यावर्ती वोल्टता (voltage) तथा प्रत्यावर्ती धारा के सक्रिय घटक (active component of current) का गुणनफल होती है। सूत्र रूप में—

$$P_{ac} = V \times I \cdot \cos\phi = V \cdot I \cdot \cos\phi \text{ वाट (जूल/सेकण्ड)} \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

टिप्पणी (Note)—दिष्टवर्ती विद्युत (d.c.electricity) में शक्तिगुणक का मान एकांक ($\cos\phi = 1$) होता है; इसलिए दिष्टवर्ती शक्ति (d.c.power)

$$P_{dc} = V \times I \text{ वाट या जूल प्रति सेकण्ड (मात्रक)} \quad \text{...सूत्र (iii)}$$

शक्तिगुणक (Power factor)—चित्र 4·1 के अनुसार यह किलोवाट (kW) तथा किलोवोल्ट-ऐम्पियर (kVA) का अनुपात होता है। सूत्र रूप में—

$$\cos\phi = \frac{kW}{kVA} \text{ (मात्रकरहित राशि)} \quad \text{...सूत्र (iv a)}$$

इसलिए $$kW = KVA \cdot \cos\phi \quad \text{...सूत्र (iv)}$$

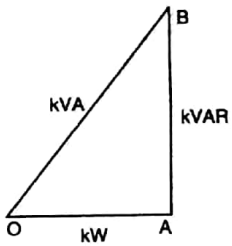
प्रतिघातीगुणक (Reactive factor)—चित्र 4·1 के अनुसार, यह किलोवोल्ट-ऐम्पियर-रीऑक्टिव (kVAR) तथा किलोवोल्ट-ऐम्पियर (kVA) का अनुपात होता है। सूत्र रूप में—

$$\sin\phi = \frac{\text{kVAR}}{\text{kVA}} \text{ (मात्रकरहित राशि)} \quad \text{...सूत्र (v a)}$$

इसलिए $$kVAR = kVA \sin\phi \quad \text{...सूत्र (vb)}$$

सूत्र (iv b) तथा सूत्र (v b) का वर्ग करके, जोड़ने पर प्राप्त सूत्र

$$KVA = \{(KW)^2 + (KVAR)^2\} \quad \text{...सूत्र (iv)}$$

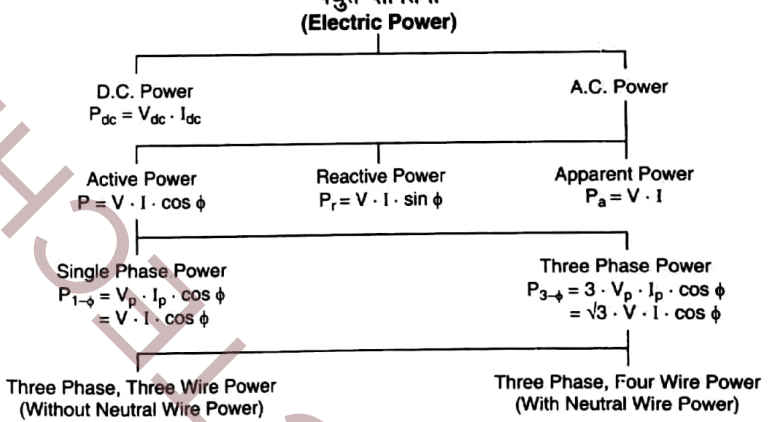


चित्र 4.1–$p-\Delta$

टिप्पणी (Note)—यदि प्रतिघातीगुणक ($\sin\phi$) ज्ञात हो, तो शक्तिगुणक ($\cos\phi$) को निम्नांकित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{शक्तिगुणक } \cos\phi = (1 - \sin^2\phi) \quad \text{...सूत्र (vii)}$$

4.3. वैद्युत शक्तियों का वर्गीकरण (Classification of electric powers)



शक्ति (Power)—कार्य की दर को शक्ति या क्षमता (capaciy) कहतें हैं। यान्त्रिक शक्ति को जूल प्रति सेकण्ड मात्रक में P_m प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं; परन्तु वैद्युत शक्ति को 'वाट' मात्रक में P_e प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। यह निम्नलिखित दो प्रकार की होती है—

(i) दिष्टधारा विद्युत-शक्ति (D.C. Electric power)

(ii) प्रत्यावर्तीधारा विद्युत-शक्ति (A.C. Electric power)

(i) दि० धा० वैद्युत शक्ति (D.C.E. Power)— यह दि० धा० परिपथ के आरपार वोल्ट में वोल्टता (V) तथा परिपथ में बहने वाली ऐम्पियर में कुल धारा (I) के गुणनफल के बराबर होती है। इसे वॉट मात्रक में P_{dc} प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं; इसलिए सूत्र रूप में—

TYSO TECHNICAL ACADEMY
Scanned with CamScanner
45 / 235

$$P_{dc} = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R = W \text{ (वाट मात्रक)}$$ मानक सम्बन्धता

(ii) प्र० धा० वैद्युत शक्ति (A.C.E. Power)—यह पुन: निम्नलिखित तीन प्रकार की होती है—

(a) सक्रिय शक्ति (Active power)—यह प्र० धा० परिपथ के आरपार (across) वोल्ट में वोल्टता (V), परिपथ में बहने वाली ऐम्पियर में कुल धारा (I) तथा परिपथ के शक्तिगुणक ($\cos\phi$) के गुणनफल के बराबर होती है। इसे वाट मात्रक में P प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसे सत्य शक्ति (true power), यथार्थ या वास्तविक शक्ति (real or actual power), प्रतिरोधक शक्ति (resistive power), कार्यकारी शक्ति (working power), वाट में शक्ति (power in watt) आदि नामों से भी जाना जाता है। सूत्र रूप में—

$$P = V_{r.m.s} \times I_{r.m.s} \times \cos\phi \text{ वॉट (मात्रक)}$$

$$P = VI\cos\phi \text{ वॉट मात्रक}$$ ...सूत्र

(b) प्रतिघाती शक्ति (Reactive power)—यह प्र० धा० परिपथ के आरपार (across), वोल्ट में वोल्टता (V), परिपथ में बहने वाली ऐम्पियर में कुल धारा (I) तथा परिपथ के प्रतिघाती गुणक ($\sin\phi$) के गुणनफल के बराबर होती है। इसे वो० ए० रि० (VAR) मात्रक में P_r प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसे निष्क्रिय शक्ति (non-working power), प्रतिकारी शक्ति (reactive power), अकार्यकारी शक्ति (non-working power) वॉटरहित शक्ति (watt-less power), काल्पनिक शक्ति (imaginary power) आदि नामों से जाना जाता है। सूत्र रूप में—

$$P_r = V_{rms} \times I_{rms} \times \sin\phi \text{ वोल्ट-ऐम्पियर रीऑक्टिव (VAR)}$$

$$= V \cdot I \cdot \sin\phi \text{ वो० ऐ० रि० (VAR)}$$ ...सूत्र

(c) आभासी शक्ति (Apparent Power)—यह प्र० धा० परिपथ के आरपार वोल्ट में वोल्टता (V) तथा परिपथ में बहने वाली ऐम्पियर में कुल धारा (I) के गुणनफल के बराबर होती है। इसे 'वोल्ट-ऐम्पियर' (VA) मात्रक में P_a प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसे वोल्ट-ऐम्पियर शक्ति (volt-ampere power), इकाई शक्तिगुणक पर शक्ति (power at unity power factor), उच्चतम शक्ति (maximum power) आदि कई नामों से जाना जाता है। सूत्र रूप में—

$$P_a = V_{rms} \times I_{rms} \text{ वोल्ट-ऐम्पियर (VA)}$$

$$P_a = VI \text{ वो० ए० (VA)}$$ ...सूत्र

4.4. वैद्युत शक्ति मापन की विधियाँ (Methods of electric power measurement)

वैद्युत शक्ति मापन
(Electric Power Measurement)

D.C.Power

$$P_{dc} = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} = W$$

Measuring Methods

(i) Ammeter and voltmeter method
(ii) Load resistance and ammeter method
(iii) Load resistance and voltmeter method
(iv) Wattmeter method

A.C.Power

Single Phase Power

$$P_{1-\phi} = V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$$

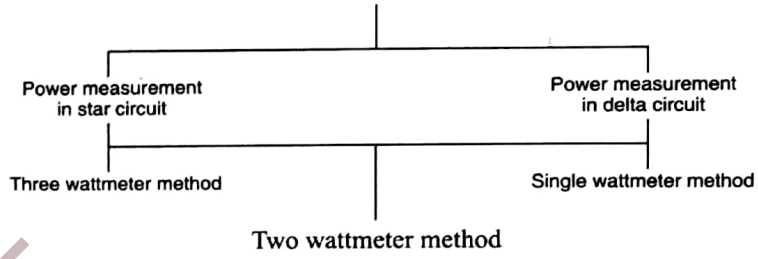
Three Phase Power

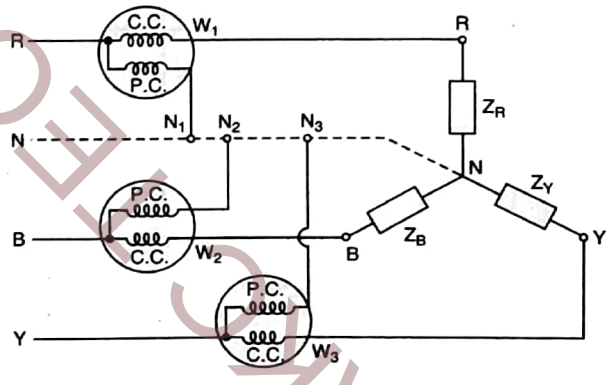
$$P_{3-\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cdot \cos\phi$$

	Measuring Methods	Measuring Methods
(i)	Three ammeter method	Three wattmeter method
(ii)	Three voltmeter method	Two wattmeter method
(iii)	Ammeter, voltmeter and power factor meter method	Single wattmeter with two way switch
(iv)	Single wattmeter method	Single wattmeter method in balance load condition
(v)	Single wattmeter method with current transformer and potential transformer.	Single wattmeter method with C.T. and P.T. in balance load condition.

4.5. त्रिकला परिपथ में विद्युत-शक्ति मापन की विधियाँ (Methods of electric power measurement in three phase circuit)

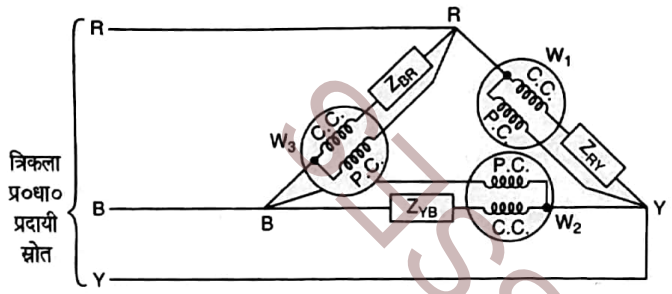
त्रिकला शक्ति मापन
(Three phase power measurement)





चित्र 4.2–स्टार सम्बद्ध भार में तीन वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन सम्बन्धी परिपथारेख।

PAGE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
46 / 235



चित्र 4.3–डेल्टा सम्बद्ध भार में तीन वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन सम्बन्धी परिपथारेख।

4.6. त्रि-वाटमापी विधि (Three wattmeter mathod)

चित्र 4.2 तथा 4.3 में प्रदर्शित क्रमश: त्रिकला 'स्टार तथा डेल्टा' सम्बद्ध भार परिपथ में तीन वाटमापियों (Wattmeters) की सहायता से वैद्युत शक्ति का प्रत्यक्ष मापन निम्न प्रकार का होता है। माना कि—

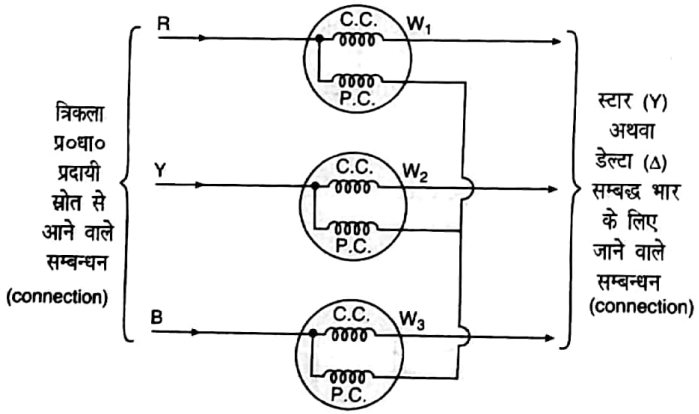
W_1 —वाट मात्रक में प्रथम वाटमीटर का कुल पाठ्यांक (total reading)

W_2 —वाट मात्रक में द्वितीय वाटमीटर का कुल पाठ्यांक (total reading)

W_3 —वाट मात्रक में तृतीय वाटमीटर का कुल पाठ्यांक (total reading)

तब मापित त्रिकला शक्ति = तीनों वाटमीटरों के पाठ्यांक का योग (sum of reading)

$$P_{3-\phi} = (W_1 + W_2 + W_3) \text{ वाट (मात्रक)} \quad \text{...सूत्र}$$



चित्र 4.4–स्टार अथवा डेल्टा सम्बद्ध भार में तीन वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन सम्बन्धी परिपथारेख।

भार की सन्तुलित स्थिति में (In balance condition of the load)

$$W_1 = W_2 = W_3 = W \text{ (may be said)}$$

तब $$P_{3-\phi} = 3W \text{ (वाट)} \quad \text{...सूत्र}$$

4.7. द्वि-वाटमापी विधि (Two wattmeter mehtod)

चित्र 4.5 में प्रदर्शित त्रिकला स्टार अथवा डेल्टा सम्बद्ध भार परिपथ में दो वाटमापियों (wattmeter) की सहायता से वैद्युत शक्ति का प्रत्यक्ष मापन निम्न प्रकार होता है। माना कि—

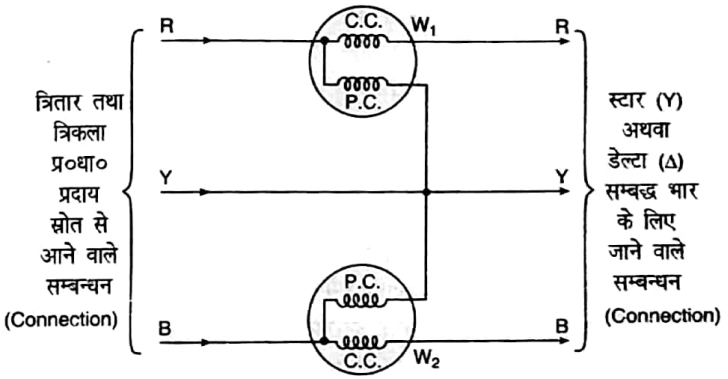
W_1 —वाट मात्रक में प्रथम वाटमीटर का कुल पाठ्यांक (total reading)

W_2 —वाट मात्रक में द्वितीय वाटमीटर का कुल पाठ्यांक (total reading)

तब मापित त्रिकला शक्ति = दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का योग (sum of readings)

$$P_{3-\phi} = (W_1 + W_2) \text{ वाट (मात्रक)} \quad \text{...सूत्र}$$

भार की सन्तुलित स्थिति में (In balance condition of the load)



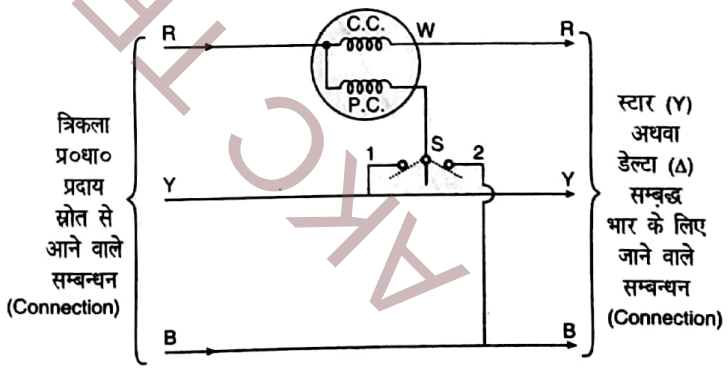
चित्र 4.5–स्टार अथवा डेल्टा सम्बद्ध भार में दो वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन सम्बन्धी परिपथारेख।

$$W_1 = W_2 = W \text{ (may be assumed)}$$

तब $$P_{3-\phi} = 2W \text{ (वाट)} \quad \text{...सूत्र}$$

4.8. एकल वाटमापी विधि (Single wattmeter method)

चित्र 4·6 में प्रदर्शित त्रिकला स्टार अथवा डेल्टा सम्बद्ध भार परिपथ में द्विमार्गी स्विच (two way switch) की सहायता से सिंगल वॉटमीटर द्वारा वैद्युत शक्ति का प्रत्यक्ष मापन निम्न प्रकार होता है—



चित्र 4.6–स्टार अथवा डेल्टा सम्बद्ध भार में सिंगल वाटमीटरों द्वारा वैद्युत शक्ति मापन सम्बन्धी परिपथारेख।

AKC THE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
47 / 235

(i) द्वि-मार्गी स्विच के सम्पर्क '1' को चालू (on) करने पर प्राप्त वाटमीटर का पाठ्यांक = W_1 वाट

(ii) द्वि-मार्गी स्विच के सम्पर्क '2' को चालू (on) करने पर प्राप्त वाटमीटर का पाठ्यांक = W_2 वाट

तब मापित त्रिकला शक्ति = दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का योग (sum of readings)

$$r_{3-\phi} = (W_1 + W_2) \text{ वाट} \quad \text{...सूत्र}$$

भार की सन्तुलित स्थिति में (In balance condition of the load)

$$W_1 = W_2 = W \text{ (may be assumed)}$$

तब $$P_{3-\phi} = 2W \text{ वाट (मात्रक)} \quad \text{...सूत्र}$$

4.9. त्रिकला सन्तुलित परिपथ में शक्तिगुणक का मापन
(Measurement of power factor in a 3- phase balanced circuit)

यदि वोल्टताओं तथा धाराओं की तरंगें (waves) ज्यावक्रीय हों, तो त्रिकला सन्तुलित परिपथ (प्रणाली) में पश्चगामी शक्तिगुणक को निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है। त्रिकला प्रणाली (परिपथ) की सन्तुलित स्थिति में

लाइन वोल्टेज $V_l = V_{RY} = V_{YB} = V_{BR}$ वोल्ट

फेज वोल्टेज $V_P = V_R = V_Y = V_B$ वोल्ट

करेंन्ट $I_p = I_R = I_Y = I_B$ ऐम्पियर

फेज एंगल $\phi = \phi_R = \phi_Y = \phi_B$ डिग्री।

चित्र 4·5 के अनुसार तारा सम्बन्धन (Star counection) में—

प्रथम वाटमीटर के दाब कुण्डली (pressurse coil) के आरपार वोल्टता (voltage)

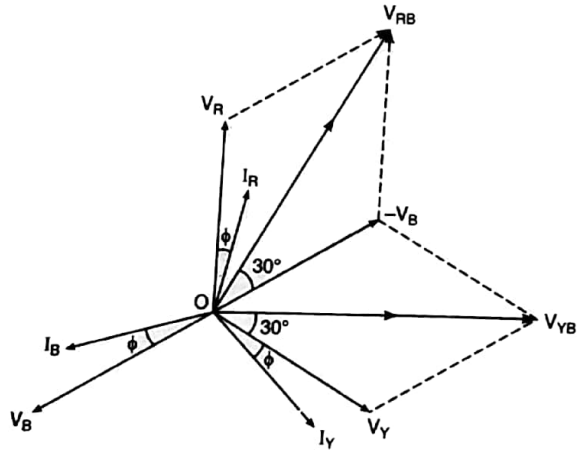
$$V_{RY} = V_R - V_Y = \sqrt{3}V_P = V_l \text{ वोल्ट } (V)$$

प्रथम वाटमीटर के धारा कुण्डली (current coil) में प्रवाहित धारा (current)

$$I_R = I_P = L_l \quad \text{(स्टार सम्बन्धन के लिए)}$$

प्रथम वाटमीटर के लिए कलाकोण (phase angle) अर्थात् वोल्टता V_{RY} तथा धारा I_R के बीच का कोण (angle)

$$= (30° - \phi) \text{ अंश (degree)}$$



चित्र 4.7–सदिश ओरख (Vector diagram)।

इसलिए प्रथम वाटमीटर के लिए धारा का सक्रिय घटक (active component)

$$= I_R \cos(30° - \phi) \text{ ऐम्पियर}$$

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_{RY} I_R \cos(30° - \phi) \text{ वाट}$$

$$= V_l I_l \cos(30^0 - \phi) \quad \text{...समीकरण (i)}$$

द्वितीय वाटमीटर के दाब कुण्डली (presure coil) के आरपार वोल्टता (voltage)

$$V_{BY} = V_B - V_Y = \sqrt{3}V_P = V_l \text{ वोल्ट}$$

द्वितीय वाटमीटर के धारा कुण्डली (current coil) में प्रवाहित धारा (current)

$$I_B = I_P = I_l \quad \text{(स्टार सम्बन्धन के लिए)}$$

द्वितीय वाटमीटर के लिए कलाकोण (phase angle) अर्थात् वोल्टता V_{BY} तथा धारा I_B के बीच का कोण (angle)

$$= (30° + \phi) \text{ अंश (degree)}$$

∴ द्वितीय वाटमीटर के लिए धारा का सक्रिय घटक (active component)

$$= I_B \cos(30° + \phi) \text{ ऐम्पियर}$$

अब द्वितीय वाटमीटर का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_{BY} I_B \cos(30° + \phi) \text{ वाट}$$

$$= V_l \cdot I_l \cos(30° + \phi) \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का योग (sum of readings)

$$W_1 + W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° - \phi) + V_l \cdot I_l \cos(30^0 + \phi) \text{ वाट (मात्रक)।}$$

$$= V_l \cdot I_l [\cos(30° - \phi) + \cos(30° + \phi)] \text{ वाट (मात्रक)।}$$

$$= V_l \cdot I_l [2\cos 30° - \phi] \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$= V_l \cdot I_l \left[2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \cos\phi\right] \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$W_1 + W_2 = \sqrt{3} V_l \cdot I_l \cos\phi \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का विभेद (difference of readings)

$$W_1 - W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° - \phi) - V_l \cdot I_l \cos(30° + \phi) \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$= V_l \cdot I_l [\cos(30° - \phi) - \cos(30° + \phi)] \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$= V_l \cdot I_l [2 \sin 30° \sin\phi] \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$= V_l \cdot I_l \left[2 \times \frac{1}{2} \times \sin\phi\right] \text{ वाट (मात्रक)}$$

$$W_1 - W_2 = V_l \cdot I_l \sin\phi \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

समीकरण (iv) को समीकरण (iii) द्वारा भाग देने पर (हल करने पर)

$$\frac{V_l \cdot I_l \sin\phi}{\sqrt{3} V_l \cdot I_l \cos\phi} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

$$\frac{\tan}{\sqrt{3}} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

$$\tan\phi = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right)$$

AVO TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
48 / 235

$$\phi = \tan^{-1}\left\{\frac{\sqrt{3}W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right\} \quad \text{...सूत्र (v)}$$

$$\cos\phi = \cos\ \tan^{-1}\left\{\frac{\sqrt{3}W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right\} \quad \text{...सूत्र (vi)}$$

टिप्पणी (Note)—उक्त व्यंजक में तृतीय समीकरण $W_1 + W_2 = \sqrt{3}\cdot V_l \cdot I_l \cos\phi$ तक, दो वाटमीटरों द्वारा त्रिकला सन्तुलित भार परिपथ में शक्ति मापन के सिद्धान्त (theory) का व्यंजक है, जिससे यह सिद्ध होता है कि दो वाटमीटरों द्वारा त्रिकला परिपथ की शक्ति का मापन सम्भव है।

4.10. वैद्युत भार की विभिन्न अवस्थाओं में वॉटमीटर पाठ्यांकों पर कलाकोण का प्रभाव (Effect of phase angle on wattmeter readings in different conditions of the load)

(A) शुद्ध प्रतिरोधक भार की अवस्था में (In the condition of pure resistive load)

जब कलाकोण $\phi = 0°$ हो, तब $\cos\phi = \cos 0° = 1$ होगा।

इसलिए, त्रिकला परिपथ की कुल वैद्युत शक्ति, $P = \sqrt{3}\cdot V_l \cdot I_l$ वाट (मात्रक)

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l \cdot I_l \cos(30° - \phi) = V_l \cdot I_l \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

तथा द्वितीय वाटमापी का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° + \phi) = V_l \cdot I_l \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—शुद्ध प्रतिरोधक भार अर्थात् $\phi = 0$ अथवा $\cos\phi = 1$ की अवस्था में दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का मान धनात्मक व समान होता है। अर्थात् प्रत्येक वाटमीटर द्वारा कुल शक्ति की आधी शक्ति मापित होती है।

(b) शुद्ध प्रेरणिक भार की अवस्था में (In pure inductive load condition)

जब कलाकोण $\phi = 90°$ हो, तब $\cos\phi = \cos 90° = 0$ (पश्च) होगा।

इसलिए त्रिकला परिपथ की कुल वैद्युत शक्ति $P = 0$ (zero),

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l \cdot I_l (\cos 30° - 90°)$$

$$= V_l \cdot I_l \cos 120° = \frac{1}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

तथा द्वितीय वाटमापी का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° + 90°)$$

$$= V_l \cdot I_l \cos 120° = -\frac{1}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—शुद्ध प्रेरणिक भार अर्थात् $\phi = 90°$ अथवा $\cos\phi = 0$ की अवस्था में दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों के मान, एक-दूसरे के विपरीत (विरोधी) व समान होते हैं। अर्थात् दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांक का योग शून्य होता है।

(C) शुद्ध धारिता भार की अवस्था में (In pure capacitive load condition)

जब कलाकोण $\phi = -90°$ हो, तब $\cos\phi = \cos(-90°) = 0$ (अग्र) होगा।

इसलिए, त्रिकला परिपथ की कुल वैद्युत शक्ति $P = 0$ (zero)

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l \cdot I_l \cos(30° + 90°)$$

$$= V_l \cdot I_l \cos 120° = -\frac{1}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

तथा द्वितीय वाटमापी का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° - 90°)$$

$$= V_l \cdot I_l \cos 60° = \frac{1}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—शुद्ध धारिता भार अर्थात् $\phi = -90°$ अथवा $\cos\phi = 0$ की अवस्था में दोनों वॉटमीटरों के पाठ्यांकों के मान, एक-दूसरे के विपरीत (विरोधी) व समान होते हैं। अर्थात् दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का योग शून्य होता है।

(D) प्रतिरोधक व प्रेरणिक भार की अवस्था में (In resistive and inductive load condition)

जब कलाकोण $\phi = 60°$ हो,तब $\cos\phi = \cos 60° = \frac{1}{2}$ (पश्च) होगा।

इसलिए त्रिकला परिपथ की वैद्युत शक्ति $P = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l$

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l \cdot I_l \cos(30° - 60°)$$

$$= V_l \cdot I_l \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

तथा द्वितीय वाटमापी का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° + 60°) = V_l \cdot I_l\ 90° = 0 \text{ (zero) वॉट}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—प्रतिरोधक व प्रेरणिक भार अर्थात् $\phi = 60°$ अथवा $\cos\phi = \frac{1}{2}$ (पश्चगामी) की स्थिति में किसी एक वाटमीटर का पाठ्यांक शून्य होता है और अन्य वाटमीटर द्वारा परिपथ की पूर्ण वैद्युत शक्ति मापी जाती है, जैसा कि उक्त व्यंजक से स्पष्ट है।

(E) प्रतिरोधक व प्रेरणिक भार की अवस्था में (In resistive and capacitive load condition)

जब कलाकोण $\phi = -60°$ हो, तब $\cos\phi = \cos 60° = \frac{1}{2}$ (अग्र) होगा।

इसलिए त्रिकला वैद्युत परिपथ की कुल वैद्युत शक्ति $P = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l$ वॉट

अब प्रथम वाटमापी का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l \cdot I_l \cos(30° + 60°) = V_l \cdot I_l \cos 90° = 0 \text{ (zero)}$$

तथा द्वितीय वाटमापी का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
49 / 235

$$W_2 = V_l \cdot I_l \cos(30° - 60°) = V_l \cdot I_l \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} V_l \cdot I_l \text{ वाट}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—प्रतिरोधक व धारिता भार अर्थात् $\phi = -60^0$ अथवा $\cos\phi = \frac{1}{2}$ (अग्रगामी) की स्थिति में किसी वाटमीटर का पाठ्यांक शून्य होता है और शेष वाटमीटर द्वारा परिपथ की पूर्ण वैद्युत शक्ति मापी जाती है, जैसा कि उक्त व्यंजक से स्पष्ट है।

4.11. वाटमापी के संकेतक का विपरीत दिशा में विक्षेपण
(Reverse deflection of wattmeter needle)

अत्यधिक प्रतिघाती भार अर्थात् $\phi \geq (\pm 60° \text{ to } \pm 240°)$ अथवा $\cos\phi < \pm 0{\cdot}5$ की स्थिति में त्रिकला प्रदायी परिपथ में शक्ति मापन की द्वि-वाटमीटर विधि के अन्तर्गत किसी एक वाटमीटर के संकेतक का विक्षेपन विपरीत (opposite) अर्थात् उल्टा (reverse) होता है। तब इस वाटमीटर की धारा कुण्डली (c.c.) अथवा दाब कुण्डली (p.c.) अर्थात् दोनों में से किसी एक के सम्बन्धनों (connections) को परस्पर बदलकर, पाठ्यांक लिया जाता है, इसलिए यह पाठ्यांक ऋणात्मक माना जाता है।

वाटमीटर के पाठ्यांकों की निर्भरता सम्बन्धी तालिका

S.N.	Element	$\phi°$	$\cos\phi$	W_1	W_2 वॉट	$(W_1 + W_2)$ वॉट
1.	R	0	1	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$	$\sqrt{3}\, VI$
2.	L	90°	0 (lag)	$\frac{1}{2} VI$	$-\frac{1}{2} VI$	0
3.	C	−90°	0 (lead)	$-\frac{1}{2} VI$	$\frac{1}{2} VI$	0
4.	$R-L$	60°	$\frac{1}{2}$ (lag)	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$	0	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$
5.	$R-C$	−60°	$\frac{1}{2}$ (lead)	0	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$	$\frac{\sqrt{3}}{2} VI$

सूत्रों का अनुप्रयोग
(Application of formulae)

उदाहरण 1—त्रिकला शक्ति प्रदाय में, दो वाटमीटर विधि द्वारा विद्युत-शक्ति मापने पर प्रत्येक का पाठ्यांक क्रमशः 3 किलोवाट तथा 1 किलोवाट है, तो परिपथ की वैद्युत शक्ति तथा शक्तिगुणक ज्ञात कीजिये।

हल : $W_1 = 3$ kW तथा $W_2 = 1$ kW

परिपथ की कुल वैद्युत शक्ति (total electrical power)

$$P = W_1 + W_2 = 3 + 1 = 4 \text{ kW}$$ उत्तर

वैद्युत परिपथ का शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right)$$ (मान रखने पर)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\frac{3-1}{3+1}\right]$$ (हल करने पर)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\frac{\sqrt{3}}{2}$$ (आगे हल करने पर)

$$\cos\phi = \cos 40{\cdot}9° = \mathbf{0{\cdot}755}$$ उत्तर

उदाहरण 2—एक सन्तुलित त्रिकला प्रक्रम में वैद्युत शक्ति को दो वाटमीटर विधि द्वारा मापा जाता है। दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांकों का अनुपात 2:1 है। प्रक्रम का पावर फैक्टर क्या होगा?

हल : माना कि दोनों पाठ्यांकों (both readings) का अनुपात R है।

$$\therefore \quad R = \frac{W_2}{W_1} = \frac{1}{2} = 0{\cdot}5 \text{ (ratio)}$$

$$\tan\phi = \frac{\sqrt{3}(W_1 - W_2)}{(W_1 + W_2)}$$ ...सूत्र

$$= \frac{\sqrt{3}(1 - W_2/W_1)}{(1 + W_2/W_1)}$$ (मान रखने पर)

$$\tan\phi = \sqrt{3}\left[\frac{1-R}{1+R}\right]$$

चूँकि $$\cos\phi = \frac{1}{\sec\phi} = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\phi}}$$ ...सूत्र

इसलिए $$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{\left[1+3\left(\frac{1-R}{1+R}\right)^2\right]}}$$ (मान रखने पर)

$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{\left[1+3\left(\frac{1-0{\cdot}5}{1+0{\cdot}5}\right)^2\right]}}$$ (हल करने पर)

$$\cos\phi = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1{\cdot}732}{2} = \mathbf{0{\cdot}866}$$ उत्तर

उदाहरण 3—एक त्रिकला मोटर को दी गयी पॉवर को दो वाटमीटर विधि द्वारा मापा गया। वाटमीटरों का पाठ्यांक क्रमशः 10·4 किलोवाट तथा −3·4 किलोवाट था। लाइन की वोल्टेज 400 वोल्ट थी, तो (a) पॉवर फैक्टर तथा (b) लाइन में वैद्युत धारा ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है, $W_1 = 10{\cdot}4$ kW तथा $W_2 = -3{\cdot}4$ kW

∴ परिपथ में दोनों वाटमीटरों द्वारा मापित कुल वैद्युत शक्ति (total power)

$$W = W_1 + W_2 = 10{\cdot}4 - 3{\cdot}4 = 7 \text{ kW}$$ उत्तर

(a) सम्पूर्ण वैद्युत परिपथ का शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right)$$ (उक्त मान रखने पर)

$$\therefore \quad \cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left(\frac{10{\cdot}4 - (-3{\cdot}4)}{10{\cdot}4 + (-3{\cdot}4)}\right)$$ (हल करने पर)

TECHNICAL POSTS
Scanned with CamScanner
50 / 235

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left(\frac{13\cdot8}{7}\right) \qquad \text{(आगे हल करने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1} 3\cdot4145 = \mathbf{0\cdot2807} \qquad \text{उत्तर}$$

(b) लाइन मे वैद्युत धारा $I_l = \dfrac{\text{परिपथ का कुल वोल्टेज}}{\sqrt{3}V_L\cos\phi}$ (उक्त मान रखने पर)

$$I_l = \frac{7000}{\sqrt{3}\times400\times0\cdot2807} = \mathbf{36}\ \text{ऐम्पियर} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4—एक 2000 वोल्ट, 50 c/s त्रिकला मोटर को दी जाने वाली वैद्युत शक्ति को दो वाटमीटर विधि द्वारा मापा जाता है। मोटर अपने पूर्णभार पर 90 प्रतिशत की दक्षता पर चल रही है। यदि दोनों वाटमीटर क्रमशः 300 किलोवाट तथा 100 किलोवाट पढ़ते हैं, तो (a) मोटर को दी जाने वाली वैद्युत शक्ति (b) पॉवर फैक्टर (c) लाइन में वैद्युत धारा तथा (d) मोटर द्वारा प्राप्त शक्ति, हार्स-पॉवर में ज्ञात कीजिए।

हल : (a) मोटर को दी जाने वाली कुल विद्युत-शक्ति (electric power)

$$P = W_1 + W_2 = 300+100 = \mathbf{400\ kW} \qquad \text{उत्तर}$$

(b) वैद्युत भार का शक्तिगुणक (Power factor)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right] \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\frac{300-100}{300+100}\right] \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1} 0\cdot866 = \mathbf{0\cdot756} \qquad \text{उत्तर}$$

(c) लाइन में वैद्युत धारा $I_l = \dfrac{P}{\sqrt{3}V_L\cos\phi}$ (मान रखने पर)

$$I_l = \frac{400\times100}{1\cdot732\times2000\times0\cdot756} = \mathbf{152\cdot5}\ \text{ऐम्पियर} \qquad \text{उत्तर}$$

(d) अश्व-शक्ति में निर्गत शक्ति $= \dfrac{\text{निवेश (input)}\times\ \text{दक्षता (efficiency)}}{735\cdot5}$ (मान रखने पर)

$$= \frac{400000\times0\cdot9}{735\cdot5} = \mathbf{490\ H.P.} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 5—तीन समरूप कुण्डलियाँ एक स्टार के रूप मे जुड़ी हैं, जो 200 वोल्ट, त्रिकला प्रदाय पर प्रत्येक 500 वाट शक्ति लेती है। शक्तिगुणक 0·8 पश्चगामी है। यदि इन कुण्डलियों को डेल्टा के रूप में उसी वैद्युत शक्ति प्रदाय से जोड़ा जाये, तो लाइन में विद्युत-धारा व कुल वैद्युत शक्ति कितनी होगी? यदि वैद्युत शक्ति को दो वाटमीटर विधि द्वारा मापा जाता है, तो उनका पाठ्यांक अलग-अलग क्या होगा?

हल : प्रत्येक कुण्डली द्वारा ली गयी वैद्युत शक्ति = 500 वाट

∴ कुल वैद्युत शक्ति, $P = 3\times500 = 1500$ वाट (मात्रक)

शक्तिगुणक, $\cos\phi = 0\cdot8$ (पश्चगामी) (मात्रक)

$$\text{लाइन धारा} = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V_l\cdot\cos\phi} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$I_l = \frac{1500}{1\cdot732\times200\times0\cdot8} = 5\cdot4125\,\text{A}$$

चूँकि सभी कुण्डलियाँ स्टार अर्थात् तारा में जुड़ी हुई हैं; इसलिए—

कला धारा, $I_p = I_l = 5\cdot4125\,\text{A}$

कला वोल्टता, $V_p = V_l/\sqrt{3} = 200/\sqrt{3}\,\text{V}.$

कला प्रतिबाधा, $Z_p = \dfrac{V_p}{I_p} = \dfrac{200}{\sqrt{3}\times5\cdot4125} = 21\cdot33\Omega$

जब सभी कुण्डलियों को डेल्टा अर्थात् त्रिभुज के रूप जोड़ा जाता है, तब—

कला वोल्टता $V_p = V_l = 200\,\text{V}$

कला धारा $I_p = \dfrac{V_p}{Z_p} = \dfrac{200}{21\cdot33} = 9\cdot375\,\text{A}$

लाइन धारा $I_l = \sqrt{3}\cdot I_p = \sqrt{3}\times9\cdot375 = 16\cdot25\,\text{A}$

कुल वैद्युत शक्ति $= \sqrt{3}\cdot V_l\cdot V_l\cdot\cos\phi$ (मान रखने पर)

∴ $P = \sqrt{3}\times200\times16\cdot25\times0\cdot8 = 4500\text{W}$

अब प्रथम वाटमीटर का पाठ्यांक (reading of first wattmeter)

$$W_1 = V_l\cdot I_l\cos(30°-\phi) \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= 200\times16\cdot25\times\cos(30°-36\cdot8°) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \mathbf{3225}\ \text{वाट (W)} \qquad \text{उत्तर}$$

तथा द्वितीय वाटमीटर का पाठ्यांक (reading of second wattmeter)

$$W_2 = V_l\cdot I_l\cot(30°+\phi)$$

(मान रखने पर)

$$= 200\times16\cdot25\times\cos(30°+36\cdot8°) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \mathbf{1275\,W} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 6—यदि दो वाटमीटरों का पाठ्यांक क्रमशः 5·0 kW तथा 0·5 kW हो और बाद का पाठ्यांक वाटमीटर की धारा कुण्डली को उल्टा करके, प्राप्त किया गया हो, तो वैद्युत शक्ति तथा शक्ति ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $W_1 = 5\cdot0\text{kW}$ तथा $W_2 = -0\cdot5\text{kW}$

∴ कुल पॉवर $P = (W_1 + W_2)$ (उक्त मान रखने पर)

या $P = 5\cdot0+(-0\cdot5) = 4\cdot5\text{kW}$

पावर फैक्टर, $\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\dfrac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\right]$ (उक्त मान रखने पर)

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\frac{5\cdot0-(-0\cdot5)}{5\cdot0+(-0\cdot5)}\right] \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\tan^{-1}\sqrt{3}\left[\frac{5\cdot5}{4\cdot5}\right] \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\ \tan^{-1} 2\cdot1169 \qquad \text{(आगे हल करने पर)}$$

$$\cos\phi = \cos\ 64\cdot7° = \mathbf{0\cdot42736} \qquad \text{उत्तर}$$

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
51 / 235

सारांश (SUMMARY)

1. दिष्टधारा शक्ति के सूत्रों की सम्बन्धता (Relationship of formulae of d.c. power)

$$P_{dc} = V \cdot I = I^2 R = \frac{V^2}{R} = G \cdot V^2 = \text{W वाट (जूल प्रति सेकण्ड)} \quad \text{...सूत्र}$$

2. प्रत्यावर्तीधारा शक्ति के सूत्रों की सम्बन्धता (Relationship of formulae of a.c. power)

$$P_{ac} = V \cdot I \cdot \cos\phi = I^2 \cdot Z \cdot \cos\phi = \frac{V^2}{Z} \cdot \cos\phi = Y\, V^2 \cos\phi \text{ वाट (जूल प्रति सेकण्ड)} \quad \text{...सूत्र}$$

3. एकल कला शक्ति; $P_{1-\phi} = V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$ वाट (जूल प्रति सेकण्ड) ...सूत्र

4. त्रिकला शक्ति; $P_{3-\phi} = 3 \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos\phi$ वाट (जूल प्रति सेकण्ड) ...सूत्र

$= \sqrt{3} \cdot V_l . I_l . \cos\phi$ वाट (जूल प्रति सेकण्ड) ...सूत्र

5. असन्तुलित भार की स्थिति में दो वाटमीटरों द्वारा मापित कुल त्रिकला शक्ति (Total three phase power)

$$P_{3-\phi} = (W_1 + W_2) \text{ वाट (जूल प्रति सेकण्ड)} \quad \text{...सूत्र}$$

यदि वैद्युत भार सन्तुलित है, तो दोनों वाटमीटरों के पाठ्यांक समान होंगे, अर्थात् $W_1 = W_2 = W$ होगा। इस स्थिति में त्रिकला शक्ति को केवल एक वाटमीटर द्वारा ही मापा जा सकता है और $P_{1-\phi} = 2$ वाट होगी।

6. असन्तुलित भार की स्थिति में तीन वाटमीटरों द्वारा मापित कुल त्रिकला शक्ति (Total three phase power)

$$P_{3-\phi} = (W_1 + W_2 + W_3) \text{ वाट (जूल प्रति सेकण्ड)} \quad \text{...सूत्र}$$

यदि सन्तुलित भार (balanced load) है, तो तीनों वाटमीटरों के पाठ्यांक तुल्य (equal) होंगे, अर्थात् $W_1 = W_2 = W_3 = W$ होगा। इस स्थिति में त्रिकला शक्ति को केवल एक वाटमीटर द्वारा ही मापा जा सकता है और $P_{3-\phi} = 3W$ वाट होगी।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. स्वच्छ सम्बन्धन तथा आरेखों की सहायता से बताइये कि कैसे त्रिकलीय परिपथ में दो वाटमीटरों से वैद्युत शक्ति का मान ज्ञात किया जा सकता है? सम्बन्धित सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।
2. किसी त्रिकला, त्रितार असन्तुलित परिपथ में दो वाटमीटरों के पाठ्यांकों से शक्तिगुणक ($\cos\phi$) किस प्रकार ज्ञात किया जा सकता है? समझाइए।
3. सिद्ध कीजिए कि दो वाटमीटरों से त्रिकला परिपथ में शक्ति मापन सम्भव है।
4. वैद्युत अभियान्त्रिकी के क्षेत्र में मापन का क्या महत्त्व है? संक्षेप में समझाइए।
5. एक थ्री-फेज ए० सी० बैलेन्सड लोड में एक सिंगल फेज वाटमीटर तथा डबल पोल डबल थ्रो (D.P.D.T.) स्विच के प्रयोग (use) से वैद्युत शक्ति मापने की विधि समझाइए।
6. किसी त्रिकला परिपथ में वैद्युत शक्ति मापन की दो वाटमीटर विधि की विवेचना कीजिए तथा सम्बन्धित आरेख खींचिए।
7. त्रिकला प्र० धा० परिपथों में वैद्युत शक्ति मापने की विभिन्न विधियों के नाम लिखिये। किसी एक विधि को समझाइये।
8. परिपथारेख बनाइए तथा समझाइए, एक बैलेन्सड थ्री-फेज लोड में एक सिंगनल फेज वाटमापी के प्रयोग द्वारा शक्ति मापन।
9. त्रिकला परिपथ में वैद्युत शक्ति मापन की दो वाटमीटर विधि का वर्णन कीजिए। कभी एक वाटमीटर का पाठ्यांक उल्टा क्यों होता है? *(U.P. 2013)*
10. एकल वाटमापी विधि की अपेक्षा, दो वाटमापी द्वारा त्रिकला वैद्युत शक्ति मापन के लाभ तथा अलाभों की विवेचना कीजिये।

गणनात्मक प्रश्नावली

1. एक त्रिकला इण्डक्शन मोटर की निवेश शक्ति दो वाटमीटरों द्वारा मापी जाती है। वाटमीटरों के पाठ्यांक क्रमश 800 W तथा 400 W हैं। मोटर की (i) निवेश शक्ति तथा (ii) शक्ति-गुणांक ज्ञात कीजिये।
[**उत्तर :** $P_m = 1200$ W तथा $\cos\phi = 0{\cdot}866$]
2. एक त्रिकला सन्तुलित भार परिपथ, जोकि 0·85 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 20 kW शक्ति ले रहा है, में दो वॉटमीटर विधि से शक्ति मापी जा रही है। दोनों वॉटमीटरों के पाठ्यांक क्या होंगे?
[**उत्तर :** $W_1 = 16{\cdot}2$ kW तथा $W_2 = 3{\cdot}8$ kW]
3. एक त्रिकलीय परिपथ में शक्ति मापन के लिए दो वॉटमीटर जोड़े गए हैं, जिसमें प्रथम वाटमीटर का पाठ्यांक 1500 W है, जबकि दूसरे वॉटमीटर का पाठ्यांक ऋणात्मक है। दूसरे वाटमीटर की धारा कुण्डली का सम्बन्धन बदलने पर यह 500 W का पाठ्यांक देता है, तब परिपथ की सम्पूर्ण शक्ति तथा शक्तिगुणक की गणना कीजिए।
[**उत्तर :** $P = 1000$ W तथा $\cos\phi = 0{\cdot}2773$]

रिक्त स्थान की पूर्ति सम्बन्धी प्रश्न

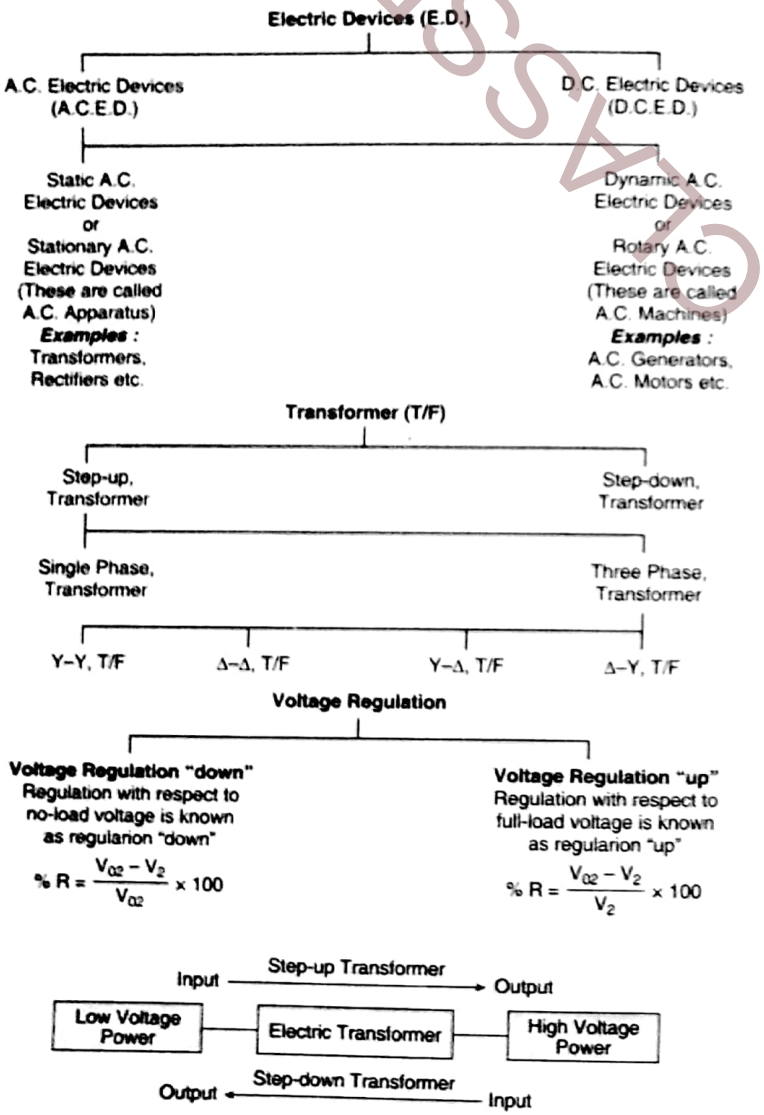
निम्नलिखित कथनों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए—

(i) एक त्रिकला सन्तुलित परिपथ में दो वाटमीटर द्वारा मापित वैद्युत शक्ति $P =$ .....
(ii) एक त्रिकला असन्तुलित परिपथ में दो वाटमीटर द्वारा मापित वैद्युत शक्ति $P =$ .....
(iii) एक त्रिकला असन्तुलित परिपथ में तीन वाटमीटर द्वारा मापित वैद्युत शक्ति $P =$ .....
(iv) त्रिकला वैद्युत परिपथ में मापित शक्तिगुणक $\cos\phi =$ .....
(v) त्रिकला परिपथ में वैद्युत शक्ति मापन की सर्वोत्तम विधि .....

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner

5

परिणामित्र
[TRANSFORMER]



चित्र 5.1 (a)–'स्टेपअप एवं स्टेप डाउन' ट्रांसफॉर्मर में विभेद या अन्तर सम्बन्धी खण्डारेख।

TECHNICAL CLASSES

5.1. परिचय (Introduction)

ट्रांसफॉर्मर, प्रत्यावर्ती विद्युत का एक स्थैतिक साधन है, जो विद्युत की वोल्टता को बदलता है। जब यह न्यून वोल्टता को उच्च वोल्टता में बदलता है, तब यह स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर कहलाता है और जब यह उच्च वोल्टता को न्यून वोल्टता में बदलता है, तब यह स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। विद्युत के विभिन्न क्षेत्रों में ट्रांजिस्टर का प्रयोग (use) मूलत: वोल्टता परिवर्तन के लिए ही होता है, ताकि किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली में लगे हुए यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि प्रयुक्तियों को वांछनीय वोल्टता प्राप्त हो सके।

अन्य वैद्युत घूर्णी मशीनों की अपेक्षा, ट्रांसफॉर्मर निम्नलिखित विशेषताएँ रखता है—

(i) यह एक शुद्ध प्र० धा० स्थैतिक साधन (pure a.c. static device) है, जो वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

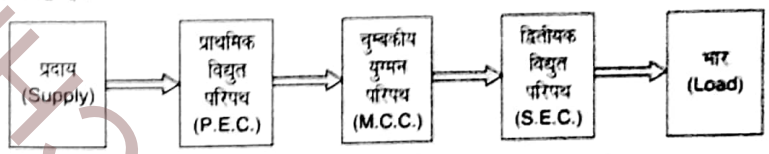
(ii) इसमें आवृत्ति (frequency) का परिवर्तन नहीं होता, अर्थात् आवृत्ति (f) स्थिर रहती है, वोल्टता (v) तथा धारा (i) भार के अनुसार, परिवर्तित होती है।

(iii) इसमें कोई, किसी प्रकार का गतिमान अंग नहीं होता। अर्थात् यह एक परम स्थैतिक युक्ति (absolute static device) है, इसलिए इससे घूर्णी यन्त्रों की तरह ध्वनि प्रदूषण (sound pollution) नहीं फलत: इसकी दक्षता बढ़ जाती है।

(iv) यह एक सादी, सरल, सुन्दर, सस्ती तथा अति उपयोगी वैद्युत युक्ति (electric device) है।

5.2. सामान्य शब्दावली (General terminology)

परिणामित्र (Transformer)—यह एक स्थैतिक प्रत्यावर्ती वैद्युत साधन है, जो समान आवृत्ति पर वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्तानुसार, न्यून वोल्टता की वैद्युत शक्ति को उच्च वोल्टता की वैद्युत शक्ति में, अथवा उच्च वोल्टता की वैद्युत शक्ति को न्यून वोल्टता की वैद्युत शक्ति में, एक परिपथ से दूसरे परिपथ में स्थानान्तरित (transfer) करता है, ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। ट्रांसफॉर्मर के दोनों वैद्युत परिपथ एक-दूसरे से चुम्बकीयनुमा युग्मित (magnetically coupled) रहते हैं, जैसा कि निम्नलिखित चित्र 5.1 (b) से स्पष्ट है।



चित्र 5.1(b)–परिणामित्र का पदारेख या खण्डारेख (block diagram of transformer)

उत्क्रम परिणामित्र (Stepup transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जो न्यून प्रत्यावर्ती वोल्टता को समान आवृत्ति की उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता में परिवर्तित करता है, स्टेपअप ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

अवक्रम परिणामित्र (Step-down transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जो उच्च प्रत्यावर्ती वोल्टता को समान आवृत्ति की न्यून प्रत्यावर्ती वोल्टता में परिवर्तित करता है स्टेपडाउन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

शक्ति परिणामित्र (Power transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जिसका प्रयोग (use) वैद्युत शक्ति प्रणाली (तन्त्र) में स्टेशन एवं सबस्टेशनों पर होता है, पॉवर ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। शक्ति परिणामित्र निम्नांकित दो प्रकार के होते हैं—

(i) संचरण परिणामित्र अर्थात् ट्रांसमिसन ट्रांसफॉर्मर (Transmission transformer)

(ii) वितरण परिणामित्र अर्थात् डिस्ट्रिब्यूशन ट्रांसफॉर्मर (Distribution transformer)

औद्योगिक परिणामित्र (Industrial transformer)—वह पॉवर ट्रांसफॉर्मर, जिसका प्रयोग औद्योगिक क्षेत्र में होता है, इण्डास्ट्रिअल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। जैसे फर्नेस ट्रांसफॉर्मर, वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर आदि।

Scanned with CamScanner

लघु परिणामित्र (Small transfromer)—वह सिगन्ल फेज ट्रांसफॉर्मर, जिसकी क्षमता 1 kVA या इससे कम होती है, जैसे इलेक्ट्रॉनिक्स ट्रांसफॉर्मर, कम्यूनिकेशन ट्रांसफॉर्मर, इन्ट्रुमेन्ट ट्रांसफॉर्मर आदि।

इलेक्ट्रोनिकी परिणामित्र (Electronics transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जिसका प्रयोग इलेक्ट्रोनिक इंजीनियरिंग में होता है, इलेक्ट्रोनिक ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

संचार परिणामित्र (Communication transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जिसका प्रयोग कम्यूनिकेशन इंजीनियरिंग के क्षेत्र में होता है, कम्युनिकेशन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

स्थिर वोल्टता परिणामित्र (Constant voltage transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर जिससे स्थायी वोल्टता प्राप्त होती है।

उपयन्त्र परिणामित्र (Instrument transformer)—वह परिणामित्र, जिसका प्रयोग वैद्युत मापयन्त्र प्रणाली में धारा परिणामित्र (c.t) अथवा विभव परिणामित्र (p.t) की तरह होता है, इन्स्ट्रुमेंट ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

भट्टी परिणामित्र (Furnance transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जिसका प्रयोग भट्टी को विद्युत-प्रदाय प्रदान हेतु होता है, फर्नेस ट्रांसफॉर्मर कहलाता है; जैसे आर्क फर्नेस ट्रांसफॉर्मर, इण्डक्शन फर्नेस ट्रांसफॉर्मर आदि।

वेल्डन परिणामित्र (Welding transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर जिसका प्रयोग इलेक्ट्रिल वेल्डिग के लिए होता है, वेल्डिग ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

अभिवर्धक परिणामित्र (Booster transformer)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की अधिक लम्बी संचरण लाइनों में वोल्टतापात की आपूर्ति (compensate) करने हेतु प्रयुक्त ट्रांसफॉर्मर को बूस्टर ट्रांसफॉर्मर कहते हैं। इस ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डलन (secondary winding) को संचरण लाइन की श्रेणी में सम्बद्ध (connect) किया जाता है।

स्व:परिणामित्र (Auto transformer)—यह एक प्रकार का परिवर्तनीय परिणामित्र है, जिसमें केवल एक कुण्डलन होती है, जो प्राथमिक तथा द्वितीयक दोनों कुण्डलनों का कार्य करती है। इस प्रकार उभयनिष्ठ कुण्डलन (common winding) वाले परिणामित्र को स्व:परिणामित्र कहते हैं।

प्रवर्तक परिणामित्र (Starter transformer)—वह परिणामित्र, जो ए० सी० मोटर के लिए प्रवर्तक (starter) का कार्य करता है, स्टार्टर ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

वोल्टता नियमन परिणामित्र (Voltage regulating transformer)—वह ट्रांसफॉर्मर, जो वोल्टेज रेग्युलेशन का कार्य करता है, वोल्टेज रेगुलेशन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

5.3. परिणामित्र की संरचनात्मक शब्दावली (Terminology)

प्राथमिक पक्ष (Primary side)—ट्रांसफॉर्मर के प्रदायी पक्ष (supply side) को प्राथमिक पक्ष अर्थात् प्राइमरी साइड कहते हैं।

द्वितीयक पक्ष (Secondary side)—ट्रांसफॉर्मर के भारपक्ष (load side) को द्वितीयक पक्ष अर्थात् सेकण्डरी साइड कहते हैं।

प्राथमिक कुण्डलन (Primary winding)—ट्रांसफॉर्मर के प्रदायी पक्ष की कुण्डलन (supply side winding) को प्राथमिक कुण्डलन अर्थात् प्राइमरी वाइंडिग कहते हैं।

द्वितीयक कुण्डलन (Secondary winding)—ट्रांसफॉर्मर के भारपक्ष की कुण्डलन (load side winding) को द्वितीयक कुण्डलन अर्थात् सेकण्डरी वाइंडिग कहते हैं।

प्राथमिक वोल्टता (Primary voltage)—प्रदायी वोल्टता (supply voltage) को प्राथमिक वोल्टता कहते हैं। इसे V_1 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

द्वितीयक वोल्टता (Secondary voltage)—भारवोल्टता (load voltage) को द्वितीयक वोल्टता कहते हैं। इसे V_2 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

प्राथमिक धारा (Primary current)—प्राथमिक कुण्डलन में बहने वाली धारा को प्राथमिक धारा कहते हैं। इसे ऐम्पियर मात्रक में I_1 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

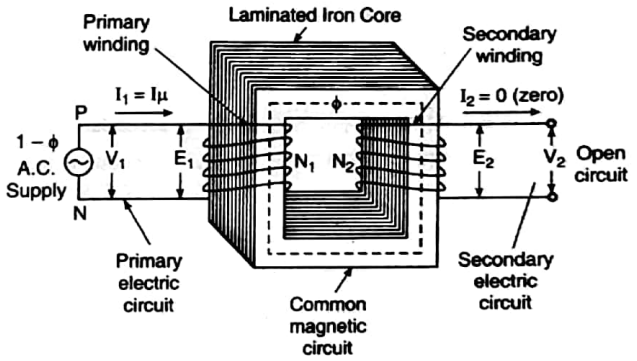
द्वितीयक धारा (Secondary current)—द्वितीयक कुण्डलन में बहने वाली धारा को द्वितीयक धारा कहते हैं। इसे ऐम्पियर मात्रक में I_2 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

पारस्परिक फ्लक्स (Mutual flux)—दो कुण्डलियों के उभयनिष्ठ फ्लक्स को पारस्परिक फ्लक्स कहते हैं। इसे वेबर मात्रक में ϕ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

क्रोड (Core)—इसका तात्पर्य आन्तरिक अंग (Internal part) से है।

5.4. ट्रांसफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त (Working Principle)

ट्रांसफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त समझाने के लिए एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर की कल्पना करते हैं, जिसकी दक्षता शत-प्रतिशत होती है, अर्थात् जिसमें शक्ति-हानियाँ शून्य होती हैं। यह तभी सम्भव है, जब ट्रांसफॉर्मर की दोनों वाइंडिगें शुद्ध प्रेरणिक



चित्र 5.2–आदर्श परिणामित्र के विद्युतीय तथा चुम्बकीय परिपथ।

कुण्डलियाँ हों अर्थात् वाइंडिगों का प्रतिरोध शून्य हो और ट्रांसफॉर्मर में क्रोड हानियाँ तथा फ्लक्स क्षरण शून्य हों। ऐसे ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी वाइंडिग में, जब प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता V_1 दी जाती है, तो इसमें प्रत्यावर्ती धारा $I_1 = I_\mu$ प्रवाहित होती है, जिसके कारण लोह क्रोड में समान प्रकृति का प्रत्यावर्ती फ्लक्स ϕ उत्पन्न होता है, जो लोह-क्रोड द्वारा दोनों कॉइल वाइंडिगों (primary and secondary winding) से सम्पर्क स्थापित करता है; इसलिए इसे प्रत्यावर्ती पारस्परिक फ्लक्स (alternating mutual flux) कहते हैं। फैराडे के नियमानुसार, इससे प्राइमरी वाइंडिग में स्वप्रेरित विद्युत-वाहक बल (self induced e.m.f.) उत्पन्न होता है, जो प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता V_1 का विरोध करता है, इसलिए इसे ट्रांसफॉर्मर का स्थैतिक विरोधी वि० वा० बल (static back e.m.f) भी कहते हैं। यह प्राइमरी वाइंडिग में प्रत्यावर्तीधारा की मात्रा को सीमित करता है। इसे E_1 से व्यक्त करते हैं। इसका परिमाण निम्नलिखित होता है—

$$E_1 \text{ (self)} = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \text{ वोल्ट} \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

इसी प्रकार फैराडे के नियामानुसार ही, इन्हीं पारस्परिक फ्लक्स ϕ द्वारा ट्रांसफॉर्मर की सेकण्डरी वाइंडिग में पारस्परिक वि० वा० बल (mutual induced e.m.f) उत्पन्न होता है। यह भी प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता का विरोध करता है, इसलिए इसे पारस्परिक विरोधी वि० वा० बल कहते हैं। यह भार की उपस्थिति में सेकण्डरी वाइंडिग की धारा निश्चित करता है। इसे E_2 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसका परिमाण निम्नलिखित होता है—

$$E_2 \text{ (mutual)} = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \text{ वोल्ट} \qquad \text{...समीकरण (ii)}$$

उक्त समीकरण (ii) को समीकरण (i) से विभाजित करने पर प्राप्त परिणमन अनुपात (t.r.)

Scanned with CamScanner
54 / 235

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K. \text{ (transformation ratio)} \qquad \text{...समीकरण (iii)}$$

जब $N_2 > N_1$ होगा, तब $E_2 > E_1$ भी होगा। इस अवस्था में ट्रांसफॉर्मर को स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर कहते हैं।
जब $N_2 < N_1$ होगा, तब $E_2 < E_1$ भी होगा। इस अवस्था में ट्रांसफॉर्मर को स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर कहते हैं।

5.5. ट्रांसफॉर्मर का विद्युत-वाहक बल समीकरण (Electromotive force equation)

माना कि (assume that)—

E_1 —वोल्ट मात्रक में प्राथमिक कुण्डलन का स्वप्रेरित विद्युत-वाहक बल
(self-induced e.m.f. of primary winding in volt unit)

E_2 —वोल्ट मात्रक में द्वितीयक कुण्डलन का पारस्परिक प्रेरित विद्युत-वाहक बल
(mutual induced e.m.f. of secondary winding in volt unit)

N_1 —प्राथमिक कुण्डलन में वर्तों की संख्या (number of turns in primary winding)

N_2 —द्वितीयक कुण्डलन में वर्तों की संख्या (number of turns in secondary winding)

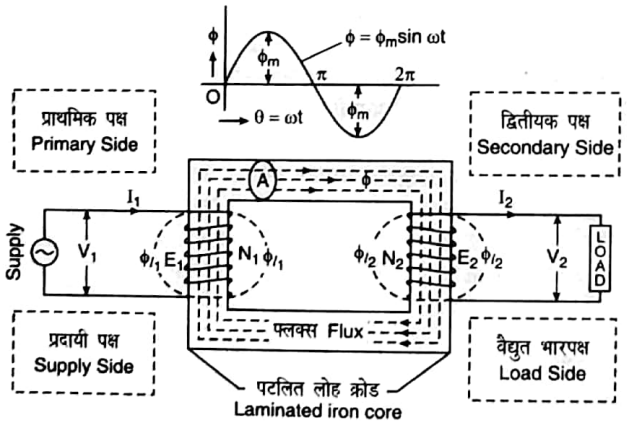
ϕ —वेबर मात्रक में चुम्बकीय फ्लक्स का तात्क्षणिक मान (instantaneous value of flux in weber unit)

$$\phi = \phi_{max} \sin \omega t \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

ϕ_{max} = वेबर मात्रक में चुम्बकीय फ्लक्स का अधिकतम मान (maximum value of flux in weber unit)

$$= B_{max} A_i \qquad \text{...सूत्र}$$

B_{max} = वेबर प्रति वर्ग मीटर मात्रक में चुम्बकीय फ्लक्स-घनत्व का अधिकतम मान
(maximum value of magnetic flux density in weber per square metre)



चित्र 5.3–ट्रांसफॉर्मर के विद्युतीय तथा चुम्बकीय परिपथों का प्रदर्शन तथा राशियों के प्रतीकात्मक अक्षर (symbolic letters)।

A_i = वर्ग मीटर मात्रक में आयरन क्रोड का सही अनुप्रस्थ काटक्षेत्र
(net cross sectional area of iron core in square meter unit)

ω = रेडियन प्रति सेकण्ड मात्रक में कोणीय वेग
(angular velocity in radian per second unit) $= 2\pi f$

f = चक्र प्रति सेकण्ड मात्रक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की आवृत्ति
(frequency of induced e.m.f. in cycle per seconds unit)

फैराडे के नियामानुसार, N वर्तों की कुण्डली में तात्क्षणिक प्रेरित-वाहक बल (i.i.e.m.f.)

$$e = -N\frac{d\phi}{dt} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में } \phi \text{ का मान रखने पर)}$$

$$= -N\frac{d}{dt}(\phi_{max} \sin \omega t) \qquad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= -N\phi_{max}\frac{d}{dt}(\sin \omega t) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= -N\phi_{max}(\cos \omega t)\omega \qquad \text{(रूप बदलने पर)}$$

$$= -\omega N\phi_{max} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) \qquad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= \omega N \phi_{max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad \text{...समीकरण (ii)}$$

समीकरण (ii) द्वारा अधिकतम प्रेरित विद्युत-वाहक बल (maximum induced e.m.f.)

$$E_{max} = \omega N\phi_{max} = 2\pi f N\phi_{max}$$

∴ प्रेरित विद्युत-वाहक बल का वर्ग-माध्य-मूल मान (root mean square value)

$$E_{r.m.s.} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega N\phi_{max}}{\sqrt{2}} \qquad (\because \omega = 2\pi f)$$

$$\therefore \quad E = \frac{2\pi . f . N . \phi_{max}}{\sqrt{2}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$E = 4{\cdot}44 . f . N . \phi_{max} \text{ वोल्ट (volt) मात्रक}$$

प्राथमिक कुण्डलन में स्वप्रेरित विद्युत-वाहक बल का वर्ग-माध्य-मूल मान

$$E_1 = 4{\cdot}44 f \cdot N_1 \phi_{max} \text{ वोल्ट (volt) मात्रक} \qquad \text{...समीकरण (iii)}$$

द्वितीयक कुण्डलन में पारस्परिक प्रेरित विद्युत-वाहक बल का वर्ग-माध्य-मूल मान

$$E_2 = 4{\cdot}44 \cdot f \cdot N_2 \phi_{max} \text{ वोल्ट (volt) मात्रक} \qquad \text{... समीकरण (iv)}$$

उक्त समीकरण (iii) तथा (iv) को निम्न प्रकार भी प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$E_1 = 4{\cdot}44 \cdot f \cdot N_1 B_{max} A_i \text{ वोल्ट (volt) मात्रक} \qquad \text{...समीकरण (v)}$$

$$E_2 = 4{\cdot}44 \cdot f \cdot N_2 B_{max} A_i \text{ वोल्ट (volt) मात्रक} \qquad \text{...समीकरण (vi)}$$

उक्त समीकरण (iv) को (iii) से अथवा (vi) को (v) से विभाजित करने पर

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \text{ (say)} \qquad \text{...समीकरण (vii)}$$

टिप्पणी (Note)— समीकरण (i) तथा (ii) से स्पष्ट है कि ज्यावक्रीय फ्लक्स (ϕ) द्वारा N वर्तों वाली कुण्डली में प्रेरित ज्यावक्रीय विद्युत-वाहक बल (e), फ्लक्स से $\pi/2$ रेडियन अर्थात् नब्बे अंश (90°) पश्चगामी होता है।

5.6. परिणमन अनुपात अर्थात् ट्रांसफॉर्मेशन रेशो (Transformation ratio)

ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक तथा प्राथमिक कुण्डलनों में प्रेरित विद्युत-वाहक बल, अथवा वर्तों की संख्या के अनुपात को ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर रेशो कहते हैं। इसे K प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं, जैसा कि समीकरण (vii) से स्पष्ट है।

NOT FOR TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
55 / 235

स्थिति I—यदि $N_2 > N_1$ हो, तब $E_2 > E_1$ होगा। इस अवस्था में ट्रांसफॉर्मर, उत्क्रम परिणामित्र (step-up transformer) कहलायेगा।

स्थिति II—यदि $N_2 < N_1$ हो, तब $E_2 < E_1$ होगा। इस अवस्था में ट्रांसफॉर्मर, अवक्रम परिणामित्र (step-down transformer) कहलायेगा।

5.7. आदर्श परिणामित्र अर्थात् आइडिअल ट्रांसफॉर्मर (Ideal transformer)

वह ट्रांसफॉर्मर, जिसमें फ्लक्स-क्षरण (flux leakage), वोल्टतापात (voltage drop) तथा शक्ति-हानियाँ (power losses) नगण्य होती हैं अर्थात् ट्रांसफॉर्मर की दक्षता शत-प्रतिशत होती है, आदर्श परिणामित्र अर्थात् आइडिअल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। इस प्रकार आदर्श परिणामित्र में—

स्थिति I—फ्लक्स-लीकेज नगण्य होने के कारण, प्राथमिक कुण्डलन का चुम्बकीय वाहक बल तथा द्वितीयक कुण्डलन का चुम्बकीय वाहक बल बराबर (equal) होंगे।

अर्थात् $N_1 I_1 = N_2 I_2$ ...सम्बन्ध (

स्थिति II—वोल्टतापात (voltage drop) नगण्य होने के कारण—

$V_1 = E_1$ तथा $V_2 = E_2$ ...सम्बन्ध (ii) & (

स्थिति III—शक्ति हानियों (power losses) नगण्य होने के कारण—

निवेश वोल्ट-ऐम्पियर शक्ति = निर्गत वोल्ट-ऐम्पियर शक्ति

अर्थात् $V_1 I_1 = V_2$ ...सम्बन्ध (

आदर्श परिणामित्र के उक्त सम्बन्धों द्वारा उपलब्ध नवीन अनुपाती सूत्र (ratio formula)

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} = K$$ (transformer ratio

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—एक सिंगल फेज, 5kVA, ट्रांसफॉर्मर का ट्रांसफार्मेशन रेशो 10 है। यदि यह 250 V के प्रदाय से सम्बद्ध हो तो, ज्ञात कीजिए—(i) द्वितीयक वोल्टता, (ii) प्राथमिक धारा, (iii) द्वितीयक धारा।

हल : दिया है output = 5kVA, $K = 10$, $V_1 = 250$ V,

$V_2 = ?$, $I_1 = ?$, $I_2 = ?$

(i) $$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \times V_1 = K V_1 = 10 \times 250 = \mathbf{2500\ V}$$ उत्त

(ii) $$V_1 I_1 = V_2 I_2 = kVA \times 1000 = 5 \times 1000$$

$$I_1 = \frac{kVA \times 1000}{V_1} = \frac{5 \times 1000}{250} = \mathbf{20\ A}$$ उत्तर

(iii) $$I_2 = \frac{kVA \times 1000}{2500} = \frac{5 \times 1000}{2500} = \mathbf{2\ A}$$ उत्त

उदाहरण 2—एक एकल कला परिणामित्र का वर्त अनुपात 400 / 1000 है। क्रोड का अनुप्रस्थ काटक्षेत्र 60 वर्ग सेमी है और क्रोड में अधिकतम फ्लक्स-घनत्व 9400 लाइन प्रति वर्ग सेमी है, तो ज्ञात कीजिए—

(i) प्राथमिक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced electromotive force *i. e.*, e.m.f.)

(ii) द्वितीयक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced electromotive force *i. e.*, e.m.f.)

हल—दिया है $N_1 = 400$, $N_2 = 1000$, $A_i = 60 \times 10^{-4}\ m^2$,

$B_m = 9400 \times 10^{-8} \times 10^4 = 0{\cdot}94\ Wb/m^2$ (tesla), $E_1 = ?$, $E_2 = ?$

(i) $E_1 = 44 \cdot 4 \cdot B_m \cdot A_i \cdot f \cdot N_1$ वोल्ट (V) मात्रक (मान रखने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 0 \cdot 94 \times 60 \times 10^{-4} \times 50 \times 400$ (हल करने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 0 \cdot 94 \times 120 = \mathbf{500 \cdot 832\ V}$ उत्तर

(ii) $E_2 = 4 \cdot 44 \cdot B_m \cdot A_i \cdot N_2$ वोल्ट (V) मात्रक (मान रखने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 0 \cdot 94 \times 60 \times 10^{-4} \times 50 \times 1000$ (हल करने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 0 \cdot 94 \times 300 = \mathbf{1252 \cdot 08\ V}$ उत्तर

अथवा $$E_2 = K E_1 = \frac{N_2}{N_1} \times E = \frac{1000}{400} \times 500 \cdot 832 = \mathbf{1252 \cdot 08\ V}$$ उत्तर

उदाहरण 3—एक 6600/600 V, 50 Hz के एकल कला परिणामित्र के क्रोड का अनुप्रस्थ काटक्षेत्र 400 वर्ग सेमी है और अधिकतम फ्लक्स-घनत्व 1·18 टेस्ला है, तो प्रत्येक कुण्डलन में लपेटों (turns) की संख्या ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

हल : ज्ञात है $V_1 = 6600$ V, $V_2 = 600$ V, $f = 50$ Hz, $A_i = 400 \times 10^{-4}\ m^2$, $B_m = 1{\cdot}18T\ (Wb/m^2)$,

$N_1 = ?$, $N_2 = ?$

$$N_1 = \frac{E_1}{4 \cdot 44 \cdot B_m A_i \cdot f}$$ वर्त (turns) (मान रखने पर)

$$= \frac{6600}{4 \cdot 44 \times 1 \cdot 18 \times 400 \times 10^{-4} \times 50} = \mathbf{630\ Turns}$$ उत्तर

$$N_2 = \frac{600}{4 \cdot 44 \times 1 \cdot 18 \times 400 \times 10^{-4} \times 50} = \mathbf{57\ Turns}$$ उत्तर

अथवा $$N_2 = K N_1 = \frac{V_2}{V_1} \times N_1 = \frac{600}{6600} \times 630 = \mathbf{57\ Turns}$$ उत्तर

उदाहरण 4—एक 25 kVA एकल कला परिणामित्र की प्राथमिक कुण्डलन में 500 वर्तें तथा द्वितीयक कुण्डलन में 40 वर्तें हैं। यदि प्राथमिक कुण्डलन को 3000 V, 50 Hz विद्युत प्रदाय से जोड़ा जाय, तो गणना कीजिए—

(i) लोह क्रोड में अधिकतम चुम्बकीय फ्लक्स (maximum magnetic flux)

(ii) द्वितीयक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

(iii) प्राथमिक तथा द्वितीयक पूर्णभार-धारा (full load current)

हल : दिया है $E_1 = 3000$ V, $f = 50$ Hz, $N_1 = 500$, $N_2 = 40$, $kVA = 25$, $\phi_m = ?$, $E_2 = ?$, $N_1 = ?$, $N_2 = ?$

(i) $$\phi_m = \frac{E_1}{4 \cdot 44 \cdot f \cdot N_1}$$ वेबर (प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)

$$\phi_m = \frac{3000}{4 \cdot 44 \times 50 \times 500} = 0 \cdot 027\ \text{weber} = \mathbf{27\ m/Wb}$$ उत्तर

(ii) $E_2 = 4 \cdot 44 \cdot \phi_m \cdot f \cdot N_2$ वोल्ट (V) मात्रक (मान रखने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 27 \times 10^{-3} \times 50 \times 40 = \mathbf{240\ V}$ उत्तर

अथवा $$E_2 = K E_1 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 = \frac{40}{500} \times 3000 = \mathbf{240\ V}$$ उत्तर

AKC THE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
56 / 235

(iii) $E_1 I_1 = E_2 I_2 = kVA \times 1000 = 25 \times 1000$

$\therefore$ $I_1 = \dfrac{kVA \times 1000}{E_1} = \dfrac{25 \times 1000}{3000} = \mathbf{8 \cdot 33 A}$ उत्तर

तथा $I_2 = \dfrac{kVA \times 1000}{E_2} = \dfrac{25 \times 1000}{240} = \mathbf{104 \cdot 167\ A}$ उत्तर

उदाहरण 5—एक सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर की आयरन कोर, जिनका क्रोस सेक्शनल एरिया 150 cm^2 है, 50 Hz की प्रदाय से 1·1 Wb/m^2 की अधिकतम फ्लक्स-घनत्व पर प्रचालित होती है। यदि द्वितीयक कुण्डलन पर 66 वर्तें हैं, तो 4Ω प्रतिबाधा के भार से सम्बद्ध (connect) करने पर kVA में आउटपुट ज्ञात कीजिये। ट्रांसफॉर्मर में वोल्टतापात को नगण्य मानिये। *(B.T.E. Examination)*

हल : दिया है $A_i = 160 cm^2 = 150 \times 10^{-4}\ m^2$, $f = 50 Hz$, $B_m = 1 \cdot 1 Wb/m^2$,

$N_2 = 66$, $Z_L = 4\Omega$, $kVA = ?$

ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

$E_2 = 4 \cdot 44 \phi_m f N_2$ वोल्ट (V) मात्रक $(\because \phi_m = B_m \times A)$

$\therefore$ $E_2 = 4 \cdot 44 \times B_m \times A_i \times N_2$ वोल्ट (मान रखने पर)

$= 4 \cdot 44 \times 1 \cdot 1 \times 150 \times 10^{-4} \times 50 \times 66$ (हल करने पर)

$= 241 \cdot 758$ वोल्ट (V) मात्रक

निर्गत धारा : $I_2 = \dfrac{E_2}{Z_L} = \dfrac{241 \cdot 758}{4} = 60 \cdot 43$ ऐम्पियर (A) मात्रक

$\therefore$ आउटपुट $kVA = \dfrac{E_2 \times I_2}{1000}$ (प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)

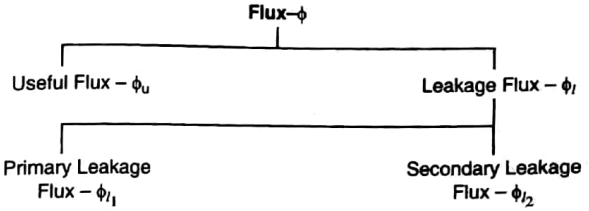
$= \dfrac{241 \cdot 758 \times 60 \cdot 43}{1000} = \mathbf{14 \cdot 6\ kVA}$ उत्तर

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त गणनात्मक प्रश्न में ट्रांसफॉर्मर को एक आदर्श युक्ति (ideal device), माना गया है।

ट्यूटोरिअल (Tutorial)

1. एक 60 kVA, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का परिणमन अनुपात 16 है। यदि इसे 300 V के प्रदाय से जोड़ा गया हो, तो पूर्णभार पर प्रत्येक कुण्डलन में धारा का मान ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*
[**उत्तर :** 200 A तथा 125 A]
2. एक एकल कला, 50 Hz, आवृत्ति वाले परिणामित्र की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलनों में वर्तों की संख्या ज्ञात कीजिए, जबकि उसका निर्भार वोल्टता अनुपात 6600/240 V है और क्रोड का अधिकतम फ्लक्स 0·05 Wb है।
[**उत्तर :** 60 turns तथा 22 turns] *(B.T.E. Examination)*
3. एक 25 kVA, एकल कला परिणामित्र प्राथमिक कुण्डलन पर 250 वर्तें हैं और द्वितीयक कुण्डलन पर 40 वर्तें हैं। प्राथमिक कुण्डलन को 1500 V, 50 Hz प्रदाय से जोड़ा जाता है; तब गणना कीजिए—
(i) क्रोड में अधिकतम फ्लक्स (max, flux), (ii) द्वितीयक विद्युत-वाहक बल (e.m.f.)
(iii) पूर्णभार पर प्राथमिक तथा द्वितीयक धारा (current) *(B.T.E. Examination)*
[**उत्तर :** (i) 0·027 Wb, (ii) 240 V, (iii) 16·67 A व 104·16 A]

5.8. परिणामित्र में चुम्बकीय फ्लक्स (Magnetic flux in transformer)



उपयोगी फ्लक्स (Useful flux)—वह फ्लक्स, जो निर्धारित पथ (scheduled path) में स्थापित होता है, उपयोगी फ्लक्स अर्थात् यूजफुल फ्लक्स कहलाता है। ट्रांसफॉर्मर में इसे मुख्य फ्लक्स (main flux) अथवा पारस्परिक फ्लक्स (mutual flux) के नाम से जाना जाता है और वेबर मात्रक में ϕ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.2 व 5.3 से स्पष्ट है।

क्षरण फ्लक्स (Leakage flux)—वह फ्लक्स, जो निर्धारित पथ (scheduled path) में स्थापित न होकर, किसी अन्य पथ में स्थापित होता है, क्षरण फ्लक्स अर्थात् लीकेज फ्लक्स कहलाता है। इसे वेबर मात्रक में ϕ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.3 से स्पष्ट है। $\phi \propto (\text{m·m·f.}) \propto \text{load}$ ...सम्बन्ध

प्राथमिक क्षरण फ्लक्स (Primary leakage flux)—वह फ्लक्स, जो प्राथमिक कुण्डलन से क्षरण होता है, प्राथमिक क्षरण फ्लक्स अर्थात् प्राइमरी लीकेज फ्लक्स कहलाता है। इसे वेबर मात्रक में ϕ_{l_1} प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.3 से स्पष्ट है। $\phi_{l_1} \propto (\text{m.m.f.})_1 \propto \text{load}$ ...सम्बन्ध

द्वितीयक क्षरण फ्लक्स (Secondary leakage flux)—वह फ्लक्स, जो द्वितीयक कुण्डलन में क्षरण होता है, द्वितीयक क्षरण फ्लक्स अर्थात् सेकण्डरी लीकेज फ्लक्स कहलाता है। इसे मात्रक में ϕ_{l_2} प्रतीकात्मक अक्षर व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.3 से स्पष्ट है। $\phi_{l_2} \propto (\text{m.m.f.})_2 \propto \text{load}$ ...सम्बन्ध

कुल फ्लक्स (Total flux)—उपयोगी फ्लक्स तथा क्षरण के योग को कुल फ्लक्स अर्थात् टोटल फ्लक्स कहते हैं। इसे सम्पूर्ण फ्लक्स (full flux) भी कहते हैं। इसे वेबर मात्रक में ϕ_1 प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। सूत्ररूप में कुल फ्लक्स (total flux) अथवा सम्पूर्ण फ्लक्स (full flux) $\phi_t = (\phi_u + \phi_l) = (\phi + \phi_l)$ वेबर ...सूत्र

पारस्परिक फ्लक्स (Mutual flux)—वह उपयोगी फ्लक्स, जो दो या दो से अधिक वैद्युत परिपथों से एकसाथ संलग्न (link) होता है, पारस्परिक फ्लक्स अर्थात् म्यूचुअल फ्लक्स कहलाता है। इसे उभयनिष्ठ फ्लक्स (common flux) के नाम से भी जाना जाता है। ट्रांसफॉर्मर में इसे वेबर मात्रक में ϕ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.2 व 5.3 से स्पष्ट है।

क्षरण वोल्टतापात (Leakage voltage drop)—वह वोल्टतापात, जो क्षरण फ्लक्स के कारण ट्रांसफॉर्मर की कुण्डलन (winding) में होता है, क्षरण वोल्टतापात अर्थात् लीकेज वोल्टेज ड्रोप कहलाता है। इस प्रकार सूत्ररूप में—

क्षरण वोटतापात (IX) = क्षरण प्रेरित विद्युत वाहक बल (E_1)

प्राथमिक क्षरण वोल्टतापात (Primary leakage voltage drop)—वह वोल्टतापात, जो ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डलन में क्षरण फ्लक्स के कारण होता है, प्राथमिक क्षरण वोल्टतापात अर्थात् प्राइमरी लीकेज वोल्टेज ड्राप कहलाता है। इस प्रकार सूत्ररूप में—

प्राथमिक क्षरण वोल्टतापात $(I_1 X_1)$ = प्राथमिक क्षरण प्रेरित विद्युत-वाहक बल (El_1)

द्वितीयक क्षरण वोल्टतापात (Secondary leakage voltage drop)—वह वोल्टतापात, जो ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डलन में क्षरण फ्लक्स के कारण होता है, द्वितीयक क्षरण वोल्टतापात अर्थात् सेकण्डरी लीकेज वोल्टेज ड्रोप कहलाता है। इस प्रकार सूत्ररूप में—

द्वितीयक क्षरण वोल्टतापात $(I_2 X_2)$ = द्वितीयक क्षरण प्रेरित विद्युत-वाहक बल (El_2)

MAKAUT BCAL 305 TB
Scanned with CamScanner
57 / 235

5.9. परिणामित्रों का वर्गीकरण (Classification of transformers)

विभिन्न कारकों के अनुसार, ट्रांसफॉर्मरों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है—

(A) चुम्बकीय परिपथ की संचरना के अनुसार (According to the construction of magnetic circuit)

(i) कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर (Core type transformer)

(ii) शेल टाइप ट्रांसफॉर्मर (Shell type transformer)

(iii) बेरि टाइप ट्रांसफॉर्मर (Berry type transformer)

(B) शीतलन के अनुसार (According to the cooling)

(i) प्राकृतिक शीतलित परिणामित्र (Natural cooled transformer)

(ii) कृत्रिम शीतलित परिणामित्र, (Artificial air cooled transformer)

(a) झोंका वायु शीतलित परिणामित्र (Blast air cooled transformer)

(b) तेल निमंजित प्राकृतिक शीतलित परिणामित्र (Oil immersed natural cooled transformer)

(c) तेल निमंजित झोंका वायु शीतलित परिणामित्र (Oil immursed blast air cooled transformer)

(d) तेल निमंजित जल शीतलित परिणामित्र (Oil immersed water cooled transformer)

(e) तेल परिभ्रामी या चक्रामी जल शीतलित परिणामित्र (Oil circulated water cooled transformer)

(C) वोल्टता के अनुसार (According to the voltage or tension)

(i) उत्क्रम परिणामित्र (Step-up transformer) (ii) अवक्रम परिणामित्र (Step-down transformer)

(D) उपयोगिता के अनुसार (According to the utility or usefullness)

(i) संचरण परिणामित्र (Transmission transformer)

(ii) वितरण परिणामित्र (Distribution transformer)

(iii) उपयन्त्र परिणामित्र (Instrument transformer)

(iv) स्वपरिणामित्र या ऑटो-ट्रांसफॉर्मर (Autotransformer)

(v) अंश निष्कासित परिणामित्र (Tap changing transformer)

(vi) भट्टी परिणामित्र (Furnace transformer)

(vii) दिष्टकारी परिणामित्र (Rectifier transformer)

(viii) प्रवर्तक परिणामित्र (Starter transformer)

(ix) वोल्टता नियामक परिणामित्र (Voltage regulator transformer)

(x) अभिवर्धक परिणामित्र (Booster transformer)

(xi) इलेक्ट्रोनिकी परिणामित्र (Electronic transformer)

(E) कलाओं के अनुसार (According to the phase numbers)

(i) एकल कला परिणामित्र (Single phase transformer)

(ii) द्विकला परिणामित्र (Two phase transformer)

(iii) त्रिकला परिणामित्र (Three phase transformer)

(iv) षट्कला परिणामित्र (Six phase transformer)

(v) बारह कला परिणामित्र (Twelve phase transformer)

(F) सम्बन्धनों के अनुसार (According to the connection)

(i) स्टार-डेल्टा अर्थात् तारा-त्रिभुज परिणामित्र (Star-delta transformer)

(ii) स्टार-स्टार अर्थात् तारा-तारा परिणामित्र (Star-star transformer)

(iii) डेल्टा-डेल्टा अर्थात् त्रिभुज-त्रिभुज (Delta-delta transformer)

(iv) डेल्टा-स्टार अर्थात् त्रिभुज-तारा परिणामित्र (Delta-star transformer)

(v) वी० वी० परिणामित्र (V.V. transformer)

(vi) टी० टी० परिणामित्र (T.T. transformer)

(vii) अन्तर्योजित तारा परिणामित्र (Interconnected star transformer)

(viii) तृतीय कुण्डलन परिणामित्र (Tertiary winding transformer)

(ix) सोपानी परिणामित्र (Cascade transformer)

(G) क्रोड के प्ररूपों के अनुसार (According to the types of the cores)

(i) लोह क्रोड प्ररूपी परिणामित्र (Iron core type transformer)

(ii) वायु क्रोड प्ररूपी परिणामित्र (Air core type transformer)

5.10. शक्ति परिणामित्र के अंग (Parts of power transformer)

1. लोह क्रोड अर्थात् आयरन कोर (Iron core)
2. कुण्डली कुण्डलन अर्थात् कॉइल वाइंडिंग (Coil winding)
3. लोह पात्र अर्थात् आयरन टैंक (Iron tank)
4. टंकी आवरण अर्थात् टैंक कवर (Tank cover)
5. शीतलन वाहिनियाँ/पंख/विकिरक (Cooling ducts/fins/radiators)
6. परिणामित्र तेल अर्थात् ट्रांसफॉर्मर ऑइल (Transformer oil)
7. अपवाहिका निकास अर्थात् ड्रेन कॉक (Drain cock)
8. संरक्षक (Conservator) या प्रसार पात्र (Expansion tank)
9. स्वाँसक अर्थात् ब्रीदर (Breather)
10. गैस रिले या बुखोज रिले (Gas relay or Buchholz relay)
11. रक्षी संगलक अर्थात् प्रोटेक्टिंग फ्यूज (Protecting fuse)
12. तेल मापक या तेल सूचक (Oil gauge or oil indicator)
13. ताप मापक (Temperature gauge or thermometer)
14. दाब मापक (Pressure gauge or pressure indicator)
15. निकास नलिका अर्थात् वेन्ट पाइप (Vent pipe)
16. डायफ्राम अर्थात् झिल्ली तनुपट या पर्दा (Diaphragm)
17. अंश निष्कासन परिवर्तक अर्थात् टैप चेंजर (Tap changer)
18. सिरा पेटी अर्थात् टर्मिनल्स बोक्स (Terminals box)
19. बुशिंग्स या टर्मिनल इंस्यूटेलर्स (Bushings or terminal insulators)
20. आर्कन सींग अर्थात् अर्किंग होर्न (Arching horns)
21. नाम पट या निर्धारण पट्ट (Name plate or rating plate)
22. निर्गत कुण्ड अर्थात् सम्प (Sump)

MADE EASY TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

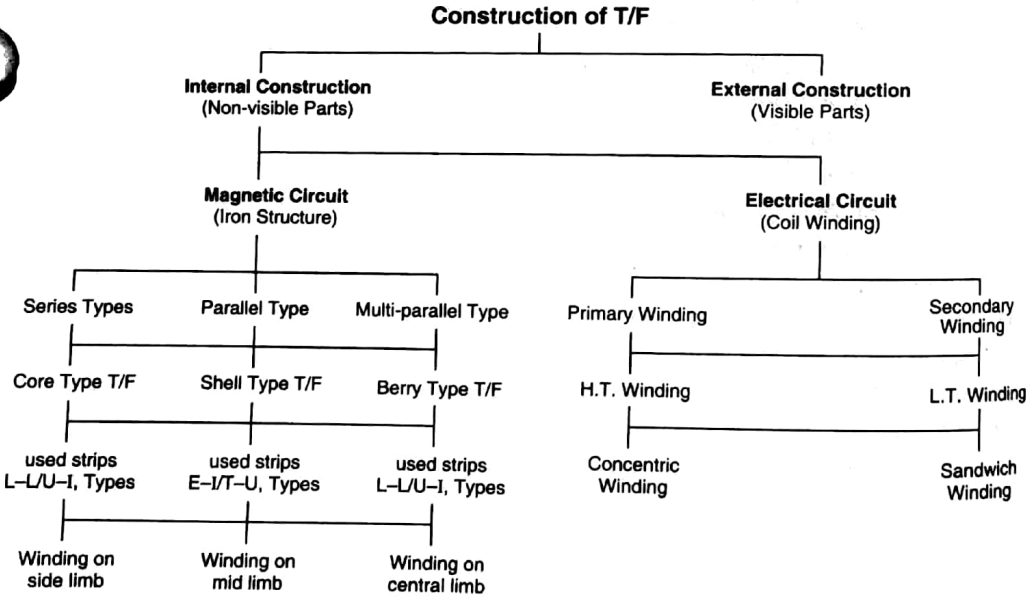
23. नर द्वार या मनोल अर्थात् मेनहोल (Manhole)
24. आधार प्रणाली अर्थात् बेस चेनल (Base channel)
25. बेलन अथवा पहिये (Rollers or wheels)
26. उत्थापन या उठावन कड़ियाँ (Jacking lugs)
27. बाँधने की डोरियाँ अर्थात् गैस्केट्स (Gaskets)
28. भूयोजन डाटें या सिरे (Earthing plugs or terminals)
29. लघुकरण वलयें या पाशें (Shorting rings or loops)
30. तृतीयक कुण्डलन (Tertiary winding)
31. शीतलन व्यवस्था (Cooling arrangement)

5.11. एकल कला परिणामित्र की संरचना (Construction of single phase transformer)

वह ट्रांसफॉर्मर, जिसकी प्राइमरी साइड में सिंगल फेज सप्लाइ दी जाती है और सेकण्डरी साइड से सिंगल फेज स्टेप-अप अथवा स्टेप-डाउन सप्लाइ प्राप्त की जाती है, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

सिंगल फेज, ट्रांसफॉर्मर के संरचनात्मक अंगों को निम्नलिखित भागों में विभाजित किया जा सकता है—

5.11-1. चुम्बकीय परिपथ (magnetic circuit)
5.11-2. वैद्युत परिपथ (electrical circuit)
5.11-3. विद्युतरोधन (insulation or dielectric)
5.11-4. धारक या पात्र अथवा टंकी (container or tank)
5.11-5. अन्य सहायक अंग (other accessories)

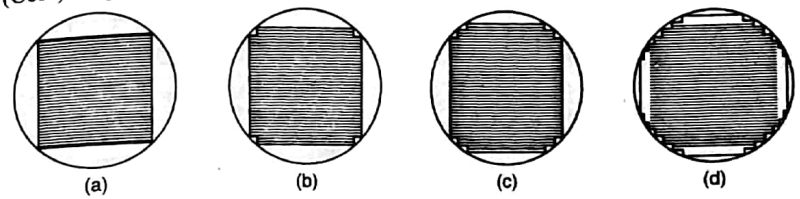


5.11-1. चुम्बकीय परिपथ (Magnetic circuit)

चुम्बकीय परिपथ का मुख्य कार्य, मॉग्नेटिक फ्लक्स को सुगम पथ प्रदान करना है, इसीलिए यह लोह चुम्बकीय पदार्थ का बना होता है। इसके प्रमुख अंग निम्नलिखित हैं—

(i) कोर (core) (ii) योक (yoke) (iii) क्लैम्पिंग स्ट्रक्चर (clamping structure)

क्रोड (Core)—चुम्बकीय परिपथ का यह प्रमुख आन्तरिक अंग (main internal part) है।



चित्र 5.4–ट्रांसफॉर्मर कोर की लिम्बों के क्रोस सेक्शन।

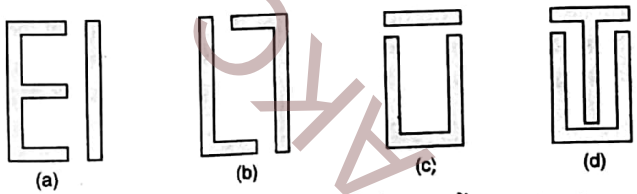
क्रोड का तात्पर्य ट्रांसफॉर्मर के आन्तरिक अंग से है, जो सिलिकॉन स्टील पटलों (laminations) से बना होता है, ताकि इसमें भँवर-धारा हानियाँ कम हों। इन पटलों (stempings) की मोटाई 0·35mm से लेकर 0·5mm तक होती है। इन पटलों की सतह पर विद्युतरोधी वार्निश चढ़ी (coated) होती है। कभी-कभी वार्निश के स्थान पर पटलों की प्रत्येक परत के बीच टिस्सू पेपर (tissue paper) का उपयोग भी होता है, ताकि पटलें आपस में लघुपथित होकर, क्रोड में भँवर-धारा हानियों को न बढ़ा सकें। छोटे ट्रांसफॉर्मर के क्रोड की लिम्ब का अनुप्रस्थ काट चोकोर अर्थात् वर्गाकार (square) होता है, परन्तु बड़े ट्रांसफॉर्मर के क्रोड की लिम्ब का अनुप्रस्थ काट वृत्ताकार (circular) होता है, जैसा कि चित्र 5.4 में प्रदर्शित किया गया है। वर्गाकार अनुप्रस्थ काट वाले लिम्ब की अपेक्षा, वृत्ताकार अनुप्रस्थ काट वाले लिम्ब पर वाइंडिंग में पदार्थ (Cu/Al/insulation) कम लगता है और कुण्डली के वर्तों पर तनाव एक-समान रहता है।

विभिन्न प्रकार के ट्रांसफॉर्मरों में प्रयुक्त आन्तरिक अंग मूलरूप से निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(a) क्रोड प्ररूपी आन्तरिक अंग (Core type internal part)
(b) कोश प्ररूपी आन्तरिक अंग (Shell type internal part)
(c) सरस प्ररूपी आन्तरिक अंग (Berry type internal part)

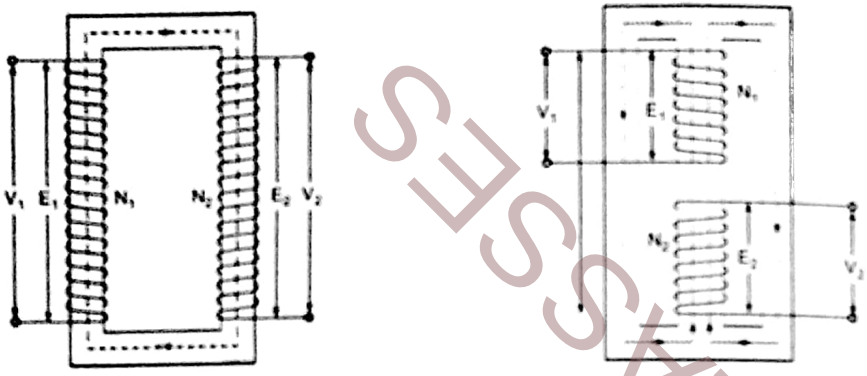
(a) क्रोड प्ररूपी आन्तरिक अंग के लिए *L* अथवा *U* तथा *I* प्रकार के पटलों (stempings) का उपयोग (use) होता है, जिन्हें चित्र 5.5 (b) तथा (c) में प्रदर्शित किया गया है। क्रोड प्ररूपी आन्तरिक अंग वाले ट्रांसफॉर्मर में कुण्डली कुण्डलनों (coil windings) को दोनों पक्ष स्तम्भों (side limbs) पर स्थापित किया जाता है। जैसा कि चित्र 5.6 (a) से स्पष्ट है।

(b) कोश प्रारूपी आन्तरिक अंग के लिए *E* तथा *I* अथवा *T* तथा *U* प्रकार के पटलों (stempings) का उपयोग (use) होता है, जिन्हें चित्र 5.5 (a) में प्रदर्शित किया गया है। कोश प्ररूपी आन्तरिक अंग वाले ट्रांसफॉर्मर में कुण्डलनों (coil windings) को मध्य लिम्ब (mid limb) पर स्थापित किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.6 (b) से स्पष्ट है।



चित्र 5.5–E, I, L तथा U प्रारूपी लेमिनेशनें या पटलें (stampings)।

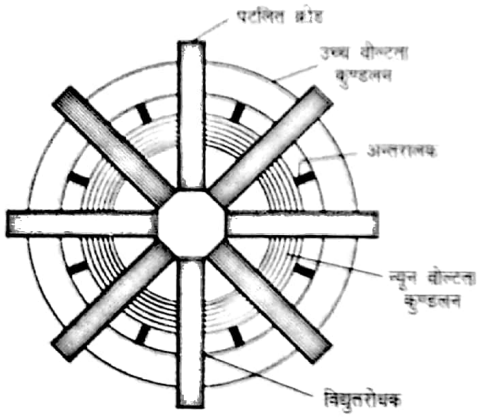
MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
59 / 235



(a) क्रोड प्ररूपी परिच्छेद (b) कोश प्ररूपी परिच्छेद

चित्र 5.6–सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के आंतरिक अंग (internal parts)।

(c) सरल प्ररूपी आन्तरिक अंग के लिए भी L अथवा U व I प्ररूपी पटलों (laminatsons) का उपयोग (use) होता है जिन्हें चित्र 5.5 (a), (b) तथा (c) में प्रदर्शित किया गया है। सरल प्ररूपी आन्तरिक अंग वाले ट्रांसफॉर्मर में कुण्डली कुण्डलन (coil windings) को केन्द्रीय लिम्ब (central limb) पर स्थापित किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.7 में स्पष्ट है।



चित्र 5.7–सिंगल-फेज बैरी टाइप ट्रांसफॉर्मर के आंतरिक अंग।

इन्सुलेटिंग वार्निश से लेपित (coated) सिलिकॉन स्टील से निर्मित E, I, L तथा U प्ररूपी पटलों (laminations) को निम्नलिखित दो विधियों द्वारा जोड़कर, समूचे क्रोड (complete core) का निर्माण किया जाता है—

(i) सिरा जोड़ विधि (butt joint method), (ii) अंतर्लीव जोड़ विधि (inter leave joint method)

बट जोइंट मेथड में पटलों के सिरों को एक-दूसरे से जोड़कर, विभिन्न प्रकार के क्रोडों (cores) का निर्माण किया जाता है, जबकि **इन्टरलीव जोइंट मेथड** में पटलों के सिरों को एक-दूसरे में फंसाकर, विभिन्न प्रकार के क्रोडों के निर्माण किया जाता है।

(ii) योजक अर्थात् योक (Yoke)—ट्रांसफॉर्मर की कोर लिम्बों को सीधा ऊर्ध्वाधर रखने के लिए नीचे तथा ऊपर आलम्बों (supports) की आवश्यकता होती है, जिन्हें योक कहते हैं। आधार को आधार योजक (bottom yoke) अथवा

तलका योजक (lower Yoke) कहते हैं और शीर्षालम्ब (top support) को ऊपरी योजक (upper yoke) कहते हैं। यह अन्तिम अन्तों (ends) पर लिम्बों से जुड़ा रहता है। यह मृदु लोहे का बना होता है और नट-बोल्टों से कसा रहता है। इसका प्रमुख कार्य लिम्बों को कसकर सहारा देना तथा चुम्बकीय परिपथ को पूर्ण करना है।

(iii) शिकंजा तथा अर्थात् क्लैम्पिंग स्ट्रक्चर (Clamping structure)—पटलों या पत्तियों (laminations or strips) को स्थायी रूप में बांधकर रखने के लिए क्लैम्पिंग स्ट्रक्चर की आवश्यकता होती है। यह प्राय: क्रोड (core) के जोड़ों तथा धोड़ों पर लगाया जाता है।

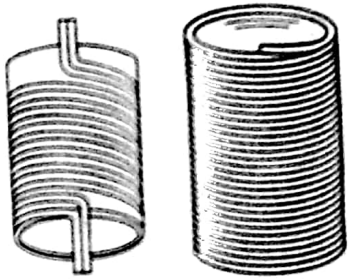
5.11-2. वैद्युत परिपथ (Electrical circuit)

वैद्युत परिपथ का प्रमुख कार्य, धारा को सुगम पथ प्रदान करना है। इसीलिए यह कॉपर अथवा ऐल्युमिनियम की कुण्डलियों (coils) का बना होता है। इसे कुण्डली कुण्डलन (coil winding) कहते हैं। प्रति फेज निम्नलिखित दो कुण्डली कुण्डलने (coil windings) होती है—

(i) उच्च तनाव कुण्डली कुण्डलन (High tension coil winding) **अर्थात् उच्च वोल्टता कुण्डली कुण्डलन** (High voltage coil winding)

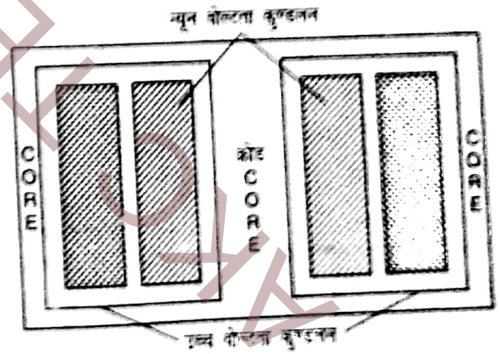
(ii) न्यून तनाव कुण्डली कुण्डलन (Low tension coil winding) **अर्थात् न्यून वोल्टता कुण्डली कुण्डलन** (Low voltage coil winding)

ट्रांसफॉर्मर की वाइंडिंग एक सरल कॉइल वाइंडिंग होती है, जिसे बेकेलाइज्ड कागज से निर्मित बेलनाकार ढाँचों (frame) पर कॉइल के रूप में तैयार किया जाता है। इन्हीं कॉइलों को कोर की लिम्ब में पिरोकर; ट्रांसफॉर्मर कॉइल को विद्युतरोधी तार (insulated wire) अथवा विद्युतरोधी पत्ती (insulated strip) से बनाया जाता है इसके लिए एनामेल लेपन (enamel coating) तथा संसेचित फीता (impregnated tape) प्ररूपी विद्युतरोधनों का उपयोग होता है, जो कॉइल वाइंडिंग पर स्पष्ट दिखाई देते हैं। इसके बाद भी कॉइल वाइंडिंग पर विद्युतरोधी वार्निश का लेप (coat) कर दिया जाता है, ताकि विद्युतरोधी फीता नमी (moisture) धारण न कर सके।



चित्र 5.8–कुण्डली कुण्डलन।

यद्यपि एच० टी० एल० टी० वाइंडिंग को पृथक् पृथक् कोरलिम्ब पर स्थापित किया जाता है, परन्तु फ्लक्स-लीकेज कम करने के लिए इन दोनों वाइंडिंगों को, क्रोड-अंगों (core limb) पर साथ-साथ स्थापित करना नितान्त आवश्यक होता है। इसके लिए निम्नलिखित दो विधियाँ अपनायी जाती हैं—



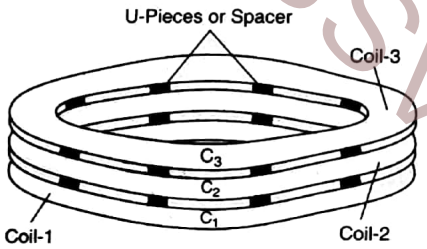
चित्र 5.9–संकेन्द्री कुण्डलन (concentric winding)।

SSES TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
60 / 235

(i) संकेन्द्री कुण्डलन विधि (Concentric winding method)

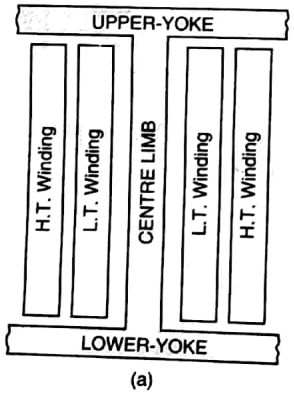
(ii) अन्तर्निविष्ट कुण्डलन विधि (Sandwich winding method)

(i) संकेन्द्री कुण्डलन विधि को बेलनाकार कुण्डलन विधि (cylindrical winding method) भी कहते हैं। इस विधि के अन्तर्गत सर्वप्रथम एल० टी० वाइंडिंग को क्रोड-अंग पर स्थापित किया जाता है। इसके ऊपर एच० टी० वाइंडिंग को स्थापित किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.9 में प्रदर्शित किया गया है। इन दोनों वाइंडिंगों के बीच लकड़ी के गुटकों (blocks) द्वारा एक बेलनाकार अन्तराल (cylindrical gap) की व्यवस्था की जाती है, जिससे विद्युतरोधी तेल परिभ्रमित (circulate) होकर, वाइंडिंग को शीतलन (cooling) प्रदान करता है, अर्थात् ठण्डा (cool) करता है। दोनों वाइंडिंग के बीच स्थान (space) प्रदान करने वाले लकड़ी के गुटकों (blocks) को स्थानक (spacer) कहते हैं, जैसा कि चित्र 5.10 से स्पष्ट है।

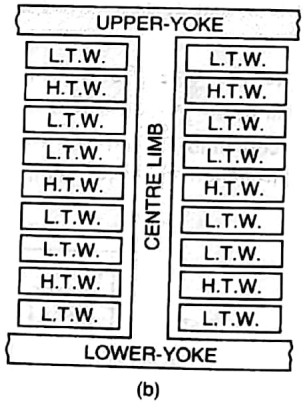


चित्र 5.10–डिस्क कॉइल अथवा सेक्शन कॉइल।

(ii) अन्तर्निविष्ट कुण्डलन विधि के अन्तर्गत एच० टी० एवं एल० टी० वाइंडिंगों के कुण्डली-खण्डों (coil sections) को कोरलिम्ब पर पक्षबद्ध (side by side) क्रमबद्ध स्थापित किया जाता है, जैसा कि चित्र 5.11 में दर्शाया गया है। इसमें प्राय: दो न्यून वोल्टता की कुण्डली-खण्डों के बाद, एक उच्च वोल्टता की कुण्डली-खण्ड के स्थापित करने की व्यवस्था का आयोजन रहता है।



(a) संकेन्द्री कुण्डलन (concentric winding)



(b) अन्तर्निविष्ट कुण्डलन (sandwich winding)

चित्र 5.11–परिणामित्र कुण्डलन के प्ररूप (Type of transformer winding)।

एच० टी० वाइंडिंग की अभिकल्पना, उच्च वोल्टता तथा न्यून धारा के लिए की जाती है; इसलिए इसके लिए उच्च वोल्टता के अनुसार ही अधिक वर्तों की संख्या तथा अधिक विद्युतरोधन की आवश्यकता होती है। दूसरे इसके लिए न्यून धारा के अनुसार ही पतले तार अथवा पतली पत्ती की आवश्यकता होती है, जिसका प्रतिरोध अधिक होता है। उच्च वोल्टता के

कारण ही, एच० टी० वाइंडिंग को प्राय: लोह क्रोड से दूर और एल० टी० वाइंडिंग को लोह क्रोड के निकट रखा जाता है। इससे विद्युतरोधन की बचत होती है और आयतन भी घट जाता है। फलत: ट्रांसफॉर्मर का साइज लघु हो जाता है। यदि एच० टी० वाइंडिंग को लोह क्रोड के निकट रखा गया, तो क्रोड तथा कुण्डलन (core and winding) के बीच अधिक विद्युतरोधन (insulation) लगाना पड़ेगा। फलत: ट्रांसफॉर्मर का आयतन बढ़ जायेगा और अनुरक्षण में भी अधिक कठिनाई होगी; क्योंकि एच० टी० वाइंडिंग में ही प्रदोष की संभावनायें अधिक होती हैं।

इसके विपरीत एल० टी० वाइंडिंग को न्यून वोल्टता तथा उच्च धारा के लिए बनाया जाता है; इसलिए इसमें न्यून वोल्टता के अनुसार ही, कम वर्तों की संख्या तथा सामान्य विद्युतरोधन का उपयोग (use) किया जाता है। दूसरे इसमें उच्च धारा के अनुसार ही, मोटे तार अथवा मोटी पत्ती का उपयोग होता है, जिसका प्रतिरोध कम होता है। एल० टी० वाइंडिंग को प्राय: लोह क्रोड के निकट स्थापित किया जाता है और क्रोड तथा कुण्डलन के मध्य सामान्य विद्यतरोधन प्रदान किया जाता है।

5.11-3. विद्युतरोधन अर्थात् इंस्यूलेशन (Insulation)

ट्रांसफॉर्मर में कुण्डली कुण्डलन (coil winding) लोह क्रोड से पृथक् (isolate) रखने, न्यून वोल्टता की कुण्डलन (l.t. winding) को उच्च वोल्टता की कुण्डलन (h.t. winding) से विलग (isolate) करने तथा कुण्डली कुण्डलन की परतों (layers) को एक-दूसरे से पृथक् करने के लिए कई प्रकार के कागजी विद्युतरोधनों का उपयोग किया जाता है; जैसे इम्प्रिगनेटिड पेपर, वार्निशयुक्त पेपर, लेदरोइड पेपर, प्रेसफान पेपर, प्रेस बोर्ड आदि। इसके अतिरिक्त विभागीय कुण्डलन (sectional coil winding) की चकतियों (discs) अर्थात् खण्डों को विलग करने के लिए विद्युतरोधी कार्ड-बोर्ड का उपयोग, स्थानक (spacer) की तरह होता है।

5.11-4. धारक अथवा पात्र (Container or Tank)

कोर तथा वाइंडिंग की एसेम्बली को माइल्ड स्टील या सोफ्ट आयरन की शीट से बने हुए टैंक में रखा जाता है, जिसमें विद्युतरोधी तेल (insulating oil) भरा रहता है। इस तेल को प्राय: ट्रांसफॉर्मर ऑइल कहते हैं। आयरन-टैंक का कार्य, ट्रांसफॉर्मर एसेम्बली (कोर एवं वाइंडिंग) को सुरक्षा प्रदान करना, तेल को धारण करना, तेल द्वारा शीतलन प्रदान करना, सहायक अंगों, युक्तियों, आरोपणों आदि को धारण करना है; इसलिए इसे धारक (container) भी कहते हैं।

छोटे ट्रांसफॉर्मर के टैंक का शीतलन पृष्ठ (cooling surface) प्राय: सादा एवं समतल (simple and plane) होता है; परन्तु बड़े ट्रांसफॉर्मर के टैंक का शीतलन पृष्ठ, शीतलन नलिकाओं (coolong ducts) से आरोपित (mounted) रहता है, जिन्हें ताप विकरकें (heat radiators) कहते हैं। ये विकरकें प्राय: पाइप या ट्यूब अथवा पंख (pipe or fin) प्ररूपी होती हैं, जो ट्रांसफॉर्मर का शीतलन पृष्ठ बढ़ाकर, शीतलन प्रक्रम (cooling process) को अधिक प्रभावी (effective) बनाती हैं। इन्हें नलिकायें (ventilating duct) भी कहते हैं। लघु ट्रांसफॉर्मर के टैंक में एल० टी० एवं एच० टी०, बुशिंग सिरों (terminals) के लिए छिद्र बने होते हैं, जबकि दीर्घ ट्रांसफॉर्मर के ढक्कन (cover) में छिद्र बने होते हैं। बड़े ट्रांसफॉर्मर के साथ ढक्कन भी बड़ा होता है, जिस पर बुशिंग टर्मिनलों को सुगमता से आरोपित किया जा सकता है; परन्तु छोटे ट्रांसफॉर्मर के ढक्कन पर बुशिंग-टर्मिनलों को स्थापित करना सम्भव नहीं होता है। इस प्रकार छोटे ट्रांसफॉर्मर का ढक्कन उठाकर, अनुरक्षण करना भी सुगम हो जाता है।

कंजरवेटर रहित छोटे ट्रांसफॉर्मर के टैंक के पृष्ठ पर एक तेल सूचक (oil indicator) लगा होता है, जो टैंक में तेल की मात्रा को दर्शाता है; परन्तु बड़े ट्रांसफॉर्मर के कंजरवेटर में तेल सूचक लगा होता है, जो तेल के स्तर (level) को प्रदर्शित करता है।

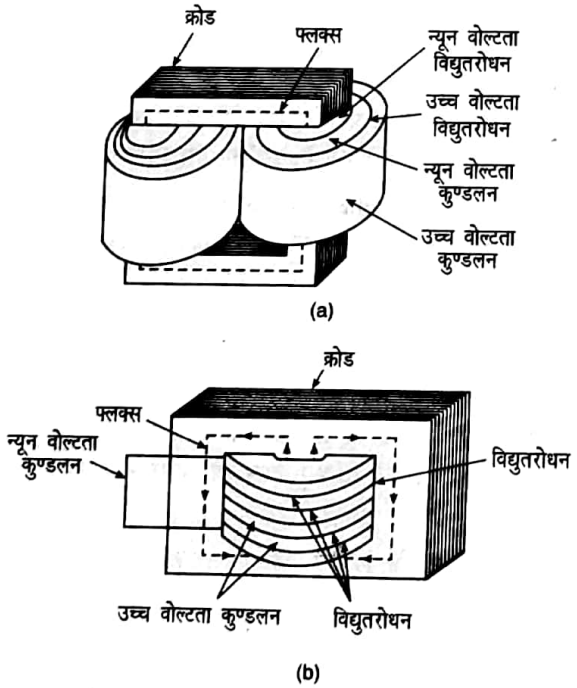
Scanned with CamScanner
61 / 235

कोर एवं शेल टाइप ट्रांसफॉर्मर का तुलनात्मक अध्ययन (Comparetive study)

क्रमांक	तुलनात्मक कारक	कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर	शेल टाइप ट्रांसफॉर्मर
1.	चुम्बकीय परिपथ प्ररूप	श्रेणी परिपथ	समान्तर परिपथ
2.	चुम्बकीय परिपथ संख्या	सिंगल सर्किट	डबल सर्किट
3.	प्रयुक्त पत्तियों का प्ररूप	L-L/U-I	E-I/U-T
4.	वाइंडिंग-लिम्ब	साइड लिम्ब	मिड लिम्ब
5.	वाइंडिंग प्ररूप	कॉन्सेन्ट्रिक वाइंडिंग	सेण्डविच वाइंडिंग
6.	चुम्बकीय फ्लक्स-लीकेज	अधिक (more)	कम (less)
7.	कुल भार (weight)	कम (less)	अधिक (more)
8.	सुरक्षा (safety)	कम (less)	अधिक (more)
9.	टिकाऊपन (durability)	कम (less)	अधिक (more)
10.	दक्षता (efficiency)	कम (less)	अधिक (more)

5.12. लघु परिणामित्र की संरचना (Construction of small transformer)

स्मॉल ट्रांसफॉर्मर का तात्पर्य लघु ट्रांसफॉर्मर से है, जिनका प्रयोग (use) इलक्ट्रॉनिक्स एवं कम्यूनिकेशन इंजीनियरिंग के क्षेत्र में होता है। इसकी संरचना, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर की तरह ही होती है, जिसकी संरचनात्मक व्याख्या पूर्व अनुच्छेद में की



चित्र 5.12–(a) कोर एवं (b) शैल टाइप-स्मॉल ट्रांसफॉर्मर की आन्तरिक संरचना।

जा चुकी है। विदित है कि सभी स्मॉल ट्रांसफॉर्मर, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर ही होते हैं। चित्र 5.12 में दो भिन्न-भिन्न प्रकार के स्मॉल ट्रांसफॉर्मर की सम्पूर्ण आन्तरिक संरचना प्रदर्शित की गई है। मूलरूप से स्मॉल ट्रांसफॉर्मर निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) क्रोड प्ररूपी लघु परिणामित्र (core type small transformer)

(ii) कोश प्ररूपी लघु परिणामित्र (shell type small transformer)

(i) क्रोड प्ररूपी लघु परिणामित्र (C.T.S.T.)—चित्र 5.12 (a) में कोर टाइप स्मॉल ट्रांसफॉर्मर की आन्तरिक संरचना दर्शायी गई है। इसमें प्रयुक्त कोर *L* अथवा *U* तथा *I* प्रकार की लोह पत्तियों (ferrite strips) का सुसंगठित रूप में आयताकार बना होता है। इन पत्तियों की मोटाई लगभग 0·1 मिमी होती है। कोर की साइड लिम्बों पर H.T. तथा L.T. कॉपर कॉइल वाइंडिंग्स होती हैं। इसमें वाइंडिंग प्राय: संकेन्द्री विधि (concentric method) से होती है, जिसमें L.T. वाइंडिंग को कोर के निकट तथा H.T. वाइंडिंग को कोर से दूर अर्थात् L.T. वाइंडिंग के ऊपर रखा गया है।

(ii) कोश प्ररूपी लघु परिणामित्र (S.T.S.T.)—चित्र 5.12 (b) में शेल टाइप स्मॉल ट्रांसफॉर्मर की आन्तरिक संरचना दर्शायी गयी है। इसमें प्रयुक्त कोर प्राय: *E* तथा *I* प्रकार की लोह पत्तियों का सुसंगठित रूप से क्षैतिज अंग्रेजी अक्षर 8 की आकृति का बना होता है, जिसकी मध्य लिम्ब पर H.T. तथा L.T कॉपर-कॉइल वांइडिंग्स होती हैं। इसमें कॉइल स्थापन के लिए प्राय: अन्तर्निविष्ट कुण्डलन विधि (sandwich winding method) प्रयोग किया जाता है, जिसमें L.T. वाइंडिंग के मध्य H.T. वाइंडिंग को स्थापित करके, क्रोड (core) से दूर रखा गया है।

टिप्पणी (Note)—स्मॉल ट्रांसफॉर्मर के प्रमुख अंग जैसे (i) कोर, (ii) वाइंडिंग (iii) इंस्यूलेशन, (iv) कंटेनर, (v) टर्मिनल बाक्स आदि सभी अंग सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर की तरह ही होते हैं, जिसका विस्तृत विवरण पूर्व अनुच्छेद (article) में किया जा चुका है।

5.13. स्थिर वोल्टता परिणामित्र (Constant voltage transformer)

इसका तात्पर्य उस सिंगल फेज स्मॉल ट्रांसफॉर्मर से है, जिसकी निर्गत वोल्टता, निवेश वोल्टता के परिवर्तित होने पर भी परिवर्तित नहीं होती, अपितु स्थिर रहती है अथवा स्थिर रखी जा सकती है। ये ट्रांसफॉर्मर कई प्रकार के हो सकते हैं। यहाँ पर केवल दो प्रकार के स्थिर वोल्टता वाले ट्रांसफॉर्मर की व्याख्या की जा रही है।

5.13-1. अंशनिष्कासित स्वपरिणामित्र प्ररूपी स्थिर वोल्टता परिणामित्र अर्थात् ट्रांसफॉर्मर (Tapped autotransformer type constant voltage transformer)

यह स्वपरिणामित्र का ही विकसित रूप है; इसलिए इसमें केवल एक वाइंडिंग होती है। इसकी सेकण्डरी साइड में वाइंडिंग का लगभग पचास प्रतिशत (50%) भाग अंशनिष्कासित (tapped) होता है। ये अंशनिष्कासनें (tappings), एक 'रोटरी स्विच' के सम्पर्कों (contacts) से जुड़ी रहती हैं। रोटरी स्विच की सहायता से निर्गत वोल्टता को स्थिर रखा जाता है।

प्राइमरी साइड में एक 'सलेक्टर स्विच' लगा होता है। इसमें उच्च (up) तथा निम्न (down) स्थिति वाले दो स्थिर सम्पर्क होते हैं, जो वाइंडिंग की क्रमश: मध्य तथा अन्तिम अंशनिष्कासन से जुड़े रहते हैं। इसका चल सम्पर्क, विद्युत-प्रदाय से जुड़ा रहता है। सलेक्टर स्विच की सहायता से वाइंडिंग की दो स्थितियों पर वोल्टता प्रदान की जाती है, जिससे ट्रांसफॉर्मर स्टेप-अप तथा स्टेप-डाउन की तरह कार्य करता है।

5.13-2. संतृप्त क्रोड प्ररूपी स्थिर वोल्टता परिणामित्र अर्थात् ट्रांसफॉर्मर (Saturated core type constant voltage transformer)

यह दो वाइंडिंग वाला ट्रांसफॉर्मर होता है, जिसका क्रोड न्यून धारा पर ही संतृप्त (saturate) हो जाता है। इससे क्रोड में मॉग्नेटिक फ्लक्स स्थिर हो जाता है। अब यदि स्थिर आवृत्ति पर निवेश वोल्टता बढ़ती है, तो निवेश धारा भी बढ़ेगी; परन्तु कोर संतृप्ति के कारण, फ्लक्स नहीं बढ़ेगा। फलत: निर्गत वोल्टता स्थिर रहेगी।

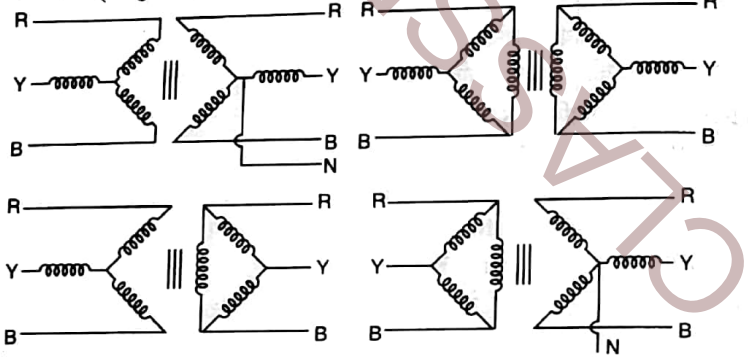
Scanned with CamScanner
62 / 235

5.14. त्रिकला परिणामित्र के सम्बन्धन (Connections of three phase, transformer)

श्री-फेज ट्रांसफॉर्मर, पूर्व वर्णित तीन सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर का ही एक संयुक्त रूप (combined form) है, जिसमें तीन प्राथमिक तथा तीन द्वितीयक सममित कुण्डलनें (symmetrical windings) होती हैं, जो स्टार (y) या डेल्टा (Δ) में सम्बद्ध रहती हैं। इस प्रकार सम्बन्धन के अनुसार, श्री-फेज ट्रांसफॉर्मर मूल रूप से निम्नलिखित चार प्रकार के होते हैं, जिन्हें चित्र 5.13 में प्रदर्शित किया गया है—

(i) स्टार-स्टार अर्थात् तारा-तारा त्रिकला परिणामित्र ($y-y$, $3-\phi$, transformer)

(ii) डेल्टा-डेल्टा अर्थात् त्रिभुज-त्रिभुज त्रिकला परिणामित्र ($\Delta-\Delta$, $3-\phi$, transformer)



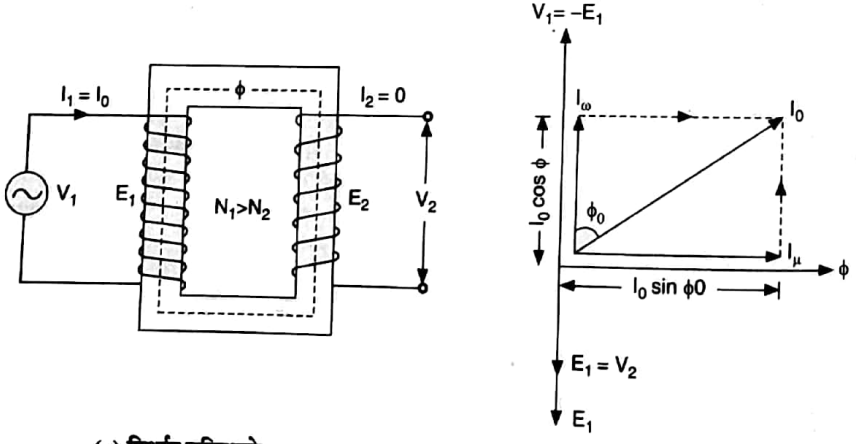
चित्र 5.13–श्री-फेज ट्रांसफॉर्मरों के सम्बन्धन (connections)।

(iii) स्टार-डेल्टा अर्थात् त्रिभुज-तारा त्रिकला परिणामित्र ($y-\Delta$, $3-\phi$, transformer)

(iv) डेल्टा-स्टार अर्थात् तारा-त्रिभुज त्रिकला परिणामित्र ($\Delta-y$, $3-\phi$, transformer)

5.15. निर्भार अर्थात् शून्य भार पर परिणामित्र का सदिश आरेख (Vector diagram of a transformer on no-load *i.e.*, zero load)

निर्भार का तात्पर्य ट्रांसफॉर्मर के द्वितीयक कुण्डलन के सिरों के खुले रहने से है, जिनके आरपार पूर्ण वोल्टता ($V_2 = E_2$) प्राप्त होती है; परन्तु द्वितीयक कुण्डलन में धारा का मान शून्य ($I_2 = 0$) होता है। इससे निर्भार पर द्वितीयक



(a) निर्भार परिपथारेख (b) निर्भार सदिशारेख

चित्र 5.14–ट्रांसफॉर्मर का निर्भार अर्थात् शून्य भार पर प्रदर्शन।

कुण्डलन में होने वाली ताम्र हानियों का मान भी शून्य ($I_2^2 R_2 = 0$) होता है। इस अवस्था में प्राथमिक कुण्डलन की निर्भार निवेश धारा का मान अति न्यून ($I_0 = \text{min.}$) होता है; इसलिए निर्भार पर प्राथमिक कुण्डलन में होने वाली ताम्र हानियों का मान भी अति न्यून अर्थात् नगण्य ($I_0^2 R_1 = \text{negligible}$) होता है। इस प्रकार निर्भार पर केवल लोह हानियाँ ही विचारणीय होती हैं, जिन्हें क्रोड हानियाँ, चुम्बकीय हानियाँ, स्थिर हानियाँ आदि कई नामों से जाना जाता है। चित्र 5.14 (a) तथा (b) में क्रमशः निर्भार परिपथ आरेख तथा निर्भार तथा सदिश आरेख दर्शाये गये हैं।

V_1 = वोल्ट मात्रक में निर्धारित प्राथमिक वोल्टता अर्थात् प्र० धा० प्रदायी वोल्टता, जिसे सदिश आरेख चित्र 5.14 में ऊपर की ओर ऊर्ध्वाधर (verical) दर्शाया गया है।

I_0 = ऐम्पियर मात्रक में निर्भार प्राथमिक धारा अर्थात् निर्भार प्रत्यावर्ती प्रदायी धारा, जो प्रदायी वोल्टता V_1 से कोण ϕ_0 अंश पर पीछे रहती है।

ϕ_0 = अंश मात्रक में प्राथमिक पक्ष का निर्भार कलाकोण, जो वोल्टता V_1 तथा धारा I_0 के बीच स्थापित होता है। यह नब्बे अंश से कुछ कम ($\phi_0 < 90°$) होता है, क्योंकि प्राथमिक कुण्डलन का स्वप्रेरकत्व इसके प्रतिरोध की अपेक्षा अत्यधिक होता है।

$\cos\phi_0$ = प्राथमिक पक्ष का निर्भार शक्तिगुणक, जो सदैव पश्चगामी रहता है।

W_0 = वाट मात्रक में निर्भार पर प्राथमिक निवेश शक्ति, जो ट्रांसफॉर्मर की सम्पूर्ण निर्भार हानियों में उपभुक्त (consume) होती है। सूत्ररूप में निवेश शक्ति—

$$W_0 = V_1 I_0 \cos\phi_0 \text{ वॉट (watt)} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

= भँवर-धारा हानियाँ + शैथिल्य हानियाँ + नगण्य प्राथमिक ताम्र हानियाँ

$I_0 \cos\phi_0$ = यह निर्भार धारा (I_0) का कार्यकारी घटक (workng component) है, जो प्रदायी वोल्टता V_1 की कला में होती है। इसे I_w प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसे शक्ति घटक (power component), सक्रिय घटक (active component), लोह हानि घटक (iron loss component), वॉटमय घटक (wall full component) आदि कई नामों से जाना जाता है। प्रस्तुत घटक निर्भार हानियों के परिकलन में सहायक होता है। समीकरण के रूप में कार्यकारी घटक (working component)—

$$I_0 \cos\phi_0 = I_w \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

$I_0 \sin\phi_0$ = यह निर्भार धारा I_0 का चुम्बकन घटक (magnetising component) है, जो प्रदायी वोल्टता V_1 से नब्बे अंश ($90°$) पश्चगामी होता है, अर्थात् पारस्परिक फ्लक्स ϕ की कला में होता है। इसे I_μ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसे अक्रिय घटक (idle component), प्रतिघाती घटक (reactive component) शक्तिहीन घटक (powerless component) आदि कई नामों से जाना जाता है। यह घटक लोह क्रोड में प्रत्यावर्ती चुम्बकीय फ्लक्स को स्थापित करता है और सतत कायम रखता है। समीकरण के रूप में चुम्बकन घटक (magnetizing component)—

$$I_0 \sin\phi_0 = I_\mu \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

उपर्युक्त समीकरण (ii) व (iii) का वर्ग करके जोड़ने पर

$$(I_0 \cos\phi_0)^2 + (I_0 \sin\phi_0)^2 = I_\omega^2 + I_\mu^2 \quad \text{...(I_0 को कोमन लेने पर)}$$

$$I_0^2 (\cos\phi_0^2 + \sin\phi_0^2) = I_\omega^2 + I_\mu^2 \quad \text{($\cos^2\phi_0 + \sin^2\phi_0 = 1$ रखने पर)}$$

$$I_0^2 = I_\omega^2 + I_\mu^2, \quad \text{(वर्गमूल लेने पर)}$$

$$I = \sqrt{(I_\omega^2 + I_\mu^2)} \quad \text{...सूत्र (iv)}$$

उक्त सूत्र को सदिश आरेख के समलम्ब त्रिभुज द्वारा भी प्राप्त किया जा सकता है।

ट्रांसफॉर्मर की निर्भार अवस्था में निम्नलिखित बातों का विशेष रूप से ध्यान रखना चाहिये—

(i) पूर्णभार प्राथमिक धारा की अपेक्षा निर्भार प्राथमिक धारा अति न्यून ($I_0 < I_1$) होती है।

Scanned with CamScanner
63 / 235
TECHNICAL CLASSES

(ii) निर्भार पर प्राथमिक ताम्र हानियों का मान नगण्य ($I_0^2 R_1$ = negligible) होता है।

(iii) निर्भार पर द्वितीयक धारा (secondary current) का मान शून्य ($I_2 = 0$) होता है।

(iv) निर्भार पर द्वितीयक ताम्र हानियों का मान शून्य ($I_2^2 R_2 = 0$) होता है।

(v) निर्भार पर शक्तिगुणक (power factor) का मान अति न्यून ($\cos\phi_0 = 0{\cdot}1$ to $0{\cdot}3$) होता है।

(vi) निर्भार पर ट्रांसफॉर्मर द्वारा ली जाने वाली वैद्युत शक्ति का मान व्यावहारिक रूप से लोह हानियों के तुल्य है।

$$W_0 = V_1 I_0 \cos\phi_0 = \text{Iron losses}$$
$$= \text{Eddy current} + \text{Hystersis' losses}$$

(vii) स्थिर आवृत्ति की स्थिर प्रदायी वोल्टता पर लोह हानियाँ (iron losser) सदैव स्थिर रहती हैं। अर्थात् लोह हानियाँ भार परिवर्तन के साथ परिवर्तित नहीं होती हैं।

(viii) स्थिर आवृत्ति की स्थिर प्रदायी वोल्टता पर ट्रांसफॉर्मर के लोह क्रोड में फ्लक्स का मान सदैव स्थिर रहता है।

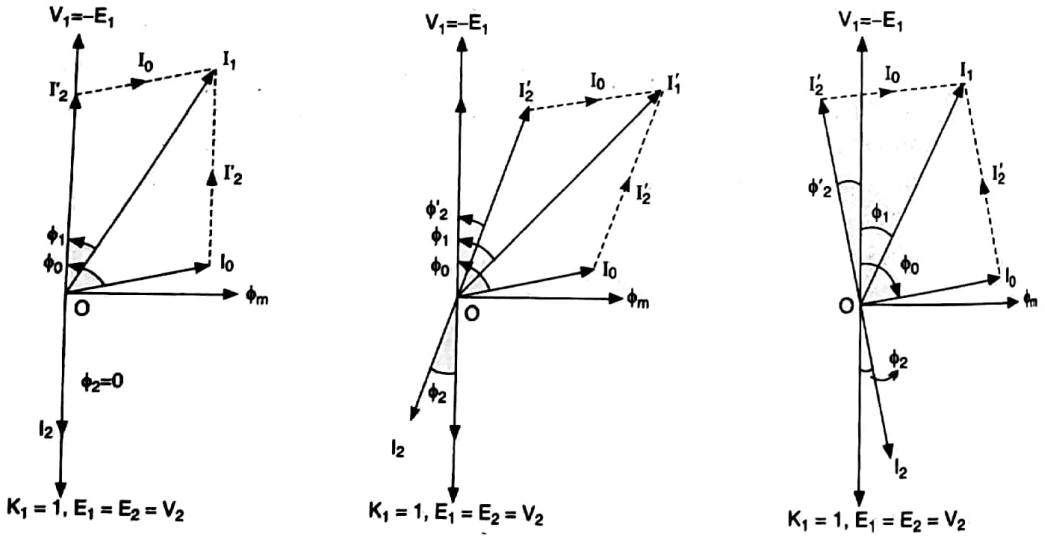
(ix) निर्भार प्राथमिक धारा I_0 का मान, कार्यकारी धारा I_ω तथा चुम्बकन धारा I_μ पर निर्भर करता है, क्योंकि $I_0 \sqrt{(I_\omega^2 + I_\mu^2)}$ होता है। अर्थात् I_ω या I_μ अथवा दोनों के बढ़ने से I_0 का मान बढ़ता है।

(x) निर्भार प्राथमिक धारा I_0 के बढ़ने से ट्रांसफॉर्मर में लोह हानियों का मान बढ़ता है; क्योंकि प्रदायी शक्ति $W_0 = V_1 I_0 \cos\phi_0$ वाट होती है। फलतः ट्रांसफॉर्मर की दक्षता तथा वोल्टता नियमन निर्बल हो जाता है।

5.16. भार पर परिणामित्र का सदिशारेख (Vector diagram of transformer on load)

(a) ट्रॉसफॉर्मर की आदर्श स्थिति में सदिशारेख (Vector diagram in ideal condition of transformer)— आदर्श स्थिति का तात्पर्य ट्रांसफॉर्मर की शत-प्रतिशत दक्षता से है। यह तभी सम्भव है, जबकि ट्रांसफॉर्मर में हानियाँ तथा वोल्टतापात नगण्य हो अर्थात् $\eta = 100\%$ तथा $I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_1 X_1 = I_2 X_2 = 0$ (zero) हो।

जब ट्रांसफॉर्मर की सेकण्डरी साइड पर भार लगाया जाता है, तब उसकी सेकण्डरी वाइंडिंग में तुरन्त ही भार-धारा I_2 प्रवाहित होने लगती है, जिसका परिमाण (I_2) तथा दिशा (ϕ_2) क्रमशः भार के परिमाण (magnitude) तथा प्रकृति (nature) पर निर्भर करते हैं। उदाहरण के लिए यदि भार प्योर रिजिस्टिव (R) है, तो भार धारा I_2, भार वोल्टता V_2 के समान कला



(a) Unity p.f. **(b) Lagging p.f.** **(a) Leading p.f.**

चित्र 5.15—ट्रांसफॉर्मर की आदर्श स्थिति में सदिशारेख (Vector diagram)।

(same phase) में होगी, अर्थात् फेज एंगल $\phi_2 = 0$(zero) होगा और यदि भार, प्योर इण्डक्टिव (L) है, तो भार धारा I_2, भार वोल्टता V_2 से 90 डिग्री पश्चगामी होगी, अर्थात् फेज एंगल $\phi_2 = 90$ डिग्री पश्चगामी होगा। इसी प्रकार प्योर कैपेसिटिव भार पर भार धारा I_2, भार वोल्टता V_2 से 90 डिग्री अग्रगामी होगी अर्थात् फेज एंगल $\phi_2 = 90$ डिग्री अग्रगामी होगा। इस सिद्धान्तानुसार चित्र 5.15 में ट्रांसफॉर्मर के रिजिस्टव (R), इण्डक्टिव ($R-L$) तथा कापॉसिटिव ($R-C$), भारों के लिए क्रमशः एकाकी, पश्चगामी तथा अग्रगामी शक्तिगुणकों पर क्रमशः a, b तथा c सदिशारेख खींचे गये हैं।

सदिशारेख (Vector diagram) में—

ϕ = वेबर यूनिट में चुम्बकन फ्लक्स (magnetising flux)

V_1 = वोल्ट यूनिट में प्राथमिकपक्ष की प्रदायी वोल्टता (supply voltage of primary side)

V_2 = वोल्ट यूनिट में द्वितीयकपक्ष की भार वोल्टता (load voltage of secondary side)

I_0 = ऐम्पियर यूनिट में मॉग्नेटाइजिग करेंन्ट अर्थात् निर्भार धारा (no load current)

I_2 = ऐम्पियर यूनिट में द्वितीयकपक्ष की भारधारा (load current of secondary side)

I_2' = ऐम्पियर यूनिट में प्राथमिकपथ की समकारी धारा (balance current of primary side)

$$I_2' = \frac{N_2}{N_1} \times I_2 = KI_2 = I_2 \qquad (\because K = 1)$$

I_1 = ऐम्पियर यूनिट में प्राइमरी साइड की सम्पूर्ण प्रदायी धारा (supply current)

$$\vec{I_1} = \vec{I_0} + \vec{I_2} \qquad \text{(vector sum of current)}$$

$$I_1 = \sqrt{\{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0 I_2' \cos(\phi_0 - \phi_2')\}}$$

ϕ_2 = डिग्री यूनिट में सेकण्डरी साइड की एंगल (angle between V_2 and I_2)

ϕ_2' = डिग्री यूनिट में प्राइमरी साइड का समकारी कलाकोण (balancing phase angle *i.e.*, angle between the V_1 and I_2')

ϕ_1 = डिग्री यूनिट में प्राइमरी साइड का फेज एंगल (angle between V_1 and I_1)

चूँकि $$I_1 = I_0 + I_2' \qquad \text{(सदिश योग)}$$

तथा $I_2' >>> I_0$ इसलिए I_2' की अपेक्षा, I_0 को नगण्य (neglect) करने पर

तब प्राइमरी फेज एंगल $\phi_1 = \phi_2'$ होगा। तथा प्राइमरी करेंन्ट $I_1 = \phi_2'$ होगा।

उक्त सूत्र में दोनों तरफ N_1 का गुणा करने पर प्राप्त प्राथमिक चुम्बकीय वाहक बल (m.m.f.)

$$N_1 I_1 = N_1 I_2' \qquad \text{(परिकल्पना के अनुसार)}$$

परन्तु $$N_1 I_1 = N_2 I_2 \qquad \text{(मूल सिद्धान्तानुसार)}$$

इसलिए $$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = KI_2 = I_2 \qquad (\because K = 1)$$

इस प्रकार उक्त विवेचना (discussion) से प्राप्त निष्कर्ष (conclusion)

$$I_1 = I_2' = KI_2 = I_2 \qquad (\because K = 1)$$

(ii) चूँकि भार पर उत्पन्न द्वितीयक चुम्बकीय वाहक बल (secondary m.m.f.)

$$N_2 I_2 = N_1 I_2' \qquad \text{(balancing m.m.f)}$$

इसलिए भार पर उत्पन्न द्वितीयक चुम्बकीय फ्लक्स (secondary magnetic flux)

$$\phi_2 = \phi_1' \qquad \text{(balancing magnetic flux)}$$

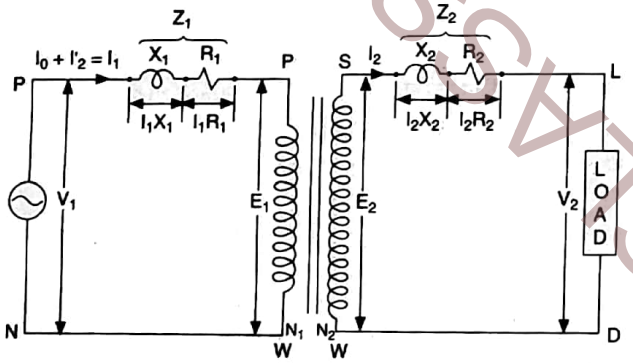
Scanned with CamScanner

64 / 235

NOT TECHNICAL PASS

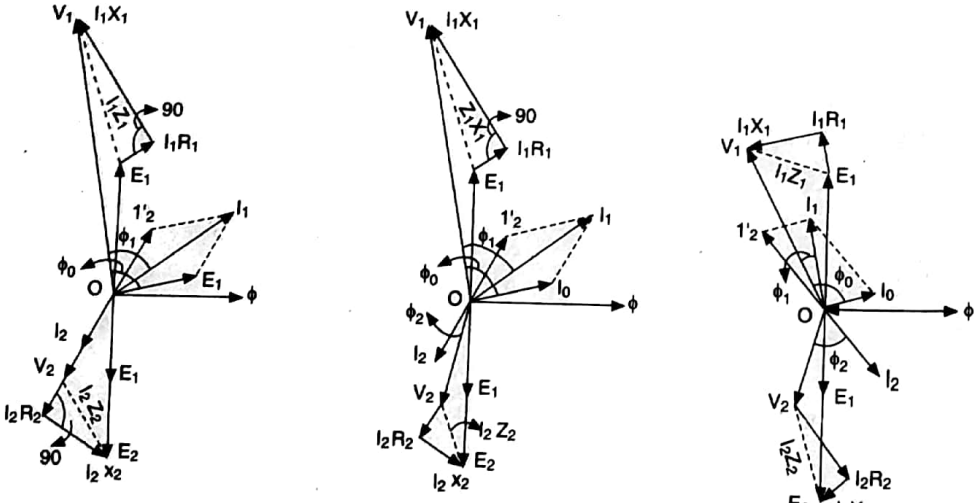
उक्त विवेचना से प्राप्त निष्कर्ष यह है कि लोड करेन्ट I_2 के कारण उत्पन्न सेकण्डरी मॉग्नेटिक फ्लक्स ϕ_2 तथा बैलेंसिंग करेन्ट I_2' द्वारा उत्पन्न मॉग्नेटिक फ्लक्स ϕ_2' दोनों ही परस्पर बराबर तथा विपरीत होने के कारण, उदासीन हो जाते हैं। इसलिए, ट्रांसफॉर्मर के आयरन कोर में मॉग्नेटिक फ्लक्स का मान ϕ सदैव स्थिर रहता है। फ्लत: ट्रांसफॉर्मर में निर्भार से पूर्णभार तक आयरन लॉसज का मान भी सदैव स्थिर कायम रहता है।

(b) ट्रांसफॉर्मर का व्यावहारिक स्थिति में सदिशारेख (Vector diagram of transformer in practical condition)—व्यावहारिक सदिशारेख का तात्पर्य परिकल्पना रहित वास्तविक सदिशारेख से है, जिसे प्राय: अभियान्त्रिकी क्षेत्र में प्रयोग किया जाता है।



चित्र 5.16—ट्रांसफॉर्मर का वास्तविक व पूर्ण परिपथारेख (curcuit diagram)।

चित्र 5.16 में ट्रांसफॉर्मर का वास्तविक व पूर्ण परिपथारेख प्रेरणिक भार पर प्रदर्शित किया गया है, जिसमें सदिशारेख से सम्बन्धित सभी अवयव स्पष्ट रूप से दर्शाये गये हैं। इसी से सम्बन्धित पश्चगामी शक्तिगुणक पर वास्तविक पूर्ण सदिशारेख चित्र 5.17 में प्रदर्शित किया गया है, जिसका प्रयोग व्यावहारिक रूप से होता है।



चित्र 5.17—ट्रांसफॉर्मर का व्यावहारिक सदिशारेख।

उदाहरण 1—एक एकल कला परिणामित्र की प्राथमिक कुण्डलन में 1000 वर्तें तथा द्वितीयक कुण्डलन में 200 वर्तें हैं। निर्भार तथा 0·2 पश्चगामी गुणक पर धारा का मान 3 A है। यदि 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर द्वितीयक धारा 280 A हो, तो प्राथमिक धारा ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

हल—दिया है $N_1 = 1000,\quad N_2 = 200,\quad \cos\phi_0 = 0{\cdot}2,$

$I_0 = 3\text{A},\quad \cos\phi_2 = 0{\cdot}8,\quad I_2 = 280\text{A}\quad I_1 = ?$

निर्भार पर प्राथमिक कलाकोण (primary phase angle at no load)

चूँकि $\cos\phi_0 = 0{\cdot}2,$ इसलिए $\phi_0 = \cos^{-1} 0{\cdot}2 = 78°28'$

भार पर द्वितीयक कलाकोण (secondary phase angle at load)

चूँकि $\cos\phi_2 = 0{\cdot}8,$ इसलिए $\phi_2 = \cos^{-1} 0{\cdot}8 = 36°52'$

परिणमन अनुपात $K = \dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{200}{1000} = \dfrac{1}{5} = 0{\cdot}2$ (transfomation ratio)

प्राथमिक धारा के सापेक्ष द्वितीयक धारा (secondary current)

$$I_2' = KI_2 = 0{\cdot}2 \times 280 = 56 \text{ ऐम्पियर (A)}$$

चित्र 5.17 के सदिशानुसार परिणामित्र की प्राथमिक धारा (primary current)

$$I_1 = \sqrt{\{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0 I_2' \cos(\phi_0 - \phi_2)\}} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{\{(3)^2 + (56)^2 + 2\times 3\times 56\times \cos(78°28' - 36°52')\}}$$

$$= \sqrt{\{9 + 3136 + 336\cos\times(41°36')\}} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \sqrt{\{3145 + 336\times 0{\cdot}7478\}}$$

$$= \sqrt{\{3145 + 251{\cdot}26\}} = \sqrt{\{3396{\cdot}26\}}$$

$$= \mathbf{58{\cdot}28\ A.} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2—एक 440 / 110 V सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर 0·2 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 5 A की निर्भार धारा लेता है। यदि वह 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 120 A की द्वितीयक धारा प्रदान करता है, तो प्राथमिक द्वारा ली गई धारा ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

हल—परिणमन अनुपात $K = \dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{110}{220} = \dfrac{1}{4} = 0{\cdot}25$

प्राथमिक धारा के सापेक्ष, द्वितीयक धारा (secondary current)

$$I_2' = KI_2 = 0{\cdot}25\times 120 = 30 \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक}$$

$\phi_0 = \cos^{-1} 0{\cdot}2 = 78°28'$ तथा $\phi_2 = \cos^{-1} 0{\cdot}8 = 36°52.$

चूँकि $(\phi_0 - \phi_2) = 78°28' - 36°52' = 41°36'$ इसलिए $\cos 41°36' = 0{\cdot}7478$

चित्र 5.15 b के सदिशारेख द्वारा परिणामित्र की प्राथमिक धारा (primary current)

$$I_1 = \sqrt{\{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0 I_2' \cos(\phi_0 - \phi_2)\}} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \sqrt{\{(5)^2 + (30)^2 + 2\times 5\times 30\times \cos(41°36')\}} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \sqrt{(25 + 900 + 300\times 0{\cdot}7478)} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \sqrt{(925 + 224{\cdot}34)} = \sqrt{(1149{\cdot}34)}$$

$$= \mathbf{33{\cdot}9 \approx 34\ A.} \quad \text{उत्तर}$$

Scanned with CamScanner
65 / 235
TECHNICAL CLASSES

5.17. तुल्य प्रतिरोध प्रतिघात तथा प्रतिबाधा (Equivalent resistance, reactance and impedance)

विदित है कि परिणामित्र का परिणमन अनुपात (transformation ratio)

$$K = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{...सम्बन्ध}$$

यहाँ पर

R_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक प्रतिरोध (primary resistance in ohm unit)

X_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक प्रतिघात (primary reactance in ohm unit)

Z_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक प्रतिबाधा (primary impedance in ohm unit)

$$= \sqrt{(R_1^2 + X_1^2)} \text{ ओह्म (ohm)} \quad \text{...सूत्र}$$

R_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक प्रतिरोध (secondary resistance in ohm unit)

X_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक प्रतिघात (secondary reactance in ohm unit)

Z_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक प्रतिबाधा (secondary impedance in ohm unit)

$$= \sqrt{(R_2^2 + X_2^2)} \text{ ओह्म (ohm)} \quad \text{...सूत्र}$$

(A) प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष मान (Values with respect to primary side)

R_2' = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष प्रतिरोध (secondary resistance)

$$\frac{R_2' \text{ के कारण, प्राथमिक पक्ष में वोल्टपात}}{R_2 \text{ के कारण, द्वितीयक पक्ष में वोल्टतापात}} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{I_1 R_2'}{I_2 R_2} = \frac{1}{K} \qquad \left(\because K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}\right)$$

इसलिए $R_2' = R_2 / K^2$ ओह्म (ohm) ...सूत्र

X_2' = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष द्वितीयक प्रतिघात (secondary reactance)

उक्त सिद्धान्त के अनुसार $X_2' = X_2 / K^2$ ...सूत्र

Z_2' = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, द्वितीयक प्रतिबाधा (secondary impedance)

$$= \{(R_2')^2 + (X_2')^2\}^{1/2} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \left\{\left(\frac{R_2}{K^2}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{K^2}\right)^2\right\}^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{1}{K^2}\{R_2^2 + X_2^2\}^{1/2} = Z_2 / K^2 \quad \text{...सूत्र}$$

(B) द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष (Values with respect to secondary side)

R_1'' = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, प्राथमिक प्रतिरोध (primary resistance)

$$\frac{R_1'' \text{ के कारण, द्वितीयक पक्ष में वोल्टतापात}}{R_1 \text{ के कारण, प्रथमिक पक्ष में वोल्टतापात}} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2 R_1'}{I_1 R_1} = K \qquad \left(\because K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}\right)$$

इसलिए $R_1' = K_2 R_1$ ओह्म (ohms) ...सूत्र

X_1'' = ओह्म मात्रक में द्वितीयक के सापेक्ष, प्राथमिक प्रतिघात (primary rectance)

उक्त सम्बन्ध के अनुसार $X_1' = K^2 X_1$ ...सूत्र

Z_1'' = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, प्राथमिक प्रतिबाधा

$$= \{(R_1')^2 + (X_1')^2\}^{1/2} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \{(K^2 R_1)^2 + (K^2 X_1)^2\}^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= K^2 \{R_1^2 + X_1^2\}^{1/2} = K^2 Z_1 \quad \text{...सूत्र}$$

(C) प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल ओमिक मान (total ohmic values)

R_{01} = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिरोध (total resistance)

$$= (R_1 + R_2') = \left(R_1 + \frac{R_2}{K^2}\right) = \frac{1}{K^2}(K^2 R_1 + R_2) = \frac{R_{02}}{K^2}$$

X_{01} = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिघात (total impedance)

$$= (X_1 + X_2') = \left(X_1 + \frac{X_2}{K^2}\right) = \frac{1}{K^2}(K^2 X_1 + X_2) = \frac{X_{02}}{K^2}$$

Z_{01} = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिबाधा (total impededance)

$$= \{(R_{01})\}^2 + \{(X_{01}^2)\}^{1/2} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \left\{\left(\frac{R_{02}}{K^2}\right)^2 + \left(\frac{X_{02}}{K^2}\right)^2\right\}^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{1}{K^2}\{(R_{02})^2 + (X_{02})^2\}^{1/2} = \frac{Z_{02}}{K^2}$$

(D) द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल ओमिक मान (=Total ohmic values)

R_{02} = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिरोध (total resistance)

$$= (R_2 + R_1'') = (R_2 + K^2 R_1) = K^2\left(\frac{R_2}{K^2} + R_1\right) = K^2 R_{01}$$

X_{02} = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिघात

$$= (X_2 + X_1'') = (X_2 + K^2 X_1) = K^2\left(\frac{X_2}{K^2} + X_1\right) = K^2 X_{01}$$

X_{02} = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिबाधा (total unpedance)

$$= \{(R_{02})^2 + (X_{02})^2\}^{1/2} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

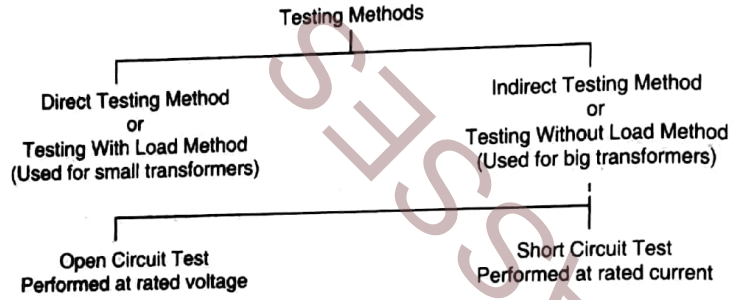
$$= \{(K^2 R_{01})^2 + (K^2 X_{01})^2\}^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= K^2 \{(R_{01})^2 + (X_{01})^2\}^{1/2} = K^2 Z_{01}$$

AKO TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

5.18. परिणामित्र का परीक्षण (Testing of transformer)



परिचय—ट्रांसफॉर्मर का परीक्षण, उसकी कार्यकुशलता अर्थात् निष्पादन (performance) जानने के लिए किया जाता है। इससे ट्रांसफॉर्मर की दक्षता नियमन, हानियाँ $I_\omega, I_\mu, I_0, R_0, X_0, Z_0, R_{01}, X_{01}, Z_{01}$ आदि परिपथ प्राचलों (circuit parameters) का मान ज्ञात होता है। ट्रांसफॉर्मर परीक्षण की निम्नलिखित दो प्रमुख विधियाँ हैं—

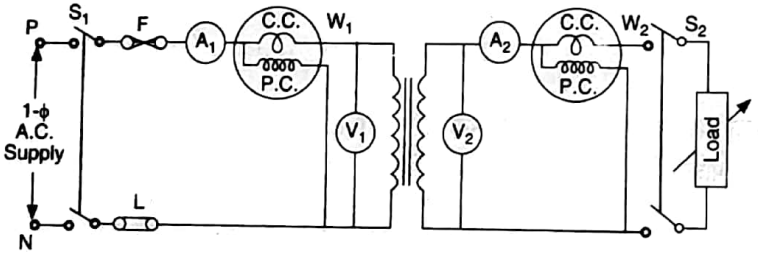
5.18-1. प्रत्यक्ष परीक्षण विधि (direct testing method), जो लघु परिणामित्रों हेतु प्रयोग की जाती है।

5.18-2. अप्रत्यक्ष परीक्षण विधि (indirect testing method), जो दीर्घ परिणामित्रों हेतु प्रयोग की जाती है।

(a) खुलापथ परीक्षण (open circuit testing) (b) ueIegheLe hejer#eCe (short circuit testing)

5.18-1. परिणामित्र की प्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Direct testing method of transformer)

इस विधि में ट्रांसफॉर्मर पर भार को प्रत्यक्ष लगाया जाता है; इसलिए इस विधि का प्रयोग लघु ट्रांसफॉर्मर के लिए ही होता है। दीर्घ ट्रांसफॉर्मर के लिए इस विधि का प्रयोग नहीं होता; क्योंकि उसके लिए अधिक भार की आवश्यकता होती है, जिसकी व्यवस्था कर पाना कठिन है।



चित्र 5.18—प्रत्यक्ष परीक्षण सम्बन्धी परिपथारेख (circuit diagram)।

इस विधि के अन्तर्गत निर्धारित वोल्टता V_1 पर पूर्णभार की अवस्था में ट्रांसफॉर्मर की निवेश शक्ति P_1 तथा निर्गत शक्ति P_2 को क्रमश: प्राथमिक तथा द्वितीयक पक्ष में संलग्न क्रमश: W_1 तथा W_2 वाटमीटरों द्वारा मापा जाता है और फिर द्वितीयक पक्ष में संलग्न वोल्टमीटर V_2 द्वारा निर्भार वोल्टता V_{02} तथा पूर्ण भार वोल्टता V_2 को मापा जाता है। इसके बाद निम्नलिखित सूत्रों द्वारा ट्रांसफॉर्मर की दक्षता तथा नियमन का परिकलन किया जाता है—

परिणामित्र की प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency of transformer)

$$\%\eta = \frac{p_2}{P_1} \times 100$$ ...सूत्र

परिणामित्र का प्रतिशत नियमन (percentage regulation of transformer)

$$\%R = \frac{(V_{02} - V_2)}{V_{02}} \times 100$$ ...सूत्र

5.18-2. परिणामित्र की अप्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Indirect testing method of transformer)

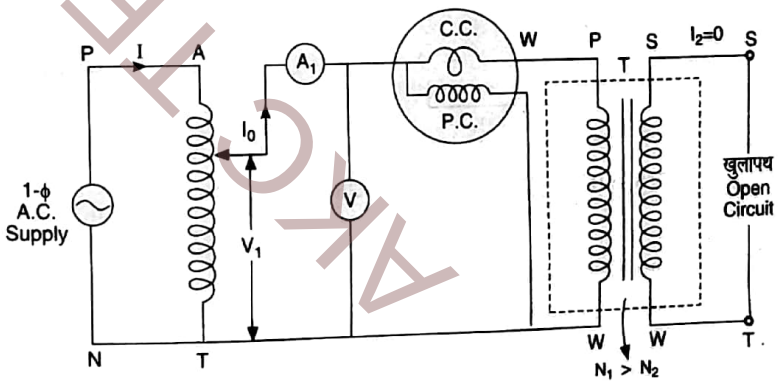
इस विधि में ट्रांसफॉर्मर पर भार लगाने की आवश्यकता नहीं होती; इसलिए इस विधि का प्रयोग दीर्घ ट्रांसफॉर्मर के लिए भी किया जा सकता है। इसमें प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर, क्रमश: धारा, वोल्टता तथा शक्ति को मापा जाता है। इससे $I_\omega, I_\mu, I_0, R_0, X_0, Z_0, R_{01}, X_{01}, Z_{01}$ आदि परिपथ स्थिरांकों (circuit constants) का परिकलन किया जाता है। तत्पश्चात् ट्रांसफॉर्मर की दक्षता तथा नियमन ज्ञात की जाती है। इस विधि के अन्तर्गत निम्नलिखित दो परीक्षण किए जाते हैं—

(i) खुलापथ परीक्षण (Open circuit test)—वह परीक्षण, जिसमें खुलापथ अवस्था में प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर, निर्धारित वोल्टता पर क्रमश: निर्भार धारा, निर्धारित वोल्टता तथा लोह हानियाँ मापी जाती हैं, खुलापथ परीक्षण कहलाता है। इसमें दीर्घ ट्रांसफॉर्मर का प्रयोग (use) प्राय: स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर की तरह किया जाता है। इसका वर्णन आगे किया गया है।

(ii) लघुपथ परीक्षण (Short circuit test)—वह परीक्षण, जिसमें लघुपथ अवस्था में प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर, निर्धारित धारा पर क्रमश: धारा, लघुपथ वोल्टता तथा ताम्र हानियाँ मापी जाती हैं, लघुपथ परीक्षण कहलाता है। इसमें दीर्घ ट्रांसफॉर्मर का प्रयोग प्राय: स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर की तरह किया जाता है। इसका वर्णन भी आगे किया गया है।

5.19. परिणामित्र का खुलापथ परीक्षण (Open circuit test of transformer)

चित्र 5.19 (a) में स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर का खुलापथ परीक्षण सम्बन्धी परिपथ सम्बन्धनारेख प्रदर्शित किया गया है। इस परीक्षण का मुख्य उद्देश्य ट्रांसफॉर्मर की लोह हानियाँ ज्ञात करना है। इसमें मापयन्त्रों की सुविधा (प्राप्यता) के दृष्टिकोण से प्राथमिक पक्ष के न्यून वोल्टता वाले सिरों के आरपार स्थिर आवृत्ति (f) की निर्धारित वोल्टता (V_1) लगाई जाती है और द्वितीयक पक्ष के उच्च वोल्टता वाले सिरों को खुला हुआ छोड़ दिया जाता है। इस प्रकार यह परीक्षण सामान्य निर्धारित वोल्टता (normal rated voltge) पर किया जाता है। प्राथमिक कुण्डलन को पूर्ण निर्धारित प्रदायी वोल्टता (full rated supply voltage) मिलने के कारण लोह क्रोड में संतृप्त फ्लक्स उत्पन्न होता है, जो पूर्ण चुम्बकन (magnetisation) उत्पन्न करता है। फलत: दोनो कुण्डलनों में पूर्ण प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न होता है; इसलिए इस स्थिति में पूर्ण लोह हानियाँ प्राप्त होती हैं, जिन्हें क्रोड हानियाँ,चुम्बकन हानियाँ, स्थिर हानियाँ आदि नामों से भी जाना जाता है, जो भँवर-धारा हानियों तथा शैथिल्य हानियों के योग के तुल्य होती हैं।



चित्र 5.19 (a)—स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर के खुले पथ परीक्षण का परिपथ सम्बन्धनारेख।

Scanned with CamScanner
67 / 235
AKOTH TECHNICAL CLASSES

दूसरी ओर खुलापथ होने के कारण, द्वितीयक कुण्डलन में धारा का मान शून्य ($I_2 = 0$) होता है; इसलिए द्वितीयक कुण्डलन में ताम्र हानियों का मान भी शून्य होता है। इस स्थिति में प्राथमिक कुण्डलन में प्रवाहित निर्भार धारा का मान, पूर्णभार धारा के पाँच प्रतिशत मान से भी कम होता है, जो अतिकम है। इससे प्राथमिक कुण्डलन में होने वाली ताम्र हानियों का मान पूर्णभार धारा पर होने वाली ताम्र हानियों के मान का 1/400वें भाग से भी कम हो जाता है, जो सदैव नगण्य होता है। इस प्रकार के खुलापथ परीक्षण में केवल लोह हानियाँ प्रभावी होती हैं, जिन्हें प्रत्यक्ष वाटमीटर W द्वारा मापा जाता है। चूँकि यहाँ पर ट्रांसफॉर्मर का निर्गत, शून्य है; इसलिए ट्रांसफॉर्मर का निविष्ट ही लोह हानियों के तुल्य होगा।

प्रेक्षण तथा परिकलन (Observations and calculations)

I_0 = ऐम्पियर मात्रक में धारामापी A का पाठ्यांक (reading of ammeter)
= निर्भार पर प्राथमिक धारा (primary current on no-load)
V_1 = वोल्ट मात्रक में वोल्टमापी V का पाठ्यांक (reading of voltmeter)
= निर्धारित प्राथमिक वोल्टता (rated primary voltage)
$= I_0 Z_0$ वोल्ट (volt) ...सूत्र
$\therefore \quad Z_0 = V_1 / I_0$ ओह्म (ohm) ...(परिकलन हेतु सूत्र)
W_i = वाट मात्रक में वाटमापी W का पाठ्यांक (reading of wattmeter)
= सम्पूर्ण लोह हानियाँ (total iron losses)
= कुल निविष्ट शक्ति (total input power)
$= V_1 I_0 \cos\phi_0$ वाट (watt) ...सूत्र

$\therefore \quad \cos\phi_0 = W_i / V_1 I_0$ (परिकलन हेतु सूत्र)

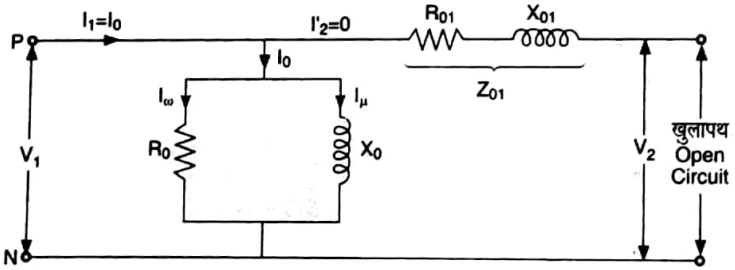
$\therefore \quad \sin\phi_0 = \sqrt{(1-\cos^2\phi_0)}$ (परिकलन हेतु सूत्र)

$I_\omega = I_0 \cos\phi_0 = W_i / V_1$ ऐम्पियर (A) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = I_0 \times \sqrt{(1-\cos^2\phi)}$ ऐम्पियर (A) (परिकलन हेतु सूत्र)

चुम्बकन प्रतिरोध (magnetizing resistance)

$R_0 = V_1 / I_\omega = V_1 / I_0 \cos\phi_0$; ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)



चित्र 5.19 (b)—खुलापथ परीक्षण की स्थिति में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष ट्रांसफॉर्मर का तुल्य वैद्युत परिपथ

चुम्बकन प्रतिघात (magnetizing reactance)

$X_0 = V_1 / I_\mu = V_1 / I_0 \sin\phi_0$; ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

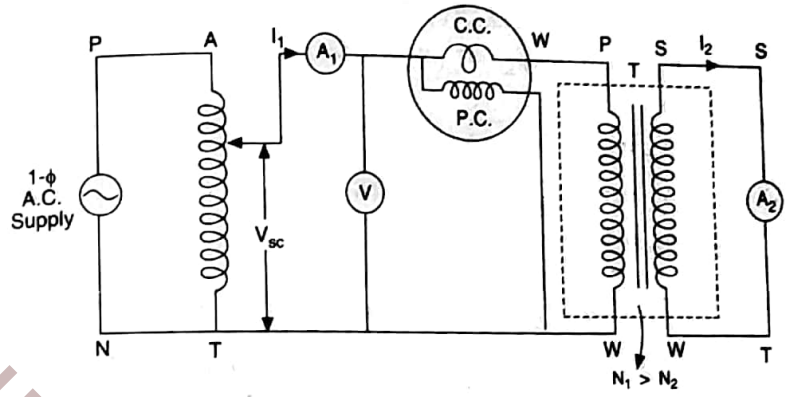
चुम्बकन प्रतिबाधा (magnetizing impedance)

$Z_0 = V_1 / I_0 = V_1 / \sqrt{(I^2\omega + I^2\mu)}$; ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

5.20. परिणामित्र का लघुपथ परीक्षण (Short circuit test of transformer)

चित्र 5.20. में स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर का लघुपथ परीक्षण सम्बन्धी परिपथ सम्बन्धनारेख प्रदर्शित किया गया है। इस परीक्षण का मुख्य उद्देश्य ट्रांसफॉर्मर की ताम्र हानियाँ ज्ञात करना है। इस परीक्षण में द्वितीयक पक्ष के न्यून वोल्टता सिरों को एक ऐमीटर A_2 द्वारा लघुपथित कर दिया जाता है और प्राथमिक पक्ष के उच्च वोल्टता सिरों के आरपार, एक ऑटोट्रांसफॉर्मर द्वारा अतिकम वोल्टता (निर्धारित वोल्टता की 5 प्रतिशत से लेकर 10 प्रतिशत तक की वोल्टता) प्रदान की जाती है। ऑटोट्रांसफॉर्मर द्वारा प्रदायी वोल्टता धीरे-धीरे तब तक बढ़ाई जाती है, जब तक कि दोनों कुण्डलनों में पूर्णभार-धारा प्रवाहित होने लगे। इसे सम्बन्धित ऐमीटरों द्वारा मापा व जाँचा जा सकता है।

चूँकि इस परीक्षण में ट्रांसफॉर्मर को अतिकम प्रदायी वोल्टता प्रदान की जाती है इसलिए इसके लोह-क्रोड में वोल्टता के अनुपात ही में अतिकम फ्लक्स उत्पन्न होता है, जो अतिकम लोह हानियाँ उत्पन्न करता है। इन्हें ताम्र हानियों की अपेक्षा, नगण्य कर दिया जाता है। इस स्थिति में ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलन में निर्धारित पूर्णभार-धारा प्रवाहित होती है; इसलिए ट्रांसफॉर्मर की दोनों कुण्डलनों में पूर्णभार की ताम्र हानियाँ उत्पन्न होती हैं। इन्हें सम्बद्ध वाटमीटर W द्वारा मापा जाता है। चूँकि ट्रांसफॉर्मर का निर्गत, शून्य होता है; इसलिए ट्रांसफॉर्मर में होने वाली कुल हानियाँ, निविष्ट के तुल्य होती हैं।



चित्र 5.20—ट्रांसफॉर्मर का शॉर्ट सर्किट टेस्ट सम्बन्धी सर्किट डायग्राम।

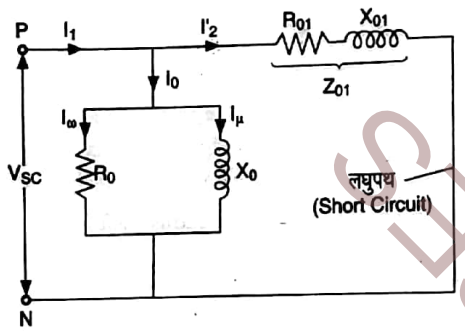
प्रेक्षण तथा परिकलन (Observations and calculations)

I_1 = ऐम्पियर मात्रक में धारामापी A_1 का पाठ्यांक (reading of ammeter)
= निर्धारित प्राथमिक धारा (rated primary current)
V_{se} = वोल्ट मात्रक में वोल्टमापी V का पाठ्यांक (reading of voltmeter)
= प्राथमिक प्रदायी वोल्टता (primary supply voltage)
$= I_1 Z_{01}$ वोल्ट (volt) मात्रक ...सूत्र

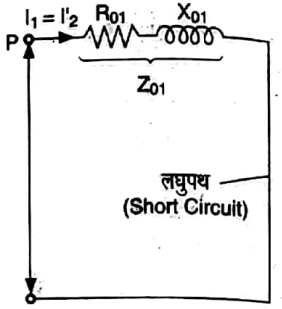
$\therefore \quad Z_{01} = V_{se} / I_1$ ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

W_{cu} = वाट मात्रक में वाटमापी W का पाठ्यांक (reading of wattmeter)
= सम्पूर्ण ताम्र हानियाँ (total copper losses)
= कुल निविष्ट शक्ति (total input power)
$= V_{sc} I_1 \cos\phi_{sc}$ वाट (watt) मात्रक ...सूत्र
$= I_1 Z_{01} \times I_1 \times R_{01} / Z_{01}$ (हल करने पर)
$= I_1^2 R_{01}$ वाट (W) मात्रक ...सूत्र

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
68 / 235



चित्र 5.21 (a)—चुम्बकन परिपथ सहित लघुपथ तुल्यपथ।



चित्र 5.21 (b)—लघुपथ तुल्यपथ नगण्य चुम्बकन परिपथ।

$\therefore$ $R_{01} = W_{cu} / I_1^2$ ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

$\therefore$ $X_{01} = \sqrt{(Z_{01}^2 - R_{01}^2)}$ ओह्म (Ω) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

चूँकि $W_{cu} = V_{sc} I_1 \cos\phi_{sc}$ वाट (W) मात्रक

इसलिए $\cos\phi_{sc} = W_{cu} / V_{sc} I_1$ (परिकलन हेतु सूत्र)

इसलिए $\sin\phi_{sc} = \sqrt{(1 - \cos^2\phi_{sc})}$ (परिकलन हेतु सूत्र)

इसलिए $I_1 \cos\phi_{sc} = W_{cu} / V_{sc}$ ऐम्पियर (A) मात्रक (परिकलन हेतु सूत्र)

इसलिए $I_1 \sin\phi_{sc} = I_1 \sqrt{(1 - \cos^2\phi_{sc})}$ ऐम्पियर (A) (परिकलन हेतु सूत्र)

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—प्रत्यक्ष परीक्षण द्वारा परीक्षित एक परिणामित्र 100 kW के पूर्णभार पर 400 V की सिरावोल्टता (terminal voltage) रखता है। भार हटाने पर सिरावोल्टता 417 V हो जाती है। यदि यह पूर्णभार पर 103 kW का निवेश लेता हो, तो इसकी प्रतिशत दक्षता तथा प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $P_0 = 100\,\text{kW}$, $P_{in} = 103\,\text{kW}$, $V_{02} = 417V$, $V_2 = 400V$, $\eta = ?$, $R = ?$

प्रतिशत दक्षता $\%\eta = \dfrac{P_0}{P_{in}} \times 100 = \dfrac{100}{103} \times 100 = 97$ **प्रतिशत** उत्तर

प्रतिशत वोल्टता नियमन $\%\,V.R. = \dfrac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100$ (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{(417 - 400)}{417} \times 100 = 4$ **प्रतिशत** उत्तर

उदाहरण 2—एक 5 kVA, 220/440 V, 50 Hz सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के परीक्षण पर निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए—

खुलापथ परीक्षण– 220 V, 0.8 A, 80 W (At L.V. side)

लघुपथ परीक्षण– 12 V, 11.36 A, 100 W (At H.V. side)

समस्त प्राचलों (parameters) अर्थात् स्थिरांकों (constants) को परिकलित (calculate) करके, उन्हें तुल्यपथ (equi valent circuit) पर दर्शाइए। ट्रांसफॉर्मर की (a) दक्षता तथा (b) वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है kVA = 5, $V_1 = 220\,\text{V}$, $V_2 = 440\,\text{V}$, $I_0 = 0{\cdot}8\,\text{A}$, $W_i = 80\,\text{W}$, $V_{sc} = 12\,\text{V}$, $I_{sc} = 11{\cdot}36\,\text{A}$, $W_{cu} = 100\,\text{W}$, $f = 50$

परिणमन अनुपात $K = \dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{440}{220} = 2$

$V_1 I_1 = V_2 I_2 = \text{kVA} \times 1000 = 5 \times 1000 = 5000$

$I_2 = \dfrac{\text{kVA} \times 1000}{V_2} = \dfrac{5 \times 1000}{440} = 11{\cdot}36\,A$ (rated)

खुलापथ परीक्षण (open circuit test) से—

$\because$ निविष्ट वैद्युत शक्ति = वाटमापी पाठ्यांक

अर्थात् $V_1 I_0 \cos\phi_0 = W_i$ (मानक सूत्र द्वारा)

इसलिए $\cos\phi_0 = \dfrac{W_i}{V_1 I_0} = \dfrac{80}{220 \times 0{\cdot}8} = 0{\cdot}4545$ व $\sin\phi_0 = 0{\cdot}8910$

इसलिए $I_\omega = I_0 \cos\phi_0 = 0{\cdot}8 \times 0{\cdot}4545 = 0{\cdot}3636\,\text{A}$

तथा $I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = 0{\cdot}8 \times 0{\cdot}8910 = 0{\cdot}7128\,\text{A}$

अत: $R_0 = \dfrac{V_1}{I_\omega} = \dfrac{220}{0{\cdot}3636} = 605{\cdot}06$ ओह्म (Ω) मात्रक

व $X_0 = \dfrac{V_1}{I_\mu} = \dfrac{220}{0{\cdot}7128} = 308{\cdot}64$ ओह्म (Ω) मात्रक

तथा $Z_0 = \dfrac{V_1}{I_0} = \dfrac{220}{0{\cdot}8} = 275$ ओह्म (Ω) मात्रक

लघुपथ परीक्षण (short circuit test) से—

$Z_{02} = \dfrac{V_{sc}}{I_{sc}} = \dfrac{12}{11{\cdot}36} = 1{\cdot}056$ ओह्म (Ω) मात्रक

$R_{02} = \dfrac{W_{cu}}{I^2_{sc}} = \dfrac{100}{(11{\cdot}36)^2} = 0{\cdot}7746$ ओह्म (Ω) मात्रक

$X_{02} = \sqrt{(Z^2_{02} - R^2_{02})} = \sqrt{\{(1{\cdot}056)^2 - (0{\cdot}7746)^2\}} = 0{\cdot}7177$ ओह्म (Ω) ओम

$Z_{01} = \dfrac{Z_{02}}{K^2} = \dfrac{1{\cdot}056}{(2)^2} = \dfrac{1{\cdot}056}{4} = 0{\cdot}246$ ओह्म (Ω) मात्रक

$R_{01} = \dfrac{R_{02}}{K^2} = \dfrac{0{\cdot}7746}{(2)^2} = \dfrac{0{\cdot}7746}{4} = 0{\cdot}19365$ ओह्म (Ω) मात्रक

$X_{01} = \dfrac{X_{02}}{K^2} = \dfrac{0{\cdot}7177}{(2)^2} = \dfrac{0{\cdot}7177}{4} = 0{\cdot}179425$ ओह्म (Ω)

इसका तुल्यपथ चित्र 5.21 (a) के समान ही होगा।

(ii a) 0·8 शक्तिगुणक पर ट्रांसफॉर्मर की प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency)

$\%\eta = \dfrac{\text{kVA} \times \cos\phi}{(\text{kVA} \times \cos\phi) + W_i + W_{cu}} \times 100$ (मान रखने पर)

KTU TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
69 / 235

चूँकि परीक्षण से प्राप्त द्वितीयक की लघुपथ धारा तथा परिकलित निर्धारित धारा दोनों समान ($I_{sc} = I_2$) हैं; इसलिए ताम्र हानियाँ (W_{cu}) समान होंगी।

$$\% \eta = \frac{5\times1000\times0\cdot8}{(5\times1000\times0\cdot8)+80+100}\times100 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{4000\times100}{4000+180} = \frac{4000\times100}{4180} = \mathbf{95\cdot7 \text{ प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

(ii b) चूँकि $\cos\phi = 0\cdot8$ है; इसलिए $\sin\phi = 0\cdot6$ होगा।

द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष ट्रांसफॉर्मर में कुल वोल्टतापात (voltage drop)

$$(V_{02} - V_2) = I_2(R_{02}\cos\phi + X_{02}\sin\phi) \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= 11\cdot36(0\cdot7746\times0\cdot8 + 0\cdot7177\times0\cdot6) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= 11\cdot36(0\cdot61968 + 0\cdot43062)$$

$$= 11\cdot36\times1\cdot0503 = 11\cdot9314 \text{ वोल्ट (V) मात्रक}$$

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन} = \frac{v_{02} - V_2}{V_{02}}\times100 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{11\cdot9394}{440}\times100 = \mathbf{2\cdot712 \text{ प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक 10 kVA, 2500 V, 50 Hz, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर निम्नलिखित आँकड़े प्रदान करता है—

खुलापथ परीक्षण (निम्न वोल्टता की ओर)– 250 V, 0·8A, 50 W

लघुपथ परीक्षण (उच्च वोल्टता की ओर)– 60 V, 3A, 45 W

पूर्णभार तथा 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर दक्षता ज्ञात कीजिए और उस भार को भी परिकलित कीजिए, जिस पर दक्षता उच्चतम होगी।

हल—दिया है $V_1 = 250\text{V}, \quad V_2 = 2500\text{V}, \quad \text{kVA} = 10,$

$$V_1I_1 = V_2I_2 = \text{kVA}\times1000 = 10\times1000 = 10000$$

पूर्णभार पर परिणामित्र की द्वितीयक धारा (secondary current)

$$I_1 = \frac{\text{kVA}\times1000}{V_2} = \frac{10\times1000}{2500} = 4 \text{ ऐम्पियर (A)}$$

पूर्णभार–धारा 4 A पर ताम्र हानियाँ (copper losses)

$$W_{cu} = \left(\frac{I_2}{I_{sc}}\right)^2\times W_{sc} = \left(\frac{4}{3}\right)^2\times45 = \frac{16\times45}{9} = 80\text{W}$$

∴ पूर्णभार तथा 0·8 शक्तिगुणक पर परिणामित्र की प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency)

$$\% \eta = \frac{\text{kVA}\times\cos\phi}{\text{kVA}\times\cos\phi + W_i + W_{cu}}\times100 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{10\times1000\times0\cdot8}{10\times1000\times0\cdot8+50+80}\times100 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

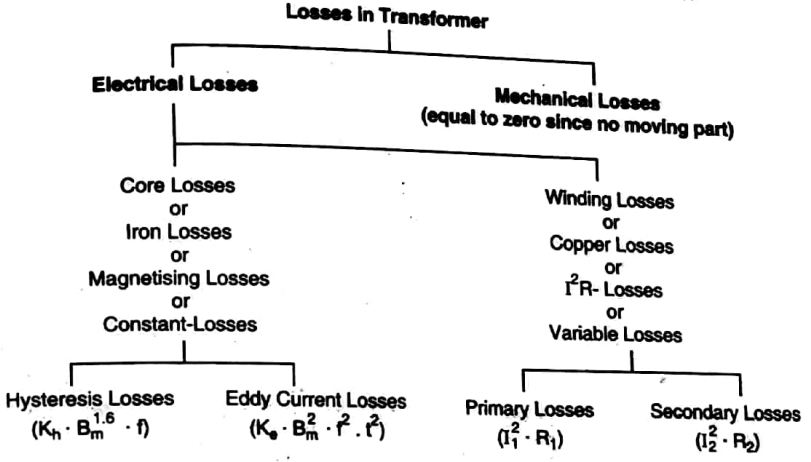
$$= \frac{8000}{8000+130}\times100 = \frac{8000}{8130}\times100 = \mathbf{98.4 \text{ प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

परिणामित्र की उच्चतम दक्षता के लिए भार (load for high efficiency)

$$(\text{kVA})_l = (\text{kVA})_{f.l.}\times\sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= 10\times\sqrt{\left(\frac{50}{80}\right)} = 10\times0\cdot7905 = \mathbf{7\cdot905 \text{ kVA}} \qquad \text{उत्तर}$$

5.21. परिणामित्र में हानियाँ (Losses in transformer)

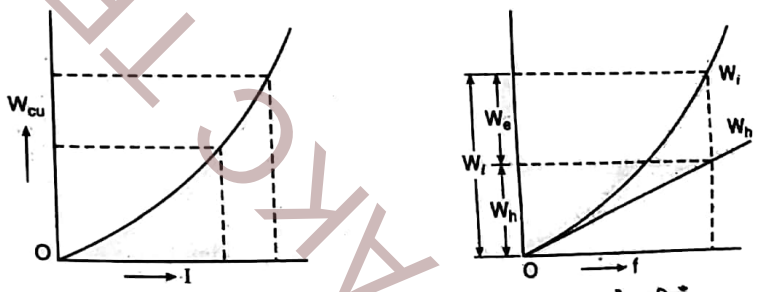


5.22. लोह हानियाँ (Iron losses)

ट्रांसफॉर्मर के क्रोड को लोहे की पटलित पत्तियों से बनाया जाता है; इसलिए इसमें होने वाली वैद्युत हानियों को लोह हानियाँ कहते हैं। चूँकि लोहा एक सबल चुम्बकीय पदार्थ है इसलिए इन हानियों को चुम्बकन हानियाँ कहते हैं। लोह हानियाँ, निर्भार से पूर्णभार तक एकसमान रहती हैं, अर्थात् परिवर्तित नहीं होती हैं; इसलिए इन्हें स्थिर हानियाँ भी कहते हैं। लोह हानियाँ निम्नलिखित दो प्रकार की होती हैं—

(i) भँवर–धारा हानियाँ (eddy current losses)

(ii) शैथिल्य हानियाँ (hysterisis losses)



चित्र 5.22—वैद्युत-शक्ति हानियों की निर्भरता।

AKC THERMICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
70 / 235

5.23. भँवर-धारा हानियाँ (Eddy current losses)

ट्रांसफॉर्मर के लोह-क्रोड में प्रत्यावर्ती फ्लक्स के प्रभाव से प्रेरित भँवर-धाराओं के कारण, उत्पन्न ताप में व्यय वैद्युत शक्ति को भँवर-धारा हानियाँ अर्थात् एडी-करेन्ट लोसज कहते हैं, जो ऊष्मा के रूप में लोह क्रोड से विसरित (dissipate) होती हैं। व्यावहारिक रूप से भँवर-धारा हानियों का परिकलन निम्नलिखित सूत्र से होता है—

$$W_e = K_e . B^2{}_m . f^2 . t^2 . V \text{ वाट (जूल प्रति सेकण्ड)}$$

यहाँ पर
W_e = वाट मात्रक में भँवर-धारा हानियाँ (eddy current losses)
B_m = वेबर प्रति वर्ग मीटर मात्रक में अधिकतम फलक्स-घनत्व (flux density)
f = चक्र प्रति सेकण्ड या हर्ट्ज मात्रक में प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency)
t = मीटर मात्रक में एक लोह पत्ती की मोटाई (thickness of iron strip)
V = घन मीटर मात्रक में पटलित क्रोड का आयतन (volume of core)
K_e = भँवर-धारा स्थिरांक (eddy current constant)

उक्त सूत्र से स्पष्ट है कि भँवर-धारा हानियों का मान अधिकतम फ्लक्स (B_m), प्रदायी आवृत्ति (f), क्रोड पत्ती की मोटाई (t) तथा क्रोड के आयतन (V) पर निर्भर करता है। इसलिए भँवर-धारा हानियों का मान कम करने के लिए ट्रांसफॉर्मर के क्रोड को वार्निश (coated) की हुई सिलिकॉन स्टील की पत्तियों से पटलित तथा लघु आकार का बनाया जाता है।

5.24. 'शैथिल्य या मंदायन', हानियाँ (Hysterisis losses)

ट्रांसफॉर्मर के लोह क्रोड का प्रत्यावर्ती फ्लक्स के प्रभाव से बारम्बार चुम्बकित, विचुम्बकित तथा विपरीत चुम्बकित होने से उत्पन्न ताप में व्यय वैद्युत शक्ति को हिस्टेरिसिस लॉसज कहते हैं, जो ट्रांसफॉर्मर के क्रोड से ऊष्मा के रूप में विसरित (dissipate) होती हैं। व्यावहारिक रूप में शैथिल्य हानियों का परिकलन निम्नलिखित सूत्र से होता है—

$$W_h = K_h . B_m^{1.6} . f . V \text{ वाट (W) मात्रक (जूल प्रति सेकण्ड)}$$

यहाँ पर
W_h = वाट मात्रक में शैथिल्य हानियाँ (hysterisis losses)
B_m = वेबर प्रति वर्ग मीटर मात्रक में अधिकतम फलक्स-घनत्व
f = चक्र प्रति सेकण्ड या हर्ट्ज में प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति
V = घन मीटर मात्रक में लोह क्रोड का आयतन (volume)
K_h = स्टनमेट्ज का शैथिल्य स्थिरांक (hysterisis constant)

उक्त सूत्र से स्पष्ट है कि शैथिल्य हानियों का मान अधिकतम फ्लक्स-घनत्व (B_m), प्रदायी आवृत्ति (f) तथा लोहक्रोड के आयतन (V) पर निर्भर करता है।

5.25. ताम्र हानियाँ अर्थात् कॉपर लोसज (Copper losses)

ट्रांसफॉर्मर की 'प्राथमिक तथा द्वितीयक' दोनों कुण्डलनें प्राय: ताम्र-तार की कुण्डलियों से बनी होती हैं; इसलिए इसमें होने वाली वैद्युत हानियों को ताम्र हानियाँ कहते हैं। इन धारावाही ताम्र-तार की कुण्डलियों में जूल के नियमानुसार, उत्पादित ऊष्मा ($h \alpha i^2 r$) की ताम्र हानियों का रूप होता है; इसलिए इन्हें $i^2 r$-हानियाँ भी कहते हैं। इन हानियों का मान, भार-धारा के वर्ग (i^2) तथा कुण्डलन के प्रतिरोध (r) पर निर्भर करता है और विभिन्न वैद्युत भारों पर भार-धारा का मान भिन्न-भिन्न होने के कारण, इनका मान भी पृथक्-पृथक् होता है; इसलिए इन्हें परिवर्तनीय हानियाँ भी कहते हैं।

5.26. परिणामित्र में कुल ताम्र हानियों का परिकलन अर्थात् गणना (Calculation of total copper losses in transformer)

ट्रांसफॉर्मर की 'प्राथमिक तथा द्वितीयक', कुण्डलनों में होने वाली ताम्र हानियों के योग को ट्रांसफॉर्मर की कुल ताम्र हानियाँ कहते हैं। इनका परिकलन 'प्राथमिक तथा द्वितीयक' पक्षों के सापेक्ष, निम्न प्रकार से किया जा सकता है—

(a) प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष कुल ताम्र हानियों का परिकलन (calculation)—

कुल ताम्र हानियाँ = प्राथमिक ताम्र हानियाँ + द्वितीयक ताम्र हानियाँ

$$W_{cu} = \{I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2\} \text{ वाट (W)}$$

$$W_{cu} = \left\{ I_1^2 R_1 + \left(\frac{N_1 I_1}{N_2}\right)^2 R_2 \right\} \quad (\because N_1 I_1 = N_2 I_2)$$

$$\therefore \quad W_{cu} = I_1^2 \left\{ R_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_2 \right\} \quad (\because I_1^2 \text{ is common})$$

$$\therefore \quad W_{cu} = I_1^2 \left\{ R_1 + \left(\frac{1}{K}\right)^2 R_2 \right\} \quad (\because N_2 / N_1 = K)$$

$$\therefore \quad W_{cu} = I_1^2 \{R_1 + R_2'\} \quad (\because R_2 / K^2 = R_2')$$

$$\therefore \quad W_{cu} = I_1^2 R_{01} \quad (\because R_1 + R_2 = R_{01})$$

यहाँ पर

I_1 = ऐम्पियर मात्रक में ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक धारा (primary current)

R_{01} = ओह्म मात्रक में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिरोध

(b) द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल ताम्र हानियों का परिकलन (calculation)

कुल ताम्र हानियाँ = प्राथमिक ताम्र हानियाँ + द्वितीयक ताम्र हानियाँ

$$W_{cu} = \{I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2\} \text{ वाट} \quad (\because I_1 N_1 = I_2 N_2)$$

$$\therefore \quad W_{cu} = \left\{ \left(\frac{I_2 N_2}{N_1}\right)^2 R_1 + I_2 R_2 \right\} \quad (\because I_1^2 \text{ is common})$$

$$= I_2^2 \left\{ \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 R_1 + R_2 \right\} \quad (\because N_2 / N_1 = K)$$

$$= I_2^2 \{K^2 R_1 + R_2\} \quad (\because K^2 R_1 = R_1'')$$

$$= I_2^2 \{R''_1 + R_2\}, \quad (\because R_1'' + R_2 = R_{01})$$

$$W_{cu} = I_2^2 R_{02},$$

यहाँ पर—

I_2 = ऐम्पियर मात्रक के ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक धारा (secondary current of a transformer)

R_{02} = ओह्म मात्रक में द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिरोध (total resistance)

5.27. परिणामित्र में कुल हानियों का परिकलन या गणना (Calculation of total losses in a transformer)

ट्रांसफॉर्मर की लोह हानियों तथा ताम्र हानियों के योग को ट्रांसफॉर्मर की कुल हानियाँ कहते हैं। ट्रांसफॉर्मर की लोह हानियाँ सदैव स्थिर रहती हैं, जबकि ताम्र हानियाँ परिवर्तनीय होती हैं; क्योंकि ताम्र हानियाँ, धारा के वर्ग के समानुपाती होती है और धारा, भार के समानुपाती होती है। अर्थात् भार के बढ़ने से धारा बढ़ती है और भार के घटने से धारा घटती है। इस प्रकार विभिन्न भारों पर ताम्र हानियों का मान भिन्न-भिन्न होता है, जबकि लोह हानियों का मान निर्भार से पूर्णभार व अतिभार तक एक-समान अर्थात् स्थिर रहता है। उदाहरण के लिए माना कि पूर्णभार पर लोह हानियों तथा ताम्र हानियों के मान क्रमश: W_i तथा W_{cu} हैं; तब—

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
71 / 235

(a) पूर्णभार (full load) पर कुल हानियाँ (total losses) $= W_i + W_{cu}$

(b) अर्द्धभार (half load) पर कुल हानियाँ (total losses) $= W_i + \frac{1}{4} W_{cu}$

(c) दोगुना अतिभार पर कुल हानियाँ (total losses) $= W_i + 4W_{cu}$

(d) निर्भार (no-load) पर कुल हानियाँ (total losses) $= W_i + \text{zero}(0)$

5.28. परिणामित्र की प्रतिशत दक्षता (Percentage efficiency of a transformer)

निश्चित वैद्युत भार तथा शक्तिगुणक पर ट्रांसफॉर्मर की निर्गत शक्ति तथा निविष्ट शक्ति के अनुपात को ट्रांसफॉर्मर की दक्षता कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है, जिसे η प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात् सूत्र रूप में—

$$\% \eta = \frac{\text{निर्गत शक्ति (output power)}}{\text{निविष्ट शक्ति (input power)}} \times 100$$

$$\% \eta = \frac{\text{निर्गत शक्ति}}{\text{निर्गत शक्ति + कुल हानियाँ}} \times 100$$

$$\% \eta = \frac{\text{निर्गत शक्ति}}{\text{निर्गत शक्ति + लोह हानियाँ + ताम्र हानियाँ}} \times 100$$

पूर्णभार पर प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency at full load)

$$\% \eta = \frac{V_2 I_2 \cos \phi_2}{V_2 I_2 \cos \phi_2 + W_i + W_{cu}} \times 100$$

अर्द्धभार पर प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency at half load)

$$\% \eta = \frac{\frac{1}{2} V_2 I_2 \cos \phi_2}{\frac{1}{2} V_2 I_2 \cos \phi_2 + W_i + \frac{1}{4} W_{cu}} \times 100$$

दो-तिहाई भार पर प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency at two-third load)

$$\% \eta = \frac{\frac{2}{3} V_2 I_2 \cos \phi_2}{\frac{2}{3} V_2 I_2 \cos \phi_2 + W_i + \frac{4}{9} W_{cu}} \times 100$$

टिप्पणी (Note)—प्राय: $\cos \phi_2 = \cos \phi =$ Load P.F.

सावधानियाँ (Precautions) :

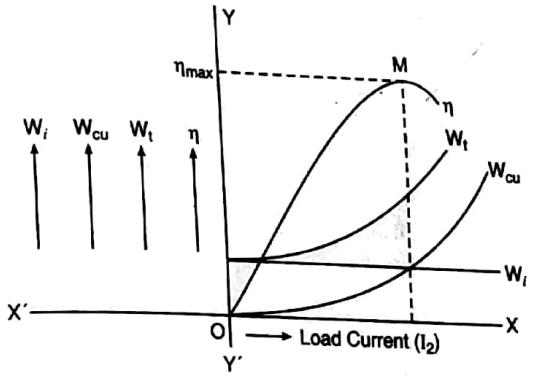
ट्रांसफॉर्मर की दक्षता ज्ञात करते समय, निम्नलिखित कारणों का विशेष रूप से ध्यान रखना चाहिए—

(i) अंश तथा हर की मात्रकें (units) एकरूप (identical) होनी चाहिएँ।

(ii) ट्रांसफॉर्मर में लोह हानियाँ सभी भारों पर स्थिर रहती हैं, जिन्हें W_i प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

(iii) ट्रांसफॉर्मर में ताम्र हानियाँ भार-धारा के वर्ग (I^2) के समानुपाती होती हैं, जिन्हें W_{cu} प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं, अत: सम्बन्ध रूप में—

$$W_{cu} \alpha I^2 \; a(VA)^2 \qquad \text{or} \qquad (\text{kVA})^2 \text{ or } (MVA)^2$$



चित्र 5.23—निष्पादन वक्र (performance curves)।

(iv) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, किसी निश्चित भार (kVA) पर निश्चित शक्तिगुणक ($\cos \phi$) के लिए ज्ञात की जाती है।

(v) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, प्राय: प्रतिशत (percentage) में व्यक्त (represent) की जाती है।

(vi) ट्रांसफॉर्मर की प्रतिशत दक्षता, सदैव सौ (hundred) से कुछ कम (less) होती है।

(vii) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, समान शक्तिगुणक ($\cos \phi$) के लिए अन्य भारों की अपेक्षा, पूर्णभार पर अधिक होती है।

(viii) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, समान भार पर अन्य शक्तिगुणकों ($\cos \phi$) की अपेक्षा, इकाई शक्तिगुणक (unit p.f.) के लिए अधिक होती है।

(ix) ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता की शर्त (condition), लोह हानियों तथा ताम्र हानियों का समान होना है। अर्थात् $W_i = W_{cu}$ for maximun efficiency of a transformer.

(x) प्रस्तुत दक्षता को सामान्य दक्षता (normal efficiemcy), व्यावसायिक दक्षता (commercial efficiency) के नामों से भी जाना जाता है।

(xi) घूर्णी यन्त्रों (rotating machines) की अपेक्षा, ट्रांसफॉर्मर की दक्षता उच्च (high) होती है।

5.29. व्यावसायिक दक्षता का अनुप्रयोग (Applications of commercial efficiency)

इसका प्रयोग लगभग सभी सामान्य ट्रांसफॉर्मरों के लिए होता है, जो प्राय: स्थिर पूर्णभार (constant full load) पर कार्य करते हैं; जैसे ट्रांसमिशन ट्रांसफॉर्मर, फर्नेस ट्रांसफॉर्मर, वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर आदि।

5.30. परिणामित्र की उच्चतम दक्षता के लिए प्रतिबन्ध या शर्त (Condition for maximum efficiency of a transformer)

(i) प्रथम विधि अर्थात् सैद्धान्तिक विधि—विदित है कि ट्रांसफॉर्मर की दक्षता (efficiency)

$$\eta = \frac{\text{निर्गत शक्ति (output power)}}{\text{निविष्ट शक्ति (input power)}}$$

$$= \frac{\text{निविष्ट शक्ति - कुल हानियाँ}}{\text{निविष्ट शक्ति}}$$

$$= \left\{ 1 - \frac{\text{कुल हानियाँ (total losses)}}{\text{निविष्ट शक्ति (input power)}} \right\}.$$

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
72/235

उक्त सूत्र से स्पष्ट है कि ट्रांसफॉर्मर की उच्चतम दक्षता के लिए कुल हानियाँ तथा निविष्ट शक्ति का अनुपात (ratio) शून्य होना चाहिए; इसलिए अनुपात को शून्य रखने पर

$$\frac{\text{कुल हानियाँ (total losses)}}{\text{निविष्ट शक्ति (input power)}} = \text{शून्य (zero)}$$

इसलिए कुल हानियाँ (input power) = शून्य (zero)

अर्थात् लोह हानियाँ + ताम्र हानियाँ = शून्य (zero)

अथवा लोह हानियाँ W_i = ताम्र हानियाँ (W_{cu})

टिप्पणी (Note)—चूँकि किसी भी यन्त्र में किसी भी प्रकार की हानियाँ शून्य से कम नहीं हो सकती हैं; इसलिए यहाँ पर ऋणात्मक चिह्न निरर्थक (meaningless) है।

(ii) द्वितीय विधि अर्थात् अवकलन विधि—उक्त सूत्र से स्पष्ट है कि ट्रांसफॉर्मर की दक्षता (efficiency)

$$\eta = \left\{1 - \frac{\text{कुल हानियाँ (total losses)}}{\text{निविष्ट शक्ति (input power)}}\right\} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\eta = \left\{1 - \left(\frac{W_i + I_1^2 R_{01}}{V_1 I_1 \cos\phi_1}\right)\right\} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$\eta = 1 - \frac{W_i}{V_1 I_1 \cos\phi_1} - \frac{I_1 R_{01}}{V_1 \cos\phi_1}$$

उक्त समीकरण को I_1 के सापेक्ष, अवकलित (differentiated) करने पर

$$\frac{d\eta}{dI_1} = 0 + \frac{W_i}{V_1 I_1^2 \cos\phi_1} - \frac{R_{01}}{V_1 \cos\phi_1}$$

चूँकि उच्चतम दक्षता के लिए $d\eta / dI_1$ का मान शून्य (zero) होता है;

इसलिए $$\frac{W_i}{V_1 I_1^2 \cos\phi_1} - \frac{R_{01}}{V_1 \cos\phi_1} = \text{शून्य (zero)}$$

अर्थात् $$\frac{W_i}{V_1 I_1^2 \cos\phi_1} = \frac{R_{01}}{V_1 \cos\phi_1} \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

अथवा $$\frac{W_i}{V_1 \cos\phi_1} = \frac{I_1^2 R_{01}}{V_1 \cos\phi_1} \quad \text{(हल करने पर)}$$

अथवा $$W_i = I_1^2 R_{01} \quad \text{...सूत्र}$$

अथवा $$W_i = I_2^2 R_{02} \quad \text{...सूत्र}$$

अर्थात् **लोह हानियाँ** (iron losses) = ताम्र हानियाँ (copper losses)

अर्थात् **स्थिर हानियाँ** (constant losses) = चल हानियाँ (variable losses)

(iii) उच्चतम दक्षता पर ट्रांसफॉर्मर की धाराओं का मान (values of currents)

निविष्ट धारा (input current), $I_1 = \sqrt{\left(\frac{W_i}{R_{01}}\right)}$

निर्गत धारा (output current), $I_2 = \sqrt{\left(\frac{W_i}{R_{02}}\right)}$

(iv) ट्रांसफॉर्मर की उच्चतम दक्षता का सूत्र (Formula of highest efficiency) —

$$\eta_{max} = \frac{V_2 I_2 \cos\phi_2}{V_2 I_2 \cos\phi_2 + 2(W_i \text{ or } W_{cu})} \quad \text{(More used)}$$

अथवा $$\eta_{max} = \frac{V_1 I_1 \cos\phi_1 - 2(W_i \text{ or } W_{cu})}{V_1 I_1 \cos\phi_1} \quad \text{(Less used)}$$

(v) उच्चतम दक्षता की स्थिति में ट्रांसफॉर्मर पर किलोवोल्ट-ऐम्पियर में वैद्युत भार (Load)

$$\text{kVA} = \text{Full load in kVA} \times \sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)} \quad \text{...सूत्र}$$

5.31. पूर्णदिवस दक्षता (All day efficiency)

यह पूर्णदिवस (24 hours) के लिए ट्रांसफॉर्मर का किलोवाट हावर्स मात्रक में निर्गत तथा निवेश वैद्युत ऊर्जा का अनुपात है। यह एक मात्रकरहित राशि है, जिसे η प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं अत: ट्रांसफॉर्मर की पूर्णदिवस दक्षता—

$$\eta = \frac{\text{पूर्णदिवस के लिए किलोवॉट हावर्स मात्रक में निर्गत}}{\text{पूर्णदिवस के लिए किलोवॉट हावर्स मात्रक में निविष्ट}}$$

$$= \frac{\text{24 घण्टों के दरम्यान निर्गत इकाइयाँ (output units)}}{\text{24 घण्टों के दरम्यान निविष्ट इकाइयाँ (input units)}}$$

$$\eta = \frac{\text{Output in kwh for full day (24 hours)}}{\text{Input in kwh for full day (24 hours)}}$$

$$\eta = \frac{\text{Output units during 24 hours}}{\text{Input units during 24 hours}}$$

5.32. पूर्णदिवस दक्षता का महत्त्व (Significance of all day efficiency)

चूँकि व्यावसायिक दक्षता का परिकलन किसी एक निश्चित भार (प्राय: पूर्णभार) पर किया जाता है; इसलिए स्थिर भार पर कार्य करने वाले ट्रांसफॉर्मर की मितव्ययता का ज्ञान उसकी व्यावसायिक दक्षता (commercial efficiency) से हो जाता है; परन्तु परिवर्तनीय भार पर कार्य करने वाले ट्रांसफॉर्मर की मितव्ययता का वास्तविक ज्ञान, उसकी व्यावसायिक दक्षता से नहीं हो पाता। ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, उस पर लगाए गए भार के अनुसार, परिवर्तित होती रहती है; इसलिए परिवर्तनीय भार पर कार्य करने वाले ट्रांसफॉर्मर की वास्तविक मितव्ययता का ज्ञान प्राप्त करने के लिए, ट्रांसफॉर्मर के विभिन्न भारों पर व्यावसायिक दक्षता निकालकर, औसत व्यावसायिक दक्षता का मान ज्ञात करना पड़ना है। इस औसत व्यावसायिक दक्षता का ही एक सरलतम व विकसित रूप पूर्णदिवस दक्षता (all day efficiency) है, जिसे उक्त परिभाषित किया जा चुका है।

5.33. पूर्णदिवस दक्षता के अनुप्रयोग (Applications of all day efficiency)

पूर्णदिवस दक्षता का प्रयोग परिवर्तनीय भार वाले ट्रांसफॉर्मर के लिए होता है; उदाहरण के लिए पावर स्टेशनों एवं सब-स्टेशनों पर प्रयुक्त डिस्ट्रीब्यूशन ट्रांसफॉर्मर्स आदि।

5.34. परिणामित्र के अनुप्रयोग (Applications of transformer)

विभिन्न प्रकार के ट्रांसफॉर्मरों का प्रयोग उन सभी स्थानों पर किया जाता है, जहाँ पर न्यून वोल्टता की प्रत्यावर्ती शक्ति को उच्च वोल्टता की प्रत्यावर्ती शक्ति में अथवा इसके विपरीत उच्च वोल्टता की प्रत्यावर्ती शक्ति को न्यून वोल्टता की प्रत्यावर्ती शक्ति में परिवर्तित करने की आवश्यकता होती है; जैसे—

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
73 / 235

(i) वैद्युत शक्ति संचरण/वितरण/नियमन आदि के लिए क्रमशः ट्रांसमिशन/डिस्ट्रिब्यूशन/रेग्युलेशन आदि पॉवर ट्रांसफॉर्मर्स।

(ii) संकर्षण (traction) में ए० सी० मोटरों के प्रवर्तन (starting) तथा गति नियन्त्रण (speed control) के लिए ऑटोट्रांसफॉर्मर स्टार्टर्स।

(iii) उच्च वोल्टता/धारा/शक्ति आदि मापन के लिए ट्रांसफॉर्मर।

(iv) प्रयोगशालाओं में प्रत्यावर्ती शक्ति की वोल्टता को नियमित (regulate) करने के लिए।

(v) विद्युत-भट्टियों (electric furnaces) की प्रदायी वोल्टता को नियन्त्रित (control) करने के लिए।

(vi) दिष्टकारियों (rectifiers) की प्रदायी वोल्टता (supply voltage) को नियन्त्रित करने के लिए।

(vii) रंगशाला (theatre) की मंच (stage) पर कृत्रिम प्रकाश की प्रदायी वोल्टता को नियन्त्रित (control) करने के लिए।

5.35. अधिकतम दक्षता के लिए भार ज्ञात करना (To know the load for maximnm efficiency)

माना कि परिणामित्र की उच्चतम दक्षता के लिए kVA में भार का मान, पूर्णभार के मान का x अंश (part) है।

अर्थात् उच्चतम दक्षता के लिए kVA = पूर्णभार $\times x$

$$(\text{kVA})_{me} = (\text{kVA})_{fl} \times x \quad \text{...समीकरण (i)}$$

उच्चतम दक्षता के लिए अनुबन्ध या शर्त (condition for maximum efficiency)

परिवर्तनीय हानियाँ (variable losses) = स्थिर हानियाँ (constant losses)

अर्थात् ताम्र हानियाँ (copper losses) = लोह हानियाँ (iron losses)

अर्थात्
$$x^2 \times W_{cu} = W_i \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

इसलिए
$$x = \sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)} \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

उक्त समीकरण (iii) से x का मान समीकरण (i) में रखने पर प्राप्त सूत्र (formula)

$$(\text{kVA})_{me} = (\text{kVA})_{fl} \times \sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)} \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—एक 400/230 V, 150 kVA, सिंगल-फेज ट्रांसफॉर्मर 1 kW की क्रोड हानि तथा 2 kW की ताम्र हानि रखता है। ज्ञात कीजिए—(a) अधिकतम दक्षता के लिए किलोवोल्ट-ऐम्पियर में लोड तथा (b) 0·8 शक्तिगुणक (पश्चगामी) के 50 प्रतिशत पूर्णभार पर दक्षता।

हल—दिया है $V_1 = 400\,\text{V}$, $V_2 = 230\,\text{V}$, $P_0 = 150\,\text{kVA}$, $W_i = 1\,\text{kW}$, $W_c = 2\,\text{kW}$, kVA for $\eta_{max} = ?$, $\cos\phi = 0{\cdot}8$,

पूर्णभार का $50\% = 0{\cdot}5 \times 150\,kVA = 75\,kVA$, $\eta = ?$

(a) ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता के लिए किलोवोल्ट-ऐम्पियर में भार सम्बन्धी सूत्र (formula)

$$(\text{kVA})_l = \text{पूर्णभार किलोवॉट-ऐम्पियर} \times \sqrt{\frac{\text{क्रोड हानि } (W_i)}{\text{पूर्णभार ताम्र हानि } (W_{cu})}}$$

$$150\sqrt{\frac{1}{2}} = \mathbf{106.05\ kVA}$$ उत्तर

(b) ट्रांसफॉर्मर के 0·8 शक्तिगुणक (पश्चगामी) के 50 प्रतिशत पूर्णभार पर दक्षता (efficiency)

$$= \frac{\text{किलोवॉट में निर्गत (output in kW)}}{\text{किलोवॉट में निवेश (input in kW)}} \times 100$$

$$= \frac{0{\cdot}5 \times 150 \times 0{\cdot}8}{(0{\cdot}5 \times 150 \times 0{\cdot}8) + 1 + \left(\frac{1}{4} \times 2\right)} \times 100$$

$$= \frac{60}{61{\cdot}5} \times 100 = \mathbf{97{\cdot}57\%}$$ उत्तर

उदाहरण 2—एक सिंगल फेज 150 kVA ट्रांसफॉर्मर सामान्य (निर्धारित) निर्गत धारा पर 1.2 kW लोह हानियाँ तथा 5 kW ताम्र हानियाँ रखता है। अधिकतम दक्षता के लिए kVA भार ज्ञात कीजिए। इस भार पर 0·85 शक्तिगुणक पर ट्रांसफॉर्मर की दक्षता भी ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

हल—ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता के लिए वैद्युत भार (electric load)

$$(\text{kVA})_l = (kVA)_{f.l.} \times \sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)}$$ (मान रखने पर)

$$= 150 \times \sqrt{\left(\frac{1{\cdot}2}{5}\right)}$$ (हल करने पर)

$$= 150 \times \sqrt{0{\cdot}24} = 150 \times 0{\cdot}4898$$

$$= \mathbf{73{\cdot}4846\ kVA}$$ उत्तर

उक्त भार के 0·85 शक्तिगुणक पर दक्षता का ज्ञात करना—

चूँकि 73.4846 kVA भार पर अधिकतम दक्षता प्राप्त होती है; इसलिए इस भार पर ताम्र हानियाँ तथा लोह हानियाँ बराबर (equal) होंगी।

अर्थात् ताम्र हानियाँ = लोह हानियाँ = 1·2 kW (न्यूनतम)

तथा निर्गत = kVA $\times \cos\phi = 73{\cdot}4846 \times 0{\cdot}85 = 62{\cdot}46$ kW

इसलिए ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम प्रतिशत दक्षता (maximum percentage efficiency)

$$\%\eta_{max} = \frac{\text{output in kW}}{(\text{output} + W_i + W_{cu})} \times 100$$ (मान रखने पर)

$$= \frac{62{\cdot}46}{(62{\cdot}46 + 1{\cdot}2 + 1{\cdot}2)} \times 100$$ (हल करने पर)

उदाहरण 3—पूर्णभार पर 100 kVA, 50 H_Z, सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में 'लोह तथा ताम्र', हानियाँ क्रमशः 2·4 kW तथा 2·6 kW हैं। तब 80 kVA तथा 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर इस ट्रांसफॉर्मर की दक्षता ज्ञात कीजिए। *(B.T.E., Exam. many times)*

हल : विदित हो कि लोह हानियाँ स्थिर (constant) रहती हैं, परन्तु ताम्र हानियाँ ($i^2 r$-losses, भार पर निर्भर करती हैं।

अर्थात्
$$W_{cu} \propto I^2 \propto (\text{kVA})^2 \propto (\text{kW})^2 \propto (\text{load})^2$$

इसलिए 80 kVA पर लोह हानियाँ 2·4 kW ही रहेंगी, परन्तु ताम्र हानियाँ (copper losses)

$$W_{cu} = 2{\cdot}6 \times (80/100)^2 = 1{\cdot}664\,\text{kW}$$ होंगी

तब 80 kVA तथा 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत दक्षता (percentage efficiency)

$$\%\eta = \frac{\text{kVA} \times \cos\phi}{\text{kVA}\cos\phi + W_i + W_{cu}} \times 100$$ (मान रखने पर)

Scanned with CamScanner
74 / 235

$$= \frac{80\times 8\cdot 0}{80\times 0\cdot 8+2\cdot 4+1\cdot 664}\times 100 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{64\times 100}{64+4\cdot 064} = \frac{6400}{68\cdot 064} = \mathbf{94}\ \text{प्रतिशत} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4—एक 500 kVA सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर की पूर्णभार तथा 0·8 शक्तिगुणक पर दक्षता 95·5 प्रतिशत है और अर्द्धभार तथा इकाई शक्तिगुणक पर दक्षता 99 प्रतिशत है, तो ज्ञात कीजिए– (i) लोह हानियाँ तथा (ii) पूर्णभार पर ताम्र हानियाँ। *(B.T.E. Examination)*

हल : 0·8 शक्तिगुणक पर पूर्णभार निर्गत (full load output)

$$P_0 = \text{kVA}\times\cos\phi = 500\times 0\cdot 8 = 400\ \text{kW}$$

इसलिए निवेश $$P_{in} = \frac{P_0}{\eta} = \frac{400}{0\cdot 985} = 406\cdot 1\ \text{kW}$$

पूर्णभार पर कुल हानियाँ = निवेश (P_{in}) – निर्गत (P_0) (उक्त मान रखने पर)

$$= 406\cdot 1 - 400 = 6\cdot 1\ \text{kW} = 6100\ \text{W} \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

इकाई शक्तिगुणक पर अर्द्धभार निर्गत (half load output)

$$P_0 = \frac{1}{2}\text{kVA}\times\cos\phi = \frac{1}{2}\times 500\times 1 = 250\,\text{kW}$$

इसलिए निवेश $$(P_{in}) = \frac{P_0}{\eta} = \frac{250}{0\cdot 99} = 252\cdot 53\,\text{kW}$$

अर्द्धभार पर कुल हानियाँ = निवेश (P_{in}) – निर्गत (P_0) (उक्त मान रखने पर)

$$W_i = \frac{1}{4}W_{cu} = (252\cdot 53 - 250) = 2\cdot 53\,\text{kW} = 2530\,\text{W} \qquad \text{...समीकरण (ii)}$$

उक्त समीकरण (ii) को समीकरण (i) से घटाने (deduct) पर

$$\frac{3}{4}W_{cu} = (6100 - 2530) = 3570\,\text{W}$$

इसलिए $$W_{cu} = \frac{3570\times 4}{3} = \mathbf{4760}\ \text{वॉट (W)} \qquad \text{उत्तर}$$

इसलिए लोह हानियाँ = कुल हानियाँ – ताम्र हानियाँ (मान रखने पर)

$$= (6100 - 4760) = 1340\ \text{वॉट (W)} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 5—एक 440 V, 50 Hz पर एक परिणामित्र में सम्पूर्ण लोह हानियाँ 2500 W है; परन्तु 220 V, 25 Hz पर ये हानियाँ 850 W रह जाती हैं, तो प्रसामान्य आवृत्ति पर भँवर-धारा हानियाँ ज्ञात कीजिए। *(A.M.I.E. Examination)*

हल : चूँकि द्वितीय स्थिति में वोल्टता तथा आवृत्ति दोनों ही प्रथम स्थिति की आधी की गई हैं इसलिए फ्लक्स-घनत्व B_{max} दोनों स्थितियों में समान रहेगा, अर्थात् स्थिर रहेगा।

तब मन्दायन हानियाँ आवृत्ति (f) के तथा भँवर-धारा हानियाँ आवृत्ति के वर्ग (f^2) के समानुपाती होंगी।

मन्दायन हानियाँ $$W_h = K_h\cdot B_m^{1.6}\cdot f\cdot V\ \text{वाट} \qquad \text{...सूत्र (i a)}$$

इसलिए $W_h \alpha f$ अर्थात् $W_h = K_1 f$ ...सूत्र (i b)

भँवर-धारा हानियाँ $$W_e = K_e\cdot B_m^2\cdot f^2\cdot t^2\cdot V\ \text{वाट} \qquad \text{...सूत्र (ii a)}$$

इसलिए $W_h \alpha f^2$ अर्थात् $W_e = K_2 f^2$ ...सूत्र (ii b)

चूँकि सम्पूर्ण लोह हानियाँ $W_i = (W_h + W_e)$ (मान रखने पर)

$$W_i = (K_1 f + K_2 f^2)\ \text{वाट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

प्रथम स्थिति में—$2500 = K_1\times 50 + K_2\times(50)^2$ ...सूत्र (iii)

द्वितीय स्थिति में—$850 = K_1\times 25 + K_2\times(25)^2$ ...सूत्र (iv)

समीकरण (iv) को 2 से गुणा करके, समीकरण (iii) से घटाने पर

$$2500 = 50K_1 + 2500K_2$$

$$\underline{+\ 1700 = 50K_1 + 1250K_2}$$

$$800 = 1250K_2$$

इसलिए $$K_2 = \frac{800}{1250} = 0\cdot 64$$

अब उक्त समीकरण (ii b) मे K_2 का मान रखने पर

$$W_e = K_2 f^2 = 0\cdot 64\times 2500 = \mathbf{1600W} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 6—एक 10 kV, 50 Hz ट्रांसफॉर्मर में ताम्र व मन्दायन तथा भँवर-धारा हानियाँ निर्गत की क्रमशः 1·5 व 0·7 तथा 0·4 प्रतिशत हैं। यदि ट्रांसफॉर्मर को 20 kV, 50 Hz प्रदाय पर प्रयोग किया जाय, तो प्रतिशत हानियाँ क्या होंगी? मान लीजिए कि पूर्णभार-धारा समान है। *(A.M.I.E. Examination)*

हल : ट्रांसफॉर्मर की प्रथम स्थिति में—

माना कि पूर्णभार-धारा अर्थात् निर्गत धारा I ऐम्पियर है और शक्तिगुणक इकाई है। तब निर्गत

$$P_0 = \text{kVA}\times\cos\phi = (10\times I\times 1)\ \text{kW} = 10{,}000I\ \text{वाट}$$

अब ताम्र हानियाँ $$W_{cu} = \frac{1\cdot 5}{100}\times 10{,}000 = 150I\ \text{वॉट}$$

मन्दायन हानियाँ $$W_h = \frac{0\cdot 7}{100}\times 10{,}000I = 70I\ \text{वॉट}$$

व भँवर-धारा हानियाँ $$W_e = \frac{0\cdot 4}{100}\times 10{,}000I = 40I\ \text{वॉट}$$

ट्रांसफॉर्मर की द्वितीय स्थिति में—

समान भार-धारा I पर ट्रांसफॉर्मर का निर्गत (output of $\propto f$)

$$P_0 = kVA\times\cos\phi = (20\times I\times 1)\,\text{kW} = 20{,}000I\ \text{वॉट}$$

अब प्र० ताम्र हानियाँ $$W_{cu} = \frac{150I}{20{,}000I}\times 100 = \mathbf{0\cdot 75}\ \text{प्रतिशत} \qquad \text{उत्तर}$$

प्रतिशत मन्दायन हानियाँ $$W_h = \frac{70I}{20{,}000I}\times 100\times\left(\frac{50}{25}\right) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \mathbf{0\cdot 70}\ \text{प्रतिशत} \qquad \text{उत्तर}$$

व प्र० भँवर-धारा हानियाँ $$W_e = \frac{40I}{20{,}000I}\times 100\times\left(\frac{50}{25}\right)^2$$

$$= \mathbf{0\cdot 80}\ \text{प्रतिशत} \qquad \text{उत्तर}$$

ट्यूटोरिअल (Tutorial)

1. पूर्णभार पर एक 100 kVA परिणामित्र में लोह हानियाँ तथा ताम्र हानियाँ, प्रत्येक 2·5 kW हैं; तो 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक वाले 75 kVA भार पर इसकी दक्षता ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

[**उत्तर :** 93.8 प्रतिशत]

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
75 / 235

2. एक 100 kVA एकल कला परिणामित्र खुलापथ तथा लघुपथ परीक्षण पर क्रमश: 1300 W तथा 1200 W की शक्ति हानियाँ प्रदान करता हैं। परिणामित्र की दक्षता पूर्णभार तथा अर्द्धभार पर ज्ञात कीजिए, जबकि वह इकाई शक्तिगुणक पर कार्य कर रहा है। *(B.T.E. Examination)*

[उत्तर: 97.5 प्रतिशत तथा 97 प्रतिशत]

3. एक 10 kVA, 440/3300 V, एकल कला परिणामित्र का खुलापथ परीक्षण करने पर निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त हुए—440 V, 1.3 A, 115 W और लघुपथ परीक्षण पर पूर्णभार-धारा प्रवाहित होने पर 140 W शक्ति देनी पड़ती है, तो इस परिणामित्र के "पूर्णभार के चौथाई भार" पर दक्षता ज्ञात कीजिए जबकि शक्तिगुणक 0·8 पश्चगामी है। *(B.T.E.Examination)*

[उत्तर : 94.3 प्रतिशत]

4. एक 25 kVA, 1100/400 V, सिगल फेज ट्रांसफॉर्मर में 'लोह तथा ताम्र' हानियाँ क्रमश: 350 W तथा 400 W हैं। तब इकाई शक्तिगुणक तथा अर्द्धभार पर दक्षता ज्ञात कीजिए। उच्चतम दक्षता के लिए भार भी ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Examination)*

[उत्तर : 96.5 प्रतिशत 23.40 kVA]

5.36. परिणामित्र में वोल्टतापात (Voltage drop in a transformer)

सैद्धन्तिक रूप से आदर्श परिणामित्र (ideal transformer) में कोई किसी प्रकार का वोल्टतापात नहीं होता है; परन्तु व्यावहारिक रूप में कोई भी ऐसा ट्रांसफॉर्मर नहीं होता है, जिसमें वोल्टतापात न होता हो। अर्थात् सभी ट्रांसफॉर्मरों में वोल्टतापात होता है। प्रस्तुत वोल्टतापात निम्नलिखित दो कारणों (two causes) से होता है—

(i) कुण्डली कुण्डलनों के प्रतिरोध के कारण (due to resistance of coil windings)

(ii) कुण्डली कुण्डलनों के क्षरण प्रतिघात के कारण (due to leakage reactance)

माना कि —

I_1 = ऐम्पियर मात्रक मे प्राथमिक कुण्डलन की धारा (current of primary winding)

R_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक कुण्डलन का प्रतिरोध (resistance of of primary winding)

X_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक कुण्डलन का क्षरण प्रतिघात (leakage reactance of primary winding)

Z_1 = ओह्म मात्रक में प्राथमिक कुण्डलन की प्रतिबाधा (impedance of primary winding)

$$= (R_1 + jX_1) = (R_1^2 + X_1^2) \text{ ओह्म}$$

प्राथमिक कुण्डलन में प्रतिरोध वोल्टतापात $= I_1R_1$ वोल्ट

प्राथमिक कुण्डलन में क्षरण प्रतिघाती वोल्टतापात $= I_1X_1$ वोल्ट

प्राथमिक कुण्डलन में कुल वोल्टतापात (total voltage drop)

$$= I_1R_1 + jI_1X_1 = I_1(R_1 + jX_1) = I_1\sqrt{(R_1^2 + X_1^2)} = I_1Z_1$$

माना कि I_2 = ऐम्पियर मात्रक में द्वितीयक कुण्डलन की धारा (current of secondary winding)

R_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक कुण्डलन का प्रतिरोध (resistance of secondary winding)

X_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक कुण्डलन का क्षरण प्रतिघात (leakage reactance)

Z_2 = ओह्म मात्रक में द्वितीयक कुण्डलन की प्रतिबाधा (impedance of secondary winding)

$$= (R_2 + jX_2) = (R_2^2 + X_2^2) \text{ ओह्म}$$

द्वितीयक कुण्डलन में प्रतिरोधक वोल्टतापात $= I_2R_2$ वोल्ट (V) मात्रक

द्वितीयक कुण्डलन में क्षरण प्रतिघाती वोल्टतापात $= I_2X_2$ वोल्ट (V) मात्रक

द्वितीयक कुण्डलन में कुल वोल्टतापात (total voltage drop)

$$= I_2R_2 + jI_2X_2 = I_2(R_2 + jX_2) = I_2\sqrt{(R_2^2 + X_2^2)} = I_2Z_2$$

टिप्पणी (Note)—प्राथमिक वोल्टतापात I_1R_1 तथा I_1X_1 दोनों ही प्राथमिक पक्ष की प्रदायी वोल्टता V_1 से ए० सी० मोटर की तरह विद्युत-प्रदाय (electric supply) प्राप्त करते हैं, जबकि द्वितीयक वोल्टतापात I_2R_2 तथा I_2X_2 दोनों ही, द्वितीयक पक्ष की प्रेरित वोल्टता E_2 से ए० सी० जेनरेटर की तरह विद्युत-प्रदाय (electric supply) प्राप्त करते हैं, जैसा निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

$$V_1 = (I_1R_1 + jI_1X_1) + E_1 = I_1(R_1 + jX_1) + E_1 = I_1Z_1 + E_1$$

$$E_2 = (I_2R_2 + jI_2X_2) + V_2 = I_2(R_2 + jX_2) + V_2 = I_2Z_2 + V_2$$

5.37. परिणामित्र में सन्निकट प्रतिशत ओह्मिक मान तथा सन्निकट प्रतिशत ओह्मिक वोल्टतापात (Approximate percentage ohmic values and approximate percentage ohmic voltage drop in a transformer)

ट्रांसफॉर्मर में सन्निकट प्रतिशत ओह्मिक मानों तथा सन्निकट प्रतिशत ओह्मिक वोल्टतापातों को प्राय: निर्भार पर ज्ञात किया जाता है; इसीलिए निम्नांकित परिकलनों में निर्भार द्वितीयक वोल्टता V_{02} तथा निर्भार प्राथमिक वोल्टता V_1 ली गई है।

द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिशत प्रतिरोध

= द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिरोधी वोल्टतापात

$$= \frac{I_2R_{02}}{V_{02}} \times 100 = V_r \text{ (मान लिया)} \quad \text{...सूत्र (i a)}$$

द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिशत प्रतिघात

= द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिरघाती वोल्टतापात

$$= \frac{I_2X_{02}}{V_{02}} \times 100 = V_x \text{ (मान लिया)} \quad \text{...सूत्र (ii a)}$$

द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर की कुल प्रतिशत प्रतिबाधा

= द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिबाधा वोल्टतापात

$$= \frac{I_2Z_{02}}{V_{02}} \times 100 = V_z \text{ (मान लिया)} \quad \text{...सूत्र (iii a)}$$

= द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर में कुल प्रतिशत ओह्मिक वोल्टतापात

$$= \frac{(I_2R_{02}\cos\phi \pm I_2X_{02}\sin\phi)}{V_{02}} \times 100 \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= \left(\frac{I_2R_{02}}{V_{02}} \times 100\right)\cos\phi \pm \left(\frac{I_2X_{02}}{V_{02}} \times 100\right)\sin\phi$$

$$= V_r\cos\phi \pm V_x\sin\phi \quad \text{...सूत्र (iv a)}$$

प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिशत प्रतिरोध (total percentage resistance)

= प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिरोधी वोल्टतापात (t.p. resistance voltage drop)

$$= \frac{I_1R_{01}}{V_1} \times 100 = V_r \text{ (मान लिया)} \quad \text{...सूत्र (i b)}$$

प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर का कुल प्रतिशत प्रतिघात (total percentage reactance)

= प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिघाती वोल्टतापात (t.r. ....reactive voltage drop)

$$= \frac{I_1X_{01}}{V_1} \times 100 = V_x \text{ (मान लिया)} \quad \text{...सूत्र (ii b)}$$

MK TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर की कुल प्रतिशत प्रतिबाधा (total percentage impedance)

= प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, कुल प्रतिशत प्रतिबाधी वोल्टतापात (t.p..... impedancine voltage drop)

$$= \frac{I_1 Z_{01}}{V_1} \times 100 = V_z \text{ (मान लिया)} \qquad \text{...सूत्र (iii b)}$$

प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष, ट्रांसफॉर्मर में कुल प्रतिशत ओह्मित वोल्टतापात

$$= \frac{(I_1 R_{02} \cos\phi \pm I_1 X_{01} \sin\phi)}{V_1} \times 100 \qquad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$= \left(\frac{I_1 R_{01}}{V_1} \times 100\right) \cos\phi \pm \left(\frac{I_1 X_{01}}{V_1} \times 100\right) \sin\phi$$

$$= V_r \cos\phi \pm V_x \sin\phi \qquad \text{...सूत्र (iv b)}$$

टिप्पणी (Note)—उक्त सूत्रों (iv a) तथा (iv b) में धनात्मक चिह्न (+) का प्रयोग पश्चगामी शक्तिगुणक तथा ऋणात्मक चिह्न (−) का प्रयोग अग्रगामी शक्तिगुणक के लिए किया गया है।

5.38. परिणामित्र का वोल्टता नियमन (Voltage regulation of transformer)

स्थिर प्राथमिक वोल्टता की स्थिति में, जब ट्रांसफॉर्मर को पश्चगामी शक्तिगुणक पर भारित किया जाता है, तब उसके आन्तरिक प्रतिरोध तथा क्षरण प्रतिघात के कारण, उसकी द्वितीयक वोल्टता कुछ कम हो जाती है। माना कि—

V_{02} = वोल्ट मात्रक में निर्भार पर ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक सिरावोल्टता (secondary terminal voltage)

V_2 = वोल्ट मात्रक में पूर्णभार पर ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक सिरावोल्टता (secondary terminal voltage)

निर्भार से पूर्णभार तक, ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक सिरावोल्टता में कुल परिवर्तन (change in secondary terminal voltage) = $(V_{02} - V_2)$ वोल्ट

इकाई निर्भार वोल्टता के सापेक्ष, निर्भार से पूर्णभार तक, ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक सिरावोल्टता में परिवर्तन = $(V_{02} - V_2)/V_{02}$ मात्रकरहित राशि

यही ट्रांसफॉर्मर का इकाई वोल्टता नियमन (unit voltage regulation) है। इसे प्राय: प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन (P.V.R.)} = \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100 \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

अत: स्थिर प्राथमिक वोल्टता पर निर्भार से पूर्णभार तक, ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक वोल्टता मे होने वाला परिवर्तन, वोल्टता नियमन कहलाता है। इसे प्राय: निर्भार वोल्टता के प्रतिशत मान में व्यक्त किया जाता है, जैसा कि उक्त सूत्र (i) से स्पष्ट है। अर्थात्

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन} = \frac{\text{वोल्टतापात (voltrage drop)}}{\text{निर्भार वोल्टता (no-load voltage)}} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\text{P.V.R.} = \frac{I_2 R_{02} \cos\phi \pm I_2 X_{02} \sin\phi}{V_{02}} \times 100 \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

$$= \left(\frac{I_2 R_{02}}{V_{02}} \times 100\right) \cos\phi \pm \left(\frac{I_2 X_{02}}{V_{02}} \times 100\right) \sin\phi$$

$$= V_r \cos\phi \pm V_x \sin\phi \qquad \text{...सूत्र (iii)}$$

where $\quad V_r = \frac{I_2 R_{02}}{V_{02}} \times 100$ and $V_x = \frac{I_2 X_{02}}{V_{02}} \times 100$

5.39. न्यूनतम अर्थात् शून्य वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्तें (Conditions)

न्यूनतम वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्त (condition)

$$V_r \cos\phi + V_x \sin\phi = 0 \text{ (zero)}$$

$$V_x \sin\phi = -V_r \cos\phi$$

इसलिए $\quad \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = -\frac{V_r}{V_x}$ $\quad$ अर्थात् $\quad \tan\phi = -\frac{V_r}{V_x}$ $\quad$ (हल करने पर) ...सूत्र (i)

उक्त सूत्र (i) में V_r तथा V_x के मान रखने पर प्राप्त नवीन सूत्र (formula)

$$\tan\phi = -\frac{100 I_2 R_{02}}{V_{02}} \times \frac{V_{02}}{100 I_2 X_{02}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\tan\phi = -\frac{R_{02}}{X_{02}} \qquad \text{..सूत्र (ii)}$$

टिप्पणी (Note)—उक्त सूत्र (i) तथा सूत्र (ii) में ऋणात्मक चिह्न (−ve symbol) अग्रगामी शक्तिगुणक (leading power factor) का द्योतक है। अत: ट्रांसफॉर्मर के लिए शून्य वोल्टता नियमन, अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्राप्त होता है।

5.40. अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्तें (Conditions)

अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए शर्तें (conditions)

$$\frac{d}{d\phi}(V_r \cos\phi + V_x \sin\phi) = 0 \text{ (zero)}$$

अर्थात् $\quad -V_r \sin\phi + V_x \cos\phi = 0 \text{ (zero)}$ $\quad$ (हल करने पर)

$$-V_r \sin\phi = -V_x \cos\phi$$

$$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{V_x}{V_r} \quad \text{अर्थात्} \quad \tan\phi = \frac{V_x}{V_r} \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

उक्त सूत्र (i) में V_x तथा V_r के मान रखने पर प्राप्त नवीन सूत्र (formula)

$$\tan\phi = \frac{100 I_2 X_{02}}{V_{02}} \times \frac{V_{02}}{100 I_2 R_{02}} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\tan\phi = \frac{X_{02}}{R_{02}} \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

टिप्पणी (Note)—उक्त सूत्र (i) तथा सूत्र (ii) से स्पष्ट है कि ट्रांसफॉर्मर का अधिकतम वोल्टता नियमन, पश्चगामी शक्तिगुणक (lagging power factor) पर प्राप्त होता है।

महत्त्वपूर्ण टिप्पणियाँ (Important notes)—ट्रांसफॉर्मर के वोल्टता नियमन सम्बन्धी निम्नलिखित पहलुओं (aspects) का विशेष ध्यान रखना चाहिए—

(i) न्यूनतम वोल्टता नियमन वाला ट्रांसफॉर्मर सर्वोत्तम (best) समझा जाता है।

(ii) पश्चगामी शक्तिगुणक पर वोल्टता नियमन का मान धनात्मक (positive) होता है।

(iii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर वोल्टता नियमन का मान ऋणात्मक (negative) होता है।

(iv) वोल्टता नियमन को प्राय: प्रतिशत मान में व्यक्त (represent) किया जाता है।

(v) वोल्टता नियमन को प्राय: ट्रांसफॉर्मर की स्थिर प्राथमिक वोल्टता पर ज्ञात किया जाता है।

(vi) वोल्टता नियमन उन्नत (up) की अपेक्षा, वोल्टता नियमन नत (down) की मान्यता (validity) अधिक है।

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner

(vii) प्रतिशत वोल्टता नियमन उन्नत (up) की अपेक्षा, प्रतिशत वोल्टता नियमन नत (down) का मान कम होता है।

(viii) वोल्टता नियमन को प्राय: पूर्णभार (full load) के लिए ज्ञात किया जाता है। अन्यथा प्रश्न में पूछे गए भार के लिए ज्ञात किया जाता है।

(ix) वोल्टता नियमन को निर्धारित (rated) वोल्टता, धारा व आवृत्ति (f) पर ज्ञात करना चाहिए।

(x) वोल्टता नियमन को प्रश्न में दिए गए शक्तिगुणक पर ही परिकलित (calculate) करना चाहिए। अन्यथा फिर पश्चगामी मानक शक्तिगुणक ($\cos\phi = 0{\cdot}8$) पर परिकलित करना चाहिए।

(xi) वोल्टता नियमन को परिकलित करते समय, सूत्र में पश्चगामी शक्तिगुणक के लिए धनात्मक प्रतीक (+ ve symbol) तथा अग्रगामी शक्तिगुणक के लिए ऋणात्मक प्रतीक (– ve symbol) का प्रयोग करना चाहिए।

(xii) वोल्टता नियमन को परिकलित करते समय, ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक निर्भर वोल्टता V_{02} का यथार्थ मान (accurate value), निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात करना चाहिए—

$$V_{02} = \sqrt{\{(V_2\cos\phi + I_2R_{02})^2 + (V_2\sin\phi \pm I_2X_{02})^2\}}$$

(xiii) यदि ट्रांसफॉर्मर निर्धारित kVA क्षमता से कम kVA भार प्रदान कर रहा है, तो प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित सूत्रों का प्रयोग करना चाहिए—

$$\text{P.V.R.} = V_r \times \frac{\text{kW (load)}}{\text{kVA}} \pm V_x \times \frac{\text{kVAR (load)}}{\text{kVA}}$$

या

$$\text{P.V.R.} = V_r \times \frac{I\cos\phi}{I_{fl}} \pm V_x \times \frac{I\sin\phi}{I_{fl}}$$

यहाँ पर

kVA = ट्रांसफॉर्मर की पूर्णभार-क्षमता या निर्धारित क्षमता अथवा अभिकल्पित क्षमता (designed capacity)

I = ट्रांसफॉर्मर की वर्तमान भार-धारा जिस पर वोल्टता नियमन (voltage regulation) ज्ञात करना है।

I_{fl} = ऐम्पियर मात्रक में ट्रांसफॉर्मर की पूर्णभार-धारा (full load current)

(xiv) प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v.r.) के नत तथा उन्नत (down and up) सम्बन्धी सूत्र निम्नलिखित हैं—

$$\text{P.V.R. (down)} = \frac{V_{02} - V_2}{V_2} \times 100 \qquad \text{(more used)}$$

$$\text{P.V.R. (up)} = \frac{V_{02} - V_2}{V_2} \times 100 \qquad \text{(less used)}$$

(xv) ट्रांसफॉर्मर के शून्य वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्त (condition)

$$\tan\phi = \left(-\frac{V_r}{V_x}\right) \quad \text{अथवा} \quad \left(-\frac{R_{02}}{X_{02}}\right) \quad \text{...सूत्र}$$

(xvi) ट्रांसफॉर्मर के अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्त (condition)

$$\tan\phi = \left(+\frac{V_x}{V_r}\right) \quad \text{अथवा} \quad \left(+\frac{X_{02}}{R_{02}}\right) \quad \text{...सूत्र}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—एक एकल परिणामित्र का प्रतिशत प्रतिरोध 3% तथा प्रतिशत प्रतिघात 6% है। तब वह पश्चगामी शक्तिगुणक ज्ञात कीजिए, जिस पर वोल्टता नियमन अधिकतम हो। इस स्थिति में वोल्टता नियमन भी ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Exam.)*

हल : दिया है $\%R = V_r = 3\%$ तथा $\%X = V_x = 6\%$

अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए प्रतिबन्ध या शर्त (condition)

$$\tan\phi = \frac{V_x}{V_r} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में उक्त मान रखने पर)}$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{V_x}{V_r} = \tan^{-1}\frac{6}{3} = \tan^{-1}2 = 63^\circ 26'$$

इसलिए $\cos\phi = \cos(63^\circ, 26') = \mathbf{0{\cdot}45}$

चूँकि $\cos\phi = 0{\cdot}45$ इसलिए $\sin\phi = 0{\cdot}894$ **उत्तर**

अधिकतम प्रतिशत वोल्टता नियमन (max. percentage voltage regulations)

$$\text{P.V.R.} = V_r\cos\phi + V_x\sin\phi \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 3\times0{\cdot}45 + 6\times0{\cdot}894 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= (1{\cdot}35 + 5{\cdot}364) = \mathbf{6{\cdot}714\ \text{प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2—एक सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर में प्रतिरोधक वोल्टतापात 2 प्रतिशत तथा प्रतिघाती वोल्टतापात 4 प्रतिशत है। तब ट्रांसफॉर्मर की वोल्टता नियमन निम्नलिखित शर्तों (conditions) पर ज्ञात कीजिए—

(i) इकाई शक्तिगुणक (u.p.f.) पर, (ii) 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक (lagging p.f.) पर, (iii) 0·8 अग्रगामी शक्तिगुणक (l.p.f.) पर *(B.T.E. Exam.)*

हल : दिया है $V_r = 2\%$, एवं $V_x = 4\%$

चूँकि $\cos\phi = 1$ इसलिए $\sin\phi = 0\text{(zero)}$

और चूँकि $\cos\phi = 0{\cdot}8$ इसलिए $\sin\phi = 0{\cdot}6$

(i) इकाई शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

$$\text{P.V.R.} = V_r\cos\phi + V_x\sin\phi \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= (2\times1 + 4\times0) = 2 + 0 = \mathbf{2\ \text{प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

(ii) 0.8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

$$\text{P.V.R.} = V_r\cos\phi + V_x\sin\phi \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= (2\times0{\cdot}8 + 4\times0{\cdot}6) = (1{\cdot}6 + 2{\cdot}4) = \mathbf{4\ \text{प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

(iii) 0.8 अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

$$\text{P.V.R.} = V_r\cos\phi - V_x\sin\phi \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= (2\times0{\cdot}8 - 4\times0{\cdot}6) = (1{\cdot}6 - 2{\cdot}4) = \mathbf{-0{\cdot}8\ \text{प्रतिशत}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक सिंगल फेज, 1 MVA ट्रांसफॉर्मर का प्रतिशत प्रतिरोध 2.5% तथा प्रतिशत प्रतिघात 5% है। इस ट्रांसफॉर्मर का 800 kVA, 0.8 पश्चगामी तथा अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए। *(B.T.E. Exam.)*

हल : दिया है $\%R = V_r = 2.5\%$ व $\%X = V_x = 5\%$

ट्रांसफॉर्मर की पूर्णभार-क्षमता या अभिकल्पित क्षमता अथवा निर्धारित क्षमता (rated capacity)

$$= 1\ \text{MVA} = 1000\ \text{kVA}$$

ट्रांसफॉर्मर की वर्तमान भार-क्षमता (present load capacity) = 800 kVA

चूँकि $\cos\phi = 0{\cdot}8$ इसलिए $\sin\phi = 0{\cdot}6$

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
78 / 235

$$\text{kW में भार} = \text{kVA} \times \cos\phi = 800 \times 0{\cdot}8 = 640 \text{ kW}$$

$$\text{kVAR में भार} = \text{kVA} \times \sin\phi = 800 \times 0{\cdot}6 = 480 \text{ kVAR}$$

(i) पश्चगामी शक्तिगुणक (logging power factor) पर ट्रांसफॉर्मर की निर्धारित क्षमता से कम क्षमता की स्थिति (condition) में प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात करने हेतु सूत्र (formula)

$$\text{P.V.R.} = V_r \times \frac{(kW)_l}{(kVA)_r} + V_x \times \frac{(kVAR)_l}{(kVA)_r} \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 2{\cdot}5 \times \frac{640}{1000} + 5 \times \frac{480}{1000} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= (1{\cdot}6 + 2{\cdot}4) = \mathbf{4 \text{ प्रतिशत}} \quad \text{उत्तर}$$

(ii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

$$\text{P.V.R.} = V_r \times \frac{(kW)_l}{(kVA)_r} - V_x \times \frac{(kVAR)_l}{(kVA)_r} \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 2{\cdot}5 \times \frac{640}{1000} - 5 \times \frac{480}{1000} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= (1{\cdot}6 - 2{\cdot}4) = \mathbf{-0.8 \text{ प्रतिशत}} \quad \text{उत्तर}$$

5.41. घूर्णी यन्त्र की अपेक्षा, परिणामित्र के लाभ
(Advantages of transformer over rotating machine)

(i) ट्रांसफॉर्मर एक स्थैतिक युक्ति (stationary device) है; इसलिए इसका प्रचालन अतिशान्त (smooth) होता है। इस प्रकार इससे ध्वनि प्रदूषण (sound pollution) नहीं होता।

(ii) ट्रांसफॉर्मर में घूर्णी मशीन की तरह, घूर्णी अंग (rotating part) नहीं होता है; इसलिए इसमें यान्त्रिक हानियाँ (mecanical losses) नहीं होती हैं।

(iii) घर्षण हानियाँ (friction losses) न होने के कारण, ट्रांसफॉर्मर की दक्षता, अपेक्षाकृत उच्च (about 97 percent) होती है।

(iv) यह न्यून वोल्टता की जनक शक्ति (generating power) को उच्च वोल्टता की संचरण शक्ति (transmission power) में परिवर्तित करता है।

(v) यह उच्च वोल्टता की संचरण शक्ति को न्यून वोल्टता की वितरण शक्ति (distribution power) में बदलता है।

(vi) यह ए० सी० मोटरों के लिए प्रवर्तक या आरम्भक (starter) का कार्य करता है।

(vii) यह ए० सी० मोटरों के लिए गति-नियन्त्रक (speed controller) का कार्य करता है।

(viii) यह लम्बी प्र० धा० संचरण लाइनों में वोल्टतापात को समकारी (compensate) करने के लिए अभिवर्धक (booster) का कार्य करता है।

(ix) स्थैतिक यन्त्र (static machine) होने के कारण, घूर्णी यन्त्र (rotating machine) की अपेक्षा, इसकी अनुरक्षण कीमत (maintenance cost) कम होती है।

(x) इसका जीवनकाल (life period) अर्थात् टिकाऊपन (durability) अपेक्षाकृत अधिक होता है।

5.42. घूर्णी यन्त्र तथा परिणामित्र का तुलनात्मक अध्ययन
(Comparative study of rotating machine and transformer)

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	घूर्णी यन्त्र (Rotating machine)	परिणामित्र (Transformer)
1.	यन्त्र का प्ररूप (type)	घूर्णी यन्त्र (r.m.)	स्थैतिक यन्त्र (s.m.)
2.	परिवर्तन (change)	यह ऊर्जा के रूप का परिवर्तन करता है।	यह वोल्टता (विभव) का परिवर्तन करता है।
3.	घूर्णी अंग (r-part)	होता है।	नहीं होता है।
4.	यान्त्रिक हानियाँ (m.l.)	होती हैं।	नहीं होती है।
5.	शक्ति हानियाँ (p-losses)	अधिक होती हैं।	कम होती हैं।
6.	दक्षता (efficiency)	न्यून होती है।	उच्च होती है।
7.	टिकाऊपन (durability)	कम होता है।	अधिक होता है।
8.	जीवनकाल (l-period)	लघु होता है।	लम्बा होता है।
9.	संरचना (construction)	जटिल होती है।	सरल होती है।
10.	शीतलन (cooling)	कठिन होता है।	सुगम होता है।
11.	प्रतिष्ठापन (installation)	कठिन होता है।	सुगम होता है।
12.	मरम्मत (repairing)	कठिन होती है।	सुगम होती है।
13.	अनुरक्षण (maintenance)	कठिन होता है।	सुगम होता है।
14.	अनुरक्षण कीमत (m.c.)	अधिक होती है।	कम होती है।

महत्त्वपूर्ण प्रश्नोत्तरी
(Important Questions and Answers)

प्रश्न 1—यन्त्र (Machine) क्या है? अर्थात् मशीन किसे कहते हैं?

उत्तर—वह युक्ति (device), जो ऊर्जा को रूपान्तरित करती है अथवा स्थानान्तरित करती है, यन्त्र अर्थात् मशीन कहलाती है। ऊर्जा के अनुसार यन्त्र कई प्रकार के होते हैं, जैसे वैद्युत यन्त्र (electrical machines), यान्त्रिक यन्त्र (mechanical machines) द्रवचालित यन्त्र (hydraulic machines), तरल यन्त्र (fluid machines) आदि।

प्रश्न 2—वैद्युत यन्त्र (electrical machine) क्या है? अर्थात् इलेक्ट्रिकल मशीन किसे कहते हैं?

उत्तर—वह यन्त्र, जो वैद्युत ऊर्जा का आदान या प्रदान अथवा दोनों साथ करता है, वैद्युत यन्त्र अर्थात् इलेक्ट्रिकल मशीन कहलाता है। संचलन (movement) के अनुसार वैद्युत यन्त्र निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) **स्थैतिक यन्त्र** (static or stationary machines) —इसे स्थिर या अचल यन्त्र भी कहते हैं, जैसे इलेक्ट्रिक ट्रांसफॉर्मर आदि।

Scanned with CamScanner

उ० प्र० प्रा० शि० परिषद परीक्षा सम्बन्धी सैद्धान्तिक प्रश्न

1. ट्रांसफॉर्मर सम्बन्धी निम्नलिखित पदों (terms) को परिभाषित करते हुए समझाइए—
(i) ट्रांसफार्मेशन रेशो, (ii) वोल्टेज रेग्युलेशन, (iii) एफिसिएन्सी, (iv) कॉम्प्रमिसिअल, (v) कॉन्स्टॉन्ट लॉसज (vi) वैरिएबल लॉसज, (vii) रेग्युलेशन अप, (viii) रेग्युलेशन डाउन, (ix) मॉग्नेटिक फ्लक्स, (x) उपयोगी फ्लक्स लिन्केज फ्लक्स (xi) लीकेज फ्लक्स, (xii) प्राइमरी लीकेज फ्लक्स, (xiii) सेकण्डरी लीकेज फ्लक्स, (xiv) कॉमन फ्लक्स, (xv) म्यूचुअल मॉग्नेटिक फ्लक्स (xvi) ट्रांसफॉर्मर, (xvii) स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर (xviii) स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर, (xix) आइडीअल ट्रांसफॉर्मर, (xx) पॉवर ट्रांसफॉर्मर (xxi) ट्रांसमिसन ट्रांसफॉर्मर, (xxii) डिस्ट्रिब्यूशन ट्रांसफॉर्मर (xxiii) कॉमर्सिअल ट्रांसफॉर्मर, (xxiv) कॉंस्टॉन्ट वोल्टेज ट्रांसफॉर्मर, (xxv) नो-लोड करेन्ट, (xxvi) वर्किंग करेन्ट, (xxvii) मॉग्नेटाइजिंग करेन्ट।
2. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये—
(i) ट्रांसफॉर्मर का निर्भार सदिशारेख (vector diagram) *(U.P. 2004)*
(ii) ट्रांसफॉर्मर का भार पर सदिशारेख (vector diagram) *(U.P. 2004)*
(iii) परिणामित्र की पूर्णदिवस दक्षता (all day efficiency) *(U.P. 2002)*
(iv) ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता की शर्त (conditon) *(U.P. 2001, 02)*
(v) ट्रांसफॉर्मर में हानियाँ तथा दक्षता (losses and efficiency) *(U.P. 2001, 02)*
(vi) ट्रांसफॉर्मर में वोल्टतापात तथा वोल्टता नियमन (voltage regulation)
(vii) ट्रांसफॉर्मर का खुलापथ परीक्षण (o.c.t.) *(U.P. 2004)*
(viii) ट्रांसफॉर्मर का लघुपथ परीक्षण (s.c.t.)
(ix) ट्रांसफॉर्मर के विभिन्न क्षेत्रों में अनुप्रयोग (applications)
3. निम्नलिखित में अन्तर या विभेद (difference) ज्ञात कीजिए—
(i) स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर एवं स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर
(ii) कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर एवं शेल टाइप ट्रांसफॉर्मर।
(iii) परिणामित्र में स्थिर हानियाँ तथा परिवर्तनीय हानियाँ *(U.P. 2004)*
(iv) आदर्श परिणामित्र तथा आदर्शहीन परिणामित्र *(U.P. 2004)*
(v) परिणामित्र का खुलापथ परीक्षण तथा लघुपथ परीक्षण
(vi) ट्रांसफॉर्मर का वोल्टेज रेग्युलेशन-अप एवं वोल्टेज रेग्युलेशन-डाउन
(vii) परिणामित्र में मन्दायन हानियाँ तथा भँवर-धारा हानियाँ *(U.P. 2004)*
(viii) परिणामित्र की दक्षता तथा वोल्टता नियमन (η and *v.r.*)
(ix) स्थैतिक यन्त्र तथा गतिक यन्त्र (static and dynamic machines) *(U.P. 2007)*
4. क्या कारण है कि—
(i) ट्रांसफॉर्मर के क्रोड (core) को पटलित (laminated) बनाया जाता है।
(ii) ट्रांसफॉर्मर के क्रोड को सिलिकॉन इस्पात का बनाया जाता है।
(iii) निर्भार पर ट्रांसफॉर्मर का शक्तिगुणक ($\cos\phi$) अति कम होता है।
(iv) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता रोटेटिंग मशीनों की अपेक्षा उच्च होती है।
(v) खुलापथ परीक्षण में वाटमीटर, लोह हानियाँ (Fe-losses) दर्शाता है।
(vi) बन्दपथ परीक्षण में वाटमीटर, ताम्र हानियाँ (Cu-losses) प्रदर्शित करता है।
(vii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर वोल्टता नियमन ऋणात्मक होता है।
(viii) ट्रांसफॉर्मर की क्षमता को kVA मात्रक में व्यक्त किया जाता है।
(ix) डिस्ट्रिब्यूशन ट्रांसफॉर्मर में लोह हानियाँ कम-से-कम रखी जाती हैं।
(x) कुछ परिणामित्रों में भ्रमर ध्वनि (humming noise) अधिक उत्पन्न होती है।
(xi) प्रदाय से सम्बद्ध करते समय, परिणामित्र धारा अधिक लेता है।

(xii) ट्रांसफॉर्मर-कोर के पटलों के कणों को एक निश्चित दिशा में लाया जाता है।
(xiii) टांसफॉर्मर में न्यून वोल्टता कुण्डलन को क्रोड के समीप स्थापित किया जाता है।
5. किसी ट्रांसफॉर्मर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल से फ्लक्स, वर्त संख्या तथा प्रदाय की आवृत्ति के पदों में एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। *(U.P. 2002)*
6. ट्रांसफॉर्मर में खुलेपथ तथा लघुपथ परीक्षण किस प्रकार किए जाते हैं? समझाइए। इन परीक्षणों द्वारा ट्रांसफॉर्मर की दक्षता की गणना किस प्रकार ज्ञात की जाती है? *(U.P. 2006)*
7. सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के नियमन तथा दक्षता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। *(U.P. 2001)*
8. किसी ट्रांसफॉर्मर के प्रचालन सिद्धान्त को समझाइए।
9. ट्रांसफॉर्मर के पश्चता शक्तिगुणक पर सदिशारेख खीचिए।
10. ट्रांसफॉर्मर के कार्य-सिद्धान्त की विवेचना कीजिए।
11. ट्रांसफॉर्मर से क्या तात्पर्य है? सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2001)*
12. निम्नलिखित में से किन्हीं दो को समझाइए—
(i) ट्रांसफॉर्मर में लोह हानियाँ (iron losses) (ii) ट्रांसफॉर्मर में ताम्र हानियाँ (copper losses) (iii) ट्रांसफॉर्मर की दक्षता तथा अधिकतम मान का प्रतिबन्ध। *(U.P. 2001, 02)*
13. परिणामित्र को परिभाषित कीजिए। यह केवल प्रत्यावर्ती परिपथों पर ही क्यों प्रयुक्त किया जाता है? परिणामित्रों का वर्गीकरण करते हुए, इनके लाभ दीजिए। *(U.P. 2010)*
14. एक कला परिणामित्र का विद्युत-वाहक बल समीकरण स्थापित कीजिए तथा रूपान्तरण अनुपात की परिभाषा दीजिए। *(U.P. 2010)*
15. परिणामित्र की विभिन्न हानियों की व्याख्या कीजिए। इनको ज्ञात करने के लिए परीक्षणों के नाम लिखिए। *(U.P. 2010)*
16. इलेक्ट्रोनिक्स व संचार इंजीनियरिंग क्षेत्रों में लघु परिणामित्र की संरचना व उपयोग का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2011)*
17. ट्रांसफॉर्मर का विद्युत-वाहक बल समीकरण निकालिए। पश्चगामी भार वाले ट्रांसफॉर्मर का सदिशारेख खींचिए। *(U.P. 2011)*
18. ट्रांसफॉर्मर के खुला परिपथ तथा लघु परिपथ परीक्षण किस प्रकार किए जाते हैं? इन परीक्षणों से क्या जानकारी मिलती है? *(U.P. 2011)*
19. ट्रांसफॉर्मर के प्रचालन सिद्धान्त का वर्णन कीजिए तथा लघु परिणामित्रों के अनुप्रयोग लिखिए। *(U.P. 2012)*
20. ट्रांसफॉर्मर की वोल्टता नियमन तथा दक्षता की परिभाषा दीजिए। भार पर ट्रांसफॉर्मर का सदिशारेख खींचिए। इसमें विभिन्न वोल्टताओं तथा वोल्टतापातों को अंकित कीजिए। *(U.P. 2012)*
21. एक ट्रांसफॉर्मर के लिए विद्युत-वाहक बल का व्यंजक लिखिए और व्यजंक में प्रयुक्त प्रत्येक पैरामीटर की इकाई बताइए। *(U.P. 2004)*
22. ट्रांसफॉर्मर पर किए जाने वाले खुले परिपथ परीक्षण तथा लघु परिपथ परीक्षण को संक्षेप में समझाइए। परीक्षणों में परिणामित्र की कौन-कौन सी क्षतियाँ निकाली जाती हैं और इन्हें ट्रांसफॉर्मर की दक्षता ज्ञात करने में कैसे प्रयोग किया जाता है?
23. एक परिणामित्र में होने वाली हानियों को बताइए। ये किन कारकों (factor) पर निर्भर करती हैं? इन हानियों को न्यूनतम लाने के लिए किए जाने वाले उपाय समझाइए। *(U.P. 2004)*
24. एकल कला परिणामित्र पर होने वाले खुले परिपथ परीक्षण तथा लघु परिपथ परीक्षण को समझाइए। पूर्णभार तथा अर्द्धभार पर परीक्षणों से दक्षता किस प्रकार निकालो जाती है?
25. परिणामित्र में लोह तथा ताम्र हानियाँ किस प्रकार ज्ञात की जाती हैं?

AKG THE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
80/235

26. पूर्णभार (i) पश्चगामी शक्तिगुणक (ii) इकाई शक्तिगुणक, (iii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर किसी शक्ति परिणामित्र के लिए सदिशारेख खींचिए। इनको संक्षेप में समझाइए। *(U.P. 2004)*
27. परिणामित्र के नियमन (regulation) का व्यंजक ज्ञात कीजिए।
28. एक ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता की शर्त प्राप्त कीजिए।
29. परिणामित्र के विभिन्न सम्बन्धनों की विवेचना कीजिए।
30. परिणामित्र में होने वाली विभिन्न हानियों की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2002)*
31. परिणामित्र के खुलापथ तथा बन्दपथ परीक्षणों की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2001, 06)*
32. एक कलीय परिणामित्र का कार्य-सिद्धान्त समझाइए। *(U.P. 2001, 02, 06)*
33. परिणामित्र का क्या कार्य है? समझाइए कि परिणामित्र की द्वितीयक भार-धारा बढ़ने पर प्राथमिक भार-धारा कैसे बढ़ती है? *(U.P. 2001)*
34. त्रिकलीय परिणामित्र के विद्युत-वाहक बल के समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए। *(U.P. 2002, 06)*
35. एक कलीय परिणामित्र की संरचना की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2002, 07)*
36. परिणामित्र क्रिया से क्या तात्पर्य है? यह किन दशाओं में घटित होती है? *(U.P. 2003)*
37. एक आदर्श परिणामित्र वेष्ठन हेतु वि० वा० बल के समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए। *(U.P. 2003)*
38. परिणामित्रों के खुलापथ तथा लघुपथ पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। *(U.P. 2003)*
39. एक परिणामित्र के लिए वि० वा० बल (e.m.f.) का व्यंजक लिखिए और व्यंजक में प्रयुक्त प्रत्येक प्राचलों (parameters) की इकाई बताइए। *(U.P. 2004, 07)*
40. एक परिणामित्र में कौन-कौन सी हानियाँ होती हैं? समझाइए। इन्हें कैसे कम किया जा सकता है? *(U.P. 2004)*
41. परिणामित्र के खुलापथ परीक्षण हेतु परिपथारेख व सदिशारेख खींचिए और हानियाँ निकालिए।
42. परिणामित्र के लघुपथ परीक्षण हेतु परिपथारेख व सदिशारेख खींचिए और हानियाँ निकालिए।
43. परिणामित्र में खुलापथ तथा लघुपथ की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2006)*
44. परिणामित्र की कार्यविधि वैद्युत भार (load) की स्थिति में समझाइए। *(U.P. 2006)*
45. स्थिर वोल्टता परिणामित्र के उपयोग (uses) लिखिए।
46. खुलापथ तथा लघुपथ परीक्षणों से परिणामित्र के समतुल्य परिपथ के किन प्राचलों (parameter) को ज्ञात किया जा सकता है? इन्हें किस प्रकार ज्ञात किया जाता है, यह भी समझाइए। *(U.P. 2004)*
47. परिणामित्र की प्रत्येक हानि, भार-धारा से किस प्रकार परिवर्तित होती है? व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2004)*
48. परिणामित्र के वोल्टता-नियमन को परिभाषित कीजिए। जब इस पर भार लगाया जाता है, तब द्वितीयक सिरावोल्टता में परिवर्तन किस कारण से होता है? *(U.P. 2004)*
49. परिणामित्र में क्या-क्या हानियाँ होती हैं? इन हानियों को स्थिर व परिवर्ती वर्गों में विभक्त कीजिए। परिणामित्र के वोल्टता-नियमन को परिभाषित कीजिए। *(U.P. 2003)*
50. पश्चगामी शक्तिगुणक भारित एकल कला परिणामित्र के सदिशारेख (phase diagram) को विकसित कीजिए तथा इसकी व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2004)*
51. क्या होगा? यदि—
    (i) ट्रांसफॉर्मर को डी० सी० सप्लाई से सम्बद्ध कर दिया जाए।
    (ii) ट्रांसफॉर्मर के कोर को काष्ठ (wood) का बना दिया जाए।
    (iii) ट्रांसफॉर्मर कोर के लिए सिलिकन स्टील के स्थान पर मृदु लौह प्रयोग (use) किया जाए।
    (iv) ट्रांसफॉर्मर को कम आवृत्ति वाले प्रदाय (supply) पर काम में लाया जाए।
    (v) ट्रांसफॉर्मर को उच्च आवृत्ति वाले प्रदाय (supply) पर काम में लाया जाए।
    (vi) लघुपथ परीक्षण में परिणामित्र को निर्धारित वोल्टता (rated voltage) दी जाए।
52. Power transformer व वितरण ट्रांसफॉर्मर में अन्तर बताइये। *(U.P. 2015)*
53. भार युक्त ट्रांसफॉर्मर का फेजर आरेख खींचकर उसे समझाइये। *(U.P. 2015)*
54. 1-ϕ ट्रांसफॉर्मर की संरचना आरेखों से समझाइये। *(U.P. 2015)*
55. ट्रांसफॉर्मर की अधिकतम दक्षता के अनुबन्ध की व्युक्पत्ति कीजिए। *(U.P. 2015)*

महत्त्वपूर्ण सूत्र व समीकरणों का संग्रह (Summary)

A. Formulae and Equations of working principle of transfromer.

(i) E.M.F. Equation of a transformer

$$E = 4 \cdot 44 \phi_m \cdot f \cdot N \text{ वोल्ट} \qquad (\text{where } \phi_m = B_m \ A_i \text{ and } A_i = 0 \cdot 9 A_g)$$

(ii) Transformation ratio equation of a no load transformer.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = K \qquad (\text{Where } K \text{ is transformation ratio})$$

(iii) Output rating equation of a transformer.

$$\frac{V_1 I_1}{1000} = \frac{V_2 I_2}{1000} = \text{kVA rating} \qquad (\text{full load output})$$

(iv) No-load current formula of a transformer.

$$I_0 = \sqrt{(I_\omega^2 + I_\mu^2)} \qquad (\text{Where } I_\omega = I_0 \cos \phi_0 \text{ and } I_\mu = I_0 \sin \phi_0)$$

(v) Primary load current formula of a transformer.

$$I_1 = \sqrt{\{I_0^2 + I'^2_2 + 2 I_0 I'_2 \cos(\phi_0 - \phi_2)\}} \text{ ऐम्पियर}$$

(vi) No-load power formula of a transformer.

$$W_0 = V_1 I_0 \cos \phi_0 = W_i = (W_h + W_e) \text{ वॉट}$$

B. Ohmic and ohmic conversion formula of a transforomer.

(i) $R_0 = \frac{V_1}{I_\omega} \Omega$ व $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu} \Omega$ तथा $Z_0 = \frac{V_1}{I_0}$

(ii) $R_{01} = (R_1 + R'_2) \Omega$ व $(X_{01} + X'_2) \Omega$ तथा $Z_{01} = (Z_1 + Z'_2) \Omega$

(iii) $R_{02} = (R_2 + R''_1) \Omega$ व $(X_{02} + X''_1) \Omega$ तथा $Z_{02} = (Z_2 + Z''_1) \Omega$

(iv) $R_{01} = \frac{R_{02}}{K^2} \Omega$ व $X_{01} = \frac{X_{02}}{K^2} \Omega$ तथा $Z_{01} = \frac{Z_{02}}{K^2} \Omega$

(v) $R_{02} = K^2 R_{01} \Omega$ व $X_{02} = K^2 X_{01} \Omega$ तथा $Z_{02} = K^2 Z_{01} \Omega$

(vi) $Z_{01} = \sqrt{(R_{01}^2 + X_{01}^2)} \Omega$ तथा $Z_{02} = \sqrt{(R_{02}^2 + X_{02})} \Omega$

C. Formulae and equations of losses and efficiency of a *t / f*.

(i) Total copper losses in a transformer in watt unit.

$$W_{cu} = (I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2) = I_1^2 R_{01} = I_2^2 R_{02} \text{ वाट (मात्रक)}$$

(ii) Total iron losses in a transformer in watt unit

$$W_i = (W_h + W_e) = (K_h \cdot B_m^{1.6} \cdot f \cdot V + K_e \cdot B_m^2 \cdot f^2 \cdot t^2 \cdot V) \text{ वाट}$$
$$= (k_1 f + K_2 f^2) \text{ वॉट (मात्रक)}$$

(iii) Total losses in a transformer in watt unit.

$$W_t = (W_i + W_{cu}) \text{ वॉट (मात्रक)}$$

Scanned with CamScanner
81 / 235
PAID TECHNICAL CLASSES

(iv) Full load output of a transformer at $\cos\phi$ power factor.

$$V_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi = \text{kVA} \times \cos\phi \times 1000 \text{ वाट (मात्रक)}$$

(v) Half load output of a transformer at $\cos\phi$ power factor.

$$\frac{1}{2} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi = \frac{1}{2} \times \text{kVA} \times \cos\phi \times 1000 \text{ वॉट (मात्रक)}$$

(vi) Percentage efficiency of a transformerat full load and = $\cos\phi$ power factor

$$\%\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100 = \frac{\text{output}}{\text{output} + \text{Total losses}} \times 100$$

$$\%\eta \ f.I. = \frac{\text{kVA} \times \cos\phi}{\text{kVA} \times \cos\phi + (\text{kW})_i + (\text{kW})_{Cu}} \times 100$$

(vii) Percentage efficiency of a transformer at half load

$$\%\eta \frac{1}{2} f.I. = \frac{\frac{1}{2} \times \text{kVA} \times \cos\phi}{\left(\frac{1}{2} \times \text{kVA} \times \cos\phi\right) + (kW)_i + \frac{1}{4}(kW)_{cu}} \times 100$$

(viii) Condition for maximum efficiency of a transformer.

Copper Losses (Variable) = Iron Losses (Constant)

$I_1^2 R_{01}$ अथवा $I_2^2 R_{02} = W_i$ वॉट (मात्रक)

(ix) Primary and secondary current at maximum efficiency

$$= I_1 \sqrt{\left(\frac{W_i}{R_{01}}\right)} \text{ ऐम्पियर (A)},$$

तथा $$I_2 = \sqrt{\left(\frac{W_i}{R_{02}}\right)} \text{ ऐम्पियर (A)}$$

(x) Load in kVA at maximum efficiency of a transformer.

$$(\text{kVA})_{\text{load}} = (\text{kVA})_{f.I.} \times \sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)} \text{ किलोवोल्ट-ऐम्पियर}$$

(xi) Percentage all day efficiency of a transformer.

$$\%\eta_{a.d.} = \frac{\text{Output in kWh foruse day (24hrs)}}{\text{Input in kWh for full day (24hars)}} \times 100$$

D. Percentage voltage regulation of a transformer at full load.

(i) P.V.R. (down) $= \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100$ (Rarely used)

(ii) P.V.R. (up) $= \frac{V_{02} - V_2}{V_2} \times 100$ (Mostly used)

(iii) P.V.R. (up) $= \frac{\text{Total voltage drop in a transformer}}{\text{Full load voltage of a transformer}} \times 100$

(iv) P.V.R. (up) $= \frac{I_2 R_{02} \cos\phi \pm I_2 X_{02} \sin\phi}{V_2} \times 100$ (Rarely used)

(v) P.V.R. (up) $= \left(\frac{I_2 R_{02}}{V_2} \times 100\right)\cos\phi \pm \left(\frac{I_2 X_{02}}{V_2} \times 100\right)\sin\phi$

(vi) P.V.R. (up) $(V_r \cdot \cos\phi \pm V_x \sin\phi)$ (मात्रक रहित राशि)

(vii) P.V.R. (up) $\left\{V_r\left(\frac{kW}{kVA}\right) \pm V_x\left(\frac{kVAR}{kVA}\right)\right\}$

(+)→ Positive sign is for lagging power factor. (p.f. lag.)

(−)→ Negative sign is for leading power factor (p.f. lead)

(viii) Condition for zero regulation, $\tan\phi = -\frac{R_{02}}{X_{02}}$

(ix) Condition for maximum regulation, $\tan\phi = +\frac{X_{02}}{R_{02}}$

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षणा के गणनात्मक प्रश्न

1. एक 6600/600V, 50Hz सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर के कोर में अधिकतम फ्लक्स-डेन्सिटी 1·35T है। यदि आयरन कोर का अनुप्रस्थ काटक्षेत्र 200 वर्ग सेमी हो, तो ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलन में वर्तों की संख्या ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर** :1100 Turns एवं 100 Turns]

2. एक 400 प्राथमिक तथा 1000 द्वितीयक वर्तों वाले एकल परिणामित्र के क्रोड का अनुप्रस्थ काटक्षेत्र 60 वर्ग सेमी है। यदि प्राथमिक कुण्डलन को 500V, 50Hz प्रदाय से जोड़ दिया जाए, तो क्रोड में अधिकतम फ्लक्स-घनत्व तथा द्वितीयक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक वल ज्ञात कीजिए। इस स्थिति को दर्शाने के लिए सदिशारेख भी खीचिए।
[**उत्तर** : 0·9385T तथा 1250V]

3. एक 20kVA एकल परिणामित्र की प्राथमिक कुण्डलन में 400 वर्तें हैं और द्वितीयक में 50 वर्तें हैं। प्राथमिक को 2000V, 50Hz प्रदाय से सम्बद्ध किया गया है, तो परिकलित (calculate) कीजिए—
(i) क्रोड में अधिकतम फ्लक्स (maximum flux in core)
(ii) द्वितीयक विद्युत-वाहक बल (secondary e.m.f.) तथा
(iii) पूर्णभार पर प्राथमिक तथा द्वितीयक धारा (current)

4. एक एकल परिणामित्र को 235V, 50Hz, वैद्युत प्रदाय से सम्बद्ध किया जाता है, तो वह 0·25 पश्चगामी शक्तिगुणकपर 5A की निर्भार धारा (no-load current) लेता है। परिणामित्र की प्राथमिक कुण्डलन में 200 वर्तें है. तो ज्ञात कीजिए—
(i) क्रोड में अधिकतम फ्लक्स (max flux), (ii) क्रोड (लोह) हानियाँ (core losses), (iii) क्रोड (लोह) हानि धारा अर्थात् कार्यकारी धारा, (working current), (iv) चुम्बकन धारा।
[**उत्तर** : (i) 5·3 mWb, (ii) 293·8W, (iii) 0·125A (iv) 4·998A]

5. एक एकल कला परिणामित्र निर्भार पर 250V, 50Hz के वैद्युत प्रदाय से 1·2A की धारा लेता है और यह 100W वैद्युत शक्ति अवशोषित (absorbed) करता है, तो लोह हानि धारा अर्थात् कार्यकारी धारा तथा चुम्बकन धारा ज्ञात कीजिए।
[**उत्तर** : 0·4A तथा 1·28A]

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
82 / 235

6. एक एकल कला परिणामित्र का वर्तानुपात अर्थात् लपेटों का अनुपात 3000/400 है और निर्भार तथा 0·2 शक्तिगुणक पर 1A धारा लेता है। यदि द्वितीयक 0·8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 60A की भार-धारा प्रदान करती है, तो प्राथमिक द्वारा ली गई धारा ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : $I_1 = 8 \cdot 78$A]

7. एक सिंगल फेज, 50Hz कोर टाइप ट्रांसफॉर्मर का निर्भार वोल्टता अनुपात 6000/250 V है। यदि क्रोड में उत्पन्न फ्लक्स 0·60Wb हो, तो प्रत्येक कुण्डलन में वर्तों की संख्या ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : $N_1 = 450$ तथा $N_2 = 19$]

8. एक 5000kVA, 3300/400 V, 50 Hz सिंगल फेज ट्रांसफॉर्मर खुलेपथ पर 2000W लेता है। प्राथमिक को निरूपित करते हुए तुल्य प्रतिरोध 0·12Ω है, तो पूर्णभार 0·8 शक्तिगुणक पर दक्षता ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : 98·95 प्रतिशत]

6 विशिष्ट परिणामित्र
[SPECIAL TRANSFORMERS]

6.1. परिचय (Introduction)

वे परिणामित्र, जो परम्परागत परिणामित्रों से हटकर कोई संरचनात्मक या प्रयोगात्मक अथवा अनुप्रयोगात्मक विशेषता रखते हैं, विशिष्ट परिणामित्र कहलाते हैं; जैसे उपयन्त्र परिणामित्र, धारा परिणामित्र, विभव परिणामित्र, स्वपरिणामित्र, दिष्टकारी परिणामित्र, शुष्क प्ररूपी परिणामित्र, भट्टी परिणामित्र, 'भूयोजन या भूसम्पर्कन' परिणामित्र, संकर्षण परिणामित्र, स्थिर धारा परिणामित्र, रेडियो परिणामित्र, गतिशील या सुवाह्य परिणामित्र, परीक्षण परिणामित्र आदि। इनमें से प्रत्येक परिणामित्र का प्रयोग अपने क्षेत्र के किसी महत्त्वपूर्ण व विशिष्ट स्थान पर विद्युत-प्रदाय प्रदान करने के लिए होता है।

विदित हो कि सभी प्रकार के ट्रांसफॉर्मरों का कार्यकारी सिद्धान्त (working principle) एकसमान होता है और उनमें प्रयुक्त संरचनात्मक पदार्थ भी समान होते हैं; परन्तु अनुप्रयोगों (applications) की भिन्नता के कारण, उनकी अभिकल्पना (design) तथा प्रयुक्त पदार्थ की गुणता (quality) में विशेष अन्तर होता है।

6.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

परिणामित्र (Transformer)—वह स्थैतिक प्रत्यावर्ती वैद्युत युक्ति, जो विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के नियमानुसार, समान आवृत्ति पर न्यून विभव की विद्युत को उच्च विभव की विद्युत में अथवा उच्च विभव की विद्युत को न्यून विभव की विद्युत में एक परिपथ से अन्य परिपथ में स्थानान्तरित करता है, ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

विशिष्ट परिणामित्र (Special transformer)—सामान्य परिणामित्र से हटकर, वह परिणामित्र, जो संरचनात्मक या सिद्धान्तक या प्रयोगात्मक अथवा अनुप्रयोगात्मक कोई विशेषता रखता है, स्पेशल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। अर्थात् असामान्य परिणामित्र को स्पेशल ट्रांसफॉर्मर कहते हैं।

घूर्णी परिणामित्र (Rotating transformer)—इण्डक्शन मोटर को रोटेटिंग ट्रांसफॉर्मर कहते हैं, जिसमें प्राथमिक कुण्डलन स्थिर रहती है और द्वितीयक कुण्डलन चक्रित (rotate) होती है, अर्थात् घूमती है।

स्वपरिणामित्र (Autotransformer)—वह परिणामित्र, जिसमें केवल एक कुण्डलन (winding) होती है; ऑटोट्रांसफॉर्मर कहलाता है। यह एक प्रकार का परिवर्तनीय परिणामित्र है।

उपयन्त्र परिणामित्र (Instrument transformer)—वह परिणामित्र, जो धारा या वोल्टता का न्यून परास (range) प्रदान करता है, इंस्ट्रुमेन्ट ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

धारा परिणामित्र (Current transformer)—वह उपयन्त्र परिणामित्र, जो वैद्युत धारा को किसी एक निश्चित अनुपात में कम करके, अपने भार (ऐमीटर या प्रोटेक्टिंग रिले) को प्रदान करता है; करेंन्ट ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

विभव परिणामित्र (Potential transformer)—वह परिणामित्र, जो वैद्युत विभव को किसी एक निश्चित अनुपात में कम करके, अपने भार (वोल्टमीटर या प्रोटेक्टिंग रिले) को प्रदान करता है; पोटेंशिअल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

दिष्टकारी (Rectifier)—वह इलेक्ट्रॉनिकी स्थैतिक युक्ति, जो प्रत्यावर्ती विद्युत को दिष्टवर्ती विद्युत में परिवर्तित करती है, रेक्टिफायर कहलाती है।

दिष्टकारी परिणामित्र (Rectifier transformer)—वह परिणामित्र, जो वैद्युत दिष्टकारी को अभीष्ट (वांछित) वोल्टता की विद्युत प्रदान करता है; रेक्टिफायर ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

परिवर्तित्र (Converter)—वह वैद्युत घूर्णी युक्ति, जो प्रत्यावर्ती विद्युत को दिष्टवर्ती विद्युत में बदलती है; परिवर्तित्र कहलाती है।

Scanned with CamScanner
83 / 235

परिवर्तित्र परिणामित्र (Converter transformer)—वह परिणामित्र, जो वैद्युत परिवर्तित्र को अभीष्ट वोल्टता प्रदान करता है; कनवर्टर ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

भट्टी परिणामित्र (Furnace transformer)—वह परिणामित्र, जो वैद्युत भट्टी को अभीष्ट वोल्टता की विद्युत प्रदान करता है; फर्नेस ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

'भूयोजन या भूसम्पर्कन' परिणामित्र (Earthing or grounding transformer)—वह परिणामित्र, जो वैद्युत यन्त्र या तन्त्र (machine or system) को भूयोजन के लिए उदासीन बिन्दु (neutral point) प्रदान करता है, 'अर्थिंग या ग्राउंडिंग' ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

संकर्षण परिणामित्र (Traction transformer)—वह परिणामित्र, जो संकर्षण कार्यों के लिए अभीष्ट विद्युत प्रदान करता है; ट्रेक्शन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

शुष्क प्ररूपी परिणामित्र (Dry type transformer)—वह परिणामित्र, जिसमें कोई किसी प्रकार का ज्वलनशील द्रव (खनिज तेल आदि) का प्रयोग नहीं किया जाता, जो पूर्णरूप से शुष्क रहता है, ड्राई टाइप ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

वेल्डन परिणामित्र (Welding transformer)—वह परिणामित्र, जो कार्य-वस्तुओं के वेल्डन हेतु अभीष्ट न्यून वोल्टता पर उच्च धारा की विद्युत प्रदान करता है; वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

नियन्त्रण परिणामित्र (Control transformer)—वह स्थिर विभव वाला शुष्क प्ररूपी वितरण परिणामित्र, जिसका प्रयोग (use) प्राय: प्रकाशन हेतु 600 V तक के नियन्त्रण परिपथ में होता है, कन्ट्रोल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है।

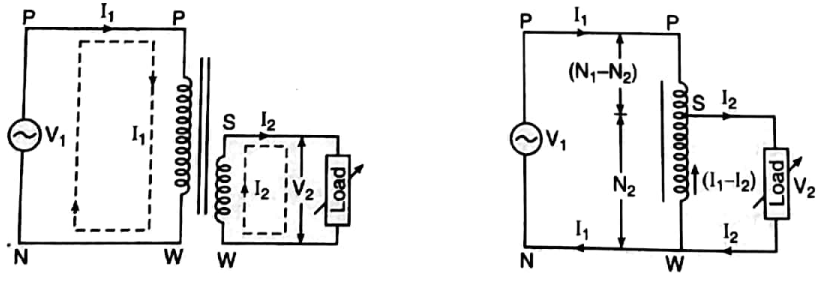
प्रवर्तन परिणामित्र (Starting transformer)—वह परिणामित्र, जो ए० सी० मोटर को स्टार्ट करता है, स्टार्टिंग ट्रांसफॉर्मर कहलाता है; जैसे स्वपरिणामित्र (autotransformer)। प्राय: ए० सी० ट्रेक्शन मोटर को ऑटोट्रांसफॉर्मर से स्टार्ट किया जाता है।

परीक्षण परिणामित्र (Testing transformer)—वह उच्च वोल्टता परिणामित्र, जिसका प्रयोग (use), उच्च वोल्टता की परीक्षणशाला (h. v. testing lab.) में विद्युतरोधक की परावैद्युत सामर्थ्य ज्ञात करने के लिए होता है। इसके लिए प्राय: डेढ़ मेगावोल्ट (1·5MV) तक की वोल्टता या इससे भी अधिक वोल्टता की आवश्यकता होती है। अब तक एक मेगावोल्ट (1 MV) तक की वोल्टता वाली टेस्टिंग ट्रांसफॉर्मर यूनिटों का निर्माण किया जा चुका है; परन्तु फिर भी मितव्ययता के दृष्टिकोण से इतनी अधिक वोल्टता को दो या दो से अधिक ट्रांसफॉर्मर्स यूनिटों को कैस्केड या चैन में सम्बद्ध कर प्राप्त किया जाता है। कैस्केड या चैन का तात्पर्य श्रेणी सम्बन्धन से होता है, जिसमें एक ट्रांसफॉर्मर का आउटपुट दूसरे ट्रांसफॉर्मर का इनपुट होता है।

6.3. स्वपरिणामित्र अर्थात् ऑटो-ट्रांसफॉर्मर (Autotransformer)

(A) संरचना (Construction)

चित्र 6.1 में स्वपरिणामित्र का वैद्युत परिपथ प्रदर्शित किया गया है, जिसमें यह दर्शाया गया है कि यह दो कुण्डलन वाले सामान्य ट्रांसफॉर्मर का ही एक सरलतम रूप है। इसमें द्वि-कुण्डलन के स्थान पर केवल एक ही कुण्डलन होती है, जो



(a) दो कुण्डलनों वाले ट्रांसफॉर्मर का सर्किट डायग्राम

(a) एक कुण्डलन वाले ट्रांसफॉर्मर का सर्किट डायग्राम

चित्र 6.1–ट्रांसफॉर्मरों का वैद्युत परिपथारेख (Electric circuit diagram)।

प्राथमिक तथा द्वितीयक दोनों कुण्डलनों का कार्य करती है। चित्र 6.1 में प्राथमिक कुण्डलन (primary winding) को P. W. तथा द्वितीयक कुण्डलन (secondary winding) को S. W. प्रतीकात्मक अक्षरों से दर्शाया गया है।

प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलन का उभयनिष्ठ बिन्दु W नियत (fixed) रहता है और प्राथमिक कुण्डलन का बिन्दु P भी नियत रहता है। केवल द्वितीयक कुण्डलन का बिन्दु S चलायमान (variable) होता है, जो एक सरकन सम्पर्क (sliding contact) द्वारा प्राथमिक कुण्डलन के विभिन्न बिन्दुओं पर सम्पर्क स्थापित करता है।

ऑटो ट्रांसफॉर्मर में उभयनिष्ठ कुण्डलन (common winding) होने के कारण, द्वि-कुण्डलन ट्रांसफॉर्मर की अपेक्षा, कॉपर तथा आयरन की मात्रा कम लगती है।

(B) ऑटोट्रांसफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त (Working principle of auto-transformer)

ऑटोट्रांसफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त, द्वि-कुण्डलन ट्रांसफॉर्मर के समान ही है। चित्र 6.1 के अनुसार माना कि—

N_1 = प्राथमिक कुण्डलन PW में वर्तों की संख्या (number of turns)

N_2 = द्वितीयक कुण्डलन SW में वर्तों की संख्या (number of turns)

V_1 = वोल्ट मात्रक में प्रदायी वोल्टता (supply voltage)

V_2 = वोल्ट मात्रक में भार-वोल्टता (load voltage)

I_1 = ऐम्पियर मात्रक में प्रदायी धारा (supply current)

I_2 = ऐम्पियर मात्रक में भार-धारा (load current)

तब एक आदर्श ट्रांसफॉर्मर की स्थिति में चुम्बकीय वाहक बल (magnetomotive force)

$$(N_1 - N_2)I_1 = N_2(I_2 - I_1) \qquad \text{(सरलीकरण करने पर)}$$

$$N_1I_1 - N_2I_1 = N_2I_2 - N_2I_1 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$N_1I_1 = N_2I_2 \qquad \text{...सूत्र (ia)}$$

धारा अनुपात (Current ratio) $$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{...सूत्र (ib)}$$

वोल्ट-ऐम्पियर (v-i. power) $$V_1I_1 = V_2I_2 \qquad \text{...सूत्र (iia)}$$

धारा अनुपात (Current ratio) $$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \qquad \text{...सूत्र (iib)}$$

उक्त दोनों (ib and iib) सूत्रों द्वारा परिणमन अनुपात (transformation ratio)

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \text{ (Transformation ratio)} \qquad \text{...सूत्र (iii)}$$

(C) स्वपरिणामित्र के लाभ (Advantages of auto transformer)

समान क्षमता के द्वि-कुण्डलन ट्रांसफॉर्मर की अपेक्षा, एक कुण्डलन स्वपरिणामित्र के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) इसकी सम्पूर्ण संरचना (over all construction) अति सरल (very simple) होती है।

(ii) लघु स्वपरिणामित्रों में वोल्टता परिवर्तन के लिए सरकन सम्पर्क (sliding contact) होता है।

(iii) यह, प्रत्यावर्तीधारा विभव विभाजक (potential divider) की तरह कार्य (work) करता है।

Scanned with CamScanner
84 / 235

(iv) इससे वोल्टता परिवर्तन सुगमता से किया जा सकता है।

(v) इसमें वोल्टता परिवर्तन का परास (range) विस्तृत होता है।

(vi) इसमें केवल एकल कुण्डलन (single winding) ही होती है।

(vii) इसकी कुण्डलन में ताम्र (copper) की मात्रा कम लगती है।

(viii) इसमें लोह क्रोड (iron core) की मात्रा कम (less) लगती है।

(ix) यह, भार (weight) में अन्य परिणामित्र की अपेक्षा, हल्का (light) होता है।

(x) यह, आकार (size) में अन्य परिणामित्र की अपेक्षा, लघु (small) होता है।

(xi) यह, अन्य परिणामित्र की अपेक्षा, कम स्थान (less space) घेरता है।

(D) स्वपरिणामित्र में कमियाँ (Drawbacks in auto-transformer)

इसमें निम्नलिखित प्रमुख कमियाँ (main drawbacks) हैं—

(i) इसके द्वारा प्राथमिक वोल्टता की एक सौ बीस प्रतिशत (120%) तक ही वोल्टता प्राप्त की जा सकती है; इससे अधिक नहीं। अर्थात् इसे अवक्रम (step-down) के अतिरिक्त अल्प उत्क्रम (low step-up) परिणामित्र की तरह उपयोग में लाया जा सकता है।

(ii) इसमें प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलनों के मध्य, क्षरण फ्लक्स कम होता है; इसलिए इसकी प्रतिबाधा कम होती है, जो वैद्युत प्रदोषी अवस्था में लघुपथ धारा को बढ़ावा देती है।

(iii) त्रिकला स्वपरिणामित्र में उभयनिष्ठ उदासीन बिन्दु होने के कारण, केवल किसी एक ही कुण्डलन को भूयोजित (earthed) नहीं किया जा सकता। अर्थात् सभी कुण्डलनें सदैव समान अवस्था में रहती हैं।

(iv) जब परिणमन (transformation) उच्च विभव पर होता है, तब यह वांछनीय है कि दोनों कुण्डलनें पृथक् (isolate) हों, जो स्वपरिणामित्र में सम्भव नहीं है।

(v) इसे कभी भी उच्च तथा न्यून वोल्टताओं के मध्य अन्तर्योजक कड़ी (inter linked) की तरह प्रयोग (use) नहीं किया जा सकता।

(vi) सतत् कुण्डली कुण्डलन होने के कारण, इसमें उच्च वोल्टता परिपथ द्वारा न्यून वोल्टता परिपथ प्रभावित होता है।

(E) स्वपरिणामित्र के अनुप्रयोग (Applications of auto-transformer)

अभियान्त्रिकी तथा प्रौद्योगिकी के विभिन्न क्षेत्रों में, इसके प्रमुख अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं—

(i) वोल्टतापात के कारण, संचरण लाइनों में घटी हुई वोल्टता को बढ़ाने के लिए अभिवर्धक परिणामित्र (booster transformer) की तरह।

(ii) थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर तथा ए० सी० सीरीज ट्रेक्शन मोटर के प्रवर्तन (starting) के लिए प्रवर्तक (starter) की तरह।

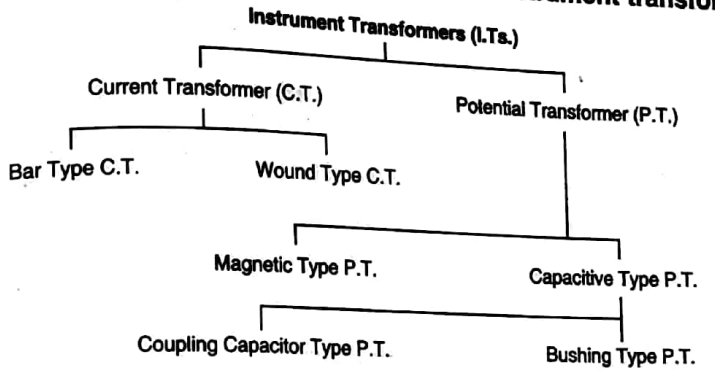
(iii) परीक्षण प्रयोगशालाओं में वोल्टता स्थिर रखने के लिए, वोल्टता-नियामक (voltage regulator) की तरह।

(iv) रंगशालाओं (theatres) तथा नाटकशालाओं (drama halls) में मंच (stage) पर विद्युत-प्रकाश स्रोतों की वोल्टता को नियमित (regulate / control) करने के लिए वैराइक (variac) की तरह।

(v) प्रयोगशालाओं में प्रत्यावर्तीधारा विभव-विभाजक (a. c. potential divider) की तरह।

(vi) 132 kV तथा 220 kV ग्रिड के अन्तर्योजन (inter-connection) में भी प्रयोग होता है।

6.4. उपयन्त्र परिणामित्रों का वर्गीकरण (Classification of instrument transformers)

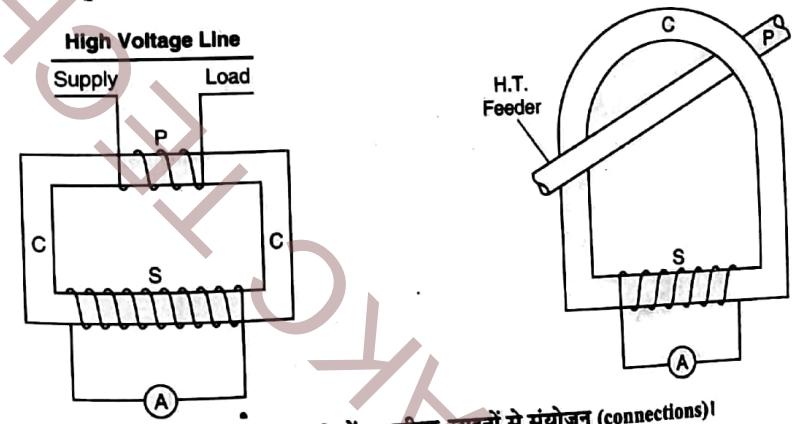


6.5. उपयन्त्र परिणामित्र (Instrument Transformer : I. T.)

उच्च वोल्टता तथा उच्च धारा वाले प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में मापक उपयन्त्रों जैसे—वोल्टमीटर, ऐमीटर, वाटमीटर, इनर्जीमीटर, पावर फेक्टर मीटर, फ्रीक्वेन्सीमीटर आदि तथा रक्षण युक्तियों जैसे—रिले आदि को प्रत्यक्ष सम्बद्ध नहीं किया जा सकता है; क्योंकि उच्च वोल्टता पर उच्च विद्युत-स्थैतिक बल (electrostatic force) के कारण, "मापन तथा रक्षण" उपयन्त्र अपनी यथार्थता (accuracy) खो बैठता है। दूसरे, उच्च वोल्टता, न्यून प्रतिबाधा वाले परिपथों, स्विच बोर्डों या पेनल बोर्डों पर कार्य करने वाले व्यक्तियों के लिए भी घातक होती हैं। इन्हीं सब कारणों से उच्च वोल्टता के उपकरणों से एक निश्चित दूरी कायम रखना भी आवश्यक होता है; इसलिए इन मापन तथा रक्षण उपयन्त्रों को उपयन्त्र परिणामित्रों द्वारा सम्बद्ध करते हैं। ये परिणामित्र निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

6.5-1. **धारा परिणामित्र** (Current transformer), जिसे श्रेणी परिणामित्र (series transformer) भी कहते हैं।

6.5-2. **विभव परिणामित्र** (Potential transformer), जिसे वोल्टता परिणामित्र (voltage transformer) तथा समानान्तर परिणामित्र (parallel transformer) भी कहते हैं।



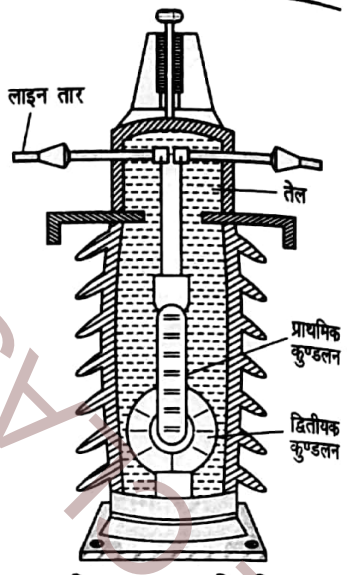
चित्र 6.2–धारा परिणामित्रों का फीडर-लाइनों से संयोजन (connections)।

6.5-1. धारा परिणामित्र (Current Transformer : C. T.)

जिस प्रकार डी० सी० सर्किट में उच्च धारा को ऐमीटर के साथ शंट (समानान्तर में न्यून प्रतिरोध) लगाकर यथार्थता के साथ मापा जाता है, ठीक उसी प्रकार ए० सी० सर्किट में उच्च धारा को, ऐमीटर के साथ धारा परिणामित्र लगाकर मापा जाता

TAKOTE SHIKSHAK CLASSES
Scanned with CamScanner
85 / 235

है। धारा परिणामित्र एक प्रकार का कम क्षमता (15 to 50 VA) वाला स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर होता है, जो न्यून वोल्टता को अधिक, परन्तु उच्च धारा को कम करता है। इनकी अभिकल्पना प्राय: 1 A अथवा 5 A की धारा निर्धारण (current rating) के लिए की जाती है। इनकी प्राइमरी वाइंडिंग को ए० सी० सर्किट के श्रेणी में सम्बद्ध किया जाता है और सेकण्डरी वाइण्डिंग में ऐमीटर लगाकर, धारा मापी जाती है, जैसा कि चित्र 6.2 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 6.3–धारा परिणामित्र।

प्रयोग करते समय, ऊर्जित धारा परिणामित्र (energised c. t.) की सेकण्डरी वाइंडिंग के टर्मिनलों को कभी भी खुला हुआ (open circuited) नहीं छोड़ना चाहिए; क्योंकि खुले परिपथ पर धारा परिणामित्रों में निर्भार हानियों (no load losses) के साथ-साथ सेकण्डरी वाइंडिंग में अत्यधिक प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न होगा, जो तप्त विद्युतरोधन को पंचर करके, धारा परिणामित्र को नष्ट कर देगा। इस प्रकार नष्ट हुए धारा परिणामित्र की पुन: वाइंडिंग करने से पहले, उसके आयरन कोर को विचुम्बकित कर लेना चाहिए, ताकि उच्च फ्लक्स-घनत्व के कारण, अवशिष्ट चुम्बकत्व (residual magnetism) उसकी यथार्थता कम न करे।

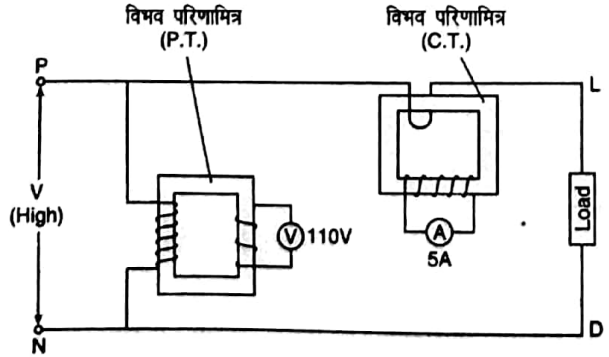
दूसरे ऊर्जित धारा परिणामित्र की खुली परिपथ उच्च वोल्टता से सम्पर्क में आए हुए व्यक्ति (ओपरेटर) को घातक धक्का (shock) लग सकता है।

कभी-कभी धारा परिणामित्र के क्रोड पर केवल सेकण्डरी वाइंडिंग ही होती है और प्राइमरी वाइंडिंग का कार्य स्वयं लाइन कण्डक्टर अथवा बसबार करती है। इस प्रकार के धारा परिणामित्र को वलय प्ररूपी धारा परिणामित्र (ring type c.t.) अथवा एकल कुण्डली धारा परिणामित्र (single coil c.t.) कहते हैं। इस प्रकार के धारा परिणामित्र से क्लिप ऑन ऐमीटर (clip on ammeter) की संरचना की गई है, जिसे क्लेम्प ऑन ऐमीटर तथा टाँग टेस्टर (tong tester) भी कहते हैं।

ऊर्जित धारा परिणामित्र के सेकण्डरी वाइंडिंग से सम्बद्ध, मापन या रक्षण उपयन्त्र को हटाने से पहले, उसके दोनों टर्मिनलों को लघुपथित (short circuited) कर देना चाहिए ताकि स्वयं उपयन्त्र परिणामित्र तथा उस पर कार्य करने वाले व्यक्ति के लिए किसी प्रकार का खतरा उत्पन्न न हो सके।

6.5-2. विभव परिणामित्र (Potential Transformer : P. T.)

जिस प्रकार डी० सी० सर्किट में उच्च वोल्टता को वोल्टमीटर के साथ मल्टिप्लायर (श्रेणी में उच्च प्रतिरोध) लगाकर मापा जाता है, ठीक उसी प्रकार ए० सी० सर्किट में उच्च वोल्टता को वोल्टमीटर के साथ विभव परिणामित्र लगाकर मापा जाता है। विभव परिणामित्र एक प्रकार का कम क्षमता (40 W to 500 W) वाला स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर होता है, जो उच्च वोल्टता

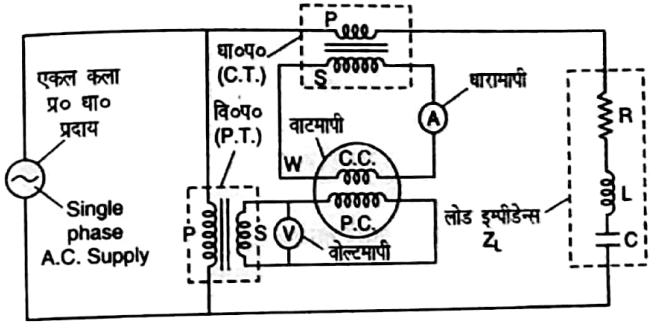


चित्र 6.4–धारा प० तथा विभव प० के प्र० धा० प्रदाय से सम्बन्धन (connections)।

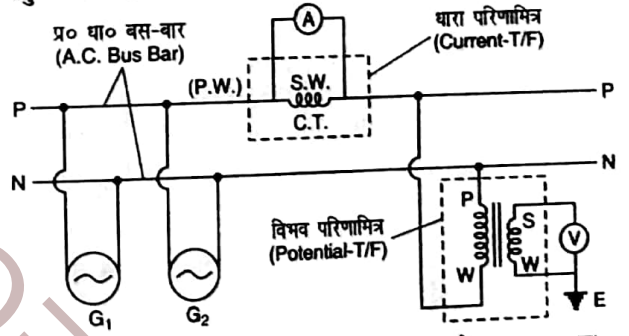
को न्यून, परन्तु न्यून धारा को उच्च करता है। इसकी अभिकल्पना प्राय: 110 V अथवा 220 V की वोल्टता के लिए की जाती है। इसकी प्राथमिक कुण्डलन को परिपथ में प्रदायी वोल्टता के आरपार (across) सम्बद्ध किया जाता है और द्वितीयक कुण्डलन में वोल्टमीटर लगाकर, वोल्टता मापी जाती है, जैसा कि चित्र 6.4 में प्रदर्शित किया गया है।

विभव परिणामित्र की सेकण्डरी वाइंडिंग के एक न्यून वोल्टता सिरे (l.t. terminal) को सदैव भू-सम्पर्कित (earthed) रखा जाता है, ताकि इस पर कार्य करने वाले व्यक्ति (operator) को किसी प्रकार का खतरा न रहे।

5 kV तक के विभव परिणामित्र प्राय: प्राकृतिक शीतलित (natural cooled) होते हैं, अर्थात् शुष्क प्ररूपी (dry type) होते हैं और 5 kV से 13·8 kV तक के विभव परिणामित्र शुष्क अथवा तेल निमंजित (oil immersed) हो सकते हैं; परन्तु 13·8 kV से ऊपर की वोल्टता वाले विभव परिणामित्र तेल निमंजित प्ररूपी (oil immersed type) ही होते हैं।



चित्र 6.5–वैद्युत परिपथ में धा०प० तथा वि०प० द्वारा वाटमीटर के सम्बन्धन सम्बन्धी परिपथारेख।



चित्र 6.6–'धारा तथा विभव' परिणामित्रों के बसबार के साथ सम्बन्धन।

6.6. क्या जेनरेटर की अपेक्षा, समान क्षमता वाले ट्रांसफॉर्मर की दक्षता उच्च होती है?

विदित है कि जेनरेटर एक घूर्णन युक्ति (rotating device) है, जिसमें यान्त्रिक तथा वैद्युत, दोनों प्रकार की हानियाँ होती हैं; इसलिए इसका निर्गत कम होता है। परन्तु ट्रांसफॉर्मर एक स्थैतिक युक्ति (static device) है, जिसमें केवल वैद्युत हानियाँ ही होती हैं; इसलिए इसका निर्गत अधिक होता है। परिणामस्वरूप ट्रांसफॉर्मर की दक्षता अधिक होती है; क्योंकि दक्षता सदैव निर्गत के समानुपाती होती है। अर्थात्—

दक्षता (efficiency) ∝ निर्गत (output)

6.7. क्या होगा, यदि ट्रांसफॉर्मर को डी० सी० सप्लाइ दी जाए?

ट्रांसफॉर्मर को यदि डी० सी० सप्लाइ दी जाए, तो ट्रांसफॉर्मर के द्वितीयक पक्ष में वोल्टता प्राप्त नहीं होगी, अर्थात् निर्गत प्राप्त नहीं होगा; क्योंकि डी० सी० सप्लाइ देने से ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी वाइंडिंग में दिष्टधारा प्रवाहित होगी। इससे स्थिर परिमाण के एक ही दिशा (unidirection) में स्थापित होने वाले मॉग्नेटिक फ्लक्स उत्पन्न होंगे, जो पटलित लोह क्रोड

Scanned with CamScanner
86 / 235

(laminated iron core) द्वारा सेकण्डरी वाइंडिंग से सम्पर्कित होने पर भी, उसमें प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न करने में असमर्थ होंगे।

6.8. क्या होगा यदि ट्रांसफॉर्मर को ए० सी० सप्लाइ के स्थान पर समान वोल्टता की डी० सी० सप्लाइ दी जाए?

ट्रांसफॉर्मर में प्रतिबाधा (Z) की अपेक्षा, प्रतिरोध (R) अतिकम होता है; इसलिए ए० सी० सप्लाइ के स्थान पर समान वोल्टता की डी० सी० सप्लाइ देने से ट्रांसफॉर्मर की प्राइमरी वाइंडिंग में अधिक दिष्टधारा प्रवाहित होगी, जो प्राइमरी वाइंडिंग को जलाकर नष्ट कर देगी।

6.9. क्या होगा, यदि ट्रांसफॉर्मर में लोह-क्रोड के स्थान पर काष्ठ-क्रोड का उपयोग किया जाए?

चूँकि लोह की अपेक्षा, काष्ठ की चुम्बकीय पारगम्यता (magnetic permeability) अति कम अर्थात् नगण्य होती है; इसलिए लोह-क्रोड के स्थान पर काष्ठ-क्रोड प्रयुक्त करने पर उसका साइज (आयतन) अत्यधिक (लगभग 5 हजार गुना) बढ़ जाएगा। यदि काष्ठ-क्रोड का साइज (आयतन) लोह-क्रोड के समान रखा गया, तो द्वितीयक पक्ष में निर्गत वोल्टता (output voltage) नगण्य (negligible) प्राप्त होगी; क्योंकि लकड़ी के क्रोड से नगण्य फ्लक्स गुजरकर ही द्वितीयक कुण्डलन (secondary winding) से गुथित (linked) हो सकेंगे।

द्विकुण्डलन परिणामित्र तथा स्वपरिणामित्र का तुलनात्मक अध्ययन
(Comparative Study of two winding transformer and autotransformer)

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक (Comparative factor)	द्विकुण्डलन परिणामित्र (Two winding t/f)	स्वपरिणामित्र (Autotransformer)
1.	कुण्डलनों की संख्या	दो (two)	एक (one)
2.	ताम्र बचत (Copper saving)	ना (no)	हाँ (yes)
3.	परिवर्तनीय द्वितीयक वोल्टता	ना (no)	हाँ (yes)
4.	कुण्डलनों के मध्य वैद्युत-पृथक्करण (isolation)	हाँ (yes)	ना (no)
5.	चल सम्पर्क (movable contacts)	ना (no)	हाँ (yes)
6.	कुण्डलनों में हानियाँ (losses)	अधिक (more)	कम (less)
7.	दक्षता (efficiency)	न्यून (low)	उच्च (high)
8.	नियमन (regulation)	निर्बल (poor)	सबल (rich)
9.	प्रमाप (size)	दीर्घ (large)	लघु (small)
10.	वरिम घेरना (space covered)	अधिक (more)	कम (less)
11.	भार (weight)	अधिक (more)	कम (less)
12.	कीमत (cost)	अधिक (more)	कम (less)
	अनुप्रयोग (application)	मुख्य प्रदाय परिणामित्र (mains t/f), शक्ति प० (power t/f), प्रदाय प० (supply t/f), कुण्डलन पृथक्करण प० (winding solation t/f) आदि	वेरिएक (variac) ए० सी० मोटरों का प्रवर्तक (startor), (dimmerstat)

समान क्षमता (kVA) के 'शक्ति तथा वेल्डन' परिणामित्रों में तुलनात्मक अध्ययन

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक	पॉवर ट्रॉंसफॉर्मर	वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर
1.	कला (phase-ϕ)	1-ϕ व 3-ϕ	1-ϕ व 2-ϕ
2.	वोल्टता (V)	उच्च (high)	न्यून (low)
3.	धारा (I)	न्यून (low)	उच्च (high)
4.	शक्तिगुणक ($\cos\phi$)	कम (less)	अतिकम (very less)
5.	प्रतिशत प्रतिरोध (% R)	कम (less)	अतिकम (very less)
6.	प्रतिशत प्रतिघात (% X)	कम (less)	अधिक (more)
7.	प्रतिशत प्रतिबाधा (% Z)	कम (less)	अधिक (more)
8.	वोल्टता नियमन (V. R.)	कम (less)	अधिक (more)
9.	जल शीतलन (W. C.)	हाँ (yes)	नहीं (no)
10.	अंशनिष्कासन (Tapping)	द्वितीयक कुण्डलन	प्राथमिक कुण्डलन
11.	सहायक उपकरण (A. A.)	अधिक (more)	कम (less)
12.	दक्षता (Efficiency)	अधिक (more)	कम (less)
13.	ऊष्मा-उत्पादन (H. P.)	कम (less)	अधिक (more)
14.	प्रारम्भिक कीमत (I. C.)	कम (less)	अधिक (more)
15.	चल कीमत (R. C.)	कम (less)	अधिक (more)
16.	अनुरक्षण कीमत (M. C.)	कम (less)	अधिक (more)
17.	मरम्मत कीमत (R. C.)	कम (less)	अधिक (more)
18.	प्ररूप (Type)	प्राय: बाह्य द्वारीय	प्राय: अन्त: द्वारीय

महत्त्वपूर्ण प्रश्नोत्तरी (Important Questions and Answers)

प्रश्न 1—विशिष्ट परिणामित्र क्या है? (What is special transformer?)

उत्तर—वह ट्रांसफॉर्मर जो संरचनात्मक, सिद्धान्तात्मक, प्रयोगात्मक, अनुप्रयोगात्मक या प्रयोजनात्मक कोई एक अथवा अनेक विशेषताएँ रखता है, स्पेसिअल ट्रांसफॉर्मर कहलाता है; जैसे स्वपरिणामित्र (autotransformer), वेल्डन परिणामित्र (welding transformer), वैद्युत भट्टी परिणामित्र (Electric furnace transformer), वैद्युत उपयन्त्र परिणामित्र (electric instrument transformer) आदि।

प्रश्न 2—क्या घूर्णी यन्त्रों (जेनरेटर, मोटर आदि) की अपेक्षा स्थैतिक यन्त्रों (ट्रांसफॉर्मर आदि) की दक्षता उच्च (high) होती है? यदि हाँ, तो क्यों?

उत्तर—हाँ (yes), उच्च होती है; क्योंकि स्थैतिक यन्त्रों (static machines) में यान्त्रिक हानियाँ अर्थात् घर्षण हानियाँ (friction losses) नहीं होती हैं।

MKOUTECHNICAL Scanned with CamScanner 87 / 235

प्रश्न 3—क्या होगा, यदि उच्च क्षमता के ट्रांसफॉर्मर में अति न्यून वोल्टता की समुचित डी० सी० सप्लाइ दी जाए?

उत्तर—ट्रांसफॉर्मर कार्य नहीं करेगा अर्थात् निर्गत-सिरों (output terminals) पर वोल्टता प्राप्त नहीं होगी; क्योंकि ट्रांसफॉर्मर डी० सी० सप्लाइ पर कार्य नहीं करता। परन्तु इस स्थिति में ट्रांसफॉर्मर सुरक्षित रहेगा; क्योंकि प्रदायी वोल्टता (supply voltage) अतिकम (न्यून) है।

प्रश्न 4—क्या होगा, यदि ट्रांसफॉर्मर में ए० सी० सप्लाइ के स्थान पर समान वोल्टता की डी० सी० सप्लाइ दी जाए?

उत्तर—ट्रांसफॉर्मर जलकर नष्ट हो जायेगा; क्योंकि ट्रांसफॉर्मर की कुण्डलन (winding) का प्रतिरोध (R), प्रतिबाधा (Z) की अपेक्षा, अतिकम होता है; इसलिए ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्डलन, जिसमें सप्लाइ दी गई है, उसमें अति उच्च धारा प्रवाहित होगी, जो प्राथमिक कुण्डलन को जलाकर नष्ट कर देगी।

प्रश्न 5—प्राय: परिणामित्र के क्रोड (Core of transformer) को लोह (iron) का ही क्यों बनाया जाता है?

उत्तर—चूँकि लोह की 'चुम्बकशीलता, अर्थात् चुम्बकीय पारगम्यता' (magnetic permeability) अति उच्च होती है; इसलिये ट्रांसफॉर्मर की संरचना में लोह पदार्थ की मात्रा कम लगती है। फलत: ट्रांसफॉर्मर का आकार (size) घटकर, सुसंगठित (compact) हो जाता है।

प्रश्न 6—परिणामित्र के क्रोड (core of transformer) को प्राय: पटलित (laminated) क्यों बनाया जाता है?

उत्तर—इससे ट्रांसफॉर्मर के क्रोड (core) में भँवर-धारा हानियाँ (eddy current losses) कम हो जाती हैं। फलत: ट्रांसफॉर्मर की दक्षता (efficiency) बढ़ जाती है।

प्रश्न 7—उपयन्त्र परिणामित्र (instrument transformers) कितने प्रकार के होते हैं?

उत्तर—उपयन्त्र परिणामित्र ($I.T_s$.) निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) करेंन्ट ट्रांसफॉर्मर्स ($C.T_s$.), (ii) पोटेंशिअल ट्रांसफॉर्मर्स ($P.T_s$.)

प्रश्न 8—उपयन्त्र परिणामित्रों (instrument transformers) की क्या उपयोगिताएँ (utilities) हैं?

उत्तर—उपयन्त्र परिणामित्रों की निम्नलिखित उपयोगिताएँ (uses) हैं—

(i) इनका प्रयोग, विद्युत के उच्च धारा, उच्च वोल्टता तथा उच्च शक्ति सम्बन्धी मापयन्त्रों (measuring instruments) के साथ होता है।

(ii) इनका प्रयोग, विद्युत की रक्षी युक्तियों जैसे रिले आदि (protecting devices such as relay etc.) के साथ होता है।

प्रश्न 9—प्रकाशिक परिणामित्र क्या है? (What is lighting transformer?)

उत्तर—वह ट्रांसफॉर्मर जो आवासीय विद्युत (domestic electricity) के लिए, अर्थात् प्रकाश व पंखों (light and fans) के लिए, स्थानीय उपकेन्द्र (local sub-station) पर प्रयोग (use) किया जाता है, लाइटिंग ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। इसकी क्षमता 50 kVA तक हो सकती है। इसे आवासीय परिणामित्र (domestic transformer) भी कह सकते हैं।

प्रश्न 10—वितरण परिणामित्र क्या है? (What is distribution transformer?)

उत्तर—वह ट्रांसफॉर्मर, जो विद्युत-वितरण के लिए, वैद्युत वितरण उपकेन्द्र (distribution sub-station) पर स्थापित किया जाता है, डिस्ट्रिब्यूशन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। इसकी क्षमता 100 kVA तक हो सकती है।

प्रश्न 11—संचरण परिणामित्र क्या है? (What is transmission transformer?)

उत्तर—वह ट्रांसफॉर्मर, जो विद्युत-संचरण के लिए, वैद्युत संचरण उपकेन्द्र (transmission sub-station) पर स्थापित किया जाता है, ट्रांसमिसन ट्रांसफॉर्मर कहलाता है। इसे शक्ति परिणामित्र (power transformer) के नाम से भी जाना जाता है। इसकी क्षमता मेगावोल्ट-ऐम्पियर मात्रक (MVA-unit) में अति उच्च होती है। इसे प्राय: विशाल विद्युत-गृह या विशद उपकेन्द्र पर ही स्थापित किया जाता है, जहाँ से 'संचरण अर्थात् प्रेषण' लाइनों द्वारा, विद्युत को सुदूर क्षेत्रों में आवश्यकता अनुसार प्रेषित किया जाता है।

प्रश्न 12—विभव परिणामित्र का प्रमुख कार्य क्या है? (What is main work of potential t / f.)

उत्तर—इसका प्रमुख कार्य, उच्च वोल्टता (H. V.) को न्यून वोल्टता (L. V.) में बदलना है।

प्रश्न 13—धारा परिणामित्र का प्रमुख कार्य क्या है? (What is main work of current t / f.)

उत्तर—इसका प्रमुख कार्य उच्च धारा (H. C.) को न्यून धारा (L. C.) में बदलना है।

प्रश्न 14—धारा परिणामित्र (C. T.) का प्रयोग (use) करते समय क्या सावधानी बरतनी चाहिए?

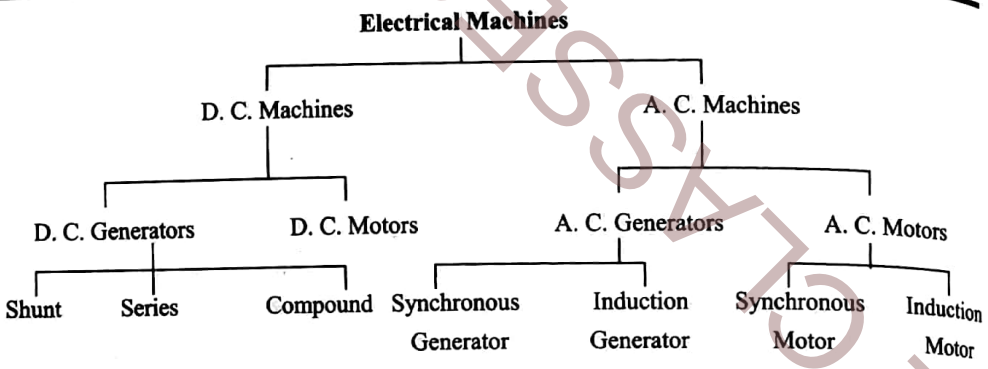
उत्तर—धारा परिणामित्र का प्रयोग करते समय, उसकी द्वितीयक कुण्डलन के किसी एक सिरे (one terminal of the secondary winding) को भूयोजित (earthed) अवश्य कर देना चाहिए अन्यथा उच्च वोल्टता के कारण, कुण्डलन का विद्युतरोधन (insulation of winding) नष्ट (damage) हो जायेगा फलत: परिणामित्र व्यर्थ (useless) हो जायेगा।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा की सैद्धान्तिक प्रश्नावली

1. विशिष्ट परिणामित्र सम्बन्धी निम्नलिखित पदों को परिभाषित कीजिए—
   (i) ट्रांसफॉर्मर, (ii) स्पेशिअल ट्रांसफॉर्मर, (iii) रोटेटिंग ट्रांसफॉर्मर, (iv) ऑटोट्रांसफॉर्मर, (v) इंस्ट्रूमेन्ट, (vi) करेंन्ट ट्रांसफॉर्मर, (vii) पोटेंशिअल ट्रांसफॉर्मर, (viii) रेक्टिफायर ट्रांसफॉर्मर, (ix) कनवर्टर ट्रांसफॉर्मर, (x) फर्नेस ट्रांसफॉर्मर, (xi) आर्थिंग या ग्राउंडिंग ट्रांसफॉर्मर, (xii) ट्रेक्शन ट्रांसफॉर्मर, (xiii) ड्राइ टाइप ट्रांसफॉर्मर, (xiv) वेल्डिंग ट्रांसफॉर्मर, (xv) कन्ट्रोल ट्रांसफॉर्मर, (xvi) स्टार्टिंग ट्रांसफॉर्मर, (xvii) टेस्टिंग ट्रांसफॉर्मर।
2. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) स्वपरिणामित्र (Autotransformer) ***(U. P. 2002, 04)***
   (ii) उपयन्त्र परिणामित्र (Instrument transformer)
   (iii) धारा परिणामित्र (Current transformer)
   (iv) विभव परिणामित्र (Potential transformer)
3. ऑटो ट्रांसफॉर्मर की संरचना तथा उपयोगों (uses) का वर्णन कीजिए।
4. स्वपरिणामित्र क्या होता है? इसके गुण, दोष तथा अनुप्रयोग लिखिए। ***(U. P. 2003)***
5. स्वपरिणामित्र की बनावट व कार्यकारी सिद्धान्त समझाइए। ***(U. P. 2004)***
6. ऑटो-ट्रांसफॉर्मर तथा स्थिर वोल्टता ट्रांसफॉर्मर की संरचना तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। ***(U. P. 2012)***

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
88 / 235

7 दिष्टधारा जनित्र
[DIRECT CURRENT GENERATORS]



7.1. परिचय (Introduction)

यद्यपि आजकल आवासीय तथा औद्योगिक क्षेत्रों में दिष्टधारा की अपेक्षा, प्रत्यावर्तीधारा की उपयोगिता अधिक है; परन्तु बैटरी आवेशन, धातुओं का विद्युत-निक्षेपण आदि विद्युत-रासायनिक प्रक्रिया सम्बन्धी कुछ कार्य ऐसे हैं, जिन्हें प्रत्यावर्तीधारा से नहीं किया जा सकता। इनके लिये एकमात्र दिष्टधारा की आवश्यकता होती है; इसलिये दिष्टधारा का जनन व वितरण नितान्त आवश्यक है।

लघु पैमाने पर दिष्टधारा का उत्पादन, परिवर्तित (converter) द्वारा किया जाता है, जो प्रत्यावर्तीधारा को दिष्टधारा में परिवर्तित करता है; परन्तु उच्च पैमाने पर अर्थात् व्यावसायिक स्तर पर दिष्टधारा का जनन, दिष्टधारा जनित्र (d. c. generator) द्वारा किया जाता है, जो यान्त्रिक ऊर्जा को दिष्टधारा की ऊर्जा में बदलता है। इस अध्याय में इसी प्रकार के विविध जनित्रों की विस्तृत व्याख्या की गई है।

प्रत्यावर्तीधारा जनित्रों की तरह ही, दिष्टधारा जनित्रों के लिए भी यान्त्रिक शक्ति का उत्पादन, इन्जन, टरबाइन आदि आद्य चालकों (prime movers) द्वारा किया जाता है। ये जनित्र, किलोवाट से लेकर कई मेगावाट क्षमता तक के बनाये जाते हैं। विभिन्न प्रकार के दिष्टधारा जनित्रों का प्रयोग (use), उनके वैद्युत अभिलक्षणों के अनुसार, वैद्युत कार्यभार को डी० सी० सप्लाइ देने के लिए होता है।

7.2. दिष्टवर्ती विद्युत के अनुप्रयोग (Applications of direct electricity)

यद्यपि सम्पूर्ण विश्व में आजकल अधिकांश कार्यों को प्रत्यावर्ती विद्युत से ही सम्पन्न किया जाता है; परन्तु फिर भी आधुनिक युग में निम्नलिखित कार्यों के लिए दिष्टधारा वाली विद्युत का उपयोग (use) व्यापक रूप में होता है—

(i) विद्युत-चुम्बकों (electromagnets) तथा स्थायी चुम्बकों (permanent magnets) को बनाने के लिए, जिनका प्रयोग, विद्युत के यन्त्र, उपयन्त्र उपस्कर, उपकरण आदि युक्तियों में चुम्बकीय क्षेत्र को उत्पन्न करने, आकर्षण व प्रतिकर्षण बलों को उत्पन्न करने, लोह भार उठाने आदि में होता है।

(ii) ए० सी० मोटरों की अपेक्षा, डी० सी० मोटर की सम्पूर्ण कार्यकुशलता (overall performance) श्रेष्ठ होने के कारण, उद्योगों (industries) में डी० सी० ड्राइवों (मोटरों) के लिए।

(iii) औद्योगिक तथा व्यावसायिक क्षेत्रों में प्रयुक्त दिष्टधारा संकर्षण मोटरो (d. c. traction-motors) के लिए।

(iv) औद्योगिक क्षेत्र (industrial field) में दिष्टधारा वेल्डन (d. c. welding) के लिए।

(v) औद्योगिक क्षेत्र में एकसमान आन्तरिक तापन (uniform internal heating) के लिए।

(vi) विद्युत-केन्द्रों तथा उपकेन्द्रों (electric statisdons and sub-stations) पर डी० सी० रिलेज (relays) के लिए।

(vii) इलेक्ट्रोनिकी परिपथों (electronic circuits) के लिए। जैसे डी० सी० कैथोड उत्तेजन (excitation) आदि।

(viii) विद्युत-विश्लेषण (electrolysis) सम्बन्धी कार्यों के लिए; जैसे बैटरी आवेशन, धातुओं का विद्युत-निक्षेपण, विद्युत-निष्कर्षण, विद्युत-शोधन, विद्युत-पृथक्करण, विद्युत-स्वच्छीकरण आदि विद्युत-रासायनिक प्रक्रियाएँ।

(ix) डी० सी० कार्बन-आर्क लेम्पों के लिए; जैसे सिनेमा प्रोजेक्टर्स आदि।

(x) डी० सी० ओवन एवं फर्नेसज के लिए; जैसे डी० सी० रिजिस्टॉन्स फर्नेसज, डी० सी० आर्क फर्नेसज आदि।

7.3. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

दिष्टधारा जनित्र (D. C. Generator)—वह जनित्र, जो यान्त्रिक ऊर्जा को दिष्टधारा की ऊर्जा में बदलता है, डी० सी० जेनरेटर कहलाता है। यह निम्नांकित दो प्रकार का होता है—

(i) 'अन्यत: या पृथक' उत्तेजित जनित्र (Separately excited generator)—वह दिष्टधारा जनित्र, जिसके चुम्बकीय क्षेत्र को किसी अन्य (पृथक) दिष्टधारा के स्रोत द्वारा उत्तेजित किया जाता है, सेपरेटली एक्साइटिड जेनरेटर कहलाता है। इसका प्रयोग (use) कम होता है।

(ii) स्व-उत्तेजित जनित्र (Self-excited generator)—वह दिष्टधारा जनित्र, जिसके चुम्बकीय क्षेत्र को स्व-जनित दिष्टधारा द्वारा उत्तेजित किया जाता है, सेल्फ एक्साइटिड जेनरेटर कहलाता है। यह पुन: निम्नलिखित दो प्रकार का होता है—

(a) स्थायी चुम्बक जनित्र (Permanent magnet generator)—वह दिष्टधारा जनित्र, जिसमें स्थायी चुम्बकीय ध्रुवों द्वारा मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है, परमानेन्ट मॉग्नेट जेनरेटर कहलाता है।

इसका प्रयोग (use) प्राय: बिजलीघरों पर टर्बोजेनरेटर के मुख्य उत्तेजक (main exciter) को उत्तेजित करने के लिए किया जाता है और यह वहाँ पर निदेशक उत्तेजक (pilot-exciter) कहलाता है। इसका आकार (size) अपेक्षाकृत अतिलघु होता है।

(b) विद्युत-चुम्बक जनित्र (Electromagnet generator)—वह दिष्टधारा जनित्र, जिसमें अस्थायी विद्युत-चुम्बकीय ध्रुवों द्वारा मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र अर्थात् मेन मॉग्नेटिक फ्लक्स उत्पन्न होता है, इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक जेनरेटर कहलाता है। यह निम्नलिखित तीन प्रकार का होता है—

(b_1) पार्श्व कुण्डलित दिष्टधारा जनित्र (shunt wound d. c. generator)

(b_2) श्रेणी कुण्डलित दिष्टधारा जनित्र (series wound d. c. generator)

(b_3) यौगिक कुण्डलित दिष्टधारा जनित्र (compound wound d. c. generator)

पार्श्व चुम्बकीय क्षेत्र (Shunt magnetic field)—वह चुम्बकीय क्षेत्र, जो आर्मेचर के पार्श्वपथ में सम्बद्ध रहता है, शंट मॉग्नेटिक फील्ड कहलाता है। इसके सिरों को Z_1 व Z_2 प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त करते हैं, जैसा कि अग्रिम चित्रों से स्पष्ट है।

श्रेणी चुम्बकीय क्षेत्र (Series magnetic field)—वह चुम्बकीय क्षेत्र, जो आर्मेचर के श्रेणीपथ में जुड़ा रहता है, सीरीज मॉग्नेटिक फील्ड कहलाता है। इसके सिरों को Y_1 व Y_2 प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त (represent) करते हैं, जैसा कि अग्रिम चित्रों से स्पष्ट है।

स्टेटर—किसी मशीन के स्थिर अंगों के समुच्चय को स्टेटर (स्थाता) कहते हैं।

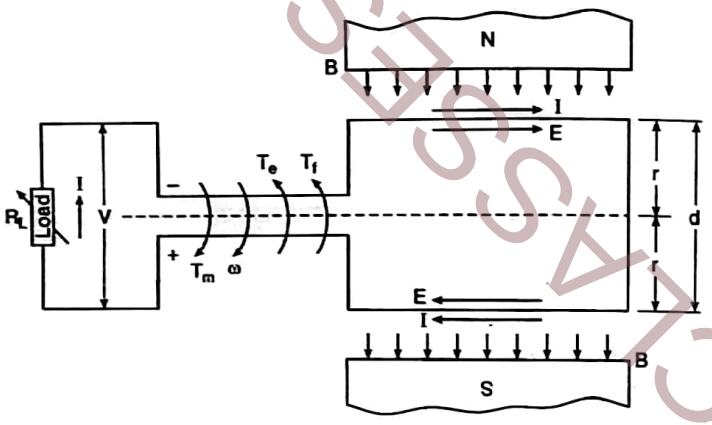
रोटर—किसी मशीन के घूर्णनी अंगों के समुच्चय को रोटर (घूर्णक) कहते हैं।

7.4. डी० सी० लूप जेनरेटर का कार्य-सिद्धान्त (Working principle)

डी० सी० जेनरेटर का कार्य-सिद्धान्त, लूप जेनरेटर द्वारा भली-भाँति समझा जा सकता है।

Scanned with CamScanner
89 / 235

चित्र 7.1 में एक सिंगल टर्न कॉइल (loop) को मॉग्नेटिक फील्ड के अन्दर रखा गया है। इसे मिकॉनिकल टॉर्क T_m देकर, एंगुलर वेलोसिटी ω से क्लॉक वाइज डाइरेक्शन में घुमाया गया है। कॉइल द्वारा फ्लक्स काटे जाने के कारण फैराडे के नियमानुसार, इसमें वि० वा० बल E उत्पन्न हो रहा है, जिसकी दिशा फ्लेमिंग के राइट हैण्ड-रूल द्वारा ज्ञात कर चित्र में दर्शायी गई है।



चित्र 7.1–लूप जेनरेटर का योजनात्मक परिपथारेख (circuit diagram)।

जब इस कॉइल के सिरों के आरपार R_L प्रतिरोध का एक लोड लगाया जाता है, तब वि० वा० बल E की दिशा में ही भार-धारा I प्रवाहित होती है। इसके कारण, कॉइल पर एक अतिरिक्त इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक टॉर्क T_e कार्य करने लगता है, जिसकी दिशा लगाये गये मिकॉनिकल टॉर्क T_m के विपरीत होती है, जैसा कि चित्र 7.1 से स्पष्ट है।

इस प्रकार कॉइल में धारा प्रवाहित होने पर मिकॉनिकल टॉर्क T_m को इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक टॉर्क T_e तथा फ्रिक्शनल टॉर्क T_f अर्थात् दोनों ही टॉर्कों का मुकाबला करना पड़ता है, जबकि निर्भार ($I = 0$) पर टॉर्क T_m को केवल टॉर्क T_f का ही मुकाबला करना पड़ता है, जैसा कि निम्न सूत्र से भी स्पष्ट है—

(i) भार की स्थिति में, जब $I \neq 0$ तब यान्त्रिक बलाघूर्ण (mechanical torque)

$$T_m = T_e + T_f \qquad \text{...उच्च बलाघूर्ण समीकरण (i)}$$

(ii) निर्भार की स्थिति में, जब $I = 0$ तथा $T_e = 0$ तब यान्त्रिक बलाघूर्ण

$$T_m = T_f \qquad \text{...न्यून बलाघूर्ण समीकरण (ii)}$$

उक्त बलाघूर्ण समीकरण (i) को कोणीय वेग ω से गुणा करने पर

$$\omega T_m = \omega T_e + \omega T_f \qquad \text{...शक्ति समीकरण (a)}$$

$$P_m = P_e + P_f \qquad \text{...शक्ति समीकरण (b)}$$

यहाँ पर—

P_m — प्रयुक्त यान्त्रिक शक्ति (mechanical power in joule per sec)

P_e — विकसित वैद्युत शक्ति (developed electrical power in watt)

P_f — क्षय घर्षण शक्ति (loss frictional power in joule per sec)

विदित हो कि पाश (loop) में प्रेरित (उत्पन्न) विद्युत-वाहक बल, प्रत्यावर्ती होता है। इसे दिष्टवर्ती बनाने के लिए पाश के साथ विभाजित वलयों (split rings) को लगाना, नितान्त आवश्यक होता है। विभाजित वलयों का विकसित रूप ही दिक्परिवर्तक (commutator) है, जिसका प्रयोग मल्टि-कॉइल डी० सी० मशीनों में होता है।

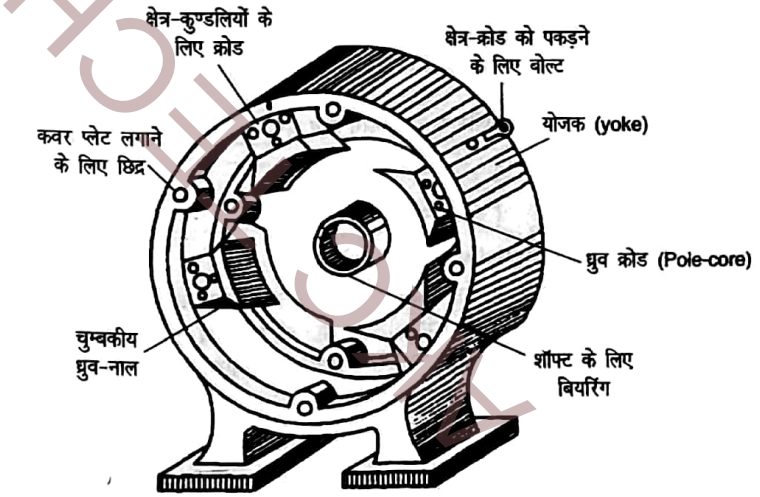
7.5. डी० सी० मशीन की संरचना (Construction of d. c. machine)

Parts

Stator Parts		Rotor Parts	
(i)	Yoke/case/cover/frame	(i)	Armature
(ii)	Electromagnetic poles	(ii)	Armature core
(iii)	Magnetic pole core	(iii)	Armature teeth
(iv)	Magnetic pole winding	(iv)	Armature slots
(v)	Magnetic pole shoes	(v)	Armature winding
(vi)	'End or side' plates	(vi)	Commutator
(vii)	Terminal box	(vii)	Bearings
(viii)	Brush gear	(viii)	Shaft
(ix)	Base/Feet	(ix)	Key
(x)	Lifting device	(x)	Fan/Radiator

7.5.1. योजक अर्थात् योक (Yoke)

डी० सी० मशीन (generator and motor) का यह एक महत्त्वपूर्ण अंग है, जिसे आवरण (cover), ढाँचा (frame) आदि कई नामों से जाना जाता है। छोटी मशीन के लिए यह ढलवाँ लोहे (cast iron) का बनाया जाता है; परन्तु बड़ी मशीन के लिये इसे बेलित इस्पात (rolled steel) की चादरों (sheets) से बनाया जाता है।



चित्र 7.2–डी०सी० मशीन का स्टेटर तथा उसके मुख्य अंग (main parts)।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
90 / 235

इस्पात की चादर को एक बेलनाकार ढाँचे (roller frame) पर दाब द्वारा बेलित किया जाता है और फिर वेल्डिंग द्वारा वेल्ड करके, योज़क तैयार किया जाता है। इस प्रकार का योजक अति मजबूत, टिकाऊ तथा उच्च चुम्बकशीलता (high permeability) वाला होता है; परन्तु अपेक्षाकृत यह अधिक महंगा होता है; इसलिए इसे छोटी मशीन के लिए प्रयोग नहीं किया जाता; केवल मध्यम तथा दीर्घ साइज की मशीनों के लिए ही प्रयोग किया जाता है।

योजक के कार्य (Functions of yoke)—डी० सी० मशीन के सबसे ऊपर वाले खोखले बेलनाकार अंग (hollow cylindrical part) को योक कहते हैं। इसके मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

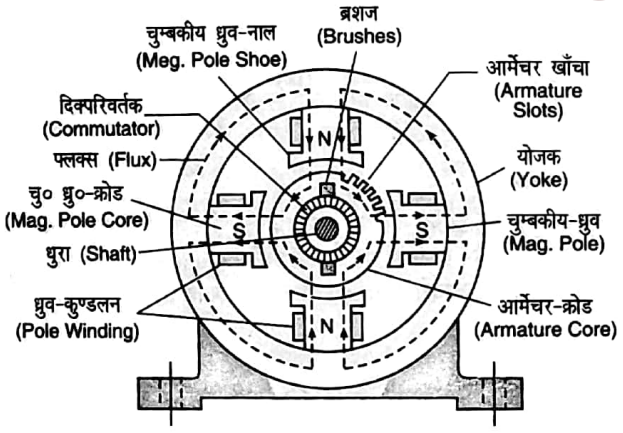
(i) यह मशीन के समस्त अंगों (all parts) को धारण (contain) करता है।

(ii) यह मशीन को यान्त्रिक सुरक्षा (mechanical protection) प्रदान करता है अर्थात् यह मशीन को बाहरी आघातों (धूल, धूप, पानी आदि जलवायुवी कुप्रभावों) से बचाता है।

(iii) यह मशीन के विद्युत-चुम्बकीय ध्रुवों (electromagnetic poles) के लिए आलम्ब (support) तथा आधार (base) का कार्य करता है।

(iv) यह मशीन के अन्दर चुम्बकीय परिपथ (magnetic circuit) अर्थात् फ्लक्स पाथ (flux path) को पूर्ण करता है।

(v) यह अंत्य पट्टों (end plates), द्वारा शाफ्ट-बेयरिंग (shaft bearing) को आलम्ब (support) प्रदान करता है।

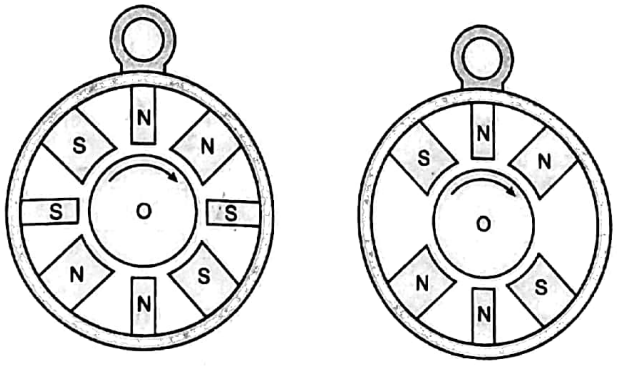


चित्र 7.3–डी०सी० मशीन के मुख्य अंग तथा चुम्बकीय परिपथ।

7.5-2. चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड तथा चुम्बकीय ध्रुव-नाल
(Magnetic pole core and magnetic pole shoe)

अतिलघु मशीन के पोल-कोर तथा पोल-शूज को ढलवाँ लोहे को ढालकर ठोस बनाया जाता है; जबकि मध्यम तथा बड़ी साइज की मशीनों के पोल-कोर तथा पोल-शूज को तापानुशीतन इस्पात की पत्तियों (stampings of annealing steel) से पटलित (laminated) बनाया जाता है। इस प्रकार पोल-कोर तथा पोल-शूज को निम्नलिखित तीन संयोगों (combinations) में संलग्न करना सम्भव है—

(i) चित्र 7.4 में प्रदर्शित, प्रथम संयोग में योक, पोल-कोर व पोल-शू तीनों ही एक यूनिट के रूप में स्टेटर के एक अंग होते हैं। इन तीनों को एक साथ ही ढालकर ढलवाँ लोहे के ठोस रूप में तैयार किया जाता है। इसका प्रयोग अतिलघु मशीन में होता है।

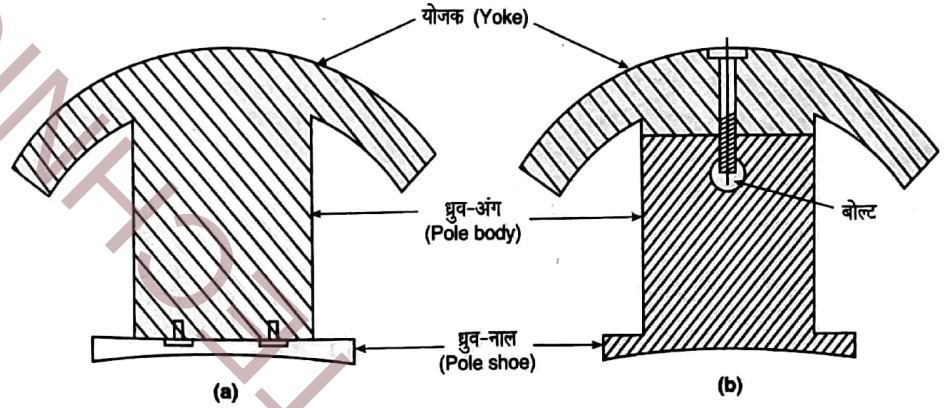


(a) 4-इण्टरपोल्स **(b) 2-इण्टरपोल्स**

चित्र 7.4–प्रथम संयोग में योक के अन्दर मेन पोलों तथा कम्यूटेटिंग पोलों की स्थिति।

(ii) द्वितीय संयोग में योक तथा पोल-कोर दोनों ही स्टेटर की एक यूनिट होते हैं और पोल-शू, स्टेटर की एक पृथक् यूनिट होता है, जिसे पोल-कोर पर बोल्टड किया जाता है। इसका प्रयोग (use) मध्यम साइज की मशीन के लिए होता है। इसे चित्र 7.5 (a) में प्रदर्शित किया गया है।

(iii) तृतीय संयोग में पोल-कोर तथा पोल-शू दोनों ही एक यूनिट होते हैं, जिसे योक के साथ नट-बोल्ट द्वारा संलग्न किया जाता है। इसका प्रयोग (use) बड़े साइज की मशीन के लिए होता है। इसे चित्र 7.5 (b) में दर्शाया गया है।



चित्र 7.5–योक के साथ पोल-कोर तथा पोल-शू का स्थापन (installation)।

पोल-कोर तथा पोल-शू को पटलित (laminated) इसलिए बनाया जाता है, ताकि इसमें भँवर-धारा हानि (eddy current loss) न्यूनतम हों; क्योंकि आर्मेचर के चालकों में प्रवाहित प्रत्यावर्तीधारा द्वारा उत्पादित प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र से पोल-कोर तथा पोल-शू में भँवर-धाराएँ प्रेरित हो जाती हैं, जिससे पोल-कोर तथा पोल-शू में भँवर-धारा हानि उत्पन्न होती है।

चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड के कार्य (Functions of magnetic pole core)—चुम्बकीय ध्रुव के क्रोड का तात्पर्य, चुम्बकीय ध्रुव के आन्तरिक अंग (internal part) से है, जो लोहे का बना होता है, जिस पर ध्रुव-कुण्डलन (pole winding) लपेटी जाती है। इसके मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

(i) यह ध्रुव-कुण्डलन के लिए आलम्ब (support) तथा आधार (base) का कार्य करता है।

Scanned with CamScanner
91 / 235

(ii) यह ध्रुव-नाल के लिए आलम्ब का कार्य (work of support) करता है।

(iii) यह चुम्बकीय बल रेखाओं (फ्लक्स) के लिए न्यून प्रतिष्टम्भित पथ (low reluctance path) प्रदान करता है।

चुम्बकीय ध्रुव-नाल के कार्य (Functions of magnetic pole shoe)—पोल-शू, मॉग्नेटिक पोल का ही एक अंग है जो पोल-कोर के अंत्य पर, आर्मेचर की ओर जुड़ा होता है। यह लोह पदार्थ ही से बना होता है। इसके मुख्य कार्य निम्नलिखित है—

(i) यह वायु-अन्तराल (air gap) को कम करता है। इससे फ्लक्स के लिए न्यून प्रतिष्टम्भित पथ उत्पन्न हो जाता है।

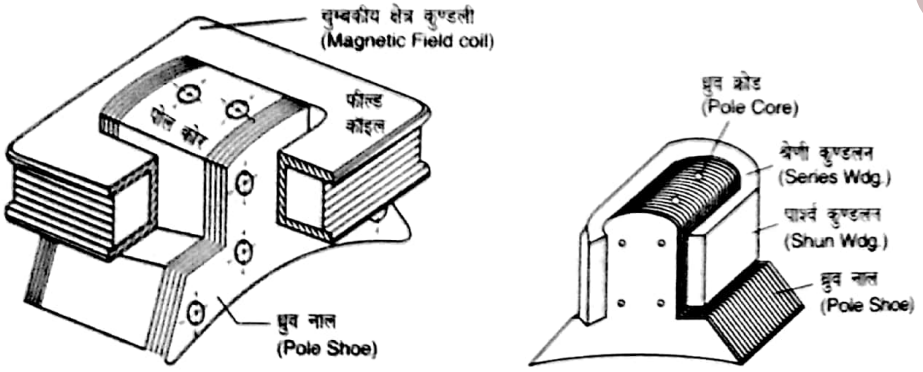
(ii) यह मेन मॉग्नेटिक पोल द्वारा उत्पन्न फ्लक्स को आर्मेचर की परिधि पर समानरूप से वितरित (uniformly distribute) करता है।

(iii) यह किसी सीमा तक फ्लक्स-लीकेज को कम करके, चुम्बकीय ध्रुव (magnetic pole) की दक्षता को बढ़ाता है अर्थात् यह उपयोगी फ्लक्स (useful flux) की मात्रा को बढ़ाता है।

(iv) यह पोल वाइंडिंग को पोल के कोर पर से फिसलने तथा खिसकने से रोकता है। अर्थात् यह पोल वाइंडिंग को यथोचित स्थान (proper place) पर ज्यों की त्यों कायम रखता है।

7.5-3. चुम्बकीय ध्रुव-कुण्डलन (Magnetic pole winding)

इसे उत्तेजक कुण्डलन (exciting winding) भी कहते हैं। इसे कॉपर या ऐलुमिनियम के तार अथवा पट्टी (strip) से कुण्डली की आकृति में इस प्रकार से बनाया जाता है कि यह चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड (magnetic pole core) पर उचित रूप से व्यवस्थित हो सके। इसके लिए, इसे सर्वप्रथम चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड के समान प्रमाप वाले लकड़ी के ढाँचे अथवा काष्ठ-रूपक (wood-former) पर लपेटकर कुण्डलाकृत (coiled) बनाया जाता है। इसके बाद काष्ठ-रूपक से निकालकर, चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड में पिरो दिया जाता है, जैसा कि चित्र 7.6 में प्रदर्शित किया गया है। उत्तेजन (excitation) के लिए इसमें दिष्टधारा प्रवाहित की जाती है।



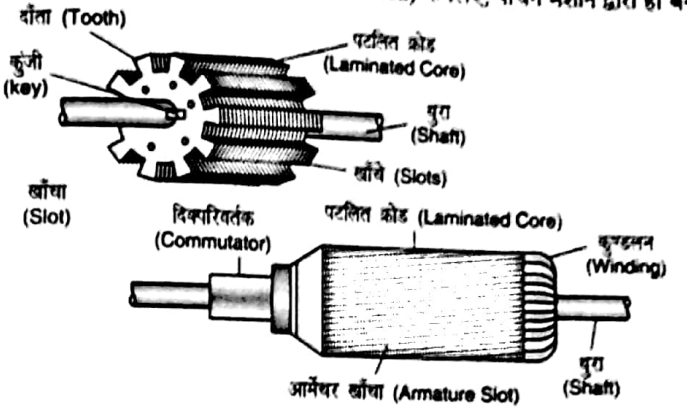
(a) कॉइल वाइंडिंग स्थापन (b) शंट एवं सीरिज वाइंडिंग्स

चित्र 7.6–इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक पोल के कोर पर कॉइल वाइंडिंग्स का स्थापन (installation)।

चुम्बकीय क्षेत्र कुण्डलन के लिए तार का साइज तथा वर्तों की संख्या, सम्बन्धित विद्युत मशीन के प्ररूप पर निर्भर करते हैं। उदाहरण के लिए शंट फील्ड वाइंडिंग में प्रतिरोध बढ़ाने के लिए पतले तार वाले वर्तों की संख्या अधिक रखी जाती है जबकि सीरीज फील्ड वाइंडिंग में प्रतिरोध घटाने के लिए, मोटे तार की वर्तें कम संख्या में प्रयोग की जाती हैं। इस प्रकार किसी भी विद्युत-मशीन में तार के साइज तथा वर्तों की संख्या को देखकर, सम्बन्धित मॉग्नेटिक फील्ड के प्ररूप (शंट तथा सीरीज फील्ड) को पहचाना जा सकता है।

7.5-4. आर्मेचर-कोर (Armature core)

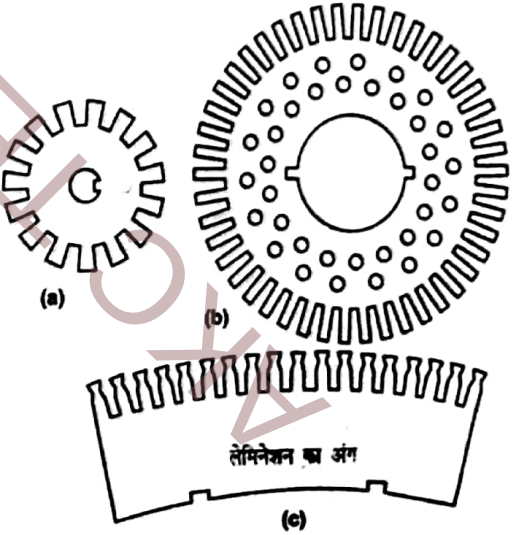
आर्मेचर-कोर, डी० सी० मशीन का एक घूमने वाला बेलनाकार अंग है, जो दो सिरा बेयरिंग्स के बीच टिकी हुई शाफ्ट पर दृढ़ता के साथ स्थापित (fixed) रहता है। इसे 0·3 से 0·5 मिलीमीटर तक मोटी सिलिकॉन इस्पात की वृत्ताकार पत्तियों (circular stampings) से बनाया जाता है, जिन्हें सिलिकॉन स्टील के बड़े पट्टों या चादरों (sheets) से काटा जाता है। इनकी परिधि (periphery) पर कॉइल वाइंडिंग के लिए बहुत-से खाँचे (slots) बनाए जाते हैं और केन्द्र पर कुंजी तथा धुरा के लिए, कुंजी-खाँचे सहित एक धुरा-छिद्र (shaft hole with a key slot) को पंचिंग मशीन द्वारा काटा जाता है। इसके अतिरिक्त अन्य छिद्रों (holes) तथा वाहिनियों (ducts) को वायु-वाहन (air ventilation) के लिए, पंचिंग मशीन द्वारा ही बनाया जाता है।



(a) कुण्डलन रहित (b) कुण्डलन सहित

चित्र 7.7–डी०सी० मशीन के आर्मेचर।

प्रत्येक पत्ती (stamping) की दोनों पृष्ठों (surfaces) पर विद्युतरोधी वार्निश चढ़ाई जाती है, जिसे अनीलीकरण (annealing) कहते हैं। इसके बाद इन पत्तियों को शाफ्ट में पिरोया जाता है और सभी खाँचों (slots) को एक सीध में मिलाकर, दाब द्वारा बेलनाकार आर्मेचर का निर्माण किया जाता है। तत्पश्चात् इसके खाँचों (slots) में कॉइल वाइंडिंग स्थापित की जाती है। कुण्डलन रहित व सहित, आर्मेचर को शाफ्ट के साथ क्रमशः चित्र 7.7 (a) व (b) में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 7.8–आर्मेचर कोर की लेमिनेशनों के विभिन्न प्रकार (types)।

Scanned with CamScanner
92 / 235
MADE EASY

आर्मेचर-कोर के कार्य (Functions of armature core)—आर्मेचर-कोर के मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

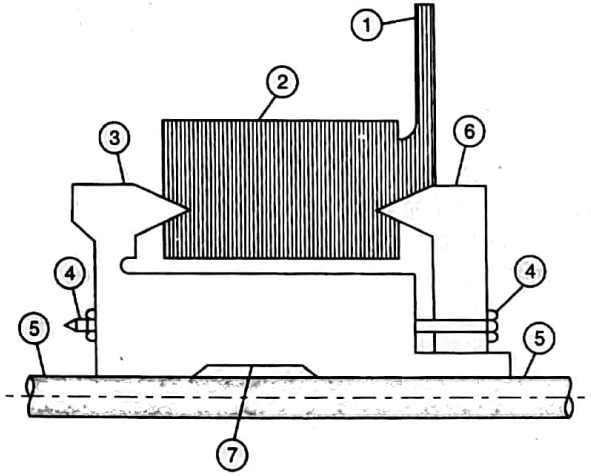
(i) यह अपने खाँचों (slots) में कॉइल वाइंडिंग को धारण करके, चालकों को शरण व सहारा (shelter and support) प्रदान करता है।

(ii) यह नॉर्थ-पोल से निकलकर, साउथ-पोल की ओर जाने वाले मॉग्नेटिक फ्लक्सों को अति न्यून प्रतिष्टम्भ पथ प्रदान करता है।

(iii) यह चालकों को शाफ्ट के साथ-साथ समान घूर्णी गति (same rotating speed) प्रदान करता है।

7.5-5. दिक्परिवर्तक अर्थात् कॉम्यूटेटर (Commutator)

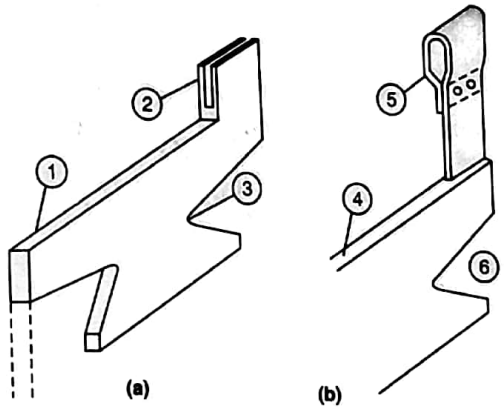
कॉम्यूटेटर एक वैद्युत घूर्णी युक्ति है, जो स्थायी कार्बन-ब्रशों द्वारा जेनरेटर में आर्मेचर से बाह्य परिपथ को धारा प्रदान करता है और मोटर में बाह्य परिपथ से आर्मेचर को धारा प्रदान करता है। यह रोटर का एक महत्त्वपूर्ण व कीमती अंग है, जिसे आर्मेचर के साथ समान शाफ्ट पर आरोपित किया जाता है। यह एक विद्युत-चालक पदार्थ कठोर कर्षित ताम्र (hard drawn copper) के टेपित खण्डों (tapered segments) से बेलनाकार बना होता है। ये खण्ड (segments), उच्च गुणता वाले अभ्रक विद्युतरोधी पदार्थ (high quality mica insulating material) की लगभग 1 मिलीमीटर मोटी पर्त द्वारा एक-दूसरे से पृथक् (isolate) रहते हैं। इन सभी ताम्र खण्डों के आधार में दोनों अंत्यों पर वी-आकृति (V-shape) के खाँचे (groove) बने होते हैं, जो सभी खण्ड मिलकर, दोनों अंत्यों पर पृथक्-पृथक् आकृति के वृत्ताकार खाँचे बनाते हैं, जिनमें अंत्य-वलयों (end rings)



चित्र 7.9–कॉम्यूटेटर की सामान्य संरचना (Construction) : (1) प्रक्षेपक या राइजर (projector or riser), (2) खण्ड या सेगमेंट (segment), (3) अंत्य वलय (end ring), (4) पेंच (screw), (5) धुरा (shaft), (6) उभार पक्ष की वी-वलय (vee-ring of riser side), (7) स्थापन व्यवस्था (fixing arrangement)।

के नोब (उभरे हुए अंग) को फंसाकर, नट-बोल्ट द्वारा शाफ्ट पर कस दिया जाता है, जैसा कि चित्र 7.9 कॉम्यूटेटर की आड़ी काट (longitudinal section) से स्पष्ट है। कॉम्यूटेटर के सेगमेंटों को इस प्रकार से जकड़कर कसना इसलिए आवश्यक है, ताकि ये घूर्णन स्थिति के अपकेन्द्रीय बल (centrifugal force) से निकलकर, गिर न जायें। कॉम्यूटेटर में सेगमेंटों के आर्मेचर के पास वाले अंग कुछ उभरे हुए (projected) होते हैं, जिन्हें सेगमेंट-राइजर्स कहते हैं। इनमें आर्मेचर की कुण्डलियों के सिरों को झालकर, सम्बद्ध किया जाता है। शाफ्ट पर कॉम्यूटेटर की फिसलन (sliping) को रोकने के लिए धुरा-कुंजी (shaft-key) का प्रयोग (use) भी किया जाता है।

दिक्परिवर्तक के कार्य (Functions of commutator)—आर्मेचर के साथ, शाफ्ट पर आरोपित कॉम्यूटेटर के मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—



चित्र 7.10–(a) लग टाइप कॉम्यूटेटर-सेगमेंट (दिक्परिवर्तक-खण्ड), (b) स्ट्रेप टाइप कॉम्यूटेटर-सेगमेंट (दिक्परिवर्तक-खण्ड), (1) खण्ड (segment), (2) लग (lug), (3) हब, (4) खण्ड (segment), (5) स्ट्रेप (strap), (6) हब (hub)।

(i) यह कार्बन के ब्रशों की सहायता से धारा-संग्रहण (current collection) का कार्य करता है।

(ii) यह धारा-रूपान्तरण (current conversion) का कार्य करता है अर्थात् यह ए० सी० को डी० सी० तथा डी० सी० को ए० सी० में रूपान्तरित (convert) करता है।

7.5-6. ब्रश-यन्त्रावली अर्थात् ब्रश-गियर (Brush gear)

ब्रशों को सुचारु रूप से कार्यान्वित (operate) तथा नियन्त्रित (control) करने वाली युक्ति को ब्रश-गियर कहते हैं। ब्रश-गियर को कॉम्यूटेटर की सतह के ऊपर पक्ष-पट्ट (side plate) के साथ कसा जाता है। ब्रश-गियर का मुख्य अंग, ब्रश-धारक (brush holder) होता है। यह निम्नलिखित तीन प्रकार का होता है—

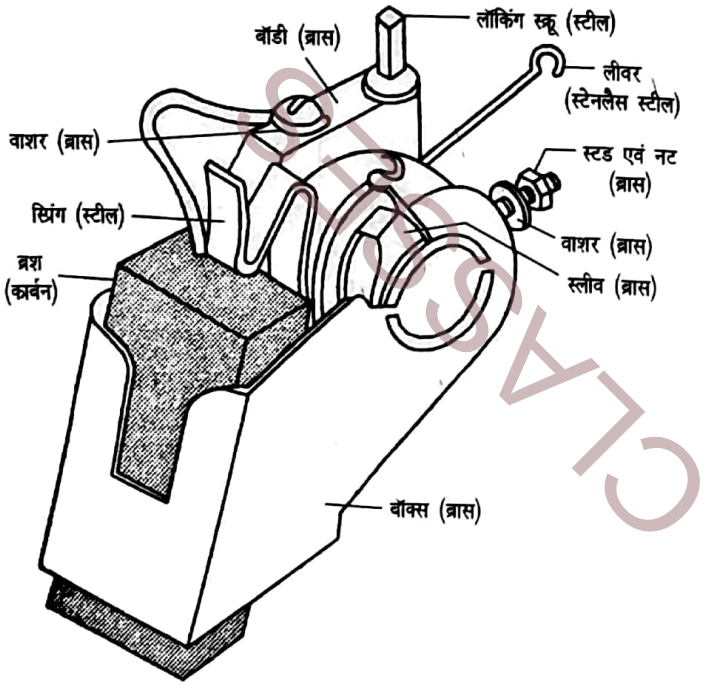
(i) मोरगन टाइप स्थिर दाब ब्रश-धारक (Morgan type constant pressure brush holder)—यह एक पुरानी किस्म का ब्रश-धारक है। आजकल इसका प्रचलन (रिवाज) नहीं है।

(ii) हेमर टाइप ब्रश-धारक (Hammer type brush holder)—इसे लीवर टाइप ब्रश-धारक (lever type brush holder) भी कहते हैं; क्योंकि इस यन्त्रावली में ब्रशों को दृढ़ता के साथ लीवर के एक सिरे पर कसा जाता है। आजकल इसका प्रयोग (use) भी अतिसीमित है।

(iii) बॉक्स टाइप ब्रश-धारक (Box type brush holder)—चित्र 7.11 में प्रदर्शित ब्रश को किसी लीवर के सिरे से कसा नहीं जाता; अपितु एक खुली हुई धातु की पेटी (metal box) में स्वतन्त्रतापूर्वक (freely) रखा जाता है; ताकि ब्रश ऊपर-नीचे की ओर हिल-डुल सके। विद्युत-मशीनों में आजकल इसका प्रयोग (use) सर्वाधिक होता है।

उक्त दोनों ही प्रकार के ब्रश-गियरों में कार्बन-ब्रश पर स्प्रिंग का दाब (spring pressure) नितान्त आवश्यक होता है; ताकि कार्बन-ब्रश सभी स्थितियों में भली-भाँति, कॉम्यूटेटर की सतह से सतत सम्पर्क कायम रख सके।

Scanned with CamScanner
93 / 235



चित्र 7.11–पेटीदार ब्रशी यन्त्रावली (box type brush gear)।

7.5-7. ब्रश यन्त्रावली के अंग (Parts of the brush gear or brush holder)

(i) कार्बन-ब्रश (Carbon brush);
(ii) ब्रश होल्डिंग बॉक्स (Brush holding box);
(iii) ब्रश होल्डिंग ब्रेकेट (Brush holding bracket);
(iv) ब्रश-डोलक अर्थात् ब्रश-रॉकर (Brush rocker);
(v) डोलक-वलय अर्थात् रॉकर-रिंग (Rocker ring);
(vi) डोलक-भुजा अर्थात् रॉकर-आर्म (Rocker arm);
(vii) दाब भुजा अर्थात् प्रेशर आर्म (Pressure arm);
(viii) कुण्डलाकार कमानी अर्थात् हेलीकल स्प्रिंग (Helical spring);
(ix) सर्पाकार कमानी अर्थात् सर्पिल स्प्रिंग (Serpil spring);
(x) उत्तोलक अर्थात् लीवर (Lever);
(xi) चोब अर्थात् पिन (Pin);
(xii) बन्धनयुक्ति अर्थात् क्लेम्पिंग डिवाइस (Clamping device);
(xiii) धुरा/तर्कु/स्पिण्डल (Spindle);
(xiv) धुरा छिद्र अर्थात् स्पिण्डल होल (Spindle hole);
(xv) विद्युतरोधन का खोल अर्थात् इन्सूलेशन स्लीव (Insulation sleeve);

(xvi) विद्युतरोधन का वाशर (Insulation washer);
(xvii) विद्युतरोधी तार अर्थात् केबिल (Insulated wire or cable);
(xviii) केबिल बन्धक या होल्डर (Cable holder);
(xix) लचकदार तारें अर्थात् फ्लेक्सिबिल लीड (Flexible leads);
(xx) शूकरपूँछ सम्बन्धन तारें (Pigtail connection leads).

ब्रश गियर के कार्य (Functions of brush gear)—डी० सी० मशीन में ब्रश गियर के मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

(i) यह दिक्परिवर्तक (commutator) के पृष्ठ (surface) पर कार्बन-ब्रश के बंधक (holding) का कार्य करता है।
(ii) यह सभी स्थितियों में कार्बन-ब्रश का कॉम्यूटेटर की सतह से दृढ़ सम्पर्क (strong contact) बनाये रखता है।
(iii) यह कॉम्यूटेटर की गतिमान स्थिति में कार्बन-ब्रश को उछाल (jump) व पृथक्कीकरण (separation) से रोकता है। इससे स्फुलन (sparking) होने की सम्भावना कम हो जाती है।
(iv) यह कार्बन-ब्रश के कम्पनांकों (vibrations) को कम (less) करता है।

7.5-8. कार्बन-ब्रशज (Carbon brushes)

विद्युत-मशीन में कार्बन-ब्रश, कॉम्यूटेटर तथा बाह्य परिपथ के बीच एक सम्बन्धक कड़ी (connecting link) है, जो विद्युतधारा के आदान-प्रदान का कार्य करता है। आजकल विद्युत-मशीनों में उपयोग (use) होने वाले कार्बन-ब्रश निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(i) कठोर कार्बन-ब्रश (Hard carbon brushes)—इन्हें विशेष गुणता वाले कार्बन के साथ कुछ अन्य पदार्थों को मिलाकर, वांछित आकृति एवं आकार (shape and size) में ढाला जाता है। तत्पश्चात् इन्हें उच्च तापक्रम पर भट्टी में सेंका जाता है, अर्थात् पकाया या गर्म (baked) किया जाता है। इन्हें सामान्य धारा-घनत्व (current density) के लिए छोटी तथा मध्यम आकार की मशीनों में उपयोग (use) किया जाता है।

(ii) ग्रेफाइट-ब्रशज (Graphite brushes)—ग्रेफाइट, कार्बन की ही एक विशेष गुणता वाली किस्म (form) है, जो सामान्य कार्बन की अपेक्षा, अधिक धारा-घनत्व को धारण करती है; इसलिए ग्रेफाइट-ब्रशज का उपयोग उच्च धारा-घनत्व के लिए, बड़े साइज की मशीनों में होता है।

(iii) धात्विक ग्रेफाइट-ब्रशज (Metallic graphite brushes)—इन्हें धातु मिश्रित ब्रशज (metal mixture brushes) तथा कॉपर-ग्रेफाइट-ब्रशज (copper graphite brushes) भी कहते हैं। इन ब्रशज का निर्माण, कॉपर तथा ग्रेफाइट के मिश्रण से किया जाता है। इनका प्रतिरोध, उक्त दोनों प्रकार के ब्रशज की अपेक्षा कम होता है; इसलिये इनका धारा घनत्व अत्यधिक होता है और इन्हें अति उच्च धारा वाली बड़े साइज की मशीनों में उपयोग (use) करते हैं।

कार्बन-ब्रश के लाभ (Advantages)—अन्य धात्विक ब्रशज (copper or silver brushes) की अपेक्षा कार्बन ब्रश के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) अन्य विद्युत-चालक पदार्थों (धातुओं) की अपेक्षा, कार्बन का सम्पर्क प्रतिरोध (contact resistance) अति उच्च होता है, जो इलेक्ट्रिक स्पार्किंग के रोकने में सहायक होता है।
(ii) कार्बन, कॉम्यूटेटर के लिए एक अच्छे स्नेहक (lubricant) का कार्य करता है। इससे कार्बन-ब्रश तथा कॉम्यूटेटर की सतह के बीच घर्षण (friction) कम हो जाता है। इस प्रकार कार्बन, कॉम्यूटेटर की सतह को अपेक्षाकृत कम घिसता है।
(iii) कार्बन, कॉम्यूटेटर के ताम्र-खण्डों (copper segments) की अपेक्षा, अधिक भंगुर (brittle) होता है; इसलिए यह कॉम्यूटेटर को किसी प्रकार की क्षति (harm) नहीं पहुँचाता। अर्थात् यह कॉम्यूटेटर की सतह को खुरदरी (rough) या घायल (injured) अथवा खराब (damage) नहीं करता।
(iv) कार्बन, उत्पन्न कम्पनों (vibrations), झटकों (jerks) तथा धक्कों (shocks) को कम करता है, अर्थात् बढ़ाता नहीं है; क्योंकि धातुओं की अपेक्षा, कार्बन की स्व: आवृत्ति (self frequency) अतिकम होती है।

MKO THE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
94 / 235

(v) धातु-ब्रश की अपेक्षा, कार्बन-ब्रश का अनुरक्षण (maintenance) सुगम तथा कम समय लेने वाला है।

(vi) धातु-ब्रशों (copper or silver brushes) की अपेक्षा, कार्बन-ब्रश अधिक सस्ते तथा सादे (cheap and simple) होते हैं।

7.5-9. अंत्य-पट्ट या सिरा-पट्ट अथवा पक्ष-पट्ट (End plates or side plates)

चित्र 7.12 में प्रदर्शित, ढलवाँ लोहे अथवा बेलित लोहे की बनी हुई साइड-प्लेटें, योक का ही अंग होती हैं, जिन्हें योक के दोनों खुले हुए सिरों पर नट तथा बोल्ट द्वारा कस दिया जाता है। वायु में आदान-प्रदान के लिए कुछ विद्युत-मशीनों की साइड-प्लेटें जालीदार भी होती हैं। योक तथा साइड-प्लेटों के निर्माण के लिए प्राय: एक ही प्रकार के लोह पदार्थ का उपयोग किया जाता है; परन्तु कभी-कभी साइड-प्लेटों के निर्माण के लिए चादरी-इस्पात (sheet steel) का उपयोग भी किया जाता है; क्योंकि शीट-स्टील की साइड-प्लेटें अधिक मजबूत तथा टिकाऊ होती हैं और इसमें वायुवाहिनी खिड़कियाँ (ventilating windows) भी सुगमतापूर्वक काटी जा सकती हैं।

अंत्य-पट्टों अर्थात् एण्ड प्लेटों के कार्य (Functions of end plates)—साइड-प्लेटों के मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

(i) अंत्य-पट्टे (end plates), बेयरिंग को धारण करती हैं, जिसमें आर्मेचर की शाफ्ट को टेककर घुमाया जाता है।

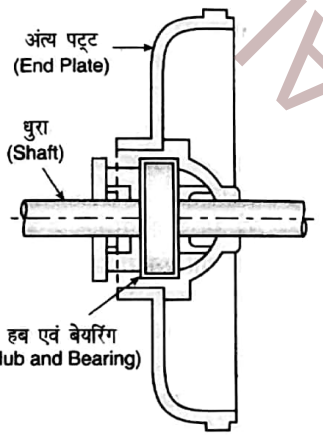
(ii) अंत्य पट्टे या पक्ष-पट्टे, सम्पूर्ण आर्मेचर के भार को वहन करती हैं।

(iii) अंत्य-पट्टे या पक्ष-पट्टे, आर्मेचर तथा पोल-शूज के बीच वायु अन्तराल (air gap) को एक-समान कायम रखती हैं।

(iv) अंत्य-पट्टे या पक्ष-पट्टे, आर्मेचर की स्थिति एवं संरेखन (position and alignment) को सही रखती हैं।

7.5-10. धुरा अर्थात् शाफ्ट (Shaft)

चित्र 7.12 में प्रदर्शित, वैद्युत मशीन की शाफ्ट प्राय: मृदु इस्पात (mild steel) की बेलनाकार बनी होती है, जिस पर भारी-भरकम आर्मेचर तथा कॉम्यूटेटर आरोपित रहते हैं। इस शाफ्ट के दोनों सिरे, योक की साइड-प्लेटों के केन्द्रों पर स्थित बेयरिंग पर टिके रहते हैं।



चित्र 7.12–शाफ्ट तथा बेयरिंग सहित अंत्य-पट्ट।

7.5-11. बेयरिंग अथवा शाफ्ट-बेयरिंग (Bearing or shaft bearings)

इलेक्ट्रिक-मशीन की शाफ्ट के दोनों अंत्यों पर दो बेयरिंग लगी होती हैं, जो साइड-प्लेट के केन्द्रों पर बने हुए हब (hub) पर टिकी रहती हैं। इन बेयरिंग को प्राय: शाफ्ट-बेयरिंग कहते हैं। ये बेयरिंग कई प्रकार की होती हैं; परन्तु मशीनों में प्राय: निम्न प्रकार की बेयरिंगों का ही उपयोग किया जाता है—

(i) स्लीव बेयरिंग (Sleeve bearings)—यह गन मैटल की बनी हुई एक प्रकार की ब्रश बेयरिंग होती है। इसका उपयोग अतिलघु मशीनों में होता है, जिसके घूर्णकों (rotors) का भार अतिकम होता है।

(ii) बाल बेयरिंग (Ball bearings)—इसमें प्रयुक्त गोलियाँ (balls), इस्पात धातु (steel metal) की होती हैं। इसका उपयोग लघु तथा मध्यम आकार की मशीनों में होता है, जिनके घूर्णक का भार सामान्य होता है।

(iii) रोलर बेयरिंग (Roller bearings)—इसमें प्रयुक्त बेलन (rollers) भी प्राय: इस्पात धातु के होते हैं। इसका उपयोग मध्यम साइज की मशीनों में होता है, अर्थात् सामान्य घूर्णक भार (normal rotor weight) वाली मशीनों में होता है।

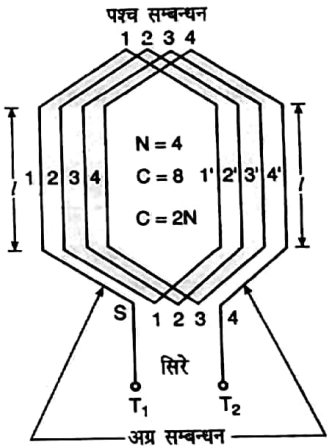
(iv) बेबिट मेटल ब्रश बेयरिंग (Babit metal brush bearing)—बेबिट मैटल ब्रश दो भागों में बनाया जाता है और इस बेयरिंग का उपयोग बहुत बड़ी मशीनों में होता है।

7.5-12. आर्मेचर-कुण्डली अर्थात् आर्मेचर-कॉइल (Armature coil)

आर्मेचर के स्लोटों में स्थापित कॉइल को आर्मेचर-कॉइल कहते हैं और इस प्रकार आर्मेचर के स्लोटों में स्थापित की गई बहुत-सी कुण्डलियों (coils) के विधिवत् सम्बन्धनों को आर्मेचर-वाइंडिंग कहते हैं।

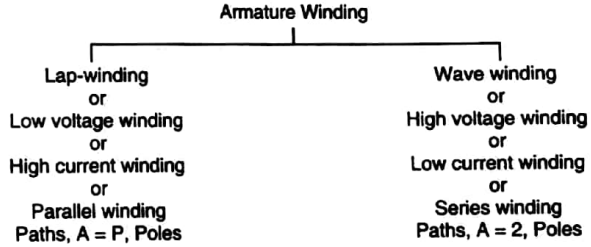
आर्मेचर-कॉइल को कॉपर या ऐलुमिनियम के तारों या पत्तियों (wires or strips) से कुण्डली की आकृति (coil form) में बनाया जाता है। यह कुण्डली कई वर्तों (turns) को मिलाकर बनाई जाती है और प्रत्येक वर्त दो चालकों (conductors) से मिलाकर बनता है, जिनकी लम्बाई (l) आर्मेचर-स्लोटों की लम्बाई के बराबर होती है। इन चालकों के पीछे से जुड़ने वाले अंग को पश्च सम्बन्धन (back connection) कहते हैं और आगे से जुड़ने वाले अंग को अग्र सम्बन्धन (front connection) कहते हैं।

कुण्डली के अग्र सिरों (terminals) को लग या स्ट्रेप द्वारा कॉम्यूटेटर के कॉपर-सेगमेन्टों से सम्बद्ध किया जाता है, जैसा कि चित्र 7.13 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 7.13–आर्मेचर कॉइल के विभिन्न अंग।

7.6. आर्मेचर-कुण्डलन का वर्गीकरण (Classification of armature winding)



Where A — Number of parallel paths of armature winding and
P — Number of poles on stator of a d.c. machine.

7.7. दिष्टधारा जनित्र के विद्युत-वाहक बल समीकरण का व्युत्पन्न (Derivation of e. m. f. equation of d. c. generator)

माना कि—

ϕ = वेबर मात्रक में मॉग्नेटिक फ्लक्स प्रति पोल (flux/pole)

P = स्टेटर पर पोलों की कुल संख्या (total number of poles)

N = च० प्र० मि० में आर्मेचर की गति (armatured speed in r. p. m.)

Z = आर्मेचर के खाँचों में चालकों की कुल संख्या (total number)

= कुल खाँचे × प्रति खाँचा चालकों की संख्या = S×C

A = आर्मेचर-वाइंडिंग में चालकों के समान्तर पथों की कुल संख्या

$A = P$, (आर्मेचर की लेप वाइंडिंग के लिए)

$A = 2$, (आर्मेचर की वेव वाइंडिंग के लिए)

Scanned with CamScanner
95 / 235

Z/A = आर्मेचर-वाइंडिंग के प्रत्येक समानान्तर पथ में श्रेणी सम्बद्ध चालकों की संख्या (number)

E = आर्मेचर-वाइंडिंग के प्रत्येक समानान्तर पथ में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f)

मशीन में मुख्य पोलों द्वारा उत्पन्न होने वाले कुल फ्लक्सों की संख्या (number)

= फ्लक्स प्रति पोल × कुल पोलों की संख्या

$= \phi \times P = \phi P$, वेबर (weber)

आर्मेचर के प्रति चक्र प्रति चालक द्वारा कटने वाले कुल फ्लक्स (total flux)

$= \phi P$ weber/revolution/conductor

आर्मेचर के N चक्रों में एक चालक द्वारा कटने वाले कुल मॉग्नेटिक फ्लक्स

$= \phi PN$ · weber/minute/conductor

चूँकि आर्मेचर के N चक्रों में लगने वाला समय 1 मिनट अर्थात् 60 सेकण्ड है; इसलिए एक सेकण्ड में आर्मेचर के एक चालक द्वारा कटने वाले कुल मॉग्नेटिक फ्लक्स

$$= \frac{\phi PN}{60} \text{ weber/second/conductor}$$

$$= \frac{\phi PN}{60} \text{ volts/conductor} \qquad (\because \text{Weber/second} = \text{volt})$$

फैराडे के नियमानुसार, चूँकि यह मॉग्नेटिक फ्लक्स के परिवर्तन की दर, आर्मेचर के एक चालक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल है; इसलिए आर्मेचर के Z/A चालकों में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e. m. f.)

E = प्रति चालक विद्युत-वाहक बल × प्रति पथ चालक संख्या (C-number)

$$E = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

द्वितीय विधि (Second method)—आर्मेचर के N चक्रों में आर्मेचर-वाइंडिंग के प्रत्येक चालक द्वारा कटने वाले कुल मॉग्नेटिक फ्लक्स,

$$d\phi = \phi PN \text{ weber}$$

आर्मेचर के N चक्रों में लगने वाला कुल समय (total time)

$$dt = 1 \text{ minute} = 60 \text{ second}$$

फैराडे के नियमानुसार, फ्लक्स परिवर्तन की दर को ही प्रेरित विद्युत-वाहक बल कहते हैं; इसलिए आर्मेचर के प्रत्येक चालक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e. m. f.)

$$E_c = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\phi PN}{60} \Rightarrow \frac{\text{weber}}{\text{second}} = \text{volt (unit)}$$

चूँकि आर्मेचर के प्रत्येक समानान्तर पथ में चालकों की संख्या Z/A है; इसलिये आर्मेचर के प्रत्येक समानान्तर पथ का विद्युत-वाहक बल, अर्थात् मशीन के धनात्मक तथा ऋणात्मक ब्रशों के आरपार विद्युत-वाहक बल (e. m. f.)

E = प्रति चालक, प्रेरित विद्युत वाहक बल × प्रति समानान्तर पथ, चालक संख्या

$$E = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ volt} \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

लैप वाइंडिंग की स्थिति—उक्त सूत्र (i) में $A = P$ रखने पर, आर्मेचर की लैप वाइंडिंग के लिए प्राप्त, विद्युत-वाहक बल के लिए सूत्र (formula)

$$E_l = \frac{\phi ZN}{60} \text{ volt} \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

वेव वाइंडिंग की स्थिति—उक्त सूत्र (i) में $A = 2$ रखने पर, आर्मेचर की वेव वाइंडिंग के लिए प्राप्त, विद्युत-वाहक के लिए सूत्र (formula)

$$E_w = \frac{\phi PNZ}{120} \text{ volts} \qquad \text{...सूत्र (iii)}$$

"लैप तथा वेव" वाइंडिंग के विद्युत-वाहक बलों में परस्पर सम्बन्ध (Relation between electromotive forces of "lap and wave", winding)—उक्त सूत्र (iii) को सूत्र (ii) से भाग देने पर, प्राप्त सम्बन्धता (relationship)

$$\frac{E_w}{E_l} = \frac{P}{2} \qquad \text{...अनुपातीय समी० (iv)}$$

$$\therefore \quad E_w = \frac{P}{2} E_l, \text{ volt} \qquad \text{...सूत्र (v)}$$

$$\text{Wave winding e. m. f.} = \frac{P}{2} \times \text{Lap winding e. m. f.}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of Formulae)

उदाहरण 1—एक 6-पोल, लैप वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में 90 खाँचे (slots) तथा प्रत्येक खाँचे में 8 चालक हैं। चाल 1000 चक्र प्रति मिनट है। जनित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए, यदि फ्लक्स प्रति पोल 40 m. Wb. हैं। ***(B.T.E & A.M.I.E)***

हल : दिया है, $P = 6$, $A = 6$, $S = 90$, $C = 8$, $Z = S \times C = 90 \times 8 = 720$, $N = 1000$ r. p. m.,

$E = ?$, $\phi = 40 \text{ mWb} = 40 \times 10^{-3}$ Wb.

जनित विद्युत-वाहक बल (generated e. m. f.)

$$E = \phi P \times \frac{Z}{A} \times \frac{N}{60} \text{ वोल्ट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{40 \times 10^{-3} \times 6 \times 720 \times 1000}{6 \times 60} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

= 480 वोल्ट (volt) **उत्तर**

उदाहरण 2—एक 4 पोल, वेव वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर में 45 खाँचें (slots) हैं और प्रत्येक खाँचे में 18 चालक हैं। यदि जनित्र विद्युत-वाहक बल 240 V हो और फ्लक्स प्रति पोल 6 m. Wb. हो, तो जनित्र की चाल ज्ञात कीजिए। ***(B. T. E. & A. M. I. E.)***

हल : दिया है, $P = 4$, $A = 2$, $S = 45$, $C = 18$, $E = 240$ V,

$\phi = 6 \times 10^{-3}$ Wb, $N = ?$

कुल चालक $Z = S \times C = 45 \times 18 = 810$

जनित्र में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (inducted e. m. f. in generator)

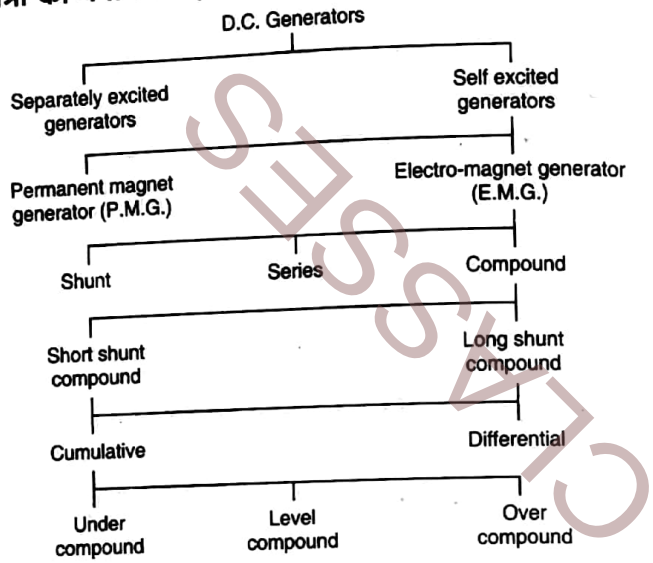
$$E = \frac{\phi PZN}{60A} \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$240 = \frac{6 \times 10^{-3} \times 4 \times 45 \times 18 \times N}{60 \times 2} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$\therefore \quad \text{गति } N = \frac{240 \times 10^3}{9 \times 18} = \mathbf{1482 \text{ r.p.m.}} \qquad \textbf{उत्तर}$$

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
96 / 235

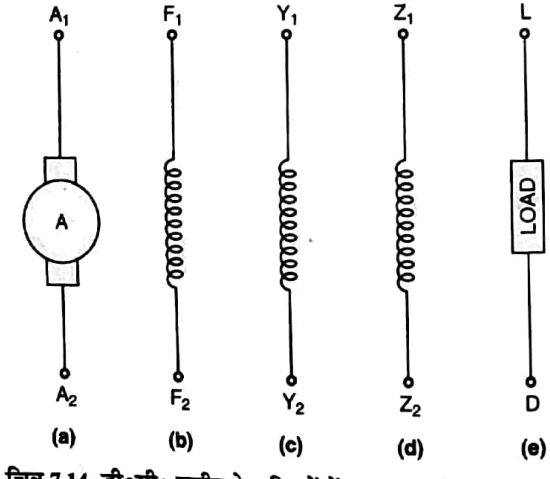
7.8. दिष्टधारा जनित्रों का वर्गीकरण (Classification of d. c. generator)



7.9. डी० सी० मशीनों के परिपथों में प्रयुक्त प्रतीक (Used symbols in circuits of d. c. machines)

चित्र 7.14 में डी० सी० मशीन के परिपथों में प्रयोग होने वाले प्रतीकों को दर्शाया गया है, जिनमें—

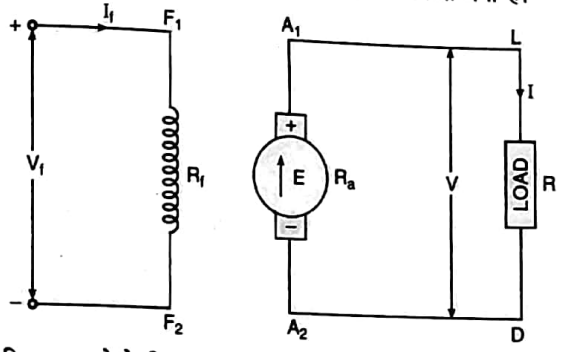
A_1A_2 — आर्मेचर के सिरे (terminals of armature) चित्र 7.14 (a)
F_1F_2 — चुम्बकीय क्षेत्र के सिरे (terminals of magnetic field) चित्र 7.14 (b)
Y_1Y_2 — श्रेणी चुम्बकीय क्षेत्र के सिरे (terminals of series magnetic field) चित्र 7.14 (c)
Z_1Z_2 — पार्श्व चुम्बकीय क्षेत्र के सिरे (terminals of shunt magnetic field) चित्र 7.14 (d)
LD — वैद्युत भार के सिरे (terminals of a electric load) चित्र 7.14 (e)



चित्र 7.14–डी०सी० मशीन के परिपथों में प्रयुक्त प्रतीक (symbols)।

7.10. पृथक उत्तेजित दिष्टधारा जनित्र (Separately excited D. C. Generator)

वह डी० सी० जेनरेटर, जिसके क्षेत्र का उत्तेजन किसी अन्य दिष्टधारा स्रोत (d. c. source) द्वारा किया जाता है, सेपरेटली एक्साइटिड डी० सी० जेनरेटर कहलाता है। इसे 'अन्यत: अथवा पृथक्' उत्तेजित जनित्र भी कहते हैं। इसके क्षेत्र के सिरों को F_1 व F_2 अक्षरों से व्यक्त करते हैं, जैसा कि चित्र 7.15 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 7.15–सेपरेटली एक्साइटिड डी०सी० जेनरेटर का सर्किट डायग्राम।

चित्र 7.15 में प्रतीकात्मक अक्षर (Symbolic letters)

V_f — चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजक वोल्टता (field exciting voltage)
I_f — चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजक धारा (field exciting current)
R_f — चुम्बकीय क्षेत्र प्रतिरोध (field resistance)
E — वोल्ट मात्रक में जनक वि० वा० बल (generating e. m. f.)
I_a — ऐम्पियर मात्रक में आर्मेचर धारा (armature current)
R_a — ओह्म मात्रक में आर्मेचर प्रतिरोध (armature resistance)
I — ऐम्पियर मात्रक में भार-धारा (load current)
R — ओह्म मात्रक में भार-प्रतिरोध (load resistance)
W — वाट मात्रक में वैद्युत भार क्षमता (electrical load capacity)
V — वोल्ट मात्रक में भार वोल्टता (loading voltage)
L_1L_2 — इलेक्ट्रिकल लाइन या लोड टर्मिनल्स (load terminals)

चित्र 7.15 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)—

चुम्बकीय क्षेत्र परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$I_fR_f = V_f \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

इसलिए $I_f = V_f / R_f$ तथा $R_f = V_f / I_f$

आर्मेचर परिपथ में धारा के सूत्रों की सम्बन्धता (realtionship)

$$I_a = I = V / R = W / V \qquad \text{...समीकरण (ii)}$$

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$E = I_aR_a + IR \qquad (\because IR = V)$$

$$E = I_aR_a + V \qquad \text{...समीकरण (iii)}$$

PKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
97 / 235

इसलिए $$I_a = \frac{E-V}{R_a} \text{ तथा } R_a = \frac{E-V}{I_a}$$

उक्त समीकरण (iii) से वैद्युत भार-वोल्टता (load voltage)

$$V = E - I_a R_a = IR \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

वैद्युत भार-प्रतिरोध के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$R = V/I = V^2/W = W/I^2 \quad \text{...समीकरण (v)}$$

वैद्युत भार-क्षमता के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$W = VI = V^2/R = I^2R \quad \text{...समीकरण (vi)}$$

आर्मेचर में विकसित वैद्युत शक्ति $P_a = EI_a$ ...समीकरण (vii)

7.11. स्व-उत्तेजित दिष्टधारा जनित्र (Self excited d. c. generator)

वह जेनरेटर, जिसमें चुम्बकीय क्षेत्र का उत्तेजन स्वत: उत्पन्न होने वाली दिष्टधारा प्रदाय अर्थात् आर्मेचर की निर्गत वोल्टता द्वारा होता है, सेल्फ एक्साइटिड जेनरेटर कहलाता है। इसे स्वत: उत्तेजन जनित्र भी कहते हैं, जैसा कि चित्र 7.17, 7.18, 7.19, 7.20, 7.21, 7.22 आदि से स्पष्ट है। ये जेनरेटर निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

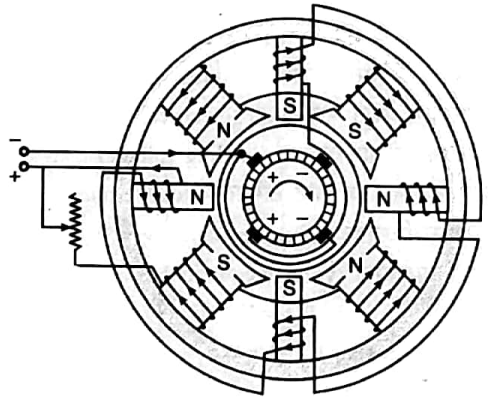
(i) पार्श्व कुण्डलित जनित्र अर्थात् शंट वाउण्ड जेनरेटर (shunt wound generator)

(ii) श्रेणी कुण्डलित जनित्र अर्थात् सीरीज वाउण्ड जेनरेटर (series wound generator)

(iii) यौगिक कु० ज० अर्थात् कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर (compound wound generator)

7.12. शंट वाउण्ड जेनरेटर (Shunt wound generator)

वह डी० सी० जेनरेटर, जिसमें फील्ड को प्रत्यक्ष आर्मेचर के आरपार (across), शंट की तरह सम्बद्ध किया जाता है, शंट वाउण्ड जेनरेटर कहलाता है। इसे पार्श्वबद्ध जनित्र भी कहते हैं। इसमें सम्बद्ध फील्ड को पार्श्व क्षेत्र (shunt field) कहते हैं, जिसके सिरों को Z_1 व Z_2 प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त करते हैं, जैसा कि चित्र 7.17 में प्रदर्शित किया गया है।

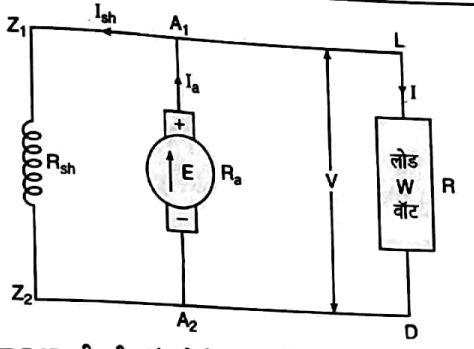


चित्र 7.16–इंटर पोल प्ररूपी, चार पोल वाले शंट जेनरेटर के वैद्युत सम्बन्धन।

चित्र 7.17 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equation)—

बिन्दु A_1 पर धारा समीकरण (current equation)

$$I_a = I_{sh} + I \quad \text{...समीकरण (i)}$$



चित्र 7.17–डी०सी० शंट जेनरेटर का इलेक्ट्रिकल सर्किट डायग्राम।

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$E = I_a R_a + IR \quad (\because IR = V)$$

$$E = I_a R_a + V \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

इसलिए $$I_a = \frac{E-V}{R_a} \text{ तथा } R_a = \frac{E-V}{I_a}$$

उक्त समीकरण (ii) से वैद्युत भार-वोल्टता (load voltage)

$$V = E - I_a R_a \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

समान्तर परिपथ में वोल्टतापात के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

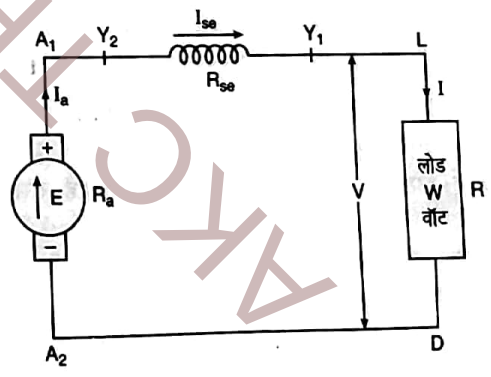
$$I_{sh} R_{sh} = V = IR = E - I_a R_a \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

इसलिए $$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{IR}{R_{sh}} = \frac{E - I_a R_a}{R_{sh}}$$

तथा $$R_{sh} = \frac{V}{I_{sh}} = \frac{IR}{I_{sh}} = \frac{E - I_a R_a}{I_{sh}}$$

वैद्युत भार-धारा के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I = V/R = W/V = (I_a - I_{sh}) \quad \text{...समीकरण (v)}$$



चित्र 7.18–डी०सी० सीरीज जेनरेटर का इलेक्ट्रिकल सर्किट डायग्राम।

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
98 / 235

वैद्युत भार प्रतिरोध के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$R = V/I = V^2/W = W/I^2 \quad \text{...समीकरण (vi)}$$

वैद्युत भार क्षमता के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$W = VI = V^2/R = I^2R \quad \text{...समीकरण (vii)}$$

आर्मेचर में विकसित वैद्युत शक्ति (developed electric power)

$$P_a = EI_a \quad \text{...समीकरण (viii)}$$

7.13. सीरीज वाउण्ड जेनरेटर (Series wound generator)

वह जेनरेटर, जिसमें फील्ड को प्रत्यक्ष आर्मेचर के श्रेणी (series) में सम्बद्ध किया जाता है, सीरीज वाउण्ड जेनरेटर कहलाता है। इसे श्रेणीबद्ध जनित्र भी कहते हैं। इसमें सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र को श्रेणी क्षेत्र (series field) कहते हैं, जिसके सिरों को Y_1 व Y_2 प्रतीकात्मक अक्षरों से व्यक्त करते हैं, जैसा कि चित्र 7.18 में प्रदर्शित किया गया है।

चित्र 7.18 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)

श्रेणी परिपथ में वैद्युत धारा के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I_a = I_{se} = I = V/R = W/V \quad \text{...समीकरण (i)}$$

श्रेणी परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$E = I_aR_a + I_{se}R_{se} + IR \quad (\because IR = V)$$

या $$E = I_aR_a + I_aR_{se} + V \quad (\because I_{se} = I_a)$$

अथवा $$E = I_a(R_a + R_{se}) + V \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

इसलिए $$I_a = \frac{E-V}{R_a+R_{se}} \quad \text{तथा} \quad (R_a+R_{se}) = \frac{E-V}{I_a}$$

उक्त समीकरण (ii) से वैद्युत-भार वोल्टता (load voltage)

$$V = E - I_a(R_a + R_{se}) = IR \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

7.14. कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर (Compound wound generator)

यह उक्त दोनों (शंट एवं सीरीज) प्रकार के जेनरेटरों का संयोग (combination) है; इसलिए इसमें दोनों (शंट एवं सीरीज) प्रकार के फील्ड उपस्थित रहते हैं। अत: वह डी० सी० जेनरेटर, जिसमें 'शंट एवं सीरीज', दोनों प्रकार के क्षेत्र (field) आर्मेचर के साथ जुड़े रहते हैं, कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर कहलाता है। इसे मिश्रित बद्ध जनित्र भी कहते हैं, जैसा कि चित्र 7.19 तथा 7.20 से प्रदर्शित किया गया है। ये जेनरेटर निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर (short shunt compound wound generator)
(ii) लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर (long shunt compound wound generator)

7.14-1. शॉर्ट शंट कम्पाण्ड वाउण्ड जेनरेटर (Short shunt compound wound generator)

वह कम्पाण्ड वाउण्ड जेनरेटर, जिसमें शंट फील्ड प्रत्यक्ष आर्मेचर के आरपार (across) सम्बद्ध रहता है, शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर कहलाता है। इसे लघु पार्श्व मिश्रित बद्ध जनित्र भी कहते हैं, जैसा कि चित्र 7.19 में प्रदर्शित किया गया है।

चित्र 7.19 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)—

बिन्दु A_1 पर वैद्युत धारा समीकरण (current equation)

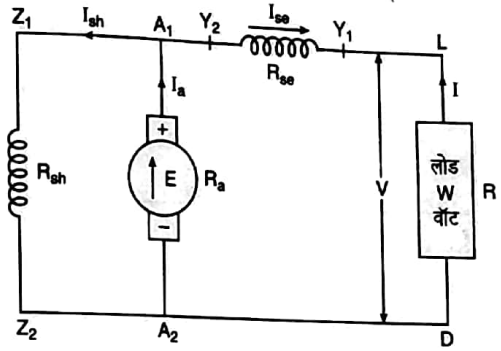
$$I_a = I_{sh} + I_{se} = I_{sh} + I \quad \text{...समीकरण (i)} \quad (\because I_{se} = I)$$

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$E = I_aR_a + I_{se}R_{se} + IR \quad (\because IR = V)$$

या $$E = I_aR_a + I_{se}R_{se} + V \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

अथवा $$E - I_aR_a = I_{se}R_{se} + V$$



चित्र 7.19–शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड जेनरेटर का इलेक्ट्रिकल सर्किट डायग्राम।

समान्तर पथों में वोल्टतापात के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I_{sh}R_{sh} = E - I_aR_a = I_{se}R_{se} + V \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

इसलिए $$I_{sh} = \frac{E-I_aR_a}{R_{sh}} = \frac{I_{se}R_{se}+V}{R_{sh}}$$

तथा $$R_{sh} = \frac{E-I_aR_a}{I_{sh}} = \frac{I_{se}R_{se}+V}{I_{sh}}$$

श्रेणी क्षेत्र-धारा के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I_{se} = I = V/R = W/V \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

7.14-2. लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर (Long shunt compound wound generator)

वह कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर, जिसमें शंट फील्ड प्रत्यक्ष "आर्मेचर एवं सीरीज फील्ड" दोनों ही के आरपार सम्बद्ध रहता है, लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर कहलाता है। इसे दीर्घ पार्श्व मिश्रित बद्ध जनित्र भी कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथारेख चित्र 7.20 में दर्शाया गया है।

चित्र 7.20 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)—

बिन्दु Y_2 पर वैद्युत धारा समीकरण (current equation)

$$I_a = I_{se} = (I_{sh} + I) \quad \text{...समीकरण (i)}$$

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

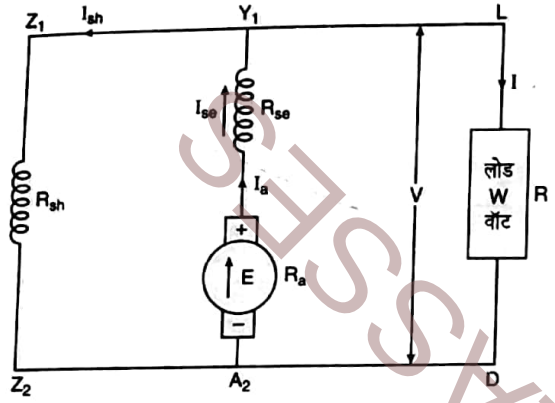
$$E = I_aR_a + I_{se}R_{se} + IR \quad (\because IR = V)$$

या $$E = I_aR_a + I_aR_{se} + V \quad (\because I_{se} = I_a)$$

अथवा $$E = I_a(R_a + R_{se}) + V \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

इसलिए $$I_a = \frac{E-V}{R_a+R_{se}} \quad \text{तथा} \quad R_a + R_{se} = \frac{E-V}{I_a}$$

MY TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
99 / 235



चित्र 7.20–लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर का इलेक्ट्रिकल सर्किट डायग्राम।

उक्त समीकरण (ii) से वैद्युत भार-वोल्टता (load voltage)

$$V = E - I_a (R_a + R_{se}) \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

समान्तर पथों में वोल्टतापात के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I_{sh} R_{sh} = V = E - I_a (R_a + R_{se})$$

इसलिए $$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{E - I_a (R_a + R_{se})}{R_{sh}}$$

तथा $$R_{sh} = \frac{V}{I_{sh}} = \frac{E - I_a (R_a + R_{se})}{I_{sh}}$$

वैद्युत भार-धारा के सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$I = V / R = W / V \quad \text{...समीकरण (v)}$$

टिप्पणी (Note)—निम्नलिखित हलित गणनात्मक प्रश्नों को पाठकगण, स्वयं परिपथारेख बनाकर, समझने का प्रयास करें—

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of Formulae)

उदाहरण 1—एक डी० सी० शंट जेनरेटर 250 V पर 5 kW शक्ति प्रदान करता है। शंट फील्ड एवं आर्मेचर के प्रतिरोध क्रमशः 125 Ω एवं 1 Ω हैं। जेनरेटर द्वारा जनित वि० वा० बल (generated e. m. f.) का परिकलन कीजिए। ***(B. T. E. Examination)***

हल : दिया है, $V = 250V$, $W = 5\,\text{kW} = 5 \times 1000\,\text{W}$, $R_{sh} = 125\Omega$, $R_a = 1\,\Omega$, $E = ?$

डी० सी० शंट जेनरेटर द्वारा भार को प्रदायित भार-धारा (load current)

$$I = \frac{W}{V} = \frac{5 \times 1000}{250} = 20\,\text{ampere.}$$

डी० सी० शंट जेनरेटर की पार्श्व क्षेत्र-धारा (shunt field current)

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{250}{125} = 2\,\text{ampere.}$$

जेनरेटर की आर्मेचर-धारा (armature current)

$$I = I + I_{sh} = 20 + 2 = 22\,\text{ampere.}$$

$$E = V + I_a R_a \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= (250 + 22 \times 1) = 272\,\text{V.} \quad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 2—एक डी० सी० शंट जेनरेटर 250V पर 400A की धारा प्रदान करता है। शंट फील्ड एवं आर्मेचर के प्रतिरोध क्रमशः 50 Ω एवं 0·025 Ω हैं। जनित विद्युत-वाहक बल (e. m. f.) की गणना कीजिए। ***(B. T. E. & A. M. I. E. Examinations)***

हल : दिया है, $V = 250\,\text{V}$, $I = 400\,\text{A}$, $R_{sh} = 50\,\Omega$, $R_a = 0{\cdot}025\,\Omega$, $E = ?$

शंट जेनरेटर की पार्श्व क्षेत्र धारा (shunt field current)

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{250}{50} = 5\,\text{ampere}$$

शंट जेनरेटर की आर्मेचर-धारा (armature current)

$$I_a = I + I_{sh} = 400 + 05 = 405\,\text{ampere}$$

डी० सी० शंट जेनरेटर द्वारा जनित विद्युत-वाहक बल (e. m. f.)

$$E = V + I_a R_a \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= 250 + 405 \times 0{\cdot}025$$

$$= 250 + 10{\cdot}125 = \mathbf{260{\cdot}125\ \text{वोल्ट (V)}} \quad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक डी० सी० शंट जेनरेटर में खुले परिपथ की स्थिति पर प्रेरित वोल्टता 127 V है। जब मशीन भार पर होती है, तब सिरा वोल्टता 120 V होती है। भार-धारा का मान ज्ञात कीजिए; यदि क्षेत्र परिपथ का प्रतिरोध 15 Ω और आर्मेचर परिपथ का प्रतिरोध 0·02 Ω है। आर्मेचर प्रतिक्रिया नगण्य है। ***(B. T. E. Examination-1991)***

हल : दिया है, $E = 127\,\text{V}$; $V = 120\,\text{V}$; $R_{sh} = 15\Omega$; $R_a = 0{\cdot}02\,\Omega$; $I = ?$

पार्श्व क्षेत्र परिपथ की धारा (current of shunt field circuit)

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{120}{15} = 8\,\text{A.}$$

आर्मेचर परिपथ की धारा (current of armature circuit)

$$I_a = \frac{E - V}{R_s} = \frac{127 - 120}{0{\cdot}02} = \frac{700}{2} = \mathbf{350\ A.} \quad \textbf{उत्तर}$$

शंट जेनरेटर की भार-धारा (load current)

$$I = I_a - I_{sh} = (350 - 8) = \mathbf{340\ A.} \quad \textbf{उत्तर}$$

7.15. शंट जेनरेटर में विकसित वैद्युत शक्ति (Developed E. P.)

शंट जेनरेटर के आर्मेचर में प्रेरित वि० वा० बल का समीकरण (equation)

$$E = I_a R_a + V \quad \text{...समीकरण (i)}$$

उक्त समीकरण के दोनों पक्षों में I_a का गुणा करने पर

$$EI_a = I_a^2 R_a + VI_a \quad \text{...समीकरण (ii a)}$$

$$P_a \text{ (generated)} = P_a \text{ (loss)} + P_a \text{ (output)}$$

$$P_{ag} = P_{al} + P_{ao} \quad \text{...समीकरण (ii b)}$$

Where—

$EI_a = P_{ag}$ — Armature power generated in watt.

$I_a^2 R_a = P_{al}$ — Armature power loss in watt.

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
100 / 235

$VI_a = P_{ao}$ — Armature power output in watt .

$$VI_a = V(I_{sh} + I) \quad \text{...समीकरण (iii a)}$$

$$VI_a = VI_{sh} + VI \quad \text{...समीकरण (iii b)}$$

$$P_a \text{ (output)} = P_{sh} \text{ (loss)} + P \text{ (output)}$$

$$P_{ao} = P_{shl} + P_o \quad \text{...समीकरण (iii c)}$$

Where—

$VI_{sh} = P_{shl}$ — Shunt field powr loss in watt.

$VI = P_o$ — Output power *i. e.*, net output of the generator.

7.16. सीरीज जेनरेटर में विकसित वैद्युत शक्ति (Developed electric power)

सीरीज जेनरेटर के आर्मेचर में प्रेरित वि० वा० बल का समीकरण (equation)

$$E = I_a R_a + I_{se} R_{se} + V \quad \text{...समीकरण (i)}$$

उक्त समीकरण में $I_{se} = I_a = I$ रखने पर प्राप्त सूत्र (formula)

$$E = IR_a + IR_{se} + V$$

उक्त समीकरण के दोनों पक्षों में I से गुणा करने पर प्राप्त सूत्र (formula)

$$EI = I^2 R_a + I^2 R_{se} + VI \quad \text{...समीकरण (ii a)}$$

P_a (generated) = P_a (loss) + P_{se} (loss) + P (output)

$$P_{ag} = P_{al} + P_{sel} + P_o \quad \text{...समीकरण (ii b)}$$

Where—

$E_a I = P_{ag}$ — Armature power generated in watt.

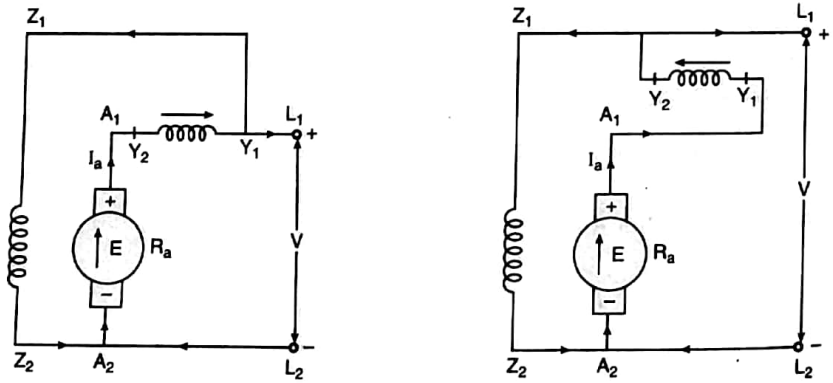
$I^2 R_a = P_{al}$ — Armature power loss in watt.

$I^2 R_{se} = P_{sel}$ — Series field power loss in watt.

$VI = P_o$ — Output power, i. e., net output of the generator.

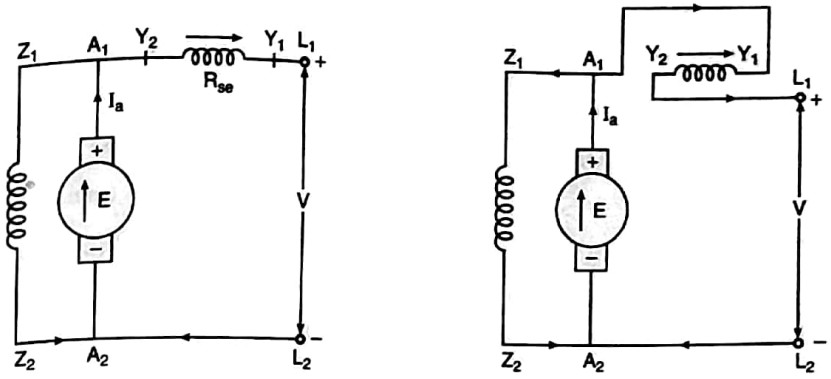
7.17. क्यूम्यूलेटिव एवं डिफरेंशिअल जनित्रों के परिपथ सम्बन्धन (Connection)

चित्र 7.23 में 'क्यूम्यूलेटिव एवं डिफरेंशिअल' दोनों विद्युत चुम्बकीय ध्रुवों में अन्तर स्पष्ट किया गया है। क्यूम्यूलेटिव एवं पोल पर दोनों कुण्डलनों में धारा, समान दिशा में प्रवाहित होती है; इसलिए इससे अधिक फ्लक्स उत्पन्न होते हैं; जबकि



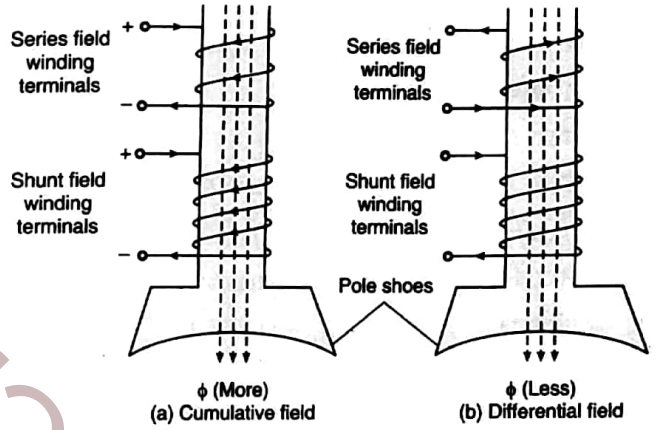
(a) क्यूम्यूलेटिव (b) डिफरेंशिअल

चित्र 7.21–लोंग शंट कम्पाउण्ड जेनरेटर के सम्बन्धन (connection)।



(a) क्यूम्यूलेटिव (b) डिफरेंशिअल

चित्र 7.22–शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड जेनरेटर के सम्बन्धन।



चित्र 7.23–क्यूम्यूलेटिव व डिफरेंशिअल वाइंडिंग में अन्तर (difference)।

डिफरेंशिअल पोल पर दोनों कुण्डलनों में धारा एक-दूसरे के विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है; इसलिए इससे कम फ्लक्स उत्पन्न होते हैं, जैसा कि चित्र (a) व (b) से स्पष्ट है।

"शंट एवं सीरीज" डी० सी० जेनरेटरों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study)

क्रम संख्या	तुलनात्मक कारक (C. Fs.)	डी० सी० शंट जेनरेटर	डी० सी० सीरीज जेनरेटर
1.	आर्मेचर व फील्ड सम्बन्धन	पार्श्व सम्बन्धन	श्रेणी सम्बन्धन
2.	धारा समीकरण (C. E.)	$I_a = (I_{sh} + I)$ ऐम्पियर	$I_a = I_{se} = I$ ऐम्पियर
3.	वोल्टता समीकरण (V. E.)	$E - I_a R_a = V = I_{sh} R_{sh}$ वोल्ट	$E = \{I_a (R_a + R_{se}) + V\}$ वोल्ट
4.	शक्ति समीकरण (P. E.)	$P_{ag} = (P_{al} + P_{shl} + P_o)$ वाट	$P_{ag} = (P_{al} + P_{sel} + P_o)$ वाट

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
101 / 235

5.	क्षेत्र प्रतिरोध (F. R.)	अधिक (50 to 250 Ω)	कम (0·5 to 2·5Ω)
6.	क्षेत्र धारा (F. C.)	अतिकम (very less)	अत्यधिक (very much)
7.	क्षेत्र धारा की प्रकृति (Nature)	स्थिर (constant)	परिवर्तनीय (variable)
8.	क्षेत्र वोल्टतापात (F. V. D)	अधिक (more)	कम (less)
9.	निर्भार वोल्टता (N.L.V.)	अधिकतम (max.)	न्यूनतम (min.)
10.	भार बढ़ाने पर निर्गत सिरा वोल्टता	घटती है (decreases)	बढ़ती है (increases)
11.	भार अभिलक्षण (L. C.)	गिरती हुई (dropping)	उठती हुई (rising)
12.	अनुप्रयोग (Applications)	भार के अतिनिकट प्रयोग (use)	भार से अधिक दूर प्रयोग (use)

"शंट एवं सीरीज" डी० सी० जेनरेटरों के चुम्बकीय क्षेत्रों का तुलनात्मक अध्ययन

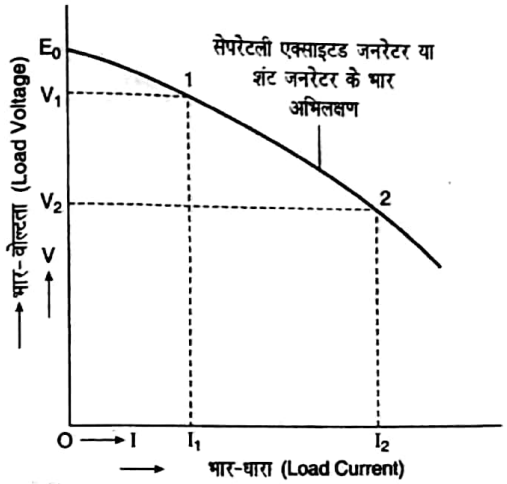
क्रम संख्या	तुलनात्मक कारक (C. Fs)	शंट जे० का शंट फील्ड	सी० जे० का सीरीज फील्ड
1.	आर्मेचर के साथ सम्बन्धन	पार्श्व सम्बन्धन	श्रेणी सम्बन्धन
2.	कॉइल वायर का साइज	पतला व लम्बा	मोटा व छोटा
3.	कॉइल में वर्त संख्या	अधिक (more)	कम (less)
4.	क्षेत्र का प्रतिरोध (R_f)	अधिक (50 to 250 Ω)	कम (0·5 to 2·5Ω)
5.	क्षेत्र-धारा (field current)	अतिकम (स्थिर)	अत्यधिक (परिवर्तनीय)
6.	क्षेत्र-धारा की निर्भरता	स्थिर (constant)	भार पर निर्भर
7.	क्षेत्र-धारा का परिकलन	$I_{sh} = (I_a - I)$ ऐम्पियर	$I_{se} = I_a = I$ ऐम्पियर
8.	क्षेत्र-प्रतिरोध का परिकलन	$R_{sh} = \frac{V}{I_{sh}}$ ओह्म	$R_{se} = \left(\frac{E-V}{I} - R_a\right)$ ओह्म
9.	क्षेत्र-वोल्टतापात	अधिक $(R_{sh} I_{sh} = V)$ वोल्ट	कम $(R_{se} I_{se} = R_{se} I)$ वोल्ट
10.	सिरा प्रतीकात्मक अक्षर	Z_1 तथा Z_2 सिरे (terminals)	Y_1 तथा Y_2 सिरे (terminals)

7.18. दिष्टधारा जनित्रों के अनुप्रयोग (Applications of d.c. generators)

विभिन्न प्रकार के जेनरेटरों के अनुप्रयोग, उनकी भार अभिलक्षण (load-characteristics) के अनुसार निम्न प्रकार हैं—

7.18-1. सैपरेटली एक्साइटड जेनरेटर के अनुप्रयोग (Applications)

चूँकि इसके उत्तेजन के लिये एक अतिरिक्त डी० सी० सप्लाइ स्रोत की आवश्यकता होती है, जो कीमती तथा अधिक जगह घेरने वाली होती है। फलत: इस डी० सी० जेनरेटर की कुल मूल लागत (total capital cost) तथा अनुरक्षण कीमत और अधिक बढ़ जाती है; इसलिये इस जेनरेटर का प्रयोग वहाँ पर होता है, जहाँ पर सेल्फ एक्साइटड जेनरेटर का प्रयोग सम्भव नहीं होता है अथवा जहाँ पर निर्गत वोल्टता तथा धारा के नियन्त्रण की अधिक यथार्थता (accuracy) के साथ आवश्यकता होती है; जैसे विद्युत-विश्लेषण के कार्यों, विद्युत रासायनिक कार्यों, विद्युत अभिवर्द्धन कार्यों, गति नियन्त्रण की वर्ड लियोनार्ड विधि आदि।



चित्र 7.24–सेपरेटली एक्साइटड जेनरेटर तथा शंट वाउण्ड जेनरेटर की लोड करेक्टेरिस्टिक्स।

टिप्पणी (Note)—सेपरेटली एक्साइटड जेनरेटर के विद्युत-अभिलक्षण, शंट वाउण्ड जेनरेटर के समान ही होते हैं; इसलिये इस जेनरेटर का प्रयोग शंट वाउण्ड जेनरेटर के स्थान पर किया जा सकता है; परन्तु कीमत अधिक होने के कारण, इसका प्रयोग अति सीमित है।

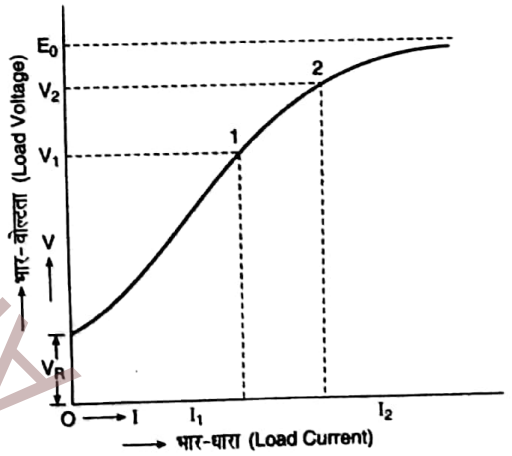
7.18-2. डी० सी० शंट वाउण्ड जेनरेटर के अनुप्रयोग (Applications)

शंट जेनरेटर की भार अभिलक्षण, वोल्टता पातन प्ररूपी (voltage droping type) होती है अर्थात् भार-धारा (I) के बढ़ने से भार-वोल्टता (V) घटती है, जैसा चित्र 7.24 में प्रदर्शित किया गया है। चूँकि भार-धारा $I_2 > I_1$ जबकि भार-वोल्टता $V_1 > V_2$ है; इसलिये इस जेनरेटर का प्रयोग निकटवर्ती इलेक्ट्रिक सप्लाइ के लिये होता है; ताकि लाइन में वोल्टेज ड्राप कम से कम हो; उदाहरण के लिये—बैटरी चार्जिंग जेनरेटर, डीजल जेनरेटर सेट, पेट्रोल जेनरेटर सेट आदि इन्टरनल कम्बश्चन इन्जनों के साथ तथा स्थानीय विद्युत-जनन के लिये होता है।

7.18-3. डी० सी० सीरीज वाउण्ड जेनरेटर के अनुप्रयोग (Applications)

डी० सी० सीरीज जेनरेटर की भार अभिलक्षण, उत्थान प्ररूपी (rising type) अर्थात् उठती (चढ़ती) हुई होती है। फलत: भार (I) के बढ़ने से वोल्टता (V) बढ़ती है, जैसा कि चित्र 7.25 से स्पष्ट है।

चूँकि अभिलक्षण के अनुसारा, भार-धारा $I_3 > I_2 > I_1$ पर क्रमश: भार वोल्टता $V_3 > V_2 > V_1$ होती है; इसलिये इस जेनरेटर का प्रयोग अति दूरस्थ (more far away) सप्लाइ के लिये किया जाता है, ताकि भार के बढ़ने से बढ़ी हुई धारा (I) पर बढ़ी हुई वोल्टता (V), लाइन में वोल्टतापात होकर पुन: स्थिर सिरा वोल्टता (constant terminal voltage), कायम हो सके; उदाहरण के लिये इनका प्रयोग श्रेणी अभिवर्धक (series booster), आर्क दीप्तन जनित्र (arc lighting generator), पुनर्जनी आरोधन (regenerative braking), में क्षेत्र उत्तेजक (field exciter), आदि की तरह होता है।



चित्र 7.25–सिरीज जेनरेटर की लोड करेक्टेरिस्टिक्स।

Scanned with CamScanner
102 / 235

7.18-4. डी० सी० कुम्मुलेटिव कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर के अनुप्रयोग (Applications)

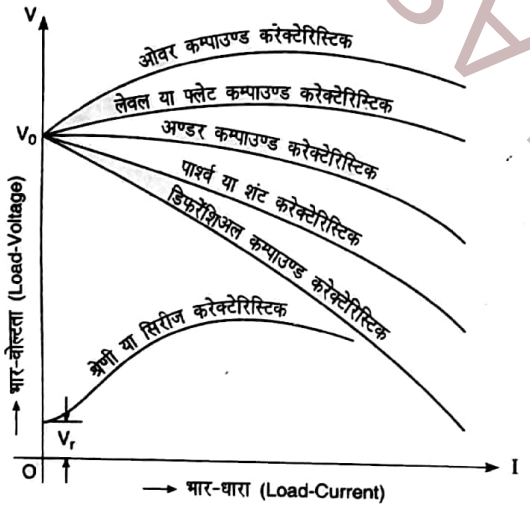
अभिलक्षणों के अनुसार ये निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(i) अण्डर कम्पाउण्ड जेनरेटर—वह कम्पाउण्ड जेनरेटर, जिसकी निर्भार की अपेक्षा, पूर्णभार सिरा वोल्टता (terminal voltage) कम रहती है; अण्डर कम्पाउण्ड जेनरेटर कहलाता है, जैसा कि अभिलक्षण से स्पष्ट है।

(ii) लेवल कम्पाउण्ड जेनरेटर—वह कम्पाउण्ड जेनरेटर, जिसकी निर्भार से लेकर पूर्णभार तक की सिरा वोल्टता लगभग एक समान रहती है, लेवल या फ्लेट कम्पाउण्ड जेनरेटर कहलाता है, जैसा कि अभिलक्षण से स्पष्ट है।

(iii) ओवर कम्पाउण्ड जेनरेटर—वह कम्पाउण्ड जेनरेटर, जिसकी निर्भार की अपेक्षा, पूर्णभार की सिरा वोल्टता अधिक रहती है; ओवर कम्पाउण्ड जेनरेटर कहलाता है, जैसा कि अभिलक्षण से स्पष्ट है।

उक्त सभी प्रकार के जेनरेटरों की अभिलक्षणें (characteristics) चित्र 7.26 में प्रदर्शित की गई हैं।



चित्र 7.26–सभी जेनरेटरों की एक साथ लोड करेक्टेरिस्टिक्स।

इस कुम्मुलेटिव कम्पाउण्ड जेनरेटर का प्रयोग डी० सी० सप्लाइ के लिये सर्वाधिक होता है। प्राय: ओवर कम्पाउण्ड जेनरेटर का प्रयोग अधिक दूरी की विद्युत-शक्ति सप्लाइ के लिये होता है और लेवल अर्थात् फ्लेट कम्पाउण्ड जेनरेटर का प्रयोग कम दूरी की विद्युत-शक्ति संप्लाइ के लिये होता है तथा अण्डर कम्पाउण्ड जेनरेटर का प्रयोग निकटतम विद्युत-शक्ति सप्लाइ के लिये शंट जेनरेटर के स्थान पर होता है।

इस जेनरेटर का प्रयोग सर्वाधिक इसलिये भी होता है कि एक ही जेनरेटर में सीरीज फील्ड एक्साइटेशन को परिवर्तित करके, उक्त तीनों प्रकार की अभिलक्षणें प्राप्त की जा सकती हैं और इसी जेनरेटर के शंट फील्ड सम्बन्धन परिवर्तित करके, "शॉर्ट शंट तथा लॉंग शंट", कम्पाउण्ड जेनरेटरों की उक्त तीनों प्रकार की अभिलक्षणें प्राप्त की जा सकती हैं। इसके अतिरिक्त शंट या सीरीज फील्ड के विपरीत एक्साइटेशन द्वारा इसे डिफरेन्शिअल कम्पाउण्ड जेनरेटर भी बनाया जा सकता है।

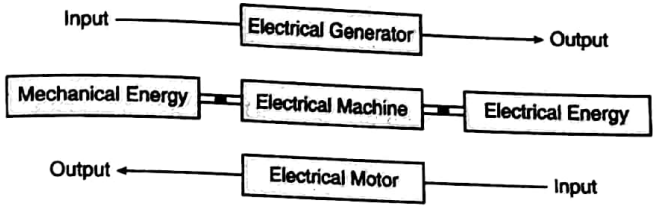
7.18-5. डी० सी० डिफरेन्शिअल कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर के अनुप्रयोग (Application)

चित्र 7.26 में प्रदर्शनानुसार इस डी० सी० जेनरेटर के अभिलक्षण, सर्वाधिक वोल्टता पातन प्ररूपी (voltage drop type) होती हैं। अर्थात् इस जेनरेटर में भार-धारा के बढ़ने से भार-वोल्टता अत्यधिक घटती है; इसलिये इस जेनरेटर का प्रयोग आर्क वेल्डिंग की विद्युत शक्ति सप्लाइ के लिये होता है; क्योंकि आर्क वेल्डिंग के लिय न्यून वोल्टता (60 to 80V) तथा उच्च धारा (300 to 600A) की आवश्यकता होती है।

महत्त्वपूर्ण प्रश्नोत्तरी (Important Questions and Answers)

प्रश्न 1—वैद्युत जनित्र (electrical generor) तथा वैद्युत मोटर (electrical motor) में विभेद या अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।

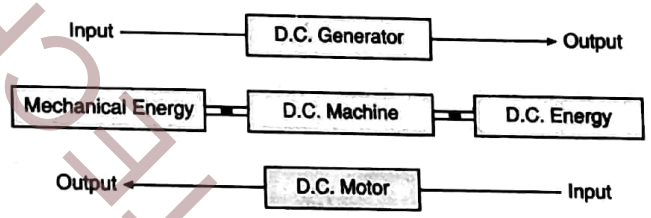
उत्तर—वह वैद्युत यन्त्र (electrical machine) जो यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) को वैद्युत ऊर्जा (electrical energy) में परिवर्तित करता है, वैद्युत जनित्र (electrical generator) कहलाता है और जब वही वैद्युत यन्त्र, वैद्युत ऊर्जा को यान्त्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करता है तो वैद्युत मोटर कहलाता है; जैसा कि निम्न निर्मित खण्डारेख (block diagram) से स्पष्ट है—



चित्र 7.27–इलेक्ट्रिक जेनरेटर एवं इलेक्ट्रिक मोटर में विभेद या अन्तर सम्बन्धी खण्डारेख (block diagram)।

प्रश्न 2—दिष्टधारा जनित्र (d. c. generator) तथा दिष्टधारा मोटर (d. c. motor) में विभेद या अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।

उत्तर—वह दिष्टधारा यन्त्र (d. c. machine), जो यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) को दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (d.c. energy) में परिवर्तित करता है, दिष्टधारा जनित्र (d. c. generator) कहलाता है और जब वही दिष्टधारा यन्त्र, दिष्टवर्ती विद्युत ऊर्जा (d. c. energy) को यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) में परिवर्तित करता है, तो दिष्टधारा मोटर (d. c. motor) कहलाता है; जैसा कि निम्न निर्मित खण्डारेख (block diagram) से स्पष्ट है—

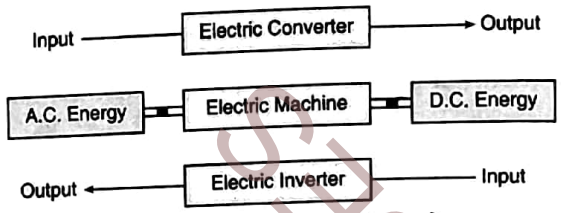


चित्र 7.28–डी०सी० जेनरेटर एवं डी०सी० मोटर में विभेद या अन्तर सम्बन्धी खण्डारेख (block diagram)।

प्रश्न 3—वैद्युत परिवर्तक (electric converter) तथा वैद्युत प्रतिलोमक (electric inverter) में विभेद या अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।

उत्तर—वह वैद्युत यन्त्र (electric machine) जो प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) को दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (d. c. energy) में परिवर्तित करता है, वैद्युत परिवर्तक (electric converter) कहलाता है और जब वही वैद्युत यन्त्र, दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (d. c. energy) को प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) में परिवर्तित करता है, तो वैद्युत प्रतिलोमक (electric inverter) कहलाता है, जैसा कि निम्न निर्मित खण्डारेख (block diagram) से स्पष्ट है—

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
103 / 235



चित्र 7.29–इलेक्ट्रिक कनवर्टर एवं इलेक्ट्रिक इनवर्टर में विभेद या अन्तर सम्बन्धी खण्डारेख (block diagram)।

प्रश्न 4—इलेक्ट्रोनीय दिष्टकारी (electronic rectifier) तथा इलेक्ट्रोनीय प्रतिलोमक (electronic inverter) में विभेद या अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।

उत्तर—वह इलेक्ट्रोनीय युक्ति (electronic device) जो प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) को दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (d. c. energy) में परिवर्तित करती है, इलेक्ट्रोनीय दिष्टकारी (electronic rectifier) कहलाती है और वह इलेक्ट्रोनीय युक्ति जो दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) को प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) में परिवर्तित करती है, इलेक्ट्रोनीय प्रतिलोमक (electronic inverter) कहलाती है।

प्रश्न 5—स्वउत्तेजित दिष्टधारा जनित्रों की तरह, स्वउत्तेजित दिष्टधारा मोटरें क्यों नहीं होती हैं, जबकि 'जनित्रों तथा मोटरों' दोनों ही की संरचना समान (similar) होती है।

उत्तर—यद्यपि दिष्टधारा जनित्रों तथा दिष्टधारा मोटरों की संरचना समान (एकरूप) होती है; परन्तु दिष्टधारा मोटरों का निर्गत (output), वैद्युत शक्ति ($P = VI$) नहीं होता, अर्थात् ये दिष्टवर्ती विद्युत (d. c.) उत्पन्न नहीं करतीं; इसलिए ये मोटरें स्वउत्तेजित (self excited) नहीं हो सकतीं।

प्रश्न 6—डी० सी० जेनरेटर की निर्गत वोल्टता किन-किन कारकों (factors) पर निर्भर करती है?

उत्तर—डी० सी० जेनरेटर की निर्गत वोल्टता (output voltage)

$$V = (E - I_a R) \text{ वोल्ट} \quad \text{...सूत्र}$$

यहाँ पर— E = वोल्ट मात्रक में आर्मेचर का विद्युत-वाहक बल (e. m. f.)

$$= \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

$I_a R$ = वोल्ट मात्रक में आर्मेचर के परिपथ में वोल्टतापात (voltage drop)।

इसका मान E की अपेक्षा, अतिकम होता है; इसलिए इसे नगण्य (neglect) किया जा सकता है। तब निर्गत वोल्टता '$V \approx E$' आर्मेचर का विद्युत-वाहक बल।

इस प्रकार उक्त सूत्र (i) से स्पष्ट है—कि डी० सी० जेनरेटर की निर्गत वोल्टता का मान, आर्मेचर-विद्युत-वाहक बल के लगभग तुल्य ($V \approx E$) होता है। अर्थात् समानुपाती ($V \propto E$) होता है। इसलिए आर्मेचर की निर्गत वोल्टता (V), उन्हीं कारकों (factors) पर निर्भर करती है, जिन पर आर्मेचर का विद्युत-वाहक बल निर्भर करता है, जो निम्नलिखित है—

(i) $V \propto E \propto \phi$ = वेबर मात्रक में चुम्बकीय फ्लक्स प्रति ध्रुव (magnetic flux per pole)

(ii) $V \propto E \propto P$ = डी० सी० जेनरेटर के स्टेटर पर चु० ध्रुवों की संख्या (no. of magnetic poles)

(iii) $V \propto E \propto N$ = चक्र प्रति मिनट (r. p. m) में मोटर की गति (speed of motor)

(iv) $V \propto E \propto Z$ = डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर पर चालकों की संख्या (number of conductors)

(v) $V \propto E \propto 1/A$; where A = आर्मेचर वाइंडिंग के समान्तर पथों की संख्या (no. of parallel paths)

टिप्पणी (Note)—चूँकि डी० सी० जेनरेटर की निर्गत क्षमता (capacity); $P = VI$ वाट अर्थात् $P \propto V$ होती है; इसलिए डी० सी० जेनरेटर का प्रमाप (size) भी निर्गत वोल्टता (V) पर निर्भर करता है।

सारांश (SUMMARY)

मूलरूप से वैद्युत घूर्णी यन्त्रों (rotating machines) के निम्नलिखित दो अंग (parts) होते हैं—
(i) स्थाता अंग (Stator parts), तथा (ii) घूर्णक अंग (Rotor parts)
डी० सी० मशीन में स्टेटर के कई अंग होते हैं—देखिए 7.5 and page number—180
डी० सी० मशीन में रोटर के कई अंग होते हैं—देखिए 7.5 and page number—180
दिष्टवर्ती विद्युत के अनुप्रयोग (Applications)—देखिए 7.2 and page number—177
योजक (Yoke) के कार्य—देखिए 7.5–1. and page number—180
चुम्बकीय ध्रुव-क्रोड (Magnetic pole core) के कार्य-देखिए 7.5–2 and page number—181
चुम्बकीय ध्रुव-नाल (Magnetic pole shoe) के कार्य—देखिए 7.5–3 and page number—183
आर्मेचर-क्रोड (armature core) के कार्य-देखिए 7.5–4 and page number—184
दिक्परिवर्तक (commutator) के कार्य-देखिए 7.5–5 and page number—185
ब्रश गियर (Brush gear) के कार्य-देखिए 7.5–7 and page number—187
कार्बन-ब्रश के प्रमुख लाभ-देखिए 7.5–8 and page number—188
अंत्य-पट्टों (end plates) के कार्य-देखिए 7.5–9 and page number—189
डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में प्रेरित / उत्पन्न वि० वा० बल (e. m. f.) :

$$E = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ वोल्ट} \quad \text{...सूत्र}$$

(where $A = 2$ for wave winding and $A = P$ for lap winding)
डी० सी० जेनरेटरों का वर्गीकरण (classification)—देखिए 7.8 and page number—192
वैद्युत उत्तेजन (excitation) के अनुसार, डी० सी० जेनरेटर मूलरूप से निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—
(i) सेपरेटली एक्साइटिड डी० सी० जेनरेटर (Separately excited d. c. generator)
(ii) सेल्फ एक्साइटिड डी० सी० जेनरेटर (Self excited d. c. generator)
सेल्फ एक्साइटिड डी० सी० जेनरेटर पुन: निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—
(i) शंट वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर (Shunt wound d. c. generator)
(ii) सीरीज वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर (Series wound d. c. generator)
(iii) कम्पाउण्ड वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर (Compound wound d. c. generator)
कम्पाउण्ड वाउण्ड जेनरेटर पुन: निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—
(i) शॉर्ट-शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर (S. S. C. W. D. C. G.)
(ii) लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड डी० सी० जेनरेटर (L. S. C. W. D. C. G.)
वैद्युत भार (electric load) के विभिन्न सूत्रों में सम्बन्धता (relationship)

Load Current; $I = \frac{V}{R} = \frac{W}{V}$ ऐम्पियर

Load Resistance; $R = \frac{V}{I} = \frac{V^2}{W} = \frac{W}{I^2}$ ओह्म

Load Capacity; $W = VI = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$ वाट

MAKAUT SYLLABUS
Scanned with CamScanner
104 / 235

डी० सी० जेनरेटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (Important true statements)

1. इलेक्ट्रिकल जेनरेटर, यान्त्रिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में बदलता है, जबकि—इलेक्ट्रिकल मोटर, वैद्युत ऊर्जा को यान्त्रिक ऊर्जा में बदलती है।
2. डी० सी० जेनरेटर द्वारा यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) को दिष्टवर्ती वैद्युत ऊर्जा (d. c. energy) में बदला जाता है, जबकि डी० सी० मोटर द्वारा इसके विपरीत (विपर्यय) होता है।
3. जेनरेटर को आद्यचालक (prime mover) द्वारा प्राय: दायाँवर्त (clock wise) चलाया (घुमाया) जाता है, जबकि मोटर स्वयं प्राय: वामावर्त चलती (घूमती) है।
4. डी० सी० जेनरेटर एवं डी० सी० मोटर की संरचना (construction) एक-सी (similar or same) होती है; इसलिए इस एक ही मशीन को क्रमश: दोनों प्रकार से चलाया जा सकता है। अर्थात् प्रयोग (use) किया जा सकता है; परन्तु दोनों स्थितियों में निष्पादन (performance) भिन्न-भिन्न होता है।
5. इलेक्ट्रिक मशीनों के निर्माण में लोहधातु का प्रयोग (use) ही किया जाता है; क्योंकि इसकी चुम्बकशीलता (magnetie permeability) सर्वाधिक होती है।
6. डी० सी० मशीन में स्थैतिक कुण्डलन (stationary winding) को क्षेत्र कुण्डलन (field winding) कहते हैं, जबकि घूर्णी कुण्डलन (rotating winding) को आर्मेचर कुण्डलन (armature winding) कहते हैं।
7. क्षेत्र कुण्डलन (field winding) को उत्तेजन कुण्डलन (exciting winding) भी कहते हैं क्योंकि यह धारा-प्रवाह से उत्तेजित (exicite) होती है।
8. डी० सी० मशीन में शंट फील्ड को पतले तारों से अधिक वर्तों (turns) वाला बनाया जाता है; क्योंकि इसका प्रतिरोध अधिक रखा जाता है।
9. डी० सी० मशीन में सीरीज फील्ड को मोटे तारों से कम वर्तों (turns) वाला बनाया जाता है; क्योंकि इसका प्रतिरोध न्यून रखा जाता है।
10. डी० सी० मशीन में शंट फील्ड, आर्मेचर तथा सीरीज फील्ड का प्रतिरोध घटते हुए क्रम में रखा जाता है।
11. डी० सी० मशीन में आर्मेचर की तरंग कुण्डलन (wave widning) केवल दो समान्तर पथ ($A = 2$) रखती है; जबकि लैप वाइंडिंग, मॉग्नेटिक पोलों के तुल्य (equal) समान्तर पथ ($A = P$) रखती है।
12. भँवर-धारा हानियाँ (eddy current losses) कम करने के लिए लोह क्रोड (iron core) को प्राय: पटलित (laminated) बनाया जाता है।
13. डी० सी० जेनरेटर में कुम्मुटेटर द्वारा प्रत्यावर्ती विद्युत (a. c.) को दिष्टवर्ती विद्युत (d. c.) में बदला जाता है; जबकि डी० सी० मोटर में दिष्टवर्ती विद्युत (d. c.) को प्रत्यावर्ती विद्युत (a. c.) में बदला जाता है।
14. डी० सी० मशीन में प्रयुक्त दिक्परिवर्तक (commutator) को ताम्रखण्डों (copper segments) का बनाया जाता है, जिनके बीच प्रयुक्त विद्युतरोधक, अभ्रक (mica) होता है।
15. वैद्युत मशीनों में प्रयुक्त ब्रशज (brushes) को कार्बन या ग्रेफाइट का आयताकार (rectangular) बनाया जाता है।
16. डी० सी० जेनरेटर गतिक प्रेरित विद्युत-वाहक बल (dynamic induce c. m. f.) के सिद्धान्त पर कार्य करता है।
17. ट्रांसफॉर्मर की अपेक्षा, रोटेरिंग मशीनों की दक्षता (efficiency) कम होती है।
18. पार्श्व जनित्रों (shunt generators) का प्रयोग, निकटवर्ती वैद्युत भारों (loads) के लिए होता है।
19. श्रेणी जनित्रों (series generators) का प्रयोग, अधिक दूरवर्ती वैद्युत भारों (loads) के लिए होता है।
20. यौगिक जनित्रों (compound generator) का प्रयोग, प्राय: सभी प्रकार की दूरियों वाले वैद्युत भारों (loads) के लिए होता है। इसीलिए इनकी स्थापना दिष्टवर्ती विद्युत जनन (d. c. generation) करने वाले विद्युत-घरों पर की जाती है।
21. स्मॉल डी० सी० मशीनों में स्थायी चुम्बकों (Parmanent magnets) का प्रयोग (use) किया जाता है, जबकि लार्ज डी० सी० मशीनों में विद्युत-चुम्बकीय चुम्बकों (electromagnetic magnets) का प्रयोग किया जाता है।

22. इलेक्ट्रिक रोटेटिंग मशीनों में चुम्बकीय पथ के प्रतिष्टम्भ (reluctance) को न्यून रखने के लिए, मॉग्नेटिक पोल एवं आर्मेचर के मध्य वायु अन्तराल (air gap) कम रखा जाता है।
23. डी० सी० जेनरेटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की दिशा (direction of induced e. m. f.) ज्ञात करने के लिए फ्लेमिंग के दायाँहस्त नियम (R. H. R.) का प्रयोग (use) किया जाता है।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. एक डी० सी० जेनरेटर के प्रचालन सिद्धान्त तथा रचनात्मक लक्षणों को समझाइए। डी० सी० मशीन के प्रचालन के लिए दिक्परिवर्तक तथा ब्रश व्यवस्था क्यों आवश्यक है? समझाइए।
2. उपयुक्त सम्बन्धन आरेखों के साथ डी० सी० जेनरेटरों के उत्तेजन की विभिन्न विधियों को समझाइए। उनके अनुप्रयोग भी लिखिए। ***(U. P. 2001)***
3. विभिन्न प्रकार के डी० सी० जेनरेटरों के नाम लिखिए तथा उनके उपयोग दीजिए। ***(U. P. 2001, 07)***
4. डी० सी० जेनरेटर के कार्य-सिद्धान्त को समझाइए तथा यह भी बतलाइए कि डी० सी० जेनरेटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल प्रत्यावर्ती (alternating) क्यों होता है?
5. एक डी० सी० मशीन, डी० सी० सप्लाइ पर कार्य करती है, जबकि ट्रांसफॉर्मर ए० सी० सप्लाइ पर कार्य करता है; परन्तु ट्रान्सफॉर्मर एवं डी० सी० मशीन के आर्मेचर दोनों की क्रोड पटलित सिलिकॉन-शीट स्टील से बनाई जाती है। क्यों?
6. डी० सी० सीरीज जेनरेटर एवं डी० सी० सीरीज मोटर में विभेद कीजिए।
7. दिष्टधारा जनित्र के मुख्य अवयवों तथा उनके कार्यों का उल्लेख कीजिए। ***(U. P. 2002)***
8. चार चुम्बकीय ध्रुवों वाली दिष्टधारा मशीन के चुम्बकीय परिपथ को इंगित कीजिए तथा दर्शाइए कि योक तथा आर्मेचर के मध्य फ्लक्स, ध्रुव-क्रोड (pole core) के फ्लक्स का आधा होता है।
9. दिष्टधारा जनित्र के चालकों में उत्पन्न वि० वा० बल (e. m. f.) प्रत्यावर्ती क्यों होता है? बाह्य परिपथ में इसे एकदिशकीय (unidirectional) कैसे बनाया जाता है?
10. दिष्टधारा जनित्र का संरचनात्मक विवरण दीजिए। एक स्वच्छ चित्र भी बनाइए।
11. दिष्टधारा जनित्र का विद्युत-वाहक बल का समीकरण लिखिए।
12. निम्नलिखित में विभेद (difference) कीजिए—
    (a) पृथक् उत्तेजित तथा स्व: उत्तेजित जनित्र।
    (b) डी० सी० जेनरेटर में शंट फील्ड एवं सीरीज फील्ड।
    (c) डी० सी० मशीन में सिरा वोल्टता तथा प्रेरक वोल्टता।
13. एक डी० सी० मशीन के मुख्य (आवश्यक) अंगों की तालिका बनाइए और प्रत्येक अंग का कार्य, संक्षेप में समझाइए।
14. विभिन्न प्रकार के जनित्रों के सम्बन्धन आरेखों द्वारा निरूपित कीजिए। इनमें से प्रत्येक जनित्र का उपयोग समझाइए।
15. डी० सी० मशीन की कार्यप्रणाली व उसके प्रमुख भागों का चित्र द्वारा वर्णन कीजिए। ***(U. P. 2004)***
16. एक डी० सी० जेनरेटर में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार की उत्तेजन प्रणालियों की विवेचना कीजिए तथा प्रत्येक प्रकार के सम्बन्धन आरेख खींचिए। ***(U. P. 2004)***
17. दिष्टधारा जनित्र किस सिद्धान्त पर कार्य करता है? दिष्टधारा जनित्र के विभिन्न भागों का वर्णन कीजिए।
18. दिष्टधारा मशीनों में दिक्परिवर्तक और ब्रश के कार्य क्या हैं? विस्तृत रूप से समझाइए।
19. आप निम्न सेवाओं के लिये किस प्रकार के दिष्टधारा जनित्र की संस्तुति करेंगे तथा क्यों?
    (i) बैटरी आवेशन,
    (ii) अभिवर्धक अर्थात् बूस्टर,
    (iii) उद्योग के लिये शक्ति प्रदाय।

Scanned with CamScanner

20. निम्न में विभेद (difference) कीजिए—
(i) पृथक् उत्तेजित तथा स्व: उत्तेजित जनित्र, (ii) दीर्घ तथा लघु पार्श्व दिष्टधारा जनित्र, (iii) दिष्टधारा जनित्र में सिरा वोल्टता तथा प्रेरित वोल्टता। *(U.P. 2011)*
21. संरचनात्मक लक्षण दर्शाते हुए एक दिष्टधारा मशीन का नामांकित चित्र बनाइए तथ उसमें योक तथा कॉम्यूटेटर के कार्य समझाइए।
22. दिष्टधारा जनित्र कितने प्रकार के होते हैं? उनकी परिपथ व्यवस्था का चित्रण कीजिए। *(U. P. 2007)*
23. दिष्टधारा मशीन के प्रचालन-सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। किस प्रकार वही मशीन दिष्टधारा जनित्र तथा मोटर दोनों की तरह कार्य कर सकती है? इसके जनन समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए। *(U. P. 2004)*
24. दिष्टधारा जनित्र में निम्नलिखित अंगों के क्या कार्य हैं?
(i) योजक अर्थात् योक (ii) पोल-कोर तथा पोल-शू
(iii) फील्ड वाइंडिंग (iv) आर्मेचर (v) कॉम्यूटेटर *(U. P. 2004)*
25. स्वउत्तेजित दिष्टधारा जनित्र पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
26. डी० सी० मशीन में विकसित वैद्युत शक्ति के समीकरण को ज्ञात (उत्पन्न) कीजिए।
27. दिष्टधारा जनित्र में स्व: उत्तेजन प्रक्रिया की विवेचना कीजिए। स्व: उत्तेजन हेतु किन-किन प्रतिबन्धों को पूरा होना चाहिए? *(U. P. 2003)*
28. दिष्टधारा जनित्र के वर्गीकरण को समझाइए। *(U. P. 2004)*
29. एक डी० सी० मशीन की संरचना स्वच्छ चित्र द्वारा समझाइए।
30. मूलभूत तत्त्वों से डी० सी० जनरेटर के विद्युत-वाहक बल समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए। *(U. P. 2005)*
31. डी० सी० मशीन के कॉम्यूटेटर एवं ब्रशों के कार्यों का उल्लेख कीजिए। ये किस पदार्थ के बने होते हैं? क्या ब्रशों को कॉपर का बनाया जा सकता है? *(U. P. 2004)*
32. एक दिष्टधारा मशीन में दिक्परिवर्तक, प्रत्यावर्ती विद्युत-वाहक बल को दिष्टवर्ती विद्युत-वाहक बल में किस प्रकार बदल देता है? *(U. P. 2003)*
33. दिष्टधारा जनित्र की संरचना का वर्णन कीजिए। इसके आवश्यक भागों के नाम व इनके कार्य लिखिए। *(U. P. 2011)*
34. दिष्टधारा जनित्र के विद्युत-वाहक बल समीकरण का सूत्र स्थापित कीजिए। *(U. P. 2012)*
35. डी०सी० जनरेटर के कार्य-सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। *(U. P. 2015)*

विचार प्रश्न अर्थात् लघु उत्तरीय प्रश्न

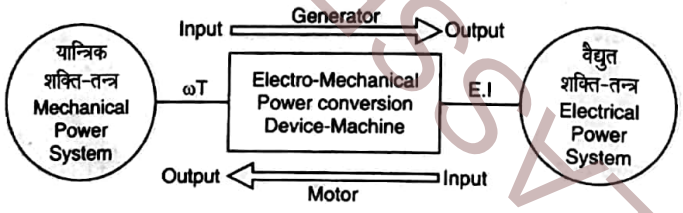
1. डी० सी० मशीन के प्रमुख अवयवों (अंगों) का नामांकन कीजिए।
2. डी० सी० मशीन के स्टेटर या रोटर अथवा कॉम्यूटेटर के किन्हीं पाँच अंगों (parts) के नाम लिखिए।
3. डी० सी० मशीन में ब्रशों सहित कॉम्यूटेटर के कार्य का उल्लेख कीजिए।
4. डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में कौन-सी विद्युत (electricity) उत्पन्न होती है?
5. वैद्युत यन्त्रों में लौह धातु का ही प्रयोग (use) क्यों किया जाता है?
6. डी० सी० मशीन के आर्मेचर को सिलिकॉन स्टील की पटलित पत्तियों का क्यों बनाया जाता है?
7. ध्रुव-क्रोड के नीचे ध्रुव नाल लगाने का क्या लाभ (advantage) है?
8. डी० सी० मशीन के शंट व सीरीज चुम्बकीय क्षेत्रों में क्या अन्तर या विभेद है?
9. डी० सी० मशीन के शॉर्ट एवं लोंग शंट फील्डों में क्या अन्तर या विभेद है?
10. क्यूम्यूलेटिव एवं डिफरेंशियल डी० सी० मशीनों में क्या अन्तर या विभेद है?
11. लेप वाउण्ड टाइप डी० सी० जनरेटर के विद्युत-वाहक बल का सूत्र लिखिए।
12. दिष्टधारा जनित्रों हेतु स्वत: उत्तेजित होने के लिए आवश्यक प्रतिबन्ध लिखिए।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के गणनात्मक प्रश्न

1. किसी 6-पोल, वेव वाइण्डिंग डी० सी० जेनरेटर में 52-स्लोट तथा प्रत्येक स्लोट में 20 चालक (conductors) हैं। जेनरेटर की चाल ज्ञात कीजिए। प्रेरित वि० वा० बल 240 V है और फ्लक्स प्रति पोल 5 मिलीवेबर है।
[उत्तर : 923 r.p.m.]
2. एक 4-पोल डी० सी० शंट जेनरेटर के वेव वाउण्ड आर्मेचर में 34-स्लोट हैं और प्रत्येक स्लोट में 18-चालक हैं। फ्लक्स प्रति पोल 25mWb हैं। जनित वि० वा० बल की गणना कीजिए, जबकि आर्मेचर स्पीड 1000 r.p.m. है।
[उत्तर : 540 V]
3. एक 7-पोल वाले डी० सी० जेनरेटर को किस गति से चलाया जाए कि उसमें 400 V वि० वा० बल (e.m.f.) प्रेरित हो? यदि फ्लक्स प्रति पोल 58 m-Wb है और आर्मेचर में 664 वेव वाउण्ड कण्डक्टर्स हैं।
[उत्तर : 155·8 r.p.m.]
4. एक 4-पोल लैप सम्बद्ध डी० सी० जेनरेटर 220V पर 25 kW? प्रदान करता है। इसका आर्मेचर 160-वर्तों तथा 0·02 Ω का प्रतिरोध रखता है। मशीन की चाल ज्ञात कीजिए, यदि प्रति पोल फ्लक्स 0·03 Weber व शंट फील्ड का प्रतिरोध 55Ω है।
[उत्तर : 1390 r.p.m.]
5. एक 6-पोल, डी० सी० शंट जेनरेटर के आर्मेचर में 1000-चालक हैं और आर्मेचर तरंग कुण्डलित (wave wound) है। यदि फ्लक्स प्रति पोल 0·02 Wb हो तथा चाल 500 r.p.m. हो और "आर्मेचर एवं फील्ड" प्रतिरोध क्रमश: 0·5Ω तथा 240 Ω हो, तो सिरा-वोल्टता तथा भार-धारा ज्ञात कीजिए, जबकि आर्मेचर-धारा 40A है।
[उत्तर : 480V तथा 38A]

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner

8 दिष्टधारा मोटर [DIRECT CURRENT MOTOR]



चित्र 8.0–जेनरेटर एवं मोटर में अन्तर या विभेद (Difference)।

8.1. परिचय (Introduction)

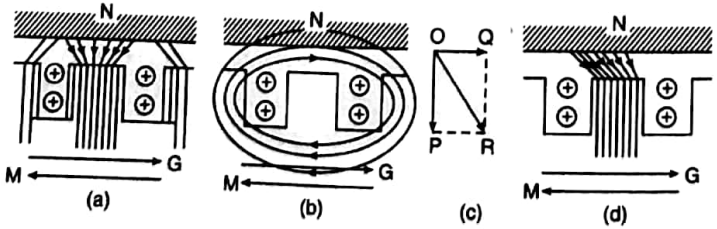
"शक्ति" परिवर्तन के दृष्टिकोण से डी० सी० मोटर, इससे पूर्व अध्याय में वर्णित डी० सी० जेनरेटर का ही विपर्यय (reverse) है; क्योंकि डी० सी० जेनरेटर से कार्बन ब्रशों द्वारा, डी० सी० सप्लाई ली जाती है, जबकि डी० सी० मोटर में कार्बन ब्रशों द्वारा डी० सी० सप्लाई दी जाती है। डी० सी० मोटरों की अभिकल्पना तथा संरचना 1 / 100 अश्व शक्ति (horse power) से लेकर कई हजार अश्व शक्ति (h. p.) तक की क्षमता के लिए की जाती है। विभिन्न प्रकार की डी० सी० मोटरों का प्रयोग (use), उनके अभिलक्षणों के आधार पर किया जाता है। सामान्यत: डी० सी० मोटरों का प्रयोग (use), उच्च बलाघूर्ण तथा श्रेष्ठ गति नियन्त्रण सम्बन्धी यान्त्रिक कार्यों के लिए अधिक होता है, जैसे लिफ्ट, क्रेन, हॉइस्ट, हॉउलेज, ट्रेन, ट्राम, ट्रोली, लेथ मशीन आदि।

8.2. डी० सी० मोटर की सामान्य संरचना (General construction)

डी० सी० मोटर के सम्पूर्ण अंग तथा उनकी संरचना, डी० सी० जेनरेटर के समान ही होती है। इसका विस्तृत वर्णन चित्रों सहित पिछले अध्याय में किया जा चुका है; इसलिए डी० सी० जेनरेटर का प्रयोग (use), डी० सी० मोटर की तरह भी किया जा सकता है।

8.3. डी० सी० मशीन का मूल कार्य-सिद्धान्त (Basic working principle)

माना कि एक डी० सी० मशीन बायें से दायें (left to right) घूमकर, जेनरेटर की तरह कार्य कर रही है, जैसा कि चित्र 8.1 से स्पष्ट है—



चित्र 8.1–डी०सी०जेनरेटर एवं डी०सी मोटर में मॉग्नेटिक फील्ड की दिशायें (Directions)।

चित्र 8.1 (a) में डी० सी० मशीन के स्टेटर पर स्थापित नोर्थ-पोल N के नीचे, रोटर के दो निकटवर्ती स्लोटों में स्थापित आर्मेचर के धारावाही चालकों को प्रदर्शित किया गया है और स्टेटर मॉग्नेटिक फील्ड को ऊपर से नीचे की ओर आयरन टूथ से गुजरता हुआ प्रदर्शित किया गया है। जेनरेटर की स्थिति में, फ्लेमिंग के दायें हस्त नियम द्वारा ज्ञात की गई, आर्मेचर चालकों में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की दिशा, क्रॉस से दर्शाई गई है; इसलिए जेनरेटर द्वारा उत्पन्न धारा की दिशा भी प्रेरित विद्युत-वाहक बल की दिशा के समान होगी। स्टेटर के मॉग्नेटिक फील्ड को चित्र 8.1 (c) में OP सदिश से दर्शाया गया है।

चित्र 8.1 (b) में उक्त अंगों को ही प्रदर्शित किया गया है; परन्तु इसमें स्टेटर के मॉग्नेटिक फील्ड को प्रदर्शित नहीं किया गया है; अपितु कॉर्क-स्क्रू नियम द्वारा ज्ञात किए गए केवल आर्मेचर के धारावाही चालकों द्वारा उत्पन्न, रोटर मॉग्नेटिक फील्ड को प्रदर्शित किया गया है, जो वायु अन्तराल में बायें से दायें गुजरता है। इसे चित्र 8.1(c) में OQ सदिश से दर्शाया गया है।

चित्र 8.1 (c) में स्टेटर फील्ड का सदिश OP तथा रोटर फील्ड का सदिश OQ का परिणामी सदिश OR से दर्शाया गया है। इसी के समान्तर वायु अन्तराल में संयुक्त क्षेत्र (combined field) होगा।

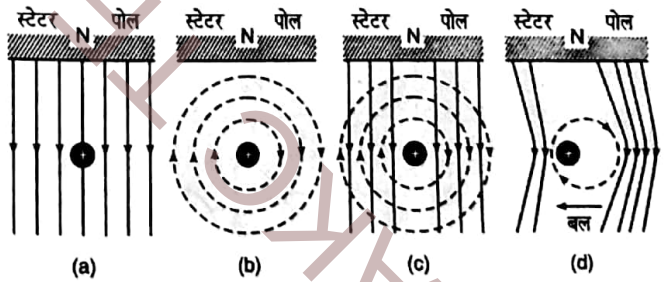
जेनरेटर क्रिया—चित्र 8.1(d) में परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र की वास्तविक दिशा वायु अन्तराल के अन्दर आयरन टूथ में प्रवेश करते हुए प्रदर्शित की गयी है, जो एक तने हुए प्रत्यास्थ धागों (elastic threads) की तरह आर्मेचर पर खिंचाव बल लगा रहे हैं। इस प्रकार डी० सी० जेनरेटर के रोटर के प्रत्येक दाँत के शीर्ष पर एक यान्त्रिक बल कार्य करने लगता है, जो रोटर (आर्मेचर) की चाल का विरोध करता है। इस प्रकार डी० सी० जेनरेटर को चलाने के लिए प्रयुक्त बलाघूर्ण (applied torque) का, उत्पन्न विद्युत-बलाघूर्ण (electric torque) द्वारा विरोध किया जाता है। यही वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है।

मोटर क्रिया—अब यदि आद्य चालक (prime mover) को हटाकर, डी० सी० मशीन के फील्ड तथा आर्मेचर की वाइंडिंग में समान ध्रुवता अर्थात् पहले की तरह ही समान दिशा में बाह्य वैद्युत स्रोत द्वारा धारा प्रवाहित की जाए, तो यही डी० सी० मशीन, मोटर की तरह कार्य करने लगेगी और फ्लेमिंग के वाम हस्त-नियम (left hand rule) द्वारा ज्ञात की गई इसके घूमने की दिशा दायें से बायें होगी, अर्थात् पूर्व दिशा के विपरीत होगी, जैसा कि चित्र 8.1 से स्पष्ट है।

चूँकि डी० सी० मशीन के अन्दर आर्मेचर पर यान्त्रिक बलाघूर्ण स्थापित होगा; इसलिए अब यदि डी० सी० मशीन को इस विकसित यान्त्रिक बलाघूर्ण के प्रभाव के अन्तर्गत घूमने दिया जाए, तो यही डी० सी० मशीन यान्त्रिक कार्य करने लगेगी और डी० सी० मशीन, मोटर कहलाएगी। इसी प्रकार डी० सी० मशीन के जेनरेटर तथा मोटर की तरह कार्य करने वाली क्रियाओं की तुलना आगे चित्र 8.3 में प्रदर्शित की गई है।

8.4. डी० सी० मोटर के घूमने की दिशा ज्ञात करना (To find the direction of rotation)

मोटर का कार्य सिद्धान्त चुम्बकीय क्षेत्र में रखे हुए धारावाही चालक पर लगने वाले बल, जिसका परिमाण $BIl\sin\theta$ होता है और जिसकी दिशा फ्लेमिंग के बायें हस्त-नियम द्वारा ज्ञात की जाती है, के सिद्धान्त पर पूर्णरूपेण निर्भर करता है। इसका स्पष्टीकरण निम्नलिखित है—



चित्र 8.2–डी०सी०मोटर में रोटर (आर्मेचर) के घूमने की दिशा ज्ञात करना।

चित्र 8.2 (a) में डी० सी० मोटर के पोल N द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र प्रदर्शित किया गया है। इसके अन्दर आर्मेचर का एक धारावाही चालक रखा हुआ है। धारा की दिशा क्रॉस प्रतीक से दर्शायी गई है।

Scanned with CamScanner
107 / 235

चित्र 8.2 (b) में मोटर के आर्मेचर पर स्थित एक क्रॉस धारावाही चालक तथा उसका क्लॉक वाइज चुम्बकीय क्षेत्र दर्शाया गया है।

चित्र 8.2 (c) में पूर्व दोनों चित्रों को संयुक्त रूप से दर्शाया गया है। इसमें चालक के दायीं ओर दोनों क्षेत्रों की दिशा एक समान हैं; इसलिए क्षेत्र जुड़कर सबल हो जाता है। चालक की बायीं ओर दोनों क्षेत्रों की दिशा विपरीत हैं; इसलिए क्षेत्र घटकर कमजोर हो जाता है।

चित्र 8.2 (d) में दोनों चुम्बकीय क्षेत्रों का परिणामी क्षेत्र प्रदर्शित किया गया है, जिसमें चालक के दायीं ओर चुम्बकीय क्षेत्र अति सघन है और चालक के बायीं ओर चुम्बकीय क्षेत्र अति विरल है। इससे चालक पर दायीं ओर से बायीं ओर को बल लगता है, जिसे चित्र में दर्शाया गया है। इसी प्रकार इसी दिशा में प्रत्येक पोल के अन्तर्गत चालकों पर बल लगता है, जिससे उत्पन्न सतत बलाघूर्ण के कारण, आर्मेचर (रोटर) समान दिशा में घूमने लगता है।

8.5. डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (Back e. m. f.)

विरोधी विद्युत-वाहक बल, डी० सी० मोटर में एक जनन वोल्टता है, जो मोटर की प्रदायी वोल्टता का विरोध करता है। इसे वोल्ट मात्रक में E_b प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसका मान, डी० सी० जेनरेटर में उत्पन्न विद्युत-वाहक बल के बराबर ही होता है। अर्थात् विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ वोल्ट} \qquad \text{...समीकरण}$$

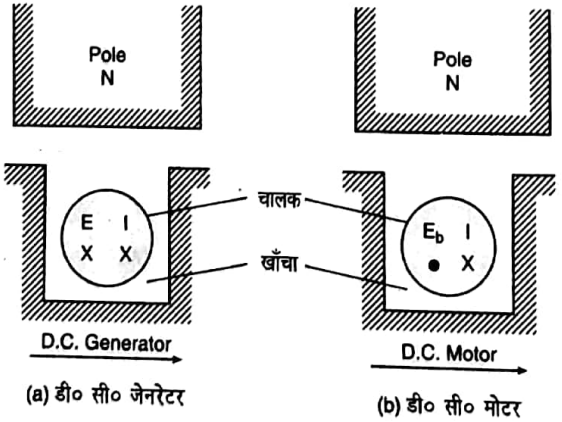
8.6. डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल का जनन (Generation of back e. m. f.)

विदित है कि यदि किसी धारावाही चालक को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में, लम्बवत् रखा जाए, तो उस पर एक यान्त्रिक बल कार्य करने लगता है, जिसके कारण चालक, बल की दिशा में गमन करने लगता है। इसी सिद्धान्त पर डी० सी० मोटर कार्य करती है।

डी० सी० मोटर में, जब घूमते हुए आर्मेचर के धारावाही चालक, मेन मॉग्नेटिक पोलों द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र को काटते हैं, तो फैराडे के नियमानुसार, उनमें एक अतिरिक्त प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न हो जाता है, जो मोटर की प्रदायी वोल्टता का विरोध करता है। अर्थात् इसकी दिशा प्रदायी वोल्टता (V) के विपरीत होती है। इसीलिए इसे विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.) कहते हैं।

चित्र 8.3 से डी० सी० मशीनों (generator and motor) के आर्मेचर चालकों में "प्रवाहित धारा तथा प्रेरित विद्युत-वाहक बल" की दिशा पृथक्-पृथक् प्रदर्शित की गई है।

चित्र 8.3 (a) में प्रदर्शित डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर चालकों में गतिकीय प्रेरित विद्युत-वाहक बल तथा इसमें प्रवाहित धारा दोनों की दिशा समान है, जिसे क्रॉस से दर्शाया गया है। डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर चालकों में प्रेरित विद्युत-वाहक बल



(a) डी० सी० जेनरेटर (b) डी० सी० मोटर

चित्र 8.3–जेनरेटर तथा मोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल तथा प्रवाहित धारा की दिशा।

के कारण ही धारा प्रवाहित होती है; इसलिए दोनों की दिशा समान होती है। क्लोकवाइज (left to right) घूमते हुए आर्मेचर के चालकों में प्रेरित विद्युत-वाहक बल तथा इससे प्रवाहित धारा की दिशा को फ्लेमिंग के दायें हस्त-नियम द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

चित्र 8.3 (b) में प्रदर्शित डी० सी० मोटर के आर्मेचर चालकों में गतिकीय प्रेरित विद्युत-वाहक बल, जिसे विरोधी विद्युत-वाहक बल कहते हैं, की दिशा तथा प्रदायी वोल्टता के कारण, प्रवाहित धारा की दिशा एक-दूसरे के विपरीत है; क्योंकि मोटर के आर्मेचर चालकों में धारा-प्रवाह का कारण, विरोधी विद्युत-वाहक बल नहीं है; अपितु मोटर को दी गई प्रदायी वोल्टता है; इसलिए मोटर के आर्मेचर चालकों में प्रवाहित धारा की दिशा प्रदायी वोल्टता की दिशा के समान होगी; परन्तु विरोधी विद्युत-वाहक बल की दिशा के विपरीत होगी।

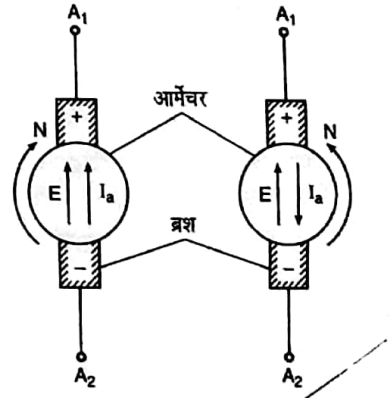
मोटर के धारावाही चालकों वाले आर्मेचर की घूर्णन दिशा को फ्लेमिंग के वाम हस्त-नियम द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रकार ज्ञात आर्मेचर की घूर्णन दिशा एन्टी क्लोकवाइज (right to left) होगी। इस मोटर के आर्मेचर में प्रेरित विरोधी विद्युत-वाहक बल की दिशा को फ्लेमिंग के दायें हस्त-नियम द्वारा ज्ञात किया जा सकता है, जिसे डोट चिह्न से दर्शाया गया है।

8.7. दिष्टधारा जनित्र तथा दिष्टधारा मोटर में अन्तर अथवा विभेद (Difference between d. c. generator and d. c. motor)

(i) डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल को E या E_a अथवा E_g किसी एक प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं; जबकि मोटर के आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल को E_b या E_m किसी एक प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं और इसे विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.) कहते हैं। आर्मेचर में इन दोनों (E and E_b) की दिशा समान होती है, जैसा कि चित्र 8.4 से स्पष्ट है।

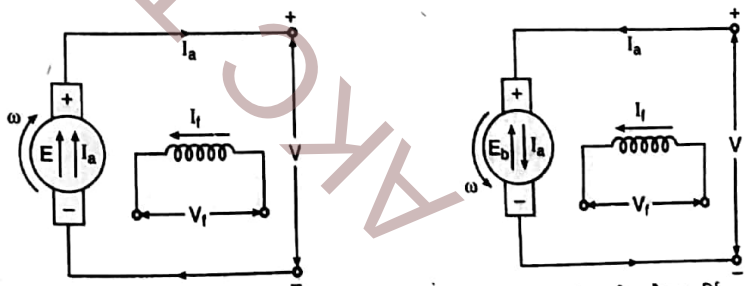
(ii) "जेनरेटर तथा मोटर" दोनों के आर्मेचर परिपथ में धाराओं की दिशाएँ (directions) परस्पर विपरीत रहती हैं, जैसा कि चित्र 8.4 से स्पष्ट है।

(iii) डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल E तथा इससे उत्पन्न धारा I दोनों की दिशाएँ समान होती हैं, जबकि मोटर के आर्मेचर में उत्पन्न विरोधी विद्युत्-वाहक बल E_b तथा बाह्य प्रदायी स्रोत से प्रदायित धारा I, दोनों की दिशाएँ एक-दूसरे के विपरीत होती हैं, जैसा कि a व b चित्रों से स्पष्ट है।



(a) जेनरेटर का आर्मेचर (b) मोटर का आर्मेचर

चित्र 8.4–डी० सी० जेनरेटर एवं मोटर के आर्मेचर में E, E_b व I_a की दिशाएँ (directions)।



(a) डी० सी० जेनरेटर सर्किट (b) डी० सी० मोटर सर्किट

चित्र 8.5–डी० सी० जेनरेटर एवं डी०सी० मोटर में समानता तथा असमानता।

Scanned with CamScanner
108 / 235
AKC TECHNICAL CLASSES

(iv) डी० सी० जेनरेटर से दिष्टवर्ती वैद्युत शक्ति (VI) ली जाती है, जबकि मोटर को दिष्टवर्ती वैद्युत शक्ति (VI) दी जाती है, जैसा कि धारा (I_a) की दिशा से स्पष्ट है।

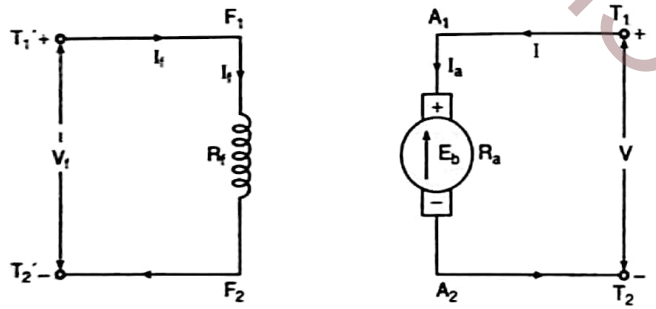
(v) डी० सी० जेनरेटर को यान्त्रिक शक्ति (ωT) प्रदान की जाती है, जबकि मोटर से यान्त्रिक शक्ति (ωT) प्राप्त की जाती है (इसे चित्र में नहीं दर्शाया गया है)।

(vi) डी० सी० जेनरेटर को प्राय: आद्य चालक (prime mover) द्वारा दायाँवर्त (clock wise) घुमाया जाता है, जबकि डी० सी० मोटर प्राय: वामावर्त (anticlock wise) घूमती है, जैसा कि a व b चित्रों से स्पष्ट है।

8.8. पृथक् स्रोत उत्तेजित दिष्टधारा मोटर (Separate source excited d. c. motor)

वह डी० सी० मोटर, जिसके चुम्बकीय क्षेत्र का उत्तेजन किसी अन्य पृथक् दिष्टधारा स्रोत द्वारा किया जाता है, सेपरेट सोर्स एक्साइटिड डी० सी० मोटर कहलाती है। इसे अन्यत: या पृथक् स्रोत उत्तेजित दिष्टधारा मोटर भी कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथ चित्र 8.6 में दर्शाया गया है।

चित्र 8.6 में प्रतीकात्मक अक्षर (Symbolic letters)—



चित्र 8.6–सेपरेटली एक्साइटिड डी०सी० मोटर का सर्किट डायग्राम।

V — वोल्ट मात्रक में दिष्टधारा प्रदायी वोल्टता (d. c. supply voltage)

I — ऐम्पियर मात्रक में सप्लाई लाइन धारा (line current)

E_b — वोल्ट मात्रक में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

चित्र 8.6 में प्रदर्शित, वैद्युत परिपथ के समीकरण (Equations)—

फील्ड सर्किट में वोल्टता समीकरण (voltage equation) $V_f = I_f R_f$ ...समीकरण (i)

$$\therefore \quad I_f = \frac{V_f}{R_f} \quad \text{तथा} \quad R_f = \frac{V_f}{I_f}$$

आर्मेचर सर्किट में धारा समीकरण (current equation)

प्रदायी धारा $I = I_a$ आर्मेचर धारा ...समीकरण (ii)

आर्मेचर सर्किट में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_a R_a + E_b \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

$$\therefore \quad I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \quad \text{तथा} \quad R_a = \frac{V - E_b}{I_a}$$

उक्त समीकरण (iii) में I_a का गुणा करने पर प्राप्त शक्ति समीकरण (power equation)

$$VI_a = I_a^2 R_a + E_b I_a$$

$$P_e = P_{loss} + P_m$$

जहाँ पर,

P_e — आर्मेचर की निवेश वैद्युत शक्ति (input electrical power) $= VI_a$ वाट (मात्रक)

P_{loss} — आर्मेचर में वैद्युत शक्ति हानियाँ (electric power losses) $= I_a^2 R_a$ वाट (मात्रक)

P_m — आर्मेचर में विकसित यान्त्रिक शक्ति (mechanical power developed) $= E_b I_a$ वाट।

8.9. सम स्रोत उत्तेजित दिष्टधारा मोटर (Same source excited d. c. motor)

वह डी० सी० मोटर, जिसके क्षेत्र का उत्तेजन एक ही प्रदायी वोल्टता से होता है, सेम सोर्स एक्साइटिड डी० सी० मोटर कहलाती है। इसे सम स्रोत उत्तेजित दिष्टधारा मोटर भी कहते हैं। इसके लिए अन्य किसी दिष्टधारा प्रदायी स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है, जैसा कि चित्र 8.7, 8.8, 8.9 व 8.10 से स्पष्ट है। ये मोटरें निम्नलिखित तीन प्रकार की होती हैं—

(i) पार्श्व कुण्डलित मोटर अर्थात् शंट वाउण्ड मोटर (shunt wound motor)

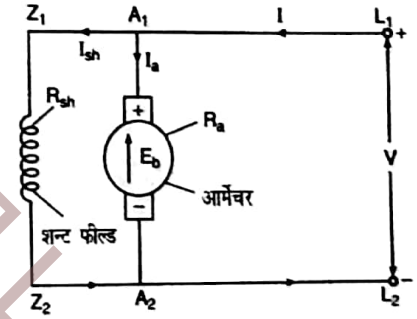
(ii) श्रेणी कुण्डलित मोटर अर्थात् सीरीज वाउण्ड मोटर (series wound motor)

(iii) यौगिक कुण्डलित मोटर अर्थात् कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर (compound wound motor)

टिप्पणी (Note)—सभी डी० सी० मोटरें सेपरेटली एक्साइटिड मोटरें होती हैं।

8.9-1. पार्श्व कुण्डलित मोटर अर्थात् शंट वाउण्ड मोटर (Shunt wound motor)

वह डी० सी० मोटर, जिसमें फील्ड को प्रत्यक्ष, आर्मेचर के आरपार (across) समानान्तर में शंट की तरह संयोजित किया जाता है, शंट वाउण्ड मोटर कहलाती है। इसे पार्श्वबद्ध मोटर भी कहते हैं। इसके फील्ड को शंट फील्ड कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथ चित्र 8.7 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 8.7–डी०सी० शंट मोटर का सर्किट डायग्राम।

चित्र 8.7 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)—

बिन्दु A के लिए वैद्युत धारा समीकरण (current equation) $I = I_a + I_{sh}$ ...समीकरण (i)

आर्मेचर परिपथ के लिए वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_a R_a + E_b \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

$$\therefore \quad I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \quad \text{तथा} \quad R_a = \frac{V - E_b}{I_a}$$

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
109 / 235

उक्त समी० (ii) से विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.) $E_b = V - I_a R_a$ ...समीकरण (iii)

समान्तर परिपथ के अनुसार, वोल्टता समीकरण (voltage equation)

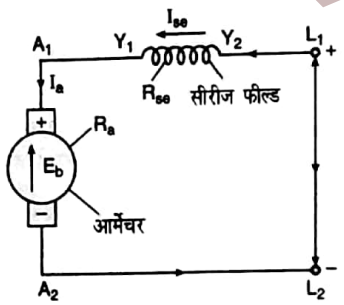
$$I_{sh} R_{sh} = V = I_a R_a + E_b \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

$$\therefore \quad I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{I_a R_a + E_b}{R_{sh}}$$

तथा $$R_{sh} = \frac{V}{I_{sh}} = \frac{I_a R_a + E_b}{I_{sh}}$$

8.9-2. श्रेणी कुण्डलित मोटर अर्थात् सीरीज वाउण्ड मोटर (Series wound motor)

वह डी० सी० मोटर, जिसमें फील्ड को प्रत्यक्ष आर्मेचर की श्रेणी में जोड़ा जाता है, सीरीज वाउण्ड मोटर कहलाती है। इसे श्रेणीबद्ध मोटर भी कहते हैं। इसके फील्ड को सीरीज फील्ड कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथ चित्र 8.8 में दर्शाया गया है।



चित्र 8.8–डी० सी० सीरीज मोटर का सर्किट डायग्राम।

चित्र 8.8 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equations)—

श्रेणी परिपथ में वैद्युत धारा समीकरण (current equation)

$$I = I_{se} = I \quad \text{...समीकरण (i)}$$

श्रेणी परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_{se} R_{se} + I_a R_a + E_b$$

$$V = I_a R_{se} + I_a R_a + E_b \quad (\because I_{se} = I_a)$$

$$V = I_a (R_{se} + R_a) + E_b \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

$$\therefore \quad I_a = \frac{V - E_b}{R_{se} + R_a} \qquad \text{तथा} \qquad R_{se} + R_a = \frac{V - E_b}{I_a}$$

उक्त समीकरण (ii) से विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.) $E_b = V - I_a (R_{se} + R_a)$

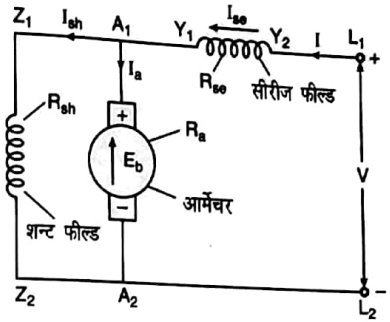
8.9-3. यौगिक कुण्डलित मोटर अर्थात् कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर (Compound wound motor)

वह डी० सी० मोटर, जिसमें "शंट एवं सीरीज", दोनों ही फील्ड, आर्मेचर के साथ संयोजित रहते हैं, कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर कहलाती है। इसे यौगिकबद्ध मोटर भी कहते हैं, जैसा कि चित्र 8.9 तथा 8.10 से स्पष्ट है। यह मोटर निम्नलिखित दो प्रकार की होती है—

(i) लघु पार्श्व यौगिक कुण्डलित मोटर अर्थात् शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर

(ii) दीर्घ पार्श्व यौगिक कुण्डलित मोटर अर्थात् लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर

(i) शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर (Short shunt compound wound motor)—वह कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर, जिसमें शंट फील्ड प्रत्यक्ष आर्मेचर के समान्तर में संयोजित रहता है, शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर कहलाती है। इसे लघु पार्श्व यौगिकबद्ध मोटर भी कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथ आरेख, चित्र 8.9 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 8.9–शार्ट शंट कम्पाउण्ड मोटर का सर्किट डायग्राम।

चित्र 8.9 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (circuit equation)—

बिन्दु A, पर वैद्युत धारा समीकरण (current equation)—

$$I = I_{se} = I_a + I_{sh} \quad \text{...समीकरण (i)}$$

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_{se} R_{se} + I_a R_a + E_b \quad \text{...समीकरण (ii)}$$

$$\therefore \quad V - I_{se} R_{se} = I_a R_a + E_b$$

उक्त समी० (ii) से विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_b = V - I_{se} R_{se} - I_a R_a \quad \text{...समीकरण (iii)}$$

फील्ड परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_{se} R_{se} + I_{sh} R_{sh} \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

$$\therefore \quad I_{sh} R_{sh} = V - I_{se} R_{se}$$

शंट फील्ड तथा आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$E_b + I_a R_a - I_{sh} R_{sh} = 0 \quad \text{...समीकरण (v)}$$

$$\therefore \quad I_{sh} R_{sh} = E_b + I_a R_a$$

उक्त दोनों (iv and v) समीकरणों से प्राप्त समान्तर परिपथ वोल्टता समीकरण

$$I_{sh} R_{sh} = V - I_{se} R_{se} = E_b + I_a R_a \quad \text{...समीकरण (vi)}$$

$$\therefore \quad I_{sh} = \frac{V - I_{se} R_{se}}{R_{sh}} = \frac{E_b + I_a R_a}{R_{sh}}$$

तथा $$R_{sh} = \frac{V - I_{se} R_{se}}{I_{sh}} = \frac{E_b + I_a R_a}{I_{sh}}$$

(ii) लोंग शंट कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर (Long shunt compound wound motor)—वह कम्पाउण्ड वाउण्ड मोटर, जिसमें शंट फील्ड को आर्मेचर एवं सीरीज फील्ड दोनों ही के आरपार (across) जोड़ा जाता है, लोंग शंट कम्पाउण्ड मोटर कहलाती है। इसे दीर्घ पार्श्व यौगिकबद्ध मोटर भी कहते हैं। इसका वैद्युत परिपथ आरेख, चित्र 8.10 में दर्शाया गया है।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
110 / 235

चित्र 8.10 से सम्बन्धित परिपथ समीकरण (Circuit equation)

बिन्दु Y_1 पर वैद्युत धारा समीकरण (current equation) $I = (I_{se}$ या $I_a) + I_{sh}$ ...समीकरण (i)

आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$V = I_{se}R_{se} + I_aR_a + E_b \qquad (\because I_{se} = I_a)$$

$$= I_aR_{se} + I_aR_a + E_b$$

$$= I_a(R_{se} + R_a) + E_b \qquad \text{...समीकरण (ii)}$$

$$\therefore \quad I_a = \frac{V - E_b}{R_{se} + R_a} \qquad \text{तथा} \qquad R_{se} + R_a = \frac{V - E_b}{I_a}$$

उक्त समीकरण (ii) से विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

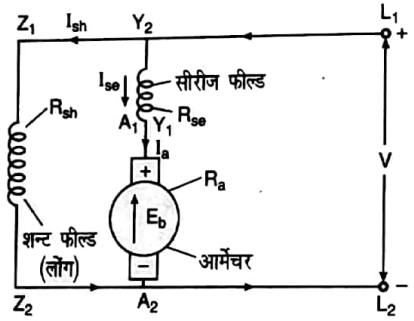
$$E_b = V - I_a(R_{se} + R_a),$$

शंट फील्ड परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$I_{sh}R_{sh} = V \qquad \text{...समीकरण (iii)}$$

फील्ड एवं आर्मेचर परिपथ में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

$$I_{sh}R_{sh} - I_{se}R_{se} - I_aR_a - E_b = 0$$



चित्र 8.10–लोंग शंट कम्पाउण्ड मोटर का सर्किट डायग्राम।

$$I_{sh}R_{sh} = I_{se}R_{se} + I_aR_a + E_b \qquad (\because I_{se} = I_a)$$

$$\therefore \quad I_{sh}R_{sh} = I_a(R_{se} + R_a) + E_b \qquad \text{...समीकरण (iv)}$$

उक्त समी० (ii), (iii) तथा (iv) से प्राप्त समान्तर परिपथ वोल्टता समीकरण (parallel path voltage equation),

$$I_{sh}R_{sh} = V = I_a(R_{se} + R_a) + E_b$$

$$\therefore \quad I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{I_a(R_{se} + R_a) + E_b}{I_{sh}}$$

तथा

$$R_{sh} = \frac{V}{I_{sh}} = \frac{I_a(R_{se} + R_a) + E_b}{I_{sh}}$$

8.10. डी० सी० शंट मोटर में प्रदायित वैद्युत शक्ति का विश्लेषण (Analysis of supplied electrical power in d. c. shunt motor)

डी० सी० शंट मोटर में प्रयुक्त वोल्टता (applied voltage) सम्बन्धी समीकरण

$$V = I_aR_a + E_b \qquad \text{...समीकरण (i)}$$

उक्त समीकरण के दोनों पक्षों में I_a का गुणा करने पर

$$VI_a = I_a^2R_a + E_bI_a \qquad \text{...समीकरण (ii a)}$$

P_a (input) = P_a (loss) + P_a (mechanical)

$$P_{ain} = P_{al} + P_{am} \qquad \text{...समीकरण (ii b)}$$

Where—

$VI_a = P_{ain}$ — armature input power in watt. unit

$I_a^2R_a = P_{al}$ — armature loss power in watt. unit.

$E_bI_a = P_{am}$ — armature mechanical power in watt. unit

इसलिए डी० सी० शंट मोटर की सम्पूर्ण दक्षता (gross efficiency)

$$\%\eta_{mg} = \frac{\text{आर्मेचर द्वारा विकसित शक्ति}(P_{am})}{\text{आर्मेचर की कुल निवेश शक्ति}(P_{ain})} \times 100 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\%\eta_{mg} = \frac{E_bI_a}{VI_a} \times 100 = \frac{E_b}{V} \times 100 \qquad \text{...दक्षता का सूत्र (iii)}$$

अत: स्थिर V की अवस्था में E_b का मान जितना अधिक होगा, मोटर की दक्षता उतनी ही अधिक होगी।

8.11. अधिकतम विकसित यान्त्रिक शक्ति हेतु प्रतिबन्ध या शर्त (Condition for maximum developed mechanical power)

उक्त समीकरण (ii a) द्वारा डी० सी० शंट मोटर में विकसित सम्पूर्ण यान्त्रिक शक्ति (gross mechanical power)

$$P_{am} = VI_a - I_a^2R_a \qquad \text{...शक्ति का समी० (ii a)}$$

अधिकतम शक्ति हेतु उक्त समीकरण को I_a के सापेक्ष व्यवकलित (differentiate) करके, शून्य के तुल्य रखने पर

$$\frac{dP_{am}}{dI_a} = V - 2I_aR_a = 0\,(\text{zero}) \qquad \text{(हल करने पर)}$$

इसलिए

$$I_aR_a = \frac{V}{2} \qquad \text{(condition for maximum power)}$$

उक्त मान को समीकरण (i) में रखने पर प्राप्त परिणाम (result)

$$V = \frac{V}{2} + E_b \qquad \text{अर्थात्} \qquad E_b = \frac{V}{2}$$

इस प्रकार डी० सी० मोटर के अन्दर अधिकतम यान्त्रिक शक्ति, उस समय विकसित होती है, जब विरोधी विद्युत-वाहक बल (E_b) का मान, प्रयुक्त वोल्टता का आधा ($V/2$) होता है। इस स्थिति में मोटर की दक्षता पचास प्रतिशत (50 %) होती है, जो निर्धारित दक्षता से अति कम होती है।

MKG TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
111 / 235

8.12. डी० सी० सीरीज मोटर में प्रदायित वैद्युत शक्ति का विश्लेषण (Analysis of supplied electrical power in d. c. series motor)

डी० सी० सीरीज मोटर में प्रदायित वोल्टता सम्बन्धी समीकरण (equation)

$$V = I_a R_a + I_{se} R_{se} + E_b \quad \text{...समीकरण (i a)}$$

उक्त समीकरण में $I_a = I_{se} = I$ रखने पर प्राप्त समीकरण (equation)

$$V = IR_a + IR_{se} + E_b \quad \text{...समीकरण (i b)}$$

उक्त समीकरण के दोनों पक्षों में I से गुणा करने पर प्राप्त समीकरण (equation)

$$VI = I^2 R_a + I^2 R_{se} + E_b I \quad \text{...समीकरण (ii a)}$$

P (input) = P_a (loss) + P_{se} (loss) + P_a (mechanical)

$$P_{in} = P_{al} + P_{sel} + P_{am} \quad \text{...समीकरण (ii b)}$$

Where—

$VI = P_{in}$ — input power in watt. unit

$I^2 R_a = P_{al}$ — armature power loss in watt. unit

$I^2 R_{se} = P_{sel}$ — series field power loss in watt. unit

$E_b I = P_{am}$ — armature power which is converted in mechanical power in watt.

टिप्पणी (Note)—निम्नहलित गणनात्मक प्रश्नों को पाठकगण, स्वयं परिपथ आरेख बनाकर, समझने का प्रयास करें।

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—एक 250V की डी० सी० शंट मशीन के आर्मेचर एवं फील्ड कुण्डलियों के प्रतिरोध क्रमशः 0·1Ω तथा 250Ω हैं। पूर्णभार पर मशीन में विकसित सम्पूर्ण शक्ति (developed gross power), निम्नलिखित अवस्थाओं में ज्ञात कीजिए—

(i) जब मशीन पूर्णभार पर 41A की धारा, प्रदायी स्त्रोत से प्राप्त करती है। अर्थात् मशीन मोटर की तरह कार्य करती है।

(ii) जब मशीन पूर्णभार पर 41A की धारा, भार को प्रदान करती है। अर्थात् मशीन जेनरेटर की तरह कार्य करती है।

हल : दिया है $V = 250\,V$, $R_a = 0{\cdot}1\Omega$, $R_{sh} = 250\Omega$, $I = 41\,A$, P_d (gross) = ? (अज्ञात)

(i) मोटर अवस्था में सम्पूर्ण विकसित शक्ति का परिकलन (Calculation)

शंट फील्ड करेंन्ट $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}} = \dfrac{250}{250} = 1$ ऐम्पियर (A) मात्रक

आर्मेचर करेंन्ट $I_a = (I - I_{sh}) = (41 - 1) = 40$ ऐम्पियर (A) मात्रक

मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_b = (V - I_a R_a)$$

$$= (250 - 40 \times 0{\cdot}1) = 246 \text{ वोल्ट (V) मात्रक}$$

$$P_d = P_e = E_b I_a = 246 \times 40 = \mathbf{9840 \text{ वाट (W)}}$$ उत्तर

(ii) जेनरेटर अवस्था में सम्पूर्ण विकसित शक्ति का परिकलन (calculation)

शंट फील्ड करेंन्ट $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}} = \dfrac{250}{250} = 1$ ऐम्पियर (A) मात्रक

आर्मेचर करेंन्ट $I_a = (I + I_{sh}) = (41 + 1) = 42$ ऐम्पियर (A) मात्रक

जनित्र की अवस्था में जनक विद्युत-वाहक बल (generating e. m. f.)

$$E_g = (V + I_a R_a) \text{ वोल्ट (V) मात्रक}$$

$$= (250 + 42 \times 0{\cdot}1) = 254{\cdot}2 \text{ वोल्ट (V)} \quad \text{...सूत्र}$$

$$P_d = P_g = E_g I_a \text{ वाट (W) मात्रक}$$

$$= 254{\cdot}2 \times 42 = \mathbf{10676{\cdot}4 \text{ वाट (W)}} \quad \text{...सूत्र}$$

उत्तर

उदाहरण 2—एक 400 V, दस मीटरी अश्व शक्ति (10 metric H. P.) की डी० सी० सीरीज मोटर के आर्मेचर एवं फील्ड कुण्डलियों के प्रतिरोध क्रमशः 0·6Ω तथा 0·4Ω हैं। मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल तथा सम्पूर्ण विकसित शक्ति ज्ञात कीजिए, जबकि उसकी दक्षता 80 प्रतिशत है। ***(B. T. E. Examination)***

हल : दिया है B. H. P. = 10 H. P. (metric), $V = 400\,V$, $R_a = 0{\cdot}6\Omega$, $R_{se} = 0{\cdot}4\Omega$, $\eta_m = 80\% = 0{\cdot}80$

वाट मात्रक में मोटर की निविष्ट शक्ति (input power)

$$P_{in} = \frac{\text{B.H.P.} \times 735{\cdot}5}{\eta_m} \text{ वाट (W) मात्रक} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{10 \times 735{\cdot}5}{0{\cdot}80} = 9193{\cdot}75 \text{ वाट (W)} \quad \text{मात्रक}$$

डी० सी० सीरीज मोटर की निविष्ट धारा (input current)

$$I = \frac{P_{in}}{V} = \frac{9193{\cdot}75}{400} = 23 \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक}$$

डी० सी० सीरीज मोटर में $I_a = I_{se} = I$ ऐम्पियर (A) मात्रक (प्रदाय धारा)

डी० सी० सीरीज मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_b = V - I(R_a + R_{se}) \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \{400 - 23(0{\cdot}6 + 0{\cdot}4)\} = \mathbf{377 \text{ वोल्ट (V)}} \quad \text{उत्तर}$$

डी० सी० सीरीज मोटर में विकसित वैद्युत शक्ति (developed electric power)

$$P_d = P_e = E_b I_a = 377 \times 23 = \mathbf{8671 \text{ वाट (W)}} \quad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक 4-पोल, डी० सी० शंट मोटर 500V के दिष्टधारा प्रदाय से सम्बद्ध है और यह 80A की आर्मेचर धारा लेती है। आर्मेचर परिपथ का प्रतिरोध 0·4Ω है। आर्मेचर 522 चालकों के साथ तरंग कुण्डलित है और उपयोगी फ्लक्स प्रति पोल 0·025 Wb है। मोटर की गति ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $P = 4$, $V = 500\,V$, $I_a = 80\,A$, $A = 2$, $R_a = 0{\cdot}4\Omega$, $Z = 522$, $\phi = 0{\cdot}025\,Wb$, N = ?

डी० सी० शंट मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_b = (V - I_a R_a) \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= (500 - 80 \times 0{\cdot}4) = 468 \text{ वोल्ट (V)}$$

डी० सी० शंट मोटर में जनित विरोधी वि० वा० बल (generated back e. m. f.)

$$E_b = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

अर्थात् $$468 = \frac{0{\cdot}025 \times 4 \times N}{60} \times \frac{522}{2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

इसलिए $$N = \frac{468 \times 60 \times 2}{0{\cdot}025 \times 4 \times 522} = \mathbf{1075{\cdot}862 \text{ rpm}}$$ उत्तर

Scanned with CamScanner
112 / 235

उदाहरण 4—एक 230 V डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर प्रतिरोध 0·6 ओह्म है। यदि पूर्णभार पर आर्मेचर धारा 30A हो और निर्भार पर आर्मेचर धारा 4A हो, तो निर्भार से पूर्णभार तक, विरोधी विद्युत-वाहक बल में परिवर्तन ज्ञात कीजिए। *(B. T. E. Examination)*

हल : दिया है $V = 230\,V$, $R_a = 0{\cdot}6\Omega$, $I_{al} = 30\,A$, $I_{ao} = 4\,A$, $(E_{bo} - E_{bl}) = ?$

डी० सी० शंट मोटर का निर्भार पर विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_{bo} = (V - I_{ao}R_a) \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$
$$= 230 - 4 \times 0{\cdot}6 = 227{\cdot}6 \text{ वोल्ट (V)}$$

डी० सी० शंट मोटर का पूर्णभार पर विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_{bl} = (V - I_{al}R_a) \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$
$$= 230 - 30 \times 0{\cdot}6 = 212 \text{ वोल्ट (V)}$$

डी० सी० शंट मोटर के विरोधी विद्युत-वाहक बलों में परिवर्तन (change)

$$(E_{bo} - E_{bl}) = 227{\cdot}6 - 212 = \mathbf{15{\cdot}6\ V} \qquad \text{उत्तर}$$

8.13. डी० सी० मोटर के विभिन्न भारों पर भिन्न-भिन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (Back e. m. f.)

डी० सी० मोटर में जनित विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_b = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{...मूल सूत्र (i)}$$

माना कि $\frac{PZ}{60A} = K$ स्थिरांक (constant)। यह डी० सी० मोटर का अभिकल्पना (design) सम्बन्धी व्यक्तिगत स्थिरांक (individual constant) है। तब— $E_b = K\phi N$ वोल्ट (V) मात्रक ...सामान्य सूत्र (ii)

विदित है कि मोटर पर भार के बढ़ने से गति N घटती है; इसलिए विरोधी विद्युत-वाहक बल E_b भी घटता है, जैसा कि उक्त सामान्य सूत्र (ii) से स्पष्ट है।

विदित है कि मोटर पर भार के बढ़ने से प्रदायी धारा (supply current) बढ़ती है; इसलिए मोटर के अन्दर प्रतिरोधी वोल्टतापात बढ़ता है। फलतः विरोधी विद्युत-वाहक बल E_b घटता है; क्योंकि—

$$E_b = (V - I_aR_{eq}) \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{...सूत्र (iii)}$$

यहाँ पर R_{eq} आर्मेचर सर्किट का सम्पूर्ण प्रतिरोध (total resistance) है। शंट मोटर में $R_{eq} = R_a$ तथा सीरीज मोटर में $R_{eq} = (R_a + R_{se})$ होता है।

(i) प्रथम स्थिति (First condition)—माना कि एक निश्चित भार पर मोटर की गति N_1 तथा फ्लक्स ϕ_1 है। तब मोटर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_{b_1} = K\phi_1 N_1 \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{...सूत्र (iv)}$$

(ii) द्वितीय स्थिति (Second condition)—भार के परिवर्तित करने पर किसी अन्य निश्चित भार पर मोटर की गति N_2 तथा फ्लक्स ϕ_2 है। तब मोटर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.)

$$E_{b_2} = K\phi_2 N_2 \text{ वोल्ट (V) मात्रक} \qquad \text{...सूत्र (v)}$$

अब सूत्र (v) को सूत्र (iv) से विभाजित करने पर प्राप्त अनुपाती समीकरण

$$\boxed{\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{\phi_2 N_2}{\phi_1 N_1} \text{ (मात्रक रहित)}} \qquad \text{...वांछित अनुपाती समी० (vi)}$$

(a) डी० सी० शंट मोटर में उक्त वांछित समीकरण का रूप (Form)

$$\boxed{\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{N_2}{N_1} \text{ (मात्रक रहित)}} \qquad \text{...शंट अनुपाती समीकरण (vii)}$$

क्योंकि $\frac{V}{R_{sh}} = I_{sh}$, is a constant. Since V and R_{sh} are constant

इसलिए $\phi_2 = \phi_1 = \phi \propto I_{sh}$, is constant

टिप्पणी (Note)—भारतीय विद्युत-नियम (I. E. R.) के अनुसार, अनुपाती प्रदायी वोल्टता V को स्थिर (constant) रखा जाता है।

(b) डी० सी० सीरीज मोटर में उक्त वांछित समीकरण का रूप (Form)

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{I_2N_2}{I_1N_1} \text{ (मात्रक रहित)} \qquad \text{...सीरीज अनुपाती समीकरण (ix)}$$

क्योंकि, सीरीज मोटर में सीरीज फील्ड करेन्ट $I_{se} = I_a = I$ प्रदायी धारा तथा चुम्बकीय क्षेत्र संतृप्ति से पूर्व $\phi \propto I$

टिप्पणी (Note)—डी० सी० सीरीज मोटर में चुम्बकीय क्षेत्र संतृप्ति से पूर्व सीरीज फील्ड फ्लक्स ϕ का मान सीरीज करेन्ट I_{se} पर निर्भर करता है। अर्थात् $\phi \propto I_{se}$ होता है। तत्पश्चात फ्लक्स ϕ स्थिर (constant) हो जाता है। तब सीरीज एवं शंट दोनों प्रकार की मोटरों के लिए सूत्र एकरूप (identical) होता है।

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of Formulae)

उदाहरण 1—एक 200 V, डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर रिजिस्टॉन्स 0·4Ω है और यह निर्भार पर 2 A की धारा ले रहा है। जब मोटर पर 50 A का भार डाला (लगाया) जाता है; तब उसकी गति 1200 r.p.m. हो जाती है, तो निर्भार पर गति में परिवर्तन ज्ञात कीजिए, जबकि मोटर की शंट फील्ड-करेन्ट नगण्य है। *(B. T. E. Examination)*

हल—दिया है $V = 200\,V$, $R_a = 0{\cdot}4\,\Omega$, $I_{ao} = 2\,A$, $I_a = 50\,A$, $N_1 = 1200$ r.p.m., $N_2 = ?$ अज्ञात

प्रथम ज्ञात स्थिति में E_{b_1} का परिकलन (calculation)

$$E_{b_1} = (V - I_aR_a) = \{200 - (50 \times 0{\cdot}4)\} = 180\,V$$

द्वितीय अज्ञात स्थिति में E_{b_2} का परिकलन (calculation)

$$E_{b_2} = (V - I_{ao}R_a) = \{200 - (2 \times 0{\cdot}4)\} = 199{\cdot}2\,V$$

डी० सी० शंट मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल का अनुपाती समीकरण

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{(समीकरण में मान रखने पर)}$$

$$\frac{199{\cdot}2}{180} = \frac{N_2}{1200} \qquad \text{(समीकरण को हल करने पर)}$$

$$N_2 = \frac{199{\cdot}2 \times 1200}{180} = \mathbf{1328\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

डी० सी० मोटर मोटर की गति में परिवर्तन (change in speed)

$$N_2 - N_1 = (1328 - 1200) = \mathbf{128\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

MADE EASY
Scanned with CamScanner
113 / 235

उदाहरण 2—एक 230 V, डी० सी० सीरीज का आर्मेचर रिजिस्टॉन्स 0·2Ω तथा फील्ड रिजिस्टॉन्स 0·1Ω है। निर्धारित वोल्टता (rated voltage) पर मोटर 40 A की लाइन करेन्ट लेती है और 1000 r.p.m. की चाल से चलती है। 230 V पर 20 A की लाइन करेन्ट के लिए मोटर की चाल ज्ञात कीजिए। मानिए कि 20 A की लाइन करेन्ट पर फ्लक्स, 40A की लाइन करेन्ट पर फ्लक्स का 60 प्रतिशत है। ***(B. T. E. Examination)***

हल : दिया है $V = 230\,V$, $R_a = 0{\cdot}2\Omega$, $R_{se} = 0{\cdot}1\Omega$, $I_1 = 40\,A$, $I_2 = 20\,A$, $\phi_2 = 0{\cdot}6\phi_1$, $N_1 = 1000$ r.p.m. व $N_2 = ?$ अज्ञात

विदित हो कि डी० सी० सीरीज मोटर में $I_a = I_{se} = I$ (लाइन करेन्ट) होता है।

प्रथम ज्ञात स्थिति में E_{b_1} का परिकलन

$$E_{b_1} = V - I_1(R_a + R_{se}) = \{230 - 40(0{\cdot}2 + 0{\cdot}1)\} = 218\,V$$

द्वितीय अज्ञात स्थिति में E_{b_2} का परिकलन (calculation)

$$E_{b_2} = V - I_2(R_a + R_{se}) = \{230 - 20(0{\cdot}2 + 0{\cdot}1)\} = 224\,V$$

सीरीज मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल का वांछित अनुपाती समीकरण (equation)

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{\phi_2 N_2}{\phi_1 N_1} \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$\frac{224}{218} = \frac{0{\cdot}6\phi_1 \times N_2}{\phi_1 \times 1000} \qquad (N_2 \text{ के लिए हल करने पर})$$

$$N_2 = \frac{224 \times 1000}{218 \times 0{\cdot}6} = \mathbf{1712{\cdot}54\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3—एक 440 V डी० सी० शंट मोटर 1000 r.p.m. की गति से चलती है और 7A की धारा लेती है। मोटर के आर्मेचर का प्रतिरोध 0·025Ω तथा शंट फील्ड का प्रतिरोध 220Ω है। मोटर पर भार बढ़ाने से गति में होने वाली कमी को ज्ञात कीजिए, जबकि वह 62A की लाइन करेन्ट लेती है। आर्मेचर रीऑक्शन को उपेक्षित कर दीजिए। ***(B. T. E. Examination)***

हल : दिया है $V = 440$ V, $R_a = 0{\cdot}025\Omega$, $R_{sh} = 220\Omega$, $I_1 = 7$ A, $I_2 = 62$ A, $N_1 = 1000$ r.p.m., $N_2 = ?$ (अज्ञात) तथा $(N_1 - N_2) = ?$ (अज्ञात)

प्रथम पूर्ण ज्ञात स्थिति में E_{b_1} का परिकलन (calculation)

$\because$ शंट फील्ड करेन्ट $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}} = \dfrac{440}{220} = 2$ ऐम्पियर (A) मात्रक

$\therefore$ आर्मेचर करेन्ट $I_{a_1} = (I_1 - I_{sh}) = (7 - 2) = 5$ ऐम्पियर (A) मात्रक

$$E_{b_1} = (V - I_{a_1} R_a) = \{440 - (5 \times 0{\cdot}025)\} = 439{\cdot}875\,V$$

द्वितीय अपूर्ण ज्ञात स्थिति में E_{b_2} का परिकलन (calculation)

$\because$ शंट फील्ड करेन्ट $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}} = \dfrac{440}{220} = 2$ ऐम्पियर (A) मात्रक (as above)

$\therefore$ आर्मेचर करेन्ट $I_{a_2} = (I - I_{sh}) = (62 - 2) = 60$ ऐम्पियर (A) मात्रक

$\therefore$ $E_{b_2} = (V - I_{a_2} R_a) = \{440 - (60 \times 0{\cdot}025)\} = 438{\cdot}5$ वोल्ट (V)

डी० सी० शंट मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल का वांछित अनुपाती समीकरण (r. f.)

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$\frac{438{\cdot}5}{439{\cdot}875} = \frac{N_2}{1000} \qquad (N_2 \text{ के लिए हल करने पर})$$

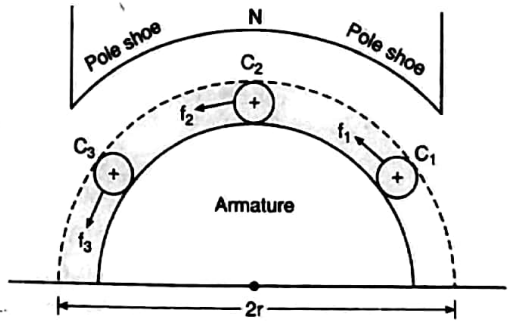
$$N_2 = \frac{438{\cdot}5 \times 1000}{439{\cdot}875} = 996{\cdot}87 \approx 997\,\text{r.p.m.}$$

गति में होने वाली कमी $= 1000 - 997 = \mathbf{3\ r.p.m.}$ उत्तर

8.14. डी० सी० मोटर में उत्पन्न आर्मेचर टॉर्क (Armature torque)

विदित है कि यदि कोई धारावाही चालक किसी चुम्बकीय क्षेत्र में रखा हो, तो उस पर एक बल लागू हो जाता है। इसके कारण, चालक चलायमान (गतिमान) हो जाता है, जिसकी दिशा को फ्लेमिंग के वाम हस्त-नियम द्वारा जाना जा सकता है। डी० सी० मोटर में भी यही सिद्धान्त लागू होता है।

डी० सी० मोटर में, जब इलेक्ट्रिक सप्लाई दी जाती है, तो चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन के साथ-साथ आर्मेचर के प्रत्येक चालक में धारा प्रवाहित होने लगती है; इसलिए चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित प्रत्येक धारावाही चालक पर बल लागू होता है, जिसे चित्र में वाम हस्त-नियम द्वारा वामावर्त (anticlockwise) दर्शाया गया है।



चित्र 8.11—बलाघूर्ण सम्बन्धी आरेख।

चित्र 8.11 के अनुसार, माना कि आर्मेचर के खाँचों (slots) में स्थित धारावाही चालकों की संख्या क्रमशः 1, 2, 3... आदि है। इन पर लगने वाला बल क्रमशः f_1, f_2, f_3 ... आदि है। तब आर्मेचर की परिधि पर लगने वाला सम्पूर्ण स्पर्श बल (tangential force)

F_a = आर्मेचर के समस्त धारावाही चालकों पर लगने वाले बलों का योग (summation)

$$= \Sigma(f_1 + f_2 + f_3 + f_4 .... f_n)$$

माना कि बेलनाकार आर्मेचर का अर्द्धव्यास r मीटर है; तब आर्मेचर की शाफ्ट पर लगने वाला सम्पूर्ण बलाघूर्ण T_a = समस्त धारावाही चालकों पर लगने वाले बलाघूर्णों का योग (summation)

$$= \Sigma(f_1 \cdot r + f_2 \cdot r + f_3 \cdot r + f_4 \cdot r + ... f_n \cdot r)$$

$$= \Sigma(f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + ... f_n) \times r$$

$$= F_a \times r \text{ न्यूटन-मीटर (जूल)} \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

लगने वाले बल के कारण, आर्मेचर द्वारा एक चक्र में किया गया कार्य (work done)

W/revolution = बल (force) × चली गई दूरी (distance travelled)

$= F_a \times 2\pi r$ जूल प्रति चक्र ($\because$ 1 न्यूटन-मीटर = 1 जूल)

अब माना कि मोटर का घूर्णी आर्मेचर N चक्र प्रति मिनट (r.p.m.) की गति से घूम रहा है। तब आर्मेचर द्वारा N चक्रों (rotations) में किया गया कुल कार्य (total work)

W/minute $= F_a \times 2\pi r N$ जूल प्रति मिनट

W/second $= F_a \times 2\pi r \left(\dfrac{N}{60}\right)$ जूल प्रति सेकण्ड

$= F_a 2\pi r n$ (where $n = N/60$)

चूँकि कार्य करने की दर (rate of work done) को शक्ति कहते हैं; इसलिए मोटर के अन्दर विकसित आर्मेचर शक्ति (developed armature power)

MADE TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$P_a = 2\pi n \times F_a \cdot r$ जूल प्रति सेकण्ड (वाट) मात्रक

अर्थात् $P_a = \omega T_a$ वाट (where $\omega = 2\pi n$ and $T_a = F_a \cdot r$)

तब आर्मेचर टॉर्क $T_a = P_a / \omega$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (ii)

$T_a = P_a / 2\pi n$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (iii)

$T_a = 60P_a / 2\pi N$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (iv)

इस प्रकार शक्ति व बलाघूर्ण में प्राप्त सम्बन्धता (relationship)

शक्ति सम्बन्धता $P_a = \omega T_a = 2\pi n T_a = 2\pi N T_a / 60$ वाट ...सूत्र सम्बन्ध (A)

बलाघूर्ण सम्बन्धता $T_a = P_a / \omega = P_a / 2\pi n = 60P_a / 2\pi N$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र सम्बन्ध (B)

प्रस्तुत आर्मेचर पॉवर (P_a) ही मोटर के अन्दर आर्मेचर में विकसित यान्त्रिक शक्ति (P_m) है, जो विरोधी वैद्युत शक्ति ($P_e = E_b I_a$) से रूपान्तरित (परिवर्तित) होती है।

इसलिए P_m अर्थात् $P_a = P_e = E_b I_a$ वाट

तब $T_a = E_b I_a / \omega = E_b I_a / 2\pi n = 60E_b I_a / 2\pi N$ ...सूत्र सम्बन्ध (C)

चूँकि $E_b = \dfrac{\phi PNZ}{60A}$ वोल्ट (पूर्व अनुच्छेद के अनुसार)

इसलिए $T_a = \dfrac{\phi PNZI_a}{60A \cdot \omega}$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (v)

$= \dfrac{\phi PZI_a}{2\pi A}$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (vi a)

$= \dfrac{0{\cdot}159\phi PZI_a}{A}$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र (vi b)

चूँकि 1 किलोग्राम-भार (kg-wt) = 9·81 न्यूटन (newton)

इसलिए $T_a = \dfrac{0{\cdot}159\phi PZI_a}{9{\cdot}81A}$ किलोग्राम-मीटर (kg-m) ...सूत्र (vii a)

अर्थात् $T_a = \dfrac{0{\cdot}0162\phi PZI_a}{A}$ किलोग्राम-मीटर (kg-m) ...सूत्र (vii b)

महत्त्वपूर्ण टिप्पणी (Note)—उक्त सूत्र (v), (vi) व (vii) में डी० सी० मशीन की विभिन्न कुण्डलनों (winding) के अनुसार, समान्तर पथ 'A' के मान निम्नलिखित होंगे—

$A = 2$ (two) —तरंग कुण्डलन के लिए (for wave winding on armature)

$A = P$ (poles) —व्यापन कुण्डलन के लिए (for lap winding on armature)

8.15. मोटर की 'आर्मेचर एवं शॉफ्ट' शक्तियों में सम्बन्धता (Relationship)

आर्मेचर में जो शक्ति ($P_e = E_b I_a = \omega T_a$) विकसित (उत्पन्न) होती है, उनमें से कुछ शक्ति, लोह व घर्षण हानियों (stray losses) में व्यय हो जाती है और शेष शक्ति, शॉफ्ट पर, निर्गत शक्ति के रूप में प्राप्त होती है। अर्थात्

आर्मेचर Power = निर्गत शक्ति (output power) + क्षय शक्ति (loss power)

$P = (P_{out} + P_{loss})$ जूल प्रति सेकण्ड (वाट) (मान रखने पर)

$\omega T_a = (\omega T_{sh} + \omega T_{loss})$ वाट ($\omega = 2\pi nt$ रखने पर)

$2\pi n T_a = (2\pi n T_{sh} + 2\pi n T_{loss})$ वाट ($n = \dfrac{N}{60}$ रखने पर)

$\dfrac{2\pi NT_a}{60} = \left(\dfrac{2\pi NT_{sh}}{60} + \dfrac{2\pi NT_{loss}}{60}\right)$ वाट (735·5W = 1 H. P. रखने पर)

$\dfrac{2\pi NT_a}{735{\cdot}5\times 60} = \left(\dfrac{2\pi NT_{sh}}{735{\cdot}5\times 60} + \dfrac{2\pi NT_{loss}}{735{\cdot}5\times 60}\right)$ होर्स-पॉवर

चूँकि 1 H. P. = 735·5 watt इसलिए 1 watt = 1/735·5 H. P.

8.16. डी० सी० मोटर के 'आर्मेचर एवं शाफ्ट' बलाघूर्णों में सम्बन्धता (Relationship)

मोटर के अन्दर विकसित सम्पूर्ण आर्मेचर टॉर्क T_a की उपयोगिता (utility) पूर्णरूप से नहीं हो पाती है; क्योंकि इसका कुछ अंश मोटर की घर्षण तथा लोह हानियों में क्षय हो जाता है, जिसे क्षय बलाघूर्ण (loss torque) कहते हैं। इसे न्यूटन-मीटर मात्रक में T_{loss} प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। आर्मेचर टॉर्क का शेष भाग शाफ्ट पर लागू होता है, जिसे शाफ्ट टॉर्क (shaft torque) कहते हैं और न्यूटन-मीटर मात्रक में T_{sh} प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। यही शाफ्ट टॉर्क बाह्य कार्यों के लिए उपयोग होता है और मोटर की उपयोगिता भी इसी से बढ़ती है। इसी शाफ्ट टॉर्क से मोटर का वाट में निर्गत (output) ज्ञात किया जाता है और इससे आकलित होर्सपावर को ही मोटर की ब्रेक होर्सपावर (b.h.p.) कहते हैं।

आर्मेचर टॉर्क = शाफ्ट टॉर्क + लॉस टॉर्क (loss torque)

$T_a = (T_{sh} + T_{loss})$ न्यूटन-मीटर (मान रखने पर)

$\dfrac{P}{2\pi n} = \left(\dfrac{P_{out}}{2\pi n} + \dfrac{P_{loss}}{2\pi n}\right)$ न्यूटन-मीटर ($n = N/60$ रखने पर)

$\dfrac{60{\cdot}P}{2\pi N} = \left(\dfrac{60{\cdot}P_{out}}{2\pi N} + \dfrac{60{\cdot}P_{loss}}{2\pi N}\right)$ न्यूटन-मीटर

$\dfrac{735{\cdot}5\times 60\times A.H.P.}{2\pi N} = \left(\dfrac{735{\cdot}5\times 60\times B.H.P.}{2\pi N} + \dfrac{735\times 60\times L.H.P.}{2\pi N}\right)$ Nw-m

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1—20 A की आर्मेचर धारा पर एक मशीन में 80 Newton-metre का विद्युत-चुम्बकीय बलाघूर्ण विकसित होता है; तब 900 r.p.m. की गति के लिए प्रेरित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए। ***(B. T. E. Examination)***

हल : दिया है $I_a = 20$ A, $T = 80$ N-m, $N = 900$ r.p.m. $E_b = ?$ (अज्ञात)

मशीन के आर्मेचर में विकसित शक्ति (developed power)

$P = \omega T$ $\left(\because \omega = 2\pi n = \dfrac{2\pi N}{60}\right)$

$E_b I_a = \dfrac{2\pi N}{60} \times T$ (E_b हेतु हल करने पर)

$\therefore$ $E_b = \dfrac{2\pi NT}{60I_a}$ (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{2\times 22\times 900\times 80}{60\times 20\times 7} = 377{\cdot}14$ वोल्ट **उत्तर**

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उदाहरण 2—250 V वाली डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर प्रतिरोध 0·5Ω है। यदि मोटर 1000 चक्र प्रति मिनट की गति से घूम रही हो, तो ज्ञात कीजिए कि मोटर के आर्मेचर टॉर्क का मान क्या होगा, जबकि उसकी आर्मेचर करेन्ट 20 A है। *(B. T. E. Examination)*

हल : मोटर के आर्मेचर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = (V - I_a R_a) = (250 - 20 \times 0{\cdot}5) = 240\,\text{V}$$ वोल्ट (V) मात्रक

मोटर के आर्मेचर में सम्पूर्ण विकसित बलाघूर्ण (total developed torque)

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{E_b I_a}{2\pi n} = \frac{60 E_b I_a}{2\pi N}$$ (मान रखने पर)

$$T = \frac{60 \times 240 \times 20}{2\pi \times 1000} = 45{\cdot}82$$ **न्यूटन-मीटर** उत्तर

उदाहरण 3—चार-ध्रुव, 440V वाली एक डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर के वेव वाउण्ड आर्मेचर में 400 चालक हैं। मोटर के आर्मेचर टॉर्क का मान ज्ञात कीजिए, जबकि उसकी आर्मेचर धारा 25A तथा फ्लक्स प्रति ध्रुव 22 मिलीवेबर है। *(B. T. E. Exam.)*

हल : न्यूटन-मीटर मात्रक में मोटर का आर्मेचर बलाघूर्ण (armature torque)

$$T_a = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A}$$ न्यूटन-मीटर (मान रखने पर)

$$= \frac{(22 \times 10^{-3}) \times 4 \times 400 \times 25}{2\pi \times 2}$$ (हल करने पर)

$$= 70$$ **न्यूटन-मीटर** उत्तर

उदाहरण 4—एक चार-ध्रुव वाली डी० सी० शंट मोटर के आर्मेचर में लैप वाइंडिंग 60 खाँचों में स्थित है। प्रत्येक खाँचे में 20 चालक हैं। यदि उपयोगी फ्लक्स प्रति ध्रुव 23 मिली वेबर हो, तथा आर्मेचर में वैद्युत धारा 50 ऐम्पियर हो, तो मोटर में उत्पन्न, सम्पूर्ण बलाघूर्ण का मान न्यूटन-मीटर तथा किलोग्राम-मीटर में ज्ञात कीजिए। *(B. T. E. Examination)*

हल : (i) डी० सी० शंट मोटर में उत्पन्न सम्पूर्ण बलाघूर्ण (total torque)

$$T_a = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A}$$ न्यूटन-मीटर (N-m) (मान रखने पर)

$$= \frac{(23 \times 10^{-3}) \times 4 \times (60 \times 20) \times 50}{2\pi \times 4}$$ (हल करने पर)

$$= 219{\cdot}545$$ **न्यूटन-मीटर** उत्तर

(ii) डी० सी० शंट मोटर में उत्पन्न सम्पूर्ण बलाघूर्ण (gross torque)

$$T_a = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A \times g}$$ किलोग्राम-मीटर (मान रखने पर)

$$= \frac{(23 \times 10^{-3}) \times 4 \times (60 \times 20) \times 50}{2\pi \times 4 \times 9{\cdot}81}$$ (हल करने पर)

$$= 22{\cdot}38$$ **किलोग्राम-मीटर** उत्तर

8.17. डी० सी० मोटर के घूमने की दिशा बदलने का सिद्धान्त (Principle of changing the direction of rotation of d. c. motor)

विदित है कि मोटर का रोटर (आर्मेचर), उसी दिशा में घूमता है, जिस दिशा में बलाघूर्ण कार्य करता है; इसलिए मोटर के आर्मेचर में विकसित बलाघूर्ण (developed torque)

$$T = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A}$$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र

$$T = K \phi I_a \quad \left(\text{Where constant } K = \frac{PZ}{2\pi A}\right)$$

प्रथम स्थिति—फील्ड के सिरे परस्पर बदलने पर प्राप्त बलाघूर्ण (torque)

$$T = K \times (-\phi) \times I_a = -K \phi I_a$$ (ऋणात्मक मान)

इस अवस्था में मोटर का रोटर (आर्मेचर) विपरीत दिशा (opposite direction) में घूमेगा।

द्वितीय स्थिति—आर्मेचर के सिरे परस्पर बदलने पर प्राप्त बलाघूर्ण (torque)

$$T = K \times \phi \times (-I_a) = -K \phi I_a$$ (ऋणात्मक मान)

इस अवस्था में भी मोटर का रोटर (आर्मेचर) विपरीत दिशा (opposite direction) में घूमेगा।

तृतीय स्थिति—प्रदायी वोल्टता के सिरे परस्पर बदलने पर प्राप्त बलाघूर्ण (torque)

$$T = K \times (-\phi) \times (-I) = K \phi I$$ (धनात्मक मान)

इस अवस्था में मोटर का रोटर समदिशा (same direction) में घूमेगा। अर्थात् मोटर के रोटर की दिशा नहीं बदलेगी।

महत्त्वपूर्ण निष्कर्ष (Conclusion)—मॉग्नेटिक फील्ड या आर्मेचर (दोनों में से किसी एक) के सिरों के सम्बन्धनों को परस्पर बदलने से मोटर के घूमने की दिशा विपरीत हो जाती है; परन्तु दोनों (फील्ड व आर्मेचर) के सिरा-सम्बन्धनों (terminal connections) को एक साथ बदलने से मोटर के घूमने की दिशा विपरीत नहीं होती, जैसा कि प्रदायी स्रोत के सिरों के सम्बन्धनों को परस्पर बदलने से होता है।

8.18. विभिन्न प्रकार की डी० सी० मोटरों हेतु आर्मेचर टॉर्क के अनुपाती सूत्र

आर्मेचर टॉर्क $T_a = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A}$ न्यूटन-मीटर (N-m) ...सूत्र (i)

चूँकि डी० सी० मोटर के लिए $\frac{PZ}{2\pi A} = K$ संरचनात्मक नियतांक होता है।

इसलिए आर्मेचर टॉर्क $T_a = K \phi I_a$ न्यूटन-मीटर (N-m) ...सूत्र (ii)

अर्थात् $T_a \propto \phi I_a$ ...सम्बन्ध (ii)

(i) डी० सी० शंट मोटर के लिए आर्मेचर टॉर्क का अनुपाती सूत्र (Ratio formula)—डी० सी० शंट मोटर में स्थिर प्रदायी वोल्टता V पर शंट फ्लक्स सदैव स्थिर रहता है, अर्थात् यह भार (load) पर निर्भर नहीं करता; क्योंकि—

शंट फ्लक्स $\phi_{sh} \propto I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = K_1$ (constant)

इसलिए उक्त सम्बन्ध $T_a \propto I_a$ (शंट मोटर हेतु)

तब किसी एक डी० सी० शंट मोटर पर भार की किन्हीं दो (प्रथम तथा द्वितीय) अवस्थाओं के लिए बलाघूर्णों का अनुपाती सूत्र अग्रलिखित होगा—

Scanned with CamScanner
116 / 235

$$\frac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \frac{I_{a_2}}{I_{a_1}}$$ अनुपाती सूत्र (iii)

(ii) डी० सी० सीरीज मोटर के लिए आर्मेचर टॉर्क का अनुपाती सूत्र (Ratio formula)—डी० सी० सीरीज मोटर में स्थिर प्रदायी वोल्टता V पर सीरीज फ्लक्स स्थिर नहीं रहता, अपितु भार के साथ-साथ परिवर्तित होता है; क्योंकि—

सीरीज फ्लक्स $\phi_{se} \propto I_{se} = I_a = I$ (load current)

इसलिए उक्त सम्बन्ध $T_a \propto I_a^2$ (सीरीज मोटर हेतु)

तब किसी एक डी० सी० सीरीज मोटर पर भार की किन्हीं दो (प्रथम तथा द्वितीय) अवस्थाओं हेतु बलाघूर्णों का अनुपाती सूत्र इस प्रकार होगा—

$$\frac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \frac{I_{a_2}^2}{I_{a_1}^2} \quad \text{अर्थात्} \quad \left(\frac{I_{a_2}}{I_{a_1}}\right)^2$$ ...अनुपाती सूत्र (iv)

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of furmulae)

उदाहरण 1—एक डी० सी० शंट मोटर 180 N-m के भार बलाघूर्ण पर 240 V के प्रदायी स्रोत से 24A की धारा ले रही है। यदि भार को घटाकर बलाघूर्ण 60 N-m कर दिया जाए, तो मोटर प्रदायी स्रोत से कितनी धारा लेगी; जबकि मोटर के शंट फील्ड का प्रतिरोध 80 Ω है। लोह तथा घर्षण हानियाँ नगण्य (negligible) हैं। *(B. T. E. Examination)*

हल : चूँकि लोह व घर्षण हानियाँ नगण्य हैं; इसलिए $T_{sh} = T_a$ होगा।

डी० सी० शंट मोटर की पार्श्व क्षेत्र धारा (shunt field current)

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{240}{80} = 3 \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक}$$

डी० सी० शंट मोटर की आर्मेचर करेन्ट (armature current)

$$I_a = (I - I_{sh}) = (24 - 3) = 21 \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक}$$

प्रथम ज्ञात अवस्था में—$T_{a_1} = 180 \text{ N-m}$ तथा $I_{a_1} = 21 \text{ A}$

द्वितीय अज्ञात अवस्था में—$T_{a_2} = 60 \text{ N-m}$ तथा $I_{a_2} = ?$ (अज्ञात)

प्रयुक्त अनुपाती सूत्र, $\frac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \frac{I_{a_2}}{I_{a_1}}$ (उक्त मान रखने पर)

$$\frac{60}{180} = \frac{I_{a_2}}{21}$$ (I_{a_2} के लिए हल करने पर)

$$I_{a_2} = \frac{60 \times 21}{180} = 7 \text{ ऐम्पियर (A)}$$ (आर्मेचर करेन्ट)

प्रदायी स्रोत से ली गई वैद्युत धारा (electric current)

$$I = (I_a + I_{sh}) = (7 + 3) = 10 \text{ ऐम्पियर (A)}$$ उत्तर

उदाहरण 2—एक डी० सी० सीरीज मोटर किसी निश्चित भार पर 200 N-m का आर्मेचर टॉर्क उत्पन्न करने के लिए प्रदायी स्रोत से 30A की धारा लेती है। यदि भार बढ़ाकर आर्मेचर टॉर्क 1800 N-m कर दिया जाए, तो मोटर प्रदायी स्रोत से कितनी धारा लेगी?

हल : विदित है कि डी० सी० सीरीज मोटर के सम्पूर्ण परिपथ में एकसमान धारा (uniform current) प्रवाहित होती है।

अर्थात् आर्मेचर धारा $I_a = I_{se} = I$ (प्रदायी धारा)

प्रथम ज्ञात अवस्था में— $T_{a_1} = 200 \text{ N-m}$ तथा $I_{a_1} = 30 \text{ A}$

द्वितीय अज्ञात अवस्था में— $T_{a_2} = 1800 \text{ N-m}$ तथा $T_{a_2} = ?$ (अज्ञात)

प्रयुक्त अनुपाती सूत्र, $\frac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \left(\frac{I_{a_2}}{I_{a_1}}\right)^2$ (मान रखने पर)

$$\frac{1800}{200} = \frac{I_{a_2}^2}{(30)^2}$$ (I_{a_2} के लिए हल करने पर)

$$I_{a_2} = \sqrt{\left(\frac{1800 \times 30 \times 30}{200}\right)} = 90 \text{ A}$$ उत्तर

उदाहरण 3—यदि एक डी० सी० सीरीज मोटर 20A की प्रदायी धारा पर 100 N-m का सम्पूर्ण बलाघूर्ण (gross torque) विकसित करती हो, तो 30A की प्रदायी धारा पर कितना सम्पूर्ण बलाघूर्ण विकसित करेगी?

हल : दिया है $I_{a_1} = 20 \text{ A}$, $T_{a_1} = 100 \text{ N-m}$, $I_{a_2} = 30 \text{ A}$, $T_{a_2} = ?$ (अज्ञात)

चूँकि डी० सी० सीरीज मोटर में आर्मेचर धारा $I_a = I_{se} = I$ (प्रदायी धारा) होती है; इसलिए अनुपाती सूत्र के अनुसार, अज्ञात बलाघूर्ण (unknown torque)—

$$T_{a_2} = \left(\frac{I_{a_2}}{I_{a_1}}\right)^2 \times T_{a_1} \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)}$$ (मान रखने पर)

$$= \left(\frac{30}{20}\right)^2 \times 100 = (1{\cdot}5)^2 \times 100 = 225 \text{ N-m}$$ उत्तर

डी० सी० जेनरेटर एवं डी० सी० मोटर में तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक	तुलनात्मक कारक (Factors)	डी० सी० जेनरेटर	डी० सी० मोटर
1.	संरचना (Construction)	समान (Similar)	समान (Similar)
2.	प्ररूप/प्रकार (Kinds / Types)	तदैव	तदैव
3.	निविष्ट (Input)	यान्त्रिक शक्ति (M. P.)	दिष्टवर्ती शक्ति (D. C. P.)
4.	निर्गत (Output)	दिष्टवर्ती शक्ति (D. C. P.)	यान्त्रिक शक्ति (M. P.)
5.	उपलब्धि (Gain)	$P = VI$ वाट	H. P. $= 2\pi nT$ जूल / से०
6.	प्रयुक्त भार का प्ररूप (Type)	वैद्युत भार (E. L.)	यान्त्रिक भार (M. L.)
7.	प्रवर्तक की आवश्यकता	आवश्यक नहीं	आवश्यक (need)
8.	घूमने की दिशा (Direction)	दक्षिणावर्त (C. W.)	वामावर्त (A. C. W.)
9.	प्रयुक्त हस्त नियम (A. H. R.)	दक्षिण हस्त-नियम (R. H. R.)	वाम हस्त नियम (L. H. R.)
10.	आर्मेचर में प्रेरित वि० वा० बल	$E = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A}$ वोल्ट	$E_b = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A}$ वोल्ट
11.	आर्मेचर-सर्किट का समीकरण	$E = (V + I_a R)$ वोल्ट	$V = (E_b + I_a R)$ वोल्ट
12.	E व V में अन्तर / विभेद	$(E > V)$ वोल्ट	$(V > E_b)$ वोल्ट

AKG THEMICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
117 / 235

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. दिष्टधारा मोटर में बलाघूर्ण कैसे उत्पन्न होता है? बलाघूर्ण समीकरण लिखिए। श्रेणी दिष्टधारा मोटर के बलाघूर्ण-धारा अभिलक्षण का आरेख बनाइए। *(U.P. 2010)*
2. दिष्टधारा मोटर के कार्य-सिद्धान्त तथा विरोधी विद्युत-वाहक बल का वर्णन कीजिए। *(U. P. 2011)*
3. दिष्टधारा मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल से आप क्या समझते हैं? दिष्टधारा श्रेणी मोटर के अभिलक्षणों को समझाइए। *(U. P. 2012)*
4. डी० सी० मोटर के कार्य करने के सिद्धान्त को समझाइए। *(U. P. 2004)*
5. एक डी० सी० मोटर का बल-आघूर्ण समीकरण निकालिए।
6. एक डी० सी० मोटर के लिए विद्युत-चुम्बकीय बल-आघूर्ण, यान्त्रिक बल-आघूर्ण एवं घर्षणी बल-आघूर्ण का आपसी सम्बन्ध स्थापित कीजिए। *(U. P. 2001)*
7. डी० सी० मोटर में विकसित बलाघूर्ण के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए। *(U. P. 2002)*
8. डी० सी० मोटर में पश्च विद्युत-वाहक बल किस प्रकार उत्पन्न होता है? इस विद्युत-वाहक बल के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए। *(U. P. 2004)*
9. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी (short note) लिखिए—
   (i) डी० सी० मोटर का मूल कार्य-सिद्धान्त (basic working principle) *(U. P. 2004)*
   (ii) डी० सी० मोटर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e. m. f.) का महत्त्व
   (iii) डी० सी० मोटर का आर्मेचर टॉर्क (armature torque)
10. डी० सी० मोटर की आन्तरिक संरचना का नामांकित चित्र खींचिए। *(U. P. 2004)*
11. स्वच्छ चित्रों के साथ डी० सी० मोटर का कार्य-सिद्धान्त समझाइए। *(U. P. 2004)*
12. डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल क्या है? इसके महत्त्व को समझाइए।
13. डी० सी० मोटर के आर्मेचर में विकसित टॉर्क के लिए सामान्य समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए।
14. डी० सी० मोटर के घूमने की दिशा किस प्रकार विपरीत की जा सकती है? यदि मोटर के लाइन टर्मिनल्स को परस्पर बदल दिया जाए, तो क्या होगा और क्यों?
15. विभिन्न प्रकार की डी० सी० मोटरों के परिपथ आरेख प्रस्तुत कीजिए।
16. डी० सी० मोटर के कार्य-सिद्धान्त को समझाइए। किसी डी० सी० शंट मोटर के घूर्णन (rotation) की दिशा किस प्रकार विपरीत की जा सकती है? समझाइए।
17. एक डी० सी० मोटर में आर्मेचर कण्डक्टर्स का क्या कार्य है? समझाइए।
18. डी० सी० मोटर के विभिन्न प्ररूप बताइए।
19. एक डी० सी० सीरीज मोटर की गति को उल्टा (reverse) करने के लिए उसके चुम्बकीय क्षेत्र के संयोजन उलट दिए गए हैं। कारण सहित बताइए कि क्या विरोधी विद्युत-वाहक बल की दिशा भी विपरीत हो जाएगी या नहीं।
20. कारण देते हुए समझाइए कि निम्नलिखित दशाओं में क्या होता है—
   (i) किसी डी० सी० शंट मोटर के फील्ड टर्मिनल उलट दिए जाते हैं।
   (ii) किसी डी० सी० शंट मोटर के आर्मेचर टर्मिनल तथा फील्ड टर्मिनल दोनों ही उलट दिए जाते हैं।
   (iii) डी० सी० सीरीज मोटर में सप्लाई टर्मिनल उलट दिए जाते हैं।
   (iv) डी० सी० शंट मोटर के आर्मेचर टर्मिनल उलट दिए जाते हैं।
21. एक मोटर में उत्पन्न बलाघूर्ण क्या है? आर्मेचर तथा शाफ्ट बलाघूर्ण के अन्तर को समझाइए।
22. एक डी० सी० मोटर में उत्पन्न टॉर्क क्या है? इस तर्क का समीकरण निकालिए तथा इसकी इकाइयों को स्पष्ट कीजिए।

23. एक डी० सी० मोटर में बलाघूर्ण किस प्रकार उत्पन्न होता है? तथा मोटर में उत्पन्न होने वाले बलाघूर्ण के सूत्र की गणना प्रयोग में लाए जाने वाली राशियों में कीजिए।
24. एक डी० सी० मोटर के घूर्णन की दिशा किस प्रकार विपरीत की जाती है? यदि लाइन टर्मिनल परस्पर विपरीत कर दिए जाएँ, तो क्या घूर्णन दिशा बदल जाएगी?

विद्युत-वाहक बल सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

उपयोगी सूत्रों का सार (Summary of useful formulae)

Back e.m.f. $$E_b = \frac{\phi PN}{60} \times \frac{Z}{A} = K\phi N \text{ volt (unit)}$$

Back e.m.f. $$E_b = (V - \text{Voltage drops}) \text{ volt (unit)}$$

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{\phi_2 N_2}{\phi_1 N_1}$$ ...General back e.m.f. ratio equation

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{I_2 N_2}{I_1 N_1}$$ ...Back e.m.f. ratio equation for d. c. series motor

$$\frac{E_{b_2}}{E_{b_1}} = \frac{N_2}{N_1}$$ ...Back e.m.f. ratio equation for d. c. shunt motor

1. चार ध्रुवों वाली एक डी० सी० मोटर के आर्मेचर में 18 खाँचे हैं और प्रत्येक खाँचे में 4 चालक हैं। इसका आर्मेचर 1000 चक्र प्रति मिनट की गति से 0·2 वेबर प्रति ध्रुव के चुम्बकीय क्षेत्र में घूम रहा है। मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल ज्ञात कीजिए; जबकि उसका आर्मेचर (i) लैप वाउण्ड हो। (ii) वेव वाउण्ड हो।
   [**उत्तर** : 240 V व 480 V]
2. चार-ध्रुवों की एक डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर में 300 आर्मेचर चालक हैं। यदि इस मोटर का लैप वाउण्ड आर्मेचर $2{\cdot}5 \times 10^6$ लाइन्स प्रति ध्रुव के चुम्बकीय क्षेत्र में 1000 चक्र प्रति मिनट की चाल से घूम रहा हो, तो मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 125V]
3. एक 4-ध्रुवों वाली डी० सी० मशीन के तरंग कुण्डलित आर्मेचर में 750 चालक हैं और वह 800 चक्र प्रति मिनट की गति से घूम रहा है। मशीन के प्रति ध्रुव फ्लक्स का मान ज्ञात कीजिए; जबकि मशीन में जनित विद्युत-वाहक बल 450V है।
   [**उत्तर** : 22·5 mWb.]
4. एक 230V की डी० सी० शंट मोटर 20A की धारा लेती है। मोटर के आर्मेचर एवं फील्ड कुण्डलनों के प्रतिरोध क्रमशः 0·4Ω तथा 200 Ω हैं। मोटर की आर्मेचर करेन्ट तथा विरोधी विद्युत-वाहक बल ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 18·85 A व 222·46 V]
5. एक 230 V वाली डी० सी० मोटर का आर्मेचर परिपथ प्रतिरोध 0·6Ω है। यदि पूर्ण भार पर ली गई आर्मेचर करेन्ट 30A और निर्भार पर 5A हो; तो मोटर में निर्भार से पूर्णभार तक के विरोधी विद्युत-वाहक बल में परिवर्तन ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 15 V]
6. पाँच मीटरी अश्व-शक्ति (5 metric h. p.) वाली 230V, की एक डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर एवं फील्ड प्रतिरोध क्रमशः 1 Ω तथा 300 Ω है। मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल ज्ञात कीजिए; जबकि उसकी दक्षता 73·55 प्रतिशत है।
   [**उत्तर** : 209·46 V]

TYKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
118 / 235

7. एक 250V की शॉर्ट शंट कम्पाउण्ड डी० सी० मोटर के आर्मेचर, सीरीज फील्ड एवं शंट फील्ड के प्रतिरोध क्रमशः 0·5Ω, 1Ω तथा 230Ω हैं। यदि पूर्णभार पर मोटर की निवेश धारा 20A हो, तो विरोधी विद्युत-वाहक बल का मान ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : 220·5 V]

8. चार-ध्रुव (4-pole), 250 V, तरंग कुण्डलित दिष्टधारा श्रेणी मोटर के आर्मेचर में 480 चालक हैं। यदि मोटर के आर्मेचर एवं फील्ड का प्रतिरोध क्रमशः 0·8Ω तथा 1·2Ω हो, तो ज्ञात कीजिए कि 20 मिलीवेबर प्रति ध्रुव के चुम्बकीय क्षेत्र में यह किस गति से घूम रही है, जबकि निवेश धारा 25A है।
[उत्तर : 25A]

9. एक डी० सी० शंट मोटर 220V, निर्भार पर 5A की धारा लेती है, जबकि उसकी गति 1000 r.p.m. है। मोटर के आर्मेचर एवं फील्ड के प्रतिरोध क्रमशः 0·02Ω तथा 200Ω हैं। मोटर की गति में गिरावट ज्ञात कीजिए, जब वह 40A की धारा प्रदायी स्रोत ले रही हो। आर्मेचर रीऑक्शन को नगण्य (negligible) मानिए।
[उत्तर : (1000 – 997) = 3 r.p.m.]

बलाघूर्ण सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्नावली (Numerical questionnaire)

उपयोगी सूत्रों का सार (Summary of useful formulae)

Armature power $P_a = P_m = P_e = E_b I_a = 2\pi n T_a = \dfrac{2\pi N T_a}{60}$ watt (unit)

Armature power $P_a = \omega T_a = 2\pi n T_a = \dfrac{2\pi N T_a}{60} = E_b I_a$ watt (unit)

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{P_a}{2\pi n} = \frac{60 P_a}{2\pi N} = \frac{60 E_b I_a}{2\pi N} = \frac{\phi P Z I_a}{2\pi A} = K \phi I_a$$

$\dfrac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \dfrac{\phi_2 I_{a_2}}{\phi_1 I_{a_1}}$ ...General torque ratio equation

$\dfrac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \dfrac{I_{a_2}^2}{I_{a_1}^2}$ अर्थात् $\left(\dfrac{I_{a_2}}{I_{a_1}}\right)^2$ Torque ratio equation for d. c. series motor

$\dfrac{T_{a_2}}{T_{a_1}} = \dfrac{I_{a_2}}{I_{a_1}}$ Torque ratio equation for d. c. shunt motor

1. एक 4-ध्रुव दिष्टधारा तरंग कुण्डलित मोटर के आर्मेचर विकसित बलाघूर्ण का मान न्यूटन-मीटर में ज्ञात कीजिए, जबकि मोटर के आर्मेचर में 774 चालक, फ्लक्स प्रति पोल 24 मिलीवेबर तथा आर्मेचर धारा 50A है।
[उत्तर : 295·53 N-m]

2. एक 50 अश्व-शक्ति (h. p.), 440 V, 4-पोल, 1000 चक्र प्रति मिनट वाले मोटर का फ्लक्स प्रति पोल 27·5 mWb है। उसके तरंग कुण्डलित आर्मेचर में 1600 चालक हैं। यदि पूर्णभार पर आर्मेचर करेंन्ट 75A हो, तो सम्पूर्ण बलाघूर्ण (gross torque) ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : 1050 N-m]

3. एक 250 V की डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर रिजिस्टॉन्स 0·5Ω है। यदि यह 1000 चक्र प्रति मिनट की गति से घूम रही हो, तो मोटर के आर्मेचर टॉर्क का मान ज्ञात कीजिए, जबकि उसकी आर्मेचर करेंन्ट 20A है।
[उत्तर : 45·83 N-m]

4. एक 500A, 4-पोल की डी० सी० शंट मोटर के आर्मेचर में 998 तरंग कुण्डलित चालक हैं। आर्मेचर तथा फील्ड का प्रतिरोध क्रमशः 0·5Ω तथा 230Ω है। फ्लक्स प्रति पोल 0·025 Wb है। यदि मोटर द्वारा डी० सी० मेन्स से 32A की धारा ली जा रही हो, तो उसकी गति व सम्पूर्ण बलाघूर्ण की गणना कीजिए।
[उत्तर : 528·5 r.p.m. व 238 N-m]

5. एक डी० सी० सीरीज मोटर 900 r.p.m., 230 V पर 50A की धारा लेती है। मोटर में आर्मेचर एवं फील्ड कुण्डलियों के प्रतिरोध क्रमशः 0·2Ω तथा 0·1Ω हैं। यदि अवांछित हानियाँ (stray losses), अर्थात् लोह तथा घर्षण हानियाँ 1000 W हों, तो निम्नलिखित की गणना कीजिए—
(i) मीटरी ब्रेक अश्व-शक्ति (m.b.h.p.), (ii) सम्पूर्ण बलाघूर्ण (gross torque),
(iii) धुरा बलाघूर्ण (shaft torque)
[उत्तर : (i) 13·25 H.P., (ii) 114 N-m, (iii) 104 N-m]

6. एक डी० सी० मोटर का विरोधी विद्युत-वाहक बल 360V तथा आर्मेचर करेंन्ट 88A है। यदि यह 176 रेडियन प्रति सेकण्ड के कोणीय वेग से घूम रही हो, तो मोटर द्वारा विकसित सम्पूर्ण बलाघूर्ण (gross torque) ज्ञात कीजिए।
[उत्तर : 180 N-m अर्थात् 18·35 kg-m]

7. एक डी० सी० मोटर 21 चक्र प्रति सेकण्ड से गतिमान है। यदि इसका विरोधी विरोधी विद्युत-वाहक बल 210V तथा आर्मेचर करेंन्ट 22A हो, तो सम्पूर्ण बलाघूर्ण की गणना कीजिए।
[उत्तर : 35 N-m अर्थात् 3·56 kg-m]

8. एक डी० सी० सीरीज मोटर किसी निश्चित भार पर, 150N-m का सम्पूर्ण बलाघूर्ण उत्पन्न करती है और वह प्रदायी स्रोत से 20A की धारा लेती है। तब ज्ञात कीजिए कि मोटर 600 N-m का सम्पूर्ण बलाघूर्ण उत्पन्न करने के लिए, प्रदायी स्रोत से कितनी धारा लेगी?
[उत्तर : 40A]

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
119 / 235

9 डी० सी० मोटर के प्रवर्तक [STARTERS OF D.C. MOTORS]

9.1. परिचय (Introduction)

मोटर के आरम्भिक काल (starting period) में विरोधी विद्युत-वाहक बल अति न्यून होता है; इसलिए मोटर अधिक धारा लेती है। इस धारा का मान, पूर्णभार धारा के मान का 2 गुने से लेकर 7 गुने तक हो सकता है। लघु मोटरों का प्रतिरोध अधिक होने के कारण, उनकी प्रवर्तन धारा कम होती है; इसलिए उन्हें बिना स्टार्टर के स्टार्ट किया जा सकता है; परन्तु दीर्घ मोटरों का प्रतिरोध न्यून होने के कारण, इनकी आरम्भिक धारा उच्च होती है; इसलिए इन्हें बिना स्टार्टर के स्टार्ट नहीं किया जा सकता है।

डी० सी० मोटर का स्टार्टर एक परिवर्तनीय प्रतिरोध होता है, जिसे मोटर के प्रवर्तन के दरम्यान, आर्मेचर की श्रेणी में जोड़ा जाता है। (D. C. Motor starter is a variable resistance which is connected in series with the armature during the starting period of a motor.

9.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

मोटर स्टार्टर (Motor starter)—वह वैद्युत युक्ति, जिसकी सहायता से प्रदायी वोल्टता को नियन्त्रित करके, मोटर को सफलतापूर्वक स्टार्ट किया जाता है, मोटर स्टार्टर कहलाता है।

प्रवर्तक प्रतिरोध (Starter resistance)—स्टार्टर में संलग्न परिवर्तनीय प्रतिरोध को स्टार्टर रिजिस्टॉन्स कहते हैं। इसे ओह्म (Ω) मात्रक में R_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

आरम्भिक धारा (Starting current)—वह धारा, जो मोटर द्वारा आरम्भिक काल (starting period) में प्रदायी स्रोत से ली जाती है, स्टार्टिंग करेंन्ट कहलाती है। इसे ऐम्पियर (A) मात्रक में I_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं।

निवोल्टता कुण्डल (No-voltage coil)—वह इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक कॉइल, जो कार्यकाल के दरम्यान, निवोल्टता (no-voltage) तथा न्यून वोल्टता (low voltage) की अवस्था में मोटर को रक्षण (protection) प्रदान करता है, नो-वोल्टेज कॉइल कहलाता है।

अतिभार कुण्डल (Over load coil)—वह इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक कॉइल, जो कार्यकाल के दरम्यान, अतिभार-धारा (over load current) की अवस्था में मोटर को रक्षण प्रदान करता है, ओवर लोड कॉइल कहलाता है।

9.3. प्रवर्तक की आवश्यकता (Need of starter)

डी० सी० मोटर में आर्मेचर-धारा (armature current)

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

उक्त सूत्र में $E_b = K\phi N$ रखने पर प्राप्त आर्मेचर-धारा (current)

$$I_a = \frac{V - K\phi N}{R_a} \text{ ऐम्पियर (A) मात्रक} \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

स्थिति I—मोटर के प्रवर्तन हेतु "स्विच ऑन" के ठीक बाद, जब $N = 0$ हो, तब $E_b = K\phi N = 0$ होगा।

इसलिए $$I_a = \frac{V}{R_a} = \frac{240}{1} \frac{\text{(कल्पित राशि)}}{\text{(कल्पित राशि)}} = 240\,\text{A (अधिकतम)}$$

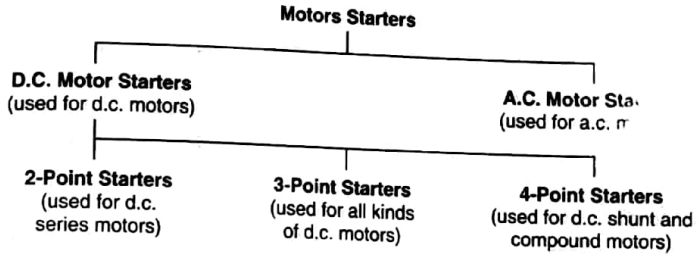
उक्त धारा, मोटर की निर्धारित धारा से अत्यधिक है, जो आर्मेचर की वाइंडिंग को जलाकर नष्ट कर देगी; इसलिए आर्मेचर की सुरक्षा हेतु स्टार्टर नितान्त आवश्यक है।

स्थिति II—मोटर के आरम्भन के बाद जब $N \neq 0$ हो। अर्थात् जब मोटर निर्धारित गति (rated speed) पर हो, तब $E_b = 230$ V कल्पित राशि (assumed quantity),

इसलिए $$I_a = \frac{240 - 230}{1} = 10\text{A}$$ (न्यूनतम)

स्थिति-II से स्पष्ट है कि E_b के कारण, आर्मेचर-करेंन्ट का मान कम हो जाता है; इसलिए E_b बनने से पूर्व आर्मेचर परिपथ के श्रेणी में अस्थायी प्रतिरोध की उपस्थिति आवश्यक है, जिसे प्रवर्तक-प्रतिरोध (starting resistance) कहते हैं।

9.4. मोटर प्रवर्तकों का वर्गीकरण (Classification of motor starters)



वह वैद्युत युक्ति, जिसके द्वारा प्रदायी वोल्टता (supply voltage) को नियन्त्रित करके मोटर को सफलतापूर्वक प्रवर्त (start) किया जाता है, मोटर स्टार्टर कहलाता है। मूलरूप से स्टार्टर निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) प्रत्यावर्तीधारा मोटर प्रवर्तक (A. C. Motor starter)—वह प्रवर्तक, जो ए० सी० मोटर को प्रवर्त करने का कार्य करता है; ए० सी० मोटर स्टार्टर कहलाता है। इसका वर्णन आगे ए० सी० मोटर के अध्याय में किया गया है।

(ii) दिष्टधारा मोटर प्रवर्तक (D. C. Motor starter)—वह प्रवर्तक, जो डी० सी० मोटर को प्रवर्त करने का कार्य करता है, डी० सी० मोटर स्टार्टर कहलाता है। यह निम्नलिखित तीन प्रकार का होता है—

(a) द्विबिन्दु प्रवर्तक (Two point starter)—वह डी० सी० प्रवर्तक, जिसमें सम्बन्धन के लिए केवल दो बिन्दु ($A - L$) होते हैं, टू-पॉइंट स्टार्टर कहलाता है। इसका प्रयोग प्राय: डी० सी० सीरीज मोटर को प्रवर्त करने के लिए होता है।

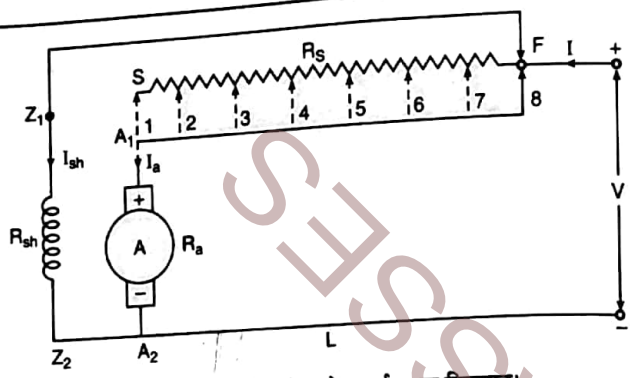
(b) त्रिबिन्दु प्रवर्तक (Three point starter)—वह डी० सी० प्रवर्तक, जिसमें सम्बन्धन के लिए तीन बिन्दु ($Z - A - L$) होते हैं, थ्री-पॉइंट स्टार्टर कहलाता है। इसका प्रयोग प्राय: सभी प्रकार की डी० सी० मोटरों को प्रवर्त करने के लिए होता है।

(c) चार-बिन्दु प्रवर्तक (Four point starter)—वह डी० सी० प्रवर्तक, जिसमें सम्बन्धन के लिए चार बिन्दु ($Z - A - N - L$) होते हैं, फोर-पॉइंट स्टार्टर कहलाता है। इसका प्रयोग प्राय: डी० सी० शंट तथा कम्पाउण्ड मोटरों को प्रवर्त करने के लिए होता है।

9.5. डी० सी० मोटर के प्रवर्तक का सिद्धान्त (Principle of starter)

विदित है कि डी० सी० मोटर के आर्मेचर की वाइंडिंग का प्रतिरोध, जिसे आर्मेचर प्रतिरोध कहते हैं, अति न्यून ($R_a < 1$) होता है। दूसरे आरम्भ में मोटर की गति शून्य ($N = 0$) होने के कारण, विरोधी विद्युत-वाहक बल का मान भी शून्य ($E_b = 0$) होता है। इस अवस्था में मोटर की धारा, जिसे आरम्भिक धारा (starting current) कहते हैं, अति उच्च होती है। इस उच्च आरम्भिक धारा से आर्मेचर की कुण्डलन जलकर नष्ट हो सकती है। इस धारा को नियन्त्रित करने के लिए, अर्थात् सीमित रखने के लिए आर्मेचर की श्रेणी में एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R_s जोड़ा जाता है, जिसे स्टार्टर-रिजिस्टॉन्स कहते हैं।

Scanned with CamScanner
120 / 235



चित्र 9.1–डी० सी० मोटर के प्रवर्तक का सिद्धान्त।

इस स्टार्टिंग रिजिस्टॉन्स R_s को परिपथ से जैसे-जैसे कम (cut) किया जाता है, वैसे-वैसे मोटर की गति बढ़ती जाती है और साथ-साथ विरोधी विद्युत-वाहक बल भी बढ़ता जाता है। इससे मोटर की आरम्भिक धारा घटती जाती है। अन्त में, जब मोटर की गति (N) पूर्ण हो जाती है और विरोधी विद्युत-वाहक बल (E_b) भी पूर्णरूप से विकसित हो जाता है, तब परिपथ से आरम्भिक प्रतिरोध R_s को पूर्णरूप से हटा दिया जाता है और मोटर प्रवर्त (start) हो जाती है, जैसा कि चित्र 9.1 से स्पष्ट है।

9.6. त्रिबिन्दु प्रवर्तक (Three point starter)

(a) डी० सी० शंट मोटर का प्रवर्तन (Starting)—चित्र 9.2 में शंट मोटर के साथ थ्री-पॉइंट स्टार्टर प्रदर्शित किया गया है। इसके मुख्य अंग निम्नलिखित हैं—

(i) R_s—आरम्भिक प्रतिरोध अर्थात् स्टार्टिंग रजिस्टॉन्स (Starting Resistance)

(ii) *S.A.*—आरम्भिक भुजा अर्थात् स्टार्टिंग आर्म (Starting Arm)

(iii) *R.S.*—रबर आलम्ब अर्थात् रबर सपोर्ट (Rubber Support)

(iv) *H*—हैण्डल अर्थात् हत्था (Handle)

(v) *I*—आयरन पीस अर्थात् लोह खण्ड (Iron Piece)

(vi) *S*—स्प्रिंग अर्थात् कमानी (Spring)

(vii) *N.V.C.*—निवोल्टता कुण्डली (No-Voltage Coil) या निवोल्टता मुक्त कुण्डली (No voltage release coil) अर्थात् होल्डिंग कोइल (Holding Coil)

(viii) *O.L.C.*—अतिभार कुण्डली अर्थात् ओवर लोड कॉइल (Over Load Coil)

(ix) *T.P.*—ट्रिपिंग प्लंजर (Tripping Plunger)

(x) *L*—लाइन पॉइंट (Line Point)

(xi) *Z*—शंट फील्ड पॉइंट अर्थात् पार्श्व क्षेत्र बिन्दु (Shunt Field Point)

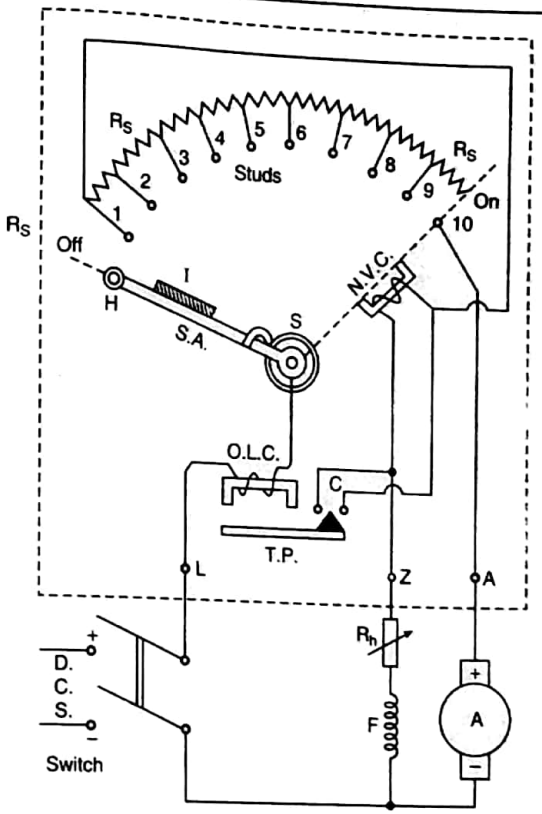
(xii) *A*—आर्मेचर पॉइंट अर्थात् आर्मेचर बिन्दु (Armature Point)

(xiii) *F*—मॉग्नेटिक फील्ड अर्थात् चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field)

(xiv) *D.C.S.*—डी० सी० स्विच, जो डबल पोल आयरन क्लेड स्विच कहलाता है।

(xv) *C*—सम्पर्क या संस्पर्श अर्थात् कॉन्टेक्ट (Contact)

चित्र 9.2 में मोटर के आर्मेचर *A* को प्रवर्तक के प्रवर्तक प्रतिरोध R_s के श्रेणी में जोड़ा गया है और मोटर की फील्ड वाइंडिंग को नो-वोल्ट रीलीज कॉइल की श्रेणी में जोड़कर, सम्बन्धन सम्पन्न (पूर्ण) किए गए हैं। इसमें प्रयुक्त दोनों सुरक्षात्मक युक्तियों का विवरण निम्नलिखित है—



चित्र 9.2–डी० सी० शंट मोटर से संलग्न थ्री-पॉइंट स्टार्टर।

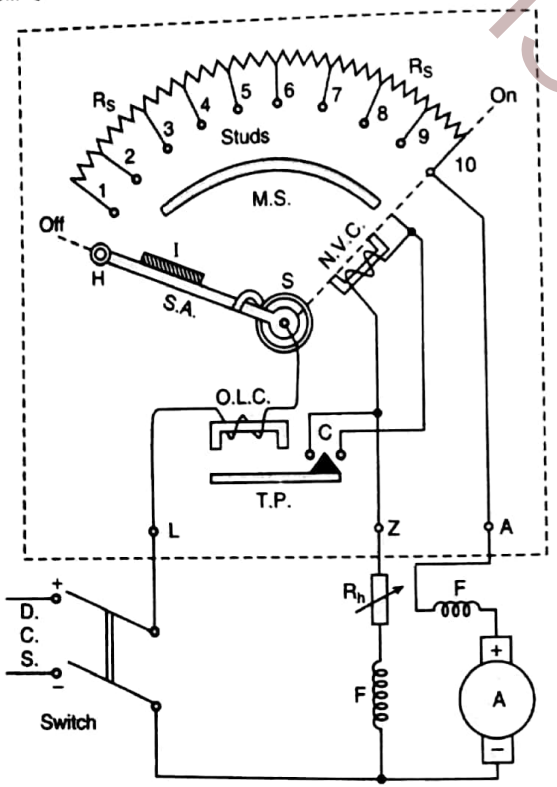
(i) नो-वोल्ट रीलीज कॉइल (No-volt release coil)—यह एक लघु इलेक्ट्रोमॉग्नेट होता है। इसे मृदु लोहे के ढाँचे पर कॉपर के पतले तारों को लपेटकर बनाया जाता है। इसमें वर्तों की संख्या अपेक्षाकृत अधिक होती है। इसे शंट फील्ड वाइंडिंग के श्रेणी में जोड़ा जाता है। जब शंट फील्ड वाइंडिंग से होकर धारा गुजरती है, तब यह कॉइल चुम्बकित (magnetised) होकर, स्टार्टिंग आर्म *SA* से संलग्न मृदु लोहे के खण्ड *I* को आकर्षित किये रहता है। इस प्रकार इस कॉइल का कार्य, स्टार्टर आर्म *SA* को खींचकर, ऑन पोजिशन में रखना है। इलेक्ट्रिक सप्लाई के चले जाने (off) पर यह कॉइल विचुम्बकित (demagnetised) हो जाता है और लोह खण्ड *I* पर लगा बल पूर्णरूप से समाप्त हो जाता है। इस स्थिति में तार कमानी *S* द्वारा स्टार्टिंग आर्म *SA* को ऑफ पोजिशन पर खींच लिया जाता है, ताकि इलेक्ट्रिक सप्लाई के आने पर मोटर पुन: विधिवत् प्रवर्त (start) की जा सके।

(ii) ओवर लोड रीलीज कॉइल (Over load release coil)—यह भी एक लघु विद्युत-चुम्बक होता है। इसे भी मृदु लोहे के ढाँचे पर कॉपर के मोटे तारों को लपेटकर बनाया जाता है। इसमें वर्तों की संख्या अपेक्षाकृत कम होती है। इसे प्रत्यक्ष लाइन तथा स्टार्टिंग-आर्म के मध्य आर्मेचर सर्किट की श्रेणी में जोड़ा जाता है। इसके नीचे एक ट्रिपिंग प्लंजर लगा होता है, जिसे एक स्क्रू द्वारा एक निश्चित अतिभार धारा (over load current) के लिए व्यवस्थित किया जाता है। मोटर के अतिभारन अथवा अतिधारा प्रदोष (भू-प्रदोष या लघुपथ प्रदोष), की स्थिति में, जब आर्मेचर सर्किट में धारा का मान अत्यधिक बढ़ जाता है, तब यह कॉइल पर्याप्त चुम्बकित होकर, ट्रिपिंग प्लंजर को अपनी ओर आकर्षित कर, खींच लेता है। इससे नो-वोल्ट कॉइल (N.V.C.) के दोनों सिरे परस्पर जुड़ जाते हैं और कॉइल लघुपथित होकर, विचुम्बकित (demagnetised) हो जाता है। इस प्रकार ओवर लोड कॉइल (O.L.C.) का कार्य नो-वोट कॉइल (N.V.C.) को विचुम्बकित करना है।

TECHNICAL QUESTIONS
Scanned with CamScanner
121 / 235

जब नो-वोल्ट कॉइल (N.V.C.) विचुम्बकित हो जाती है, तब यह स्टार्टिंग आर्म SA को मुक्त कर देती है। इससे स्प्रिंग S, स्टार्टिंग आर्म SA को अपनी ओर खींच लेती है और इसे ऑफ (off) स्थिति पर ले आती है। इससे इलेक्ट्रिक सप्लाई कट जाती है और मोटर का चलना बन्द हो जाता है। जब प्रदोष दूर कर दिया जाता है, तब फिर मोटर को पुन: विधिवत् प्रवर्तक के द्वारा प्रवर्त (start) किया जाता है।

(iii) प्रवर्तक के कार्य करने की विधि (Method of working of starter)—सर्वप्रथम प्रवर्तक के सिरों को मोटर तथा डी० सी० सप्लाई के सिरों से जोड़ा जाता है। इसके बाद डी० सी० सप्लाई को ऑन (ON) करके, हैण्डल H की सहायता से स्टार्टिंग आर्म SA को आगे की ओर बढ़ाया जाता है। इससे स्टार्टिंग आर्म SA ऑफ (off) स्थिति से हटकर, स्टड S से जुड़ जाता है और मोटर में धारा प्रवाहित होने लगती है। आर्मेचर सर्किट के श्रेणी में प्रवर्तक प्रतिरोध R_s जुड़ जाने के कारण, आर्मेचर धारा I_a सीमित रहती है। मोटर का चलना आरम्भ हो जाता है। अब धीरे-धीरे हैण्डल H की सहायता से स्टार्टिंग आर्म SA को आगे बढ़ाते जाते हैं। इससे आर्मेचर सर्किट से प्रवर्तक प्रतिरोध R_s क्रमश: थोड़ा-थोड़ा हटता जाता है और मोटर की गति शनै: -शनै: बढ़ती जाती है। फलत: मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (E_b) विकसित होता जाता है और आर्मेचर धारा (I_a) क्रमश: घटती जाती है। अन्त में जब मोटर अपनी निर्धारित गति को प्राप्त हो जाती है, तब प्रवर्तक प्रतिरोध R_s को आर्मेचर सर्किट से पृथक् कर दिया जाता है।



चित्र 9.3–डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर के साथ थ्री पाइंट स्टार्टर के सम्बन्धन।

डी० सी० सप्लाई के चले जाने (off) पर अथवा प्रदायी वोल्टता के कम हो जाने पर प्रवर्तक का नो-वोल्ट कॉइल (N.V.C.) प्रचालित होकर, मोटर को चलने से रोक देता है।

अतिधारा प्रदोष (अतिभार, भू-प्रदोष तथा लघुपथ प्रदोष) की अवस्था में ओवर लोड कॉइल (O.L.C.) प्रचालित होकर, चलती हुई मोटर को बन्द कर देता है।

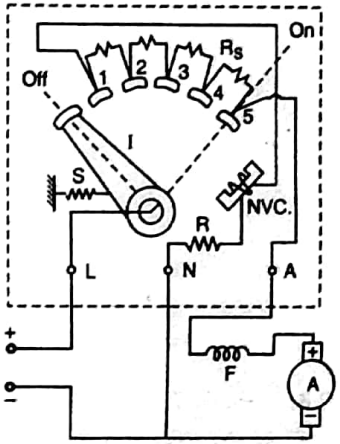
(b) डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर का प्रवर्तन (Starting)—चित्र 9.3 में डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर के सम्बन्धन, थ्री पॉइन्ट स्टार्टर के साथ प्रदर्शित किए गए हैं। इसमें प्रवर्तक के Z, $A-L$ टर्मिनल-पॉइन्ट उक्त शंट मोटर सम्बन्धन की तरह ही मोटर के शंट फील्ड, आर्मेचर तथा सप्लाई की धनात्मक लाइन से जोड़े गए हैं।

यह प्रवर्तक उक्त थ्री-पॉइन्ट स्टार्टर का ही एक संशोधित रूप है। इसमें एक धात्विक पत्ती (M. S.), जो प्राय: ब्रास की बनी होती है; अतिरिक्त लगी हुई है। इससे निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) तथा शंट फील्ड को पूर्णधारा प्राप्त होती है, जबकि उक्त थ्री पॉइन्ट स्टार्टर में स्टार्टर रिजिस्टॉन्स R_s से प्राप्त होती है, जो अपेक्षाकृत कम होती है।

इस प्रवर्तक द्वारा डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर को भी उक्त शंट मोटर की तरह ही प्रवर्त किया जाता है और समान रूप से ही रक्षण युक्तियों (safety devices) द्वारा सुरक्षा प्रदान की जाती है, जिसका वर्णन विस्तारपूर्वक पहले ही किया जा चुका है।

(c) डी० सी० सीरीज मोटर का प्रवर्तन (Starting)—चित्र 9.4 में डी० सी० सीरीज मोटर की थ्री-पॉइन्ट स्टार्टर से जोड़ा गया है। इसमें प्रवर्तक के पॉइन्ट A को मोटर के आर्मेचर से, पॉइन्ट L को प्रदाय की धनात्मक ध्रुवता से तथा पॉइन्ट N को प्रदाय की ऋणात्मक ध्रुवता से जोड़ा गया है।

चूँकि आरम्भ में, जब स्टार्टिंग आर्म का सम्पर्क स्टड 1 से होता है, तब निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) से अति उच्च आरम्भिक धारा प्रवाहित होती है। इससे निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) जलकर नष्ट हो सकती है; इसलिए इस परिपथ की श्रेणी में एक नियत प्रतिरोध R लगा होता है, जो प्रवर्तक की निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) में उच्च आरम्भिक धारा को नियन्त्रित करता है।



चित्र 9.4–थ्री पाइंट स्टार्टर के डी० सी० सीरीज मोटर के साथ सम्बन्धन।

डी० सी० सीरीज मोटर की गति परिवर्तनीय होने के कारण, इसकी अधिभार क्षमता (over load capacity) अति उच्च होती है; इसलिए इसके प्रयुक्त प्रवर्तक में अधिभार सुरक्षा युक्ति (O.L.S.D.) को लगाने की आवश्यकता नहीं समझी जाता है।

यह प्रवर्तक, डी० सी० सीरीज मोटर को भी शंट तथा कम्पाउण्ड मोटरों की तरह ही प्रवर्त करता है तथा सुरक्षा प्रदान करता है, जिसका विस्तृत वर्णन पूर्व में ही किया जा चुका है।

9.7. चार-बिन्दु प्रवर्तक (Four point starter)

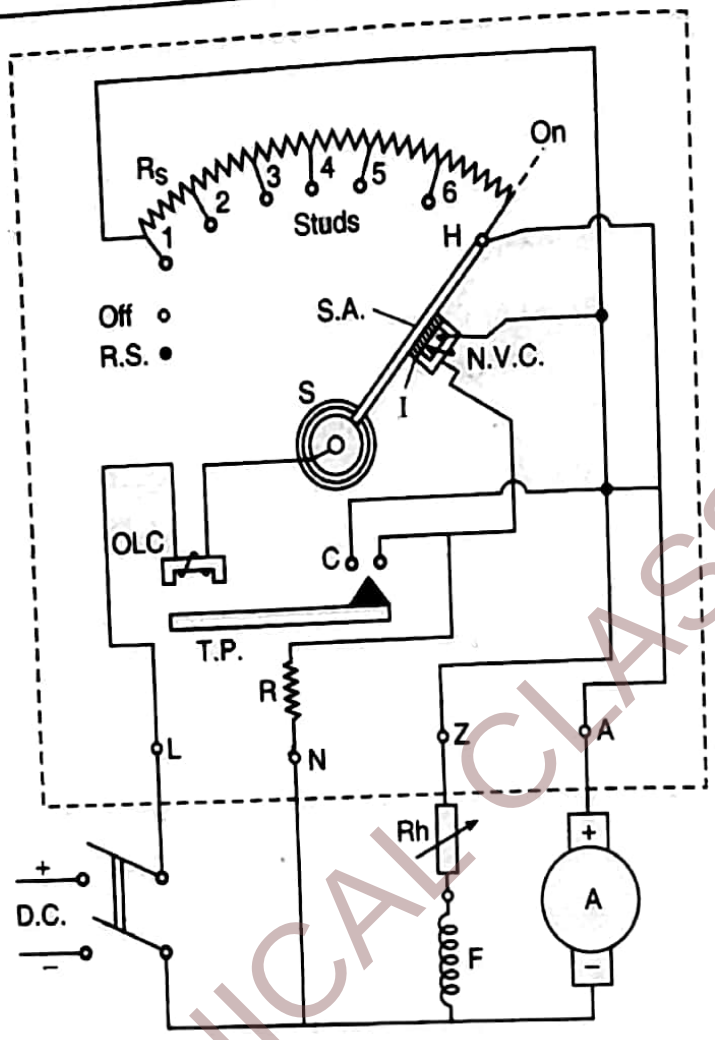
शंट मोटर का प्रवर्तन (Starting)—चित्र 9.5 में डी० सी० शंट मोटर को फोर-पॉइन्ट स्टार्टर से जोड़ा गया है। इस स्टार्टर के $Z-A-L$ टर्मिनल पॉइन्टों को उक्त थ्री पॉइन्ट स्टार्टर की भाँति ही जोड़ा जाता है। केवल फोर्थ टर्मिनल पॉइन्ट N को सप्लाई लाइन की ऋणात्मक ध्रुवता से प्रत्यक्ष जोड़ा जाता है।

प्रवर्तक में N पॉइन्ट वाले परिपथ के साथ श्रेणी में एक नियत प्रतिरोध R लगा होता है, जो निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) में प्रवाहित उच्च आरम्भिक धारा को नियन्त्रित करता है। इससे निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) सुरक्षित रहती है।

यद्यपि फोर-पॉइन्ट स्टार्टर की संरचना, लगभग थ्री-पॉइन्ट स्टार्टर के समान ही होती है; परन्तु इसमें निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) का उत्तेजन, शंट फील्ड करेंन्ट द्वारा नहीं होता, जैसा कि थ्री-पॉइन्ट स्टॉर्टर में होता है।

इस प्रवर्तक द्वारा भी शंट मोटर को प्रवर्तन तथा सुरक्षा, थ्री-पॉइन्ट स्टॉर्टर की तरह ही प्रदान की जाती है, जिसका विस्तृत वर्णन उक्त थ्री-पॉइन्ट स्टॉर्टर के साथ ही किया जा चुका है।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
122 / 235



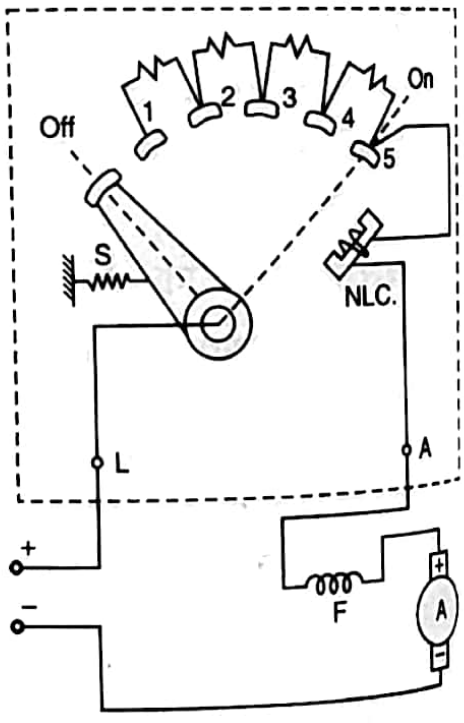
चित्र 9.5–डी०सी० शंट मोटर के साथ फोर पॉइन्ट स्टार्टर के सम्बन्धन।

9.8. द्वि-बिन्दु प्रवर्तक (Two point starter)

(a) डी० सी० सीरीज मोटर का प्रवर्तन (Starting)—चित्र 9.6 में डी० सी० सीरीज मोटर को टू-पॉइन्ट स्टॉर्टर में जोड़ा गया है। इसमें प्रवर्तक के *L* तथा *A* टर्मिनल पॉइन्टों को क्रमश: प्रदायी स्रोत की सप्लाई लाइन तथा मोटर के आर्मेचर से सम्बद्ध किया गया है।

चूँकि डी० सी० सीरीज मोटर निर्भार अथवा न्यून भार पर अत्यधिक गति धारण कर लेती है; इसलिए मोटर की सुरक्षा हेतु प्रवर्तक में निवोल्टता कुण्डली (N.V.C.) के स्थान पर निर्भार कुण्डली (N.L.C.) का प्रयोग (use) किया गया है, जो दोनों ही सुरक्षा कुण्डलियों का कार्य करती हैं।

(b) नो लोड रीलीज कॉइल (No load release coil)—जब मोटर भार पर होती है, तब मोटर प्रदाय से अधिक धारा लेती है, जो श्रेणी में सम्बद्ध निर्भार कुण्डली (N.L.C.) में भी प्रवाहित होती है। इस स्थिति में सुरक्षा कुण्डली अपने अधिक आकर्षण बल के कारण, स्टार्टिंग आर्म (*S.A.*) को जकड़े (पकड़े) रहती है। जब मोटर न्यून अथवा निर्भार की स्थिति में आती है, तब मोटर प्रदाय से धारा अतिकम लेती है। इससे सुरक्षा कुण्डली का आकर्षण बल भी अतिकम हो जाता है, जो स्टार्टिंग आर्म को जकड़े (पकड़े) रहने में सक्षम नहीं होता।



चित्र 9.6–डी०सी० सीरीज मोटर के साथ टू-पॉइंट स्टार्टर के सम्बन्धन।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) अतिधारा रक्षण युक्ति (over current protecting device), जिसे अतिधारा रिले (over current relay), अतिभार रिले (over load relay), अतिभार कुण्डली (over load coil) आदि नामों से भी जाना जाता है।

5. डी० सी० सीरीज मोटर को निम्नलिखित प्रवर्तकों (starter) द्वारा प्रवर्त (start) किया जाता है—
   (i) नियामक प्ररूपी प्रवर्तक (Regulator type starter)
   (ii) ढोल प्ररूपी प्रवर्तक (Drum type starter)

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के प्रश्न

1. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) डी० सी० मोटर का प्रवर्तक (starter) ***(U.P. 2002)***
   (ii) प्रवर्तक (starter) का सिद्धान्त (principle)
   (iii) मोटर के लिए प्रवर्तक (starter) की आवश्यकता ***(U.P. 2004)***
   (iv) टू-पॉइन्ट स्टार्टर अर्थात् द्वि-बिन्दु प्रवर्तक (starter)
   (v) थ्री-पॉइन्ट स्टार्टर अर्थात् त्रि-बिन्दु प्रवर्तक (starter)
   (vi) फोर-पॉइन्ट स्टार्टर अर्थात् चार-बिन्दु प्रवर्तक (starter)
   (vii) प्रवर्तक में प्रयुक्त सुरक्षात्मक युक्तियाँ (protective devices)
2. डी० सी० सीरीज मोटर में प्रयोग किए जाने वाले प्रवर्तक (starter) में शून्य भार तथा अतिभार कुण्डलियाँ क्यों प्रयोग की जाती हैं?
3. डी० सी० मोटर को चालू करने के लिए प्रवर्तक (starter) की आवश्यकता क्यों होती है? समझाइए।
4. स्वच्छ चित्र देते हुए, प्रवर्तक के प्रत्येक अंग के कार्य को समझाइए।
5. डी० सी० मोटर स्टार्टर क्या है? यह कितने प्रकार का होता है? इसके क्या उपयोग व अनुप्रयोग हैं? लिखिए।
6. मोटर स्टार्टरों का विस्तृत वर्गीकरण (classification) प्रस्तुत कीजिए।
7. क्या कारण है कि छोटी मोटरों को बिना स्टार्टर के स्टार्ट किया जाता है; जबकि बड़ी मोटरों को स्टार्ट करने के लिए स्टार्टर की आवश्यकता होती है?
8. एक ऐसे डी० सी० स्टार्टर का चित्र खींचकर वर्णन कीजिए, जिसे सभी डी० सी० मोटरों के लिए प्रयोग (use) किया जाता है।
9. एक डी० सी० मोटर के लिए प्रवर्तक (starter) की आवश्यकता क्यों होती है, समझाइए। डी० सी० मोटर हेतु त्रि-बिन्दु प्रवर्तक का स्वच्छ चित्र खींचिए और उनके प्रत्येक भाग (part) के कार्य समझाइए।
10. एक डी० सी० शंट मोटर को त्रि-बिन्दु प्रवर्तक से जोड़ा गया है। व्याख्या कीजिए कि क्या होगा? यदि—
    (i) प्रवर्तक के हत्थे को तेजी के साथ 'ऑफ' स्थिति से 'ऑन' स्थिति में ले जाया जाता है।
    (ii) चुम्बकीय क्षेत्र परिपथ को खोल दिया जाता है और मोटर को चालू करने का प्रयास किया जाता है।
    (iii) निर्भार पर चलती हुई मोटर के चुम्बकीय क्षेत्र परिपथ को खोल दिया जाता है। इस हेतु यह मान लिया जाए कि प्रवर्तक में जीरो-वोल्ट रीलीज के स्प्रिंग नहीं लगे हैं।
    (iv) मोटर को चालू करते समय, क्षेत्र उत्तेजन न्यूनतम है। ***(U.P. 2004)***
11. विभिन्न दिष्टधारा मोटर प्रवर्तकों में अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।
12. दिष्टधारा मोटर प्रवर्तक में "आरम्भक प्रतिरोध खण्डों" की व्यवस्था क्यों की जाती है? स्पष्ट कीजिए।
13. डी० सी० मोटर में प्रवर्तक की क्या आवश्यकता है? त्रि-बिन्दु प्रवर्तक से शंट मोटर का प्रवर्तन समझाइए।
14. डी० सी० मोटर को चलाने के लिए सीधा वैद्युत प्रदायी स्रोत से जोड़ दिया जाए, तो क्या होगा? कारण सहित समझाइए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

15. डी० सी० मोटर गतिमान करने के लिए, प्रवर्तक क्यों आवश्यक है?
16. डी० सी० सीरीज मोटर में प्रयोग किए जाने वाले प्रवर्तक में निर्भार व अतिभार कुण्डलियाँ क्यों प्रयोग की जाती हैं?
17. किसी डी० सी० मोटर में प्रवर्तक की क्या आवश्यकता होती है? स्वच्छ चित्र प्रस्तुत करते हुए, प्रवर्तक के प्रत्येक अंग के कार्य को समझाइए।
18. डी० सी० मोटर हेतु प्रवर्तक (starter) क्यों आवश्यक है? डी० सी० शंट मोटर के उपयुक्त प्रवर्तक की कार्य-विधि (working method) का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2010)*

AKC TECHNICAL CLASSES

10 दि० धा० मोटरों के अभिलक्षण
[CHARACTERISTICS OF D. C. MOTORS]

10.1. परिचय (Introduction)

अभिलक्षणों का तात्पर्य, मोटर के उन विशेष गुणों से है, जिनसे मोटर के आचरण (behaviour) का पता चलता है, अर्थात् कार्य करने की प्रकृति का ज्ञान होता है। अभिलक्षणों से मोटर के निर्गत व निवेश के कारकों, जैसे स्पीड, टॉर्क, करेन्ट आदि में पारस्परिक सम्बन्धों की जानकारी प्राप्त होती है। विभिन्न मोटरों की अभिलक्षणें भिन्न-भिन्न प्रकार की होती हैं। इन अभिलक्षणों से अभियान्त्रिकी कार्यों के लिए मोटरों के चयन में सहायता मिलती है। इससे मोटर का सही प्रयोग (proper use) किया जा सकता है।

10.2. डी० सी० मोटरों के वैद्युत अभिलक्षणों के प्ररूप अर्थात् प्रकार (Types of electrical characteristics of d. c. motors)

10.2-1. गति अभिलक्षण (Speed characteristics)

इसमें मोटर की गति N तथा आर्मेचर-धारा I_a में आलेख अर्थात् लेखा चित्र (graph) खींचा जाता है; इसलिए इसे N / I_a अभिलक्षण भी कहते हैं।

10.2-2. बलाघूर्ण अभिलक्षण (Torque characteristics)

इसमें मोटर के आर्मेचर-बलाघूर्ण T_a तथा आर्मेचर-धारा I_a में आलेख (graph) खींचा जाता है; इसलिए इसे T_a / I_a अभिलक्षण भी कहते हैं।

10.2-3. यान्त्रिक अभिलक्षण (Mechanical characteristics)

इसमें मोटर की गति N तथा आर्मेचर बलाघूर्ण T_a में आलेख (graph) खींचा जाता है; इसलिए इसे N / T_a अभिलक्षण भी कहते हैं। इसे उक्त दोनों (1 और 2) अभिलक्षणों की सहायता से प्राप्त किया जाता है।

10.3. डी० सी० मोटरों का गति अभिलक्षण सम्बन्धी सूत्र (Formula)

डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

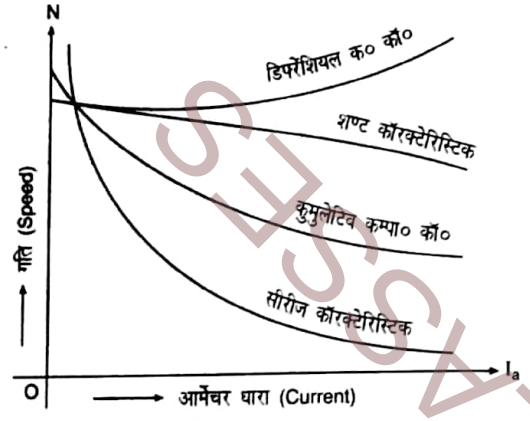
$$E_b = \frac{\phi PZN}{60A} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

चूँकि डी० सी० मोटर में $\frac{PZ}{60A} = K$ अभिकल्पनात्मक स्थिरांक होता है।

इसलिए $E_b = K \phi N$ वोल्ट ...सूत्र (ii)

अत: मोटर की घूर्णी गति, $N = \frac{E_b}{K\phi}$ चक्र प्रति मिनट ...सूत्र (iii)

Scanned with CamScanner



चित्र 10.1–गति अभिलक्षण (speed characteristics)।

10.4. शंट मोटर की गति अभिलक्षण (Speed characteristic)

मोटर की घूर्णी गति $N = \frac{E_b}{K\phi}$; चक्र प्रति मिनट (r.p.m.) ...सूत्र (iii)

डी० सी० शंट मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल समीकरण (e.m.f. equation)

$$E_b = (V - I_a R_a) \text{ वोल्ट} \qquad \text{...सूत्र (iv)}$$

चूँकि $V >> I_a R_a$ होता है; इसलिए $I_a R_a$ नगण्य (neglect) करने पर

तब $E_b \approx V$ = स्थिर; (सप्लाई वोल्टेज स्थिर लोड पर स्थिर रहता है।)

इसलिए E_b = लगभग स्थिर (approximately constant)

चूँकि $\phi \propto I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$ = स्थिर (constant); इसलिए ϕ = स्थिर (constant)

अत: गति N = लगभग स्थिर (स्थिर अभिलक्षण) ...सूत्र (v)

यहाँ V = स्थिर प्रदायी वोल्टता (constant supply voltage)

R_{sh} = स्थिर पार्श्व क्षेत्र प्रतिरोध (constant shunt field resistance)

I_{sh} = स्थिर पार्श्व क्षेत्र धारा (constant shunt field current)

ϕ = स्थिर पार्श्व ध्रुव फ्लक्स (constant shunt pole flux)

निष्कर्ष (Conclusion)—(i) चित्र 10.1 में प्रदर्शित; सूत्र (v) से सम्बन्धित डी० सी० शंट मोटर के गति-अभिलक्षणिक आलेख से स्पष्ट है कि शंट मोटर की गति, निर्भार से लेकर पूर्णभार तक, लगभग स्थिर रहती है। केवल पूर्णभार तथा अतिभार पर, मोटर की गति थोड़ी-सी कम हो जाती है; इसलिए औद्योगिक क्षेत्र में शंट मोटर का प्रयोग (use) स्थिर गति के कार्य में यन्त्रों तथा औजारों को चलाने के लिए होता है।

(ii) जो मोटर, शंट मोटर की तरह, स्थिर गति रखती है, उसे पार्श्व अभिलक्षणिक (shunt characteristics) मोटर कहते हैं, जैसे इंडक्शन मोटर, यूनिवर्सल मोटर आदि।

10.5. सीरीज मोटर की गति अभिलक्षण (Speed characteristic)

मोटर की घूर्णी गति $N = \frac{E_b}{K\phi}$ ...सूत्र (iii)

तथा $E_b \approx V$ स्थिर प्रदायी वोल्टता (constant supply voltage)

चूँकि $\phi \propto I_{se}$ तथा $I_{se} = I_a$ (श्रेणी परिपथ के कारण)

इसलिए फ्लक्स, $\phi \propto I_a$ आर्मेचर करेन्ट

अत गति (speed), $N \propto \frac{1}{I_a}$ (विपर्यय अभिलक्षण) ...सूत्र (iv)

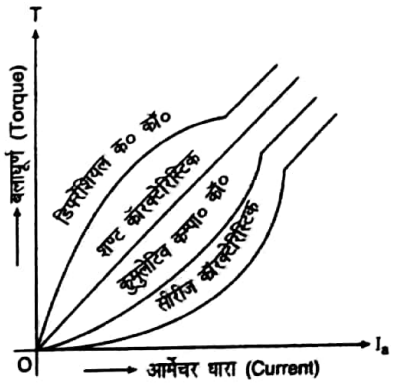
निष्कर्ष (Conclusion)—(i) चित्र 10.1 में प्रदर्शित, सीरीज मोटर के अभिलक्षणिक समीकरण (vi) द्वारा खींचे गए आलेख से स्पष्ट है कि सीरीज मोटर की गति परिवर्तनशील होती है। अत: सीरीज मोटर की गति, न्यून भार पर उच्च तथा उच्च भार पर न्यून होती है। इसका पटरीपथ संकर्षण कार्यों (railway traction works) में अधिक महत्त्व है।

(ii) निर्भार पर सीरीज मोटर की गति अति उच्च (अनन्त) होती है; इसलिए डी० सी० सीरीज मोटर को निर्भार पर नहीं चलाया जाता। उच्च गति पर अपकेन्द्रीय बलों (centrifugal force) के कारण, मोटर के नष्ट-भ्रष्ट होने का भय है।

(iii) जो मोटरें डी० सी० सीरीज मोटर की तरह परिवर्तनशील गति रखती हैं, उन्हें श्रेणी अभिलक्षणिक (series characteristic) मोटरें कहते हैं, जैसे ए० सी० सीरीज मोटर।

10.6. कम्पाउण्ड मोटर की गति अभिलक्षण (Speed characteristic)

कम्पाउण्ड मोटर, 'शंट और सीरीज' मोटरों का संयोग है; इसलिए इसकी अभिलक्षण दोनों (पार्श्व तथा श्रेणी) मोटरों के अभिलक्षणों का यौगिक (compound) होती है, जिसमें दोनों (पार्श्व तथा श्रेणी) मोटरों के गुण व्याप्त होते हैं। किसी यौगिक मोटर की गति अभिलक्षण, सम्बन्धित 'पार्श्व व श्रेणी' मोटरों की गति अभिलक्षणों का मध्यवर्ती (average) मान होता है, जैसा कि चित्र 10.1 में प्रदर्शित आलेख (graph) से स्पष्ट है।



चित्र 10.2–बलाघूर्ण अभिलक्षण।

'पार्श्व तथा श्रेणी' मोटरों के गति समीकरणों द्वारा यौगिक मोटरों के गति अभिलक्षणिक समीकरण को निम्न प्रकार से हल किया जा सकता है।

माना कि $N = K_1$ ...शंट मोटर के अन्तर्गत, (K_1 स्थिरांक)

$N = K_2 / I_a$ ...श्रेणी मोटर के अन्तर्गत, (K_2 स्थिरांक)

उक्त दोनों समीकरणों को जोड़कर, हल करने में कूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर के लिए गति समीकरण प्राप्त होगा।

$$2N = K_1 + \frac{K_2}{I_a}$$

$$N = \frac{1}{2}\left(K_1 + \frac{K_2}{I_a}\right)$$

$$N \propto \left(K_1 + \frac{K_2}{I_a}\right) \qquad \text{...सूत्र (vii)}$$

NOT FOR CLASS
Scanned with CamScanner
126 / 235

इसी प्रकार डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड के लिए गति समीकरण

$$N \propto \left(K_1 - \frac{K_2}{I_a}\right) \quad \text{...सूत्र (viii)}$$

टिप्पणी (Note)—(i) कूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर में "शंट व सीरीज" दोनों क्षेत्र एक-दूसरे के सहयोगी होते हैं; परन्तु डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटरों में दोनों (शंट व सीरीज) क्षेत्र एक-दूसरे के असहयोगी अर्थात् विपरीत होते हैं।

(ii) औद्योगिक क्षेत्र में सीरीज मोटर के स्थान पर आवश्यकतानुसार कूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर को प्रयोग में लाया जा सकता है; परन्तु डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर को प्रयोग में नहीं लाया जा सकता है; इसलिए डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की उपयोगिता अतिकम है।

(iii) डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर ही केवल एक ऐसी मोटर है, जिसकी गति, भार बढ़ाने पर बढ़ती है, जबकि अन्य सभी मोटरों की गति, भार के बढ़ाने पर घटती है या लगभग स्थिर रहती है अथवा ए० सी० सिंक्रोनस मोटर की तरह परम स्थिर रहती है।

10.7. डी० सी० मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण सम्बन्धी सूत्र (Formula)

डी० सी० मोटर में आर्मेचर बलाघूर्ण (armature torque)

$$T_a = \frac{\phi PZI_a}{2\pi A} \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)} \quad \text{...सूत्र (ix)}$$

$$\frac{PZ}{2\pi A} = K \text{ संरचनात्मक स्थिरांक (constructional constant)}$$

$$T_a = K\phi I_a \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)} \quad \text{...सूत्र (x)}$$

10.8. डी० सी० शंट मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण (Torque characteristic)

डी० सी० मोटर के आर्मेचर में विकसित बलाघूर्ण (torque),

$$T_a = K\phi I_a \quad \text{...सूत्र (xi)}$$

$\therefore \quad \phi \propto I_{sh}$ तथा $I_{sh} = \dfrac{V}{R_{sh}} =$ स्थिर(constant)

अत: आर्मेचर बलाघूर्ण $T_a \propto I_a$ आर्मेचर करेन्ट

तथा आर्मेचर बलाघूर्ण $T_a = K_1 I_a$ ...सूत्र (xii)

निष्कर्ष (Conclusion)—(i) अभिलक्षण सूत्र (xii) से स्पष्ट है कि शंट मोटर में आर्मेचर बलाघूर्ण (T_a), आर्मेचर धारा (I_a) के समानुपाती होता है।

(ii) सूत्र (xii), भी $y = mx$ की तरह ही एक सरल रेखा समीकरण (equation) है।

(iii) चित्र 10.2 में प्रदर्शित बलाघूर्ण समीकरण सूत्र (xii) द्वारा खींचा गया आलेख एक सरल रेखा है, जिससे स्पष्ट है कि आर्मेचर धारा (I_a) के बढ़ने से आर्मेचर बलाघूर्ण (T_a) भी बढ़ता है।

10.9. सीरीज मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण (Torque characteristic)

(i) क्षेत्र संतृप्ति से पहले, कम भार पर, जब फ्लक्स परिवर्तनशील (variable) रहते हैं।

आर्मेचर टॉर्क $T_a = K\phi I_a$ ...सूत्र (xi)

चूँकि $\phi \propto I_{se}$ तथा $I_{se} = I_a$ (श्रेणी परिपथ के कारण)

इसलिए फ्लक्स, $\phi \propto I_a$ आर्मेचर करेन्ट

अत: आर्मेचर टॉर्क, $T_a \propto I_a^2$ (आर्मेचर करेन्ट का वर्ग) ...सूत्र (xiii)

तथा आर्मेचर टॉर्क $T_a = K_2 I_a^2$ (परवलय अभिलक्षण) ...सूत्र (xiv)

(ii) क्षेत्र संतृप्ति के बाद, उच्च भार पर जब फ्लक्स स्थिर (constant) हो जाते हैं।

आर्मेचर टॉर्क $T_a = K\phi I_a$ ...सूत्र (xi)

चूँकि $\phi =$ स्थिर (constant)

इसलिए आर्मेचर टॉर्क, $T_a \propto I_a$ (सरल रेखा अभिलक्षण) ...सूत्र (xii)

निष्कर्ष (Conclusion)—(i) अभिलक्षण समीकरण सूत्र (xiv) से स्पष्ट है कि सीरीज मोटर में क्षेत्र संतृप्ति से पहले न्यून भार पर आर्मेचर टार्क (T_a), आर्मेचर धारा का वर्ग (I_a^2) के समानुपाती होता है। अत: आर्मेचर टार्क अति उच्च होता है; इसलिए सीरीज मोटर का प्रयोग (use) उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण या उच्च बलाघूर्ण के कार्यों में होता है; जैसे ट्रेन, ट्राम, ट्रॉलि आदि रेलवे संकर्षण कार्य।

(ii) आर्मेचर टार्क अभिलक्षण समीकरण (xii) से स्पष्ट है कि सीरीज मोटर में क्षेत्र संतृप्ति के पश्चात् उच्च भार पर आर्मेचर टार्क (T_a), शंट मोटर की तरह ही आर्मेचर करेन्ट (I_a) के प्रत्यक्ष समानुपाती होता है। अत: उच्च भार पर सीरीज मोटर का प्रचालन, शंट मोटर की तरह ही होने लगता है; क्योंकि चुम्बकीय ध्रुव के फ्लक्स (ϕ) स्थिर हो जाते हैं।

(iii) चित्र 10.2 में प्रदर्शित, अभिलक्षण समीकरण (xii) तथा (xiv) द्वारा आर्मेचर टॉर्क (T_a) तथा आर्मेचर धारा (I_a) में आलेख खींचा गया है, जो संतृप्ति बिन्दु से पहले, $T_a \propto I_a^2$ के कारण, परवलय (parabola) के आकार में होता है तथा संतृप्ति बिन्दु के बाद $T_a \propto I_a$ के कारण, एक सरल रेखा होता है।

10.10. कम्पाउण्ड मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण (Torque characteristic)

चित्र 10.2 में प्रदर्शित कम्पाउण्ड मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण "शंट एवं सीरीज" (दोनों) मोटरों की बलाघूर्ण अभिलक्षणों का औसत मान है; क्योंकि कम्पाउण्ड मोटर दोनों प्रकार की मोटरों का संयोग (combination) है।

शंट एवं सीरीज मोटरों के बलाघूर्ण अभिलक्षणिक समीकरणों द्वारा कम्पाउण्ड मोटर के बलाघूर्ण अभिलक्षण समीकरण को निम्नलिखित तरीके से हल किया जा सकता है—

(a) क्षेत्र संतृप्ति से पहले (before field saturation)—

माना कि $T = K_3 I_a$ ...शंट मोटर के अन्तर्गत (K_3 स्थिरांक)

$T = K_4 I_a^2$ ...सीरीज मोटर के अन्तर्गत, (K_4 स्थिरांक)

उक्त दोनों समीकरणों को जोड़कर, हल करने से क्यूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण समीकरण प्राप्त होगा।

$$2T = K_3 I_a + K_4 I_a^2$$

$$T = \frac{1}{2} I_a (K_3 + K_4 I_a) \quad \text{...सूत्र (xiii)}$$

उक्त दोनों समीकरणों को घटाकर, हल करने से डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण समीकरण प्राप्त होगा।

$$T = \frac{1}{2} I_a (K_3 - K_4 I_a) \quad \text{...सूत्र (xiv)}$$

(b) क्षेत्र संतृप्ति के बाद (after field saturation)—

माना कि $T = K_3 I_a$ ...शंट मोटर के अन्तर्गत (K_3 स्थिरांक)

$T = K_4 I_a$ ...सीरीज मोटर के अन्तर्गत (K_4 स्थिरांक)

उक्त दोनों समीकरणों को जोड़कर, क्यूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण समीकरण निम्न प्रकार से प्राप्त होगा—

$$2T = (K_3 I_a + K_4 I_a)$$

$$T = \frac{I_a}{2}(K_3 + K_4)$$

KKG TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
127 / 235

$$T = \frac{K_5}{2} \cdot I_a \text{ (Where } K_5 = K_3 + K_4\text{)} \quad \text{...सूत्र (x)}$$

$T \propto I_a$ (सरल रेखा अभिलक्षण) ...सम्बन्ध

इसी प्रकार उक्त दोनों समीकरणों को परस्पर घटाकर, डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण समीकरण निम्न प्रकार से प्राप्त होगा—

$$T = \frac{I_a}{2}(K_3 - K_4)$$

$$T = \frac{K_6}{2} I_a \text{ (Where } K_6 = K_3 - K_4\text{)} \quad \text{...सूत्र (x)}$$

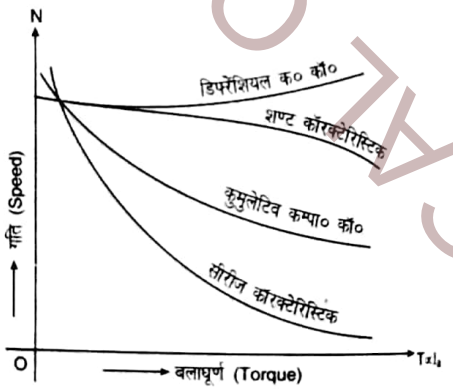
$T \propto I_a$ (सरल रेखा अभिलक्षण) ...सम्बन्ध

10.11. यान्त्रिक अभिलक्षण (Mechanical characteristics)

चित्र 10.3 में प्रदर्शित, शंट, सीरीज एवं कम्पाउण्ड मोटरों की यान्त्रिक अभिलक्षणों को, सम्बन्धित मोटर की, उक्त चित्र 10.1 तथा 10.2 में प्रदर्शित, गति तथा बलाघूर्ण अभिलक्षणों द्वारा प्राप्त किया गया है।

किसी मोटर की यान्त्रिक अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए, सर्वप्रथम उस मोटर की विभिन्न आर्मेचर धाराओं के निश्चित मानों के लिए, उसी की N/I_a तथा T/I_a अभिलक्षणों की सहायता से क्रमशः गति तथा बलाघूर्ण के सम्बन्धित मानों को ज्ञात करते हैं। तत्पश्चात् प्राप्त गति तथा बलाघूर्ण के मानों में वक्र खींचा जाता है, जो मोटर की यान्त्रिक अभिलक्षणों को प्रदर्शित करता है।

टिप्पणी—चित्र 10.1 में प्रदर्शित, मोटरों के गति अभिलक्षणिक वक्र तथा चित्र 10.3 में प्रदर्शित, मोटरों के यान्त्रिक अभिलक्षणिक वक्र, दोनों एक रूप में होते हैं। इसका कारण यह है कि सभी इलेक्ट्रिकल मोटरों में लोड टार्क बढ़ने पर धारा का मान भी बढ़ता है; क्योंकि $T = K\phi I_a$ अर्थात् $T \propto I_a$ (लगभग) होता है; इसलिए मोटर के N तथा T के मानों में खींचा गया वक्र, मोटर के N तथा I_a के मानों द्वारा खींचे गए वक्र के अनुरूप (identical) होता है।



चित्र 10.3–यान्त्रिक अभिलक्षण।

10.12. डी० सी० मोटरों की अभिलक्षणों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study of characteristics of d. c. motors)

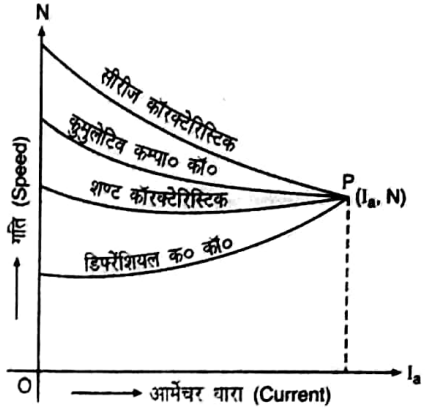
डी० सी० मोटरों के अभिलक्षणों में उचित तुलना करने के लिए तथा अभिलक्षणों के तुलनात्मक अध्ययन में सुविधा के लिए, माना कि विभिन्न प्रकार की सभी मोटरें समान निर्धारित वोल्टता के लिए, समान पूर्णभार धारा पर समान निर्धारित गति तथा समान पूर्णभार बलाघूर्ण रखती हैं। अर्थात् सभी मोटरें समान क्षमता की हैं।

10.12-1. गति अभिलक्षणों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study)

चित्र 10.4 में विभिन्न प्रकार की मोटरों के N/I_a अभिलक्षणिक वक्र प्रदर्शित किए गए हैं।

चित्र 10.4 में सीरीज मोटर के वक्र से स्पष्ट है कि सीरीज मोटर की गति पूर्णभार से निर्भार की ओर तेजी से बढ़ती है और निर्भार पर जाकर अनन्त हो जाती है, जो मोटर के लिए अत्यधिक हानिकारक है। इसीलिए इस मोटर को निर्भार पर प्रवर्त (start) नहीं किया जाता और न निर्भार पर चलाया जाता है। फलतः इन मोटरों का प्रयोग ऐसे कार्यों में किया जाता है, जहाँ पर मोटर के प्रवर्त होने से पहले ही शाफ्ट पर यान्त्रिक भार लगा होता है।

चित्र 10.4 में शंट अभिलक्षिणक वक्र से शंट मोटर की गति, पूर्णभार से निर्भार की ओर धीरे-धीरे थोड़ी-सी बढ़ती हुई प्रतीत होती है। अतः शंट मोटर का वास्तविक अभिलक्षण वक्र चपटा (flat) तथा पूर्णभार की ओर कुछ झुका हुआ होता है। इसका कारण यह है कि भार के बढ़ने पर जब आर्मेचर वोल्टतापात (I_aR_a drop) शंट मोटर की गति को कम करने का प्रयास करता है, तभी तात्क्षणिक आर्मेचर प्रतिक्रिया का विचुम्बकन प्रभाव (demagnetising effect of armature reaction) भी मुख्य क्षेत्र के फ्लक्स (ϕ) को कम करके, गति में होने वाली कमी की पूर्ति करता है। इस प्रकार शंट मोटर की गति निर्भार से पूर्णभार तक लगभग स्थिर रहती है। स्थिर गति अभिलक्षण के कारण ही डी० सी० शंट मोटर का प्रयोग औद्योगिक क्षेत्र में अपेक्षाकृत अधिक होता है। दूसरे निर्भार पर शंट मोटर की गति, सीरीज मोटर की तरह अनन्तता की ओर नहीं होती, अपितु एक निश्चित स्थिर गति होती है।



चित्र 10.4–गति अभिलक्षण की तुलना।

$$\text{सूत्र } N \text{ (r.p.m.)} = \left[\frac{V - I_a R_a}{K\phi}\right]$$

आर्मेचर वोल्टतापात (I_aR_a Voltage drop) $\propto I_a \propto$ Load

डीमॉग्नेटाइजिंग आर्मेचर रिएक्शन (D.M.A.R.) $\propto I_a \propto$ Load

तथा मुख्य क्षेत्र के फ्लक्स (ϕ) $\propto 1/$ (D.M.A.R.)

$$\text{Load} \uparrow \Rightarrow I_a \uparrow \begin{cases} I_a \cdot R_a \uparrow \Rightarrow (V - I_a \cdot R_a) \downarrow \Rightarrow N \downarrow \\ \text{D.M.A.R.} \uparrow \Rightarrow \phi \downarrow \Rightarrow N \uparrow \end{cases}$$

चित्र 10.4 में प्रदर्शित गति अभिलक्षणिक वक्र से विदित होता है कि कूम्पूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर की गति, भार से निर्भार तक, 'शंट एवं सीरीज' मोटरों की गति के मध्य रहती है। गति के निम्नलिखित शुभ गुणों के कारण, औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर को अधिक पसन्द किया जाता है—

(i) क्यूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर में शंट एवं सीरीज दो क्षेत्र (fields) होते हैं; इसलिए इस मोटर की गति का नियन्त्रण दोनों क्षेत्रों द्वारा किया जा सकता है। इस प्रकार निर्भार से लेकर पूर्णभार तक तथा अतिभार पर भी आवश्यकतानुसार, वांछित गति प्राप्त की जा सकती है।

(ii) गति नियन्त्रण की समुचित विधि द्वारा, इस मोटर की गति अभिलक्षण को सीरीज मोटर के समान ही प्राप्त किया जा सकता है; जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$N \propto \left[\frac{I}{\phi_{sh} + \phi_{se}}\right] \quad \text{गति नियन्त्रण हेतु सूत्र}$$

शंट फील्ड फ्लक्स $\phi_{sh} = \text{constant}$

सीरीज फील्ड फ्लक्स $\phi_{se} \propto I_{se} \approx I_a \approx I$ (input current)

(iii) यद्यपि क्यूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर की गति अभिलक्षण, सीरीज मोटर से अधिक मिलती-जुलती है; परन्तु निर्भार पर इस मोटर की गति, सीरीज मोटर की तरह आपत्तिजनक (risky) नहीं होती, अपितु एक सुरक्षित सीमा के अन्तर्गत ही रहती है।

चित्र 10.4 में डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर का गति अभिलक्षण वक्र, अन्य सभी मोटरों के अभिलक्षण वक्रों से नीचे है। इस मोटर में श्रेणी क्षेत्र, पार्श्व क्षेत्र का विरोधी होता है; इसलिए उपयुक्त गति नियन्त्रण द्वारा, इस मोटर की गति अभिलक्षण,

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
128 / 235

शंट मोटर के समान ही स्थिर गति अभिलक्षण प्राप्त की जा सकती है। औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use) कम होता है। इसके मुख्य कारण निम्नलिखित हैं—

(i) अस्थायी गति (Unstable speed)—यद्यपि डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की गति अभिलक्षण, लगभग शंट मोटर के समान होती है; परन्तु निर्भार से पूर्णभार तक, शंट मोटर की गति समान स्थिर नहीं रह पाती; इसलिए इस मोटर की अपेक्षा, शंट मोटर का प्रयोग करना अधिक उचित समझा जाता है।

(ii) अधिभार की स्थितियों में असुरक्षित गति (Unsafe speed in over load conditions)—दूसरे डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की गति, निर्भार से पूर्णभार की ओर बढ़ती है; इसलिए अतिभार पर अति उच्च गति की सम्भावना रहती है। यह मोटर के लिए किसी स्थिति पर संकटमय (risky) साबित हो सकता है अथवा फिर मोटर अतिभारित होकर विपरीत गति पाने के लिए रुक सकती है। इस हालत में मोटर के जलकर नष्ट होने का भय रहता है; इसलिए इस मोटर की अभिकल्पना करते समय, उक्त बातों का ध्यान रखना पड़ता है और इन सब कठिनाइयों से बचने के लिए, इस मोटर का प्रयोग (use) करना उचित नहीं समझा जाता है।

$$\text{सूत्र } N \propto \left[\frac{I}{\phi_{sh} - \phi_{se}}\right]$$

पार्श्व क्षेत्र फ्लक्स ϕ_{sh} = स्थिर (लगभग)

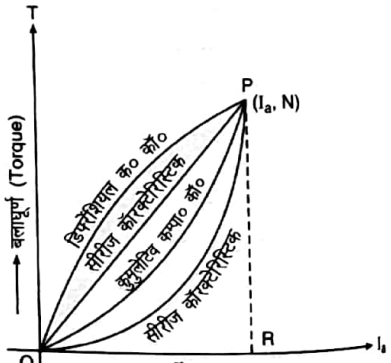
श्रेणी क्षेत्र फ्लक्स $\phi_{se} \propto I_{se} \approx I_a \approx I$ (भार धारा)

10.12-2. बलाघूर्ण अभिलक्षणों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study)

चित्र 10.5 में प्रदर्शित विभिन्न प्रकार की सभी मोटरों के बलाघूर्ण अभिलक्षणिक (T_a / I_a) वक्र, निर्भार से पूर्णभार की ओर बढ़ते हुए, मोटर के आर्मेचर टॉर्क $T_a = K\phi I_a$, समीकरण को सन्तुष्ट करते हैं। निर्भार पर मोटर में आर्मेचर करेन्ट (I_a) का मान न्यून, लगभग शून्य होने के कारण आर्मेचर टॉर्क (T_a) का मान भी न्यून, लगभग शून्य होगा। इसलिए सभी वक्रों को आधार बिन्दु O से आरम्भ होते हुए प्रदर्शित किया गया है।

चित्र 10.5 में प्रदर्शित सीरीज मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण (T_a / I_a) वक्र सभी अभिलक्षण वक्रों के नीचे है। यह वक्र, आर्मेचर टॉर्क $T_a = K_{se} I_a^2$ समीकरण को निर्भार से पूर्णभार तक लगभग सन्तुष्ट करता है। यह आर्मेचर टॉर्क समीकरण, एक परवलय समीकरण ($y = mx^2$) का ही रूप है। सीरीज मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण (T_a / I_a) वक्र, परवलय के आकार के अनुरूप होता है, जैसा कि चित्र से विदित है। सीरीज मोटर में आर्मेचर टॉर्क, आर्मेचर करेन्ट के वर्ग का समानुपाती होता है; इसलिए इस मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण अति उच्च होता है। यही कारण है कि मोटर संकर्षण कार्य के लिए सर्वोत्तम समझी जाती है।

चित्र 10.5 में प्रदर्शित, शंट मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण (T_a / I_a) वक्र, निर्भार से पूर्णभार की ओर सीधी लगभग एक सरल रेखा में तेजी से बढ़ता हुआ प्रतीत होता है; परन्तु जैसे-जैसे भार बढ़ता जाता है, वह झुककर धनुषाकार होता जाता है। इसका कारण यह है कि कम भार पर तथा स्थिर प्रदायी वोल्टता पर, जब फ्लक्स (ϕ) लगभग स्थिर रहता है, तब वक्र; आर्मेचर टॉर्क $T_a = K_{sh} I_a$ समीकरण को सन्तुष्ट करता है, जो एक सरल रेखा ($y = mx$) समीकरण है; परन्तु जैसे-जैसे भार बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे फ्लक्स (ϕ) की स्थिरता कम होती जाती है; क्योंकि भार के बढ़ने से प्रदायी वोल्टता में कमी तथा आर्मेचर रीऑक्शन में बढ़ोत्तरी होती है, जो शंट फील्ड से उत्पादित फ्लक्स (ϕ) की मात्रा को कम कर देती है; इसलिए, पूर्णभार तथा अतिभार पर वक्र सरल रेखा

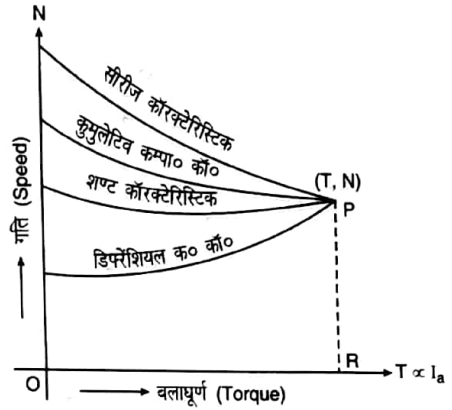


चित्र 10.5–बलाघूर्ण अभिलक्षणों की तुलना।

समीकरण का दृढ़ता से अनुगामी न होने के कारण, धनुष की तरह नीचे की ओर झुकता चला जाता है, जैसा कि चित्र 10.5 से स्पष्ट है।

चित्र 10.5 में प्रदर्शित क्यूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण (T_a / I_a) वक्र 'शंट एवं सीरीज' मोटर अभिलक्षणिक वक्रों के मध्य दर्शाया गया है। यह वक्र आर्मेचर टॉर्क $T_a = (K_{sh} I_a + K_{se} I_a^2)$ समीकरण का पदागमन करता है। इस मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण सीरीज मोटर से मिलती-जुलती है तथा इस मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण भी उच्च होता है।

चित्र 10.5 में प्रदर्शित, डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर का बलाघूर्ण अभिलक्षण (T_a / I_a) वक्र सभी वक्रों से ऊपर स्थापित है। यह वक्र, आर्मेचर बलाघूर्ण $T_a = (K_{sh} I_a - K_{sh} I_a^2)$ समीकरण का पदागमन करता है; इसलिए इस मोटर का बलाघूर्ण, निर्भार से भार की ओर अन्य मोटरों की अपेक्षा, तेजी से बढ़ता है; परन्तु पूर्णभार तथा अतिभार पर जाकर धीमा पड़ जाता है। इस मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण शंट मोटर से मिलती-जुलती हुई कुछ अधिक वक्रीय (टेढ़ी), तने हुए धनुष की तरह होती है, जैसा कि चित्र 10.5 से स्पष्ट है।



चित्र 10.6–यान्त्रिक अभिलक्षणों की तुलना

10.12-3. यान्त्रिक अभिलक्षणों का तुलनात्मक अध्ययन (comparative study)

चित्र 10.6 में प्रदर्शित विभिन्न प्रकार के मोटरों के N/T अभिलक्षण वक्र, अन्य दोनों उक्त अभिलक्षणों (N/I_a तथा T/I_a) की सहायता से प्राप्त किए गए हैं। आर्मेचर टॉर्क $T_a = K\phi I_a$ समीकरण से, T_a तथा I_a में, $T_a \propto I_a$ सम्बन्ध व्यक्त होता है; इसलिए N/T वक्र का आकार N/I_a वक्र के अनुरूप होगा। यही कारण है कि चित्र 10.6 में प्रदर्शित सभी N/T वक्र चित्र 7.4 में प्रदर्शित N/I_a वक्रों के अनुरूप हैं; इसलिए सभी मोटरों के यान्त्रिक अभिलक्षणों का तुलनात्मक विवरण, गति अभिलक्षणों के समान ही होगा।

डी० सी० मोटरों के अभिलक्षण तथा अनुप्रयोग सम्बन्धी तालिका

प्ररूप	अभिलक्षण (Characteristics)		अनुप्रयोग (Applications)
शंट	(i)	लगभग स्थिर गति (constant speed)	इसका प्रयोग (use) स्थिर गति पर चलने वाले यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण तथा औजारों के लिए होता है; जैसे— पम्प, फैन, ब्लोअर, लैथ, ड्रिल आदि कार्यशाला तथा उद्योगों की मशीनें।
	(ii)	समंजनीय गति (adjustable speed)	
	(iii)	मध्यम आरम्भिक बलाघूर्ण (medium starting torque)	

Scanned with CamScanner
129 / 235

सीरीज	(i) (ii) (iii)	परिवर्तनीय गति (variable speed) समंजनीय परिवर्तनीय गति (adjustable variable speed) उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण (high starting torque)	इसका प्रयोग (use) परिवर्तनीय गति पर उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण के भारी-भरकम कार्यों में होता है; जैसे—लिफ्ट एवं क्रेन, होइस्ट एवं हाउलेज, ट्रेन, ट्रॉम, ट्रोली आदि ट्रेक्शन वर्क।
कम्पाउण्ड	(i) (ii) (iii)	परिवर्तनीय गति (varibale speed) समंजनीय परिवर्तनीय गति (adjustable variable speed) उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण (high starting torque)	इसका प्रयोग भी खानों तथा कारखानों में परिवर्तनीय गति पर उच्च बलाघूर्ण के भारी-भरकम औद्योगिक कार्यों में होता है—जैसे शीयरिंग एवं पंचिंग मशीनें, कनवेयर्स एवं एलिवेटर्स, प्लेनर्स, रोलर्स आदि।

महत्त्वपूर्ण प्रश्नोत्तरी
(Important Questions and Answers)

प्रश्न 1—दिष्टवर्ती वैद्युत शक्ति संयन्त्र (d. c. power plant) पर किस प्रकार के डी० सी० जेनरेटर की स्थापना (installation) की जाती है और क्यों?

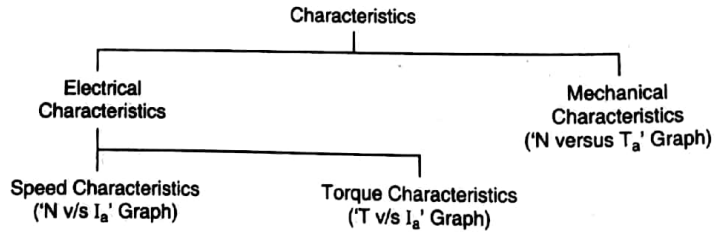
उत्तर—दिष्टवर्ती वैद्युत शक्ति संयन्त्र (d. c. p. p.) पर प्राय: क्यूम्यूलेटिव टाइप डी० सी० कम्पाउण्ड जेनरेटर का स्थापन किया जाता है; क्योंकि यह बहु-अभिलक्षण प्ररूपी दिष्टधारा जनित्र (multi-characteristics type d. c. generator) है, जो कम दूरी, मध्यम दूरी, अधिक दूरी आदि सभी प्रकार की दूरियों वाले वैद्युत भार (load) के लिए, अति उपयुक्त (most suitable) होता है (देखिए 8.18-4)।

प्रश्न 2—डी० सी० सीरीज मोटर का प्रयोग (use) किस सर्वाधिक भारी कार्य (most heavy work) के लिए होता है और क्यों?

उत्तर—डी० सी० सीरीज मोटर का प्रयोग पटरीपथ वैद्युत संकर्षण कार्य (railway electric traction work) के लिए होता है, जो सर्वाधिक भारी कार्य है। इसका प्रमुख कारण यह है कि डी० सी० सीरीज मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) अत्यधिक होता है; क्योंकि इसके बलाघूर्ण (T) का मान, इसकी भारधारा (I) के वर्ग के समानुपाती ($T \propto I^2$) होता है (देखिए 10.9)।

सारांश (SUMMARY)

1. डी० सी० मोटर के अभिलक्षणों का वर्गीकरण (Classification)



2. डी० सी० मोटर के आर्मेचर-करेन्ट (I_a) सम्बन्धी अनुपाती सूत्रों की सम्बन्धता तथा उनका विश्लेषण (Relationship and their Analysis)

$$I_a = \left(\frac{V - E_b}{R}\right) = \left(\frac{V - K\phi N}{R}\right) \text{ ऐम्पियर}$$

Hence $I_a \propto (V - E_b) = (V - K\phi N)$;

$I_a \propto V$ तथा $I_a \propto \frac{1}{R} = \frac{1}{R_a}$ या $\left(\frac{1}{R_a + R_{se}}\right)$

(Where $R = R_a$ for d. c. shunt motor and $R = (R_a + R_{se})$ for d. c. series motor and also for long shunt d. c. compound motor)

3. डी० सी० मोटर के गति (N) सम्बन्धी अनुपाती सूत्रों की सम्बन्धता तथा उनका विश्लेषण (Relationship and their Analysis)

$$N = \frac{E_b}{K \cdot \phi} = \left(\frac{V - I_a R}{K\phi}\right) \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)}$$

Hence, $N \propto E_b = (V - I_a R) =$ Approximate constant before over loading

$$N \propto \frac{1}{\phi} \propto \frac{1}{I_f} \quad \text{तथा} \quad N \propto V$$

Where $R = R_a$ and $I_f = I_{sh}$ for d. c. shunt motor,

$R = (R_a + R_{se})$ and $I_f = I_{se}$ for d. c. series motor

$R = (R_a + R_{se})$ and $I_f = (K_{sh} I_{sh} + K_{se} I_{se})$ for cumulative type long shunt d. c. compound motor.

4. डी० सी० मोटर का आर्मेचर टॉर्क (T_a) सम्बन्धी सूत्र तथा इसका विश्लेषण (Formula and its analysis)

$$T_a = K\phi I_a \qquad \left(\text{where constant } K = \frac{PZ}{2\pi A}\right)$$

Hence $T_a \propto \phi$ and $T_a \propto I_a$

Where $\phi \propto I_f = I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} =$ constant for d. c. shunt motor

$\phi \propto I_f = I_{se} = I_a$ for d.c. series motor.

$\phi \propto I_f = (K_{sh} I_{sh} + K_{se} + I_{se})$ for a cumulative type d. c. compound motor.

$\phi \propto I_f = (K_{sh} I_{sh} - K_{se} + I_{se})$ for a differential type d. c. compound motor.

5. डी० सी० मोटरों के गति अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (Graphical formula)

(A) डी० सी० शंट मोटर का गति अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (graphical formula)

गति, $N \propto$ Approximate constant अत: $N = K_1$

अर्थात् डी० सी० शंट मोटर की गति (N) लगभग स्थिर (constant) रहती है।

(B) डी० सी० सीरीज मोटर का गति अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (graphical formula)

गति $N \propto \frac{1}{I_a}$ अत: $N = \frac{K_2}{I_a}$

अर्थात् डी० सी० सीरीज मोटर की गति (N) आर्मेचर करेन्ट (I_a) के विलोमानुपाती होती है।

(C) डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर का गति अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (graphical formula)

$$N \propto \left(K_1 + \frac{K_2}{I_a}\right) \text{ for cumulative compound motor.}$$

MKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
130 / 235

$$N \propto \left(K_1 - \frac{K_2}{I_a}\right) \text{ for differential compound motor.}$$

6. **डी० सी० मोटरो के आर्मेचर टॉर्क अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र**
(A) डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर टॉर्क अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (graphical formula)
आर्मेचर टॉर्क $T_a \propto I_a$ अत: $T_a = K_3 I_a$
अर्थात् डी० सी० शंट मोटर का आर्मेचर टॉर्क (T_a) आर्मेचर करेन्ट (I_a) के समानुपाती होता है।
(B) डी० सी० सीरीज मोटर का आर्मेचर टॉर्क अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (g. f.)
आर्मेचर टॉर्क $T_a \propto I_a^2$ अत: $T_a = K_4 I_a^2$
अर्थात् डी० सी० सीरीज मोटर का आर्मेचर टॉर्क (T_a) आर्मेचर करेन्ट के वर्ग (I_a^2) के समानुपाती होता है।
(C) डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर का आर्मेचर टॉर्क अभिलक्षण सम्बन्धी आलेखी सूत्र (g.f.)

$$T_a \propto (K_3 I_a + K_4 I_a^2) \text{ for cumulative compound motor.}$$

$$T_a \propto (K_3 I_a - K_4 I_a^2) \text{ for different compound motor.}$$

7. **डी० सी० मोटरो की यान्त्रिक अभिलक्षणे (characteristics)**
चूँकि आर्मेचर टॉर्क $T_a = K \phi I_a$ न्यूटन-मीटर इसलिए $T_a \propto \phi \propto I_f$ तथा $T_a \propto I_a$
इस प्रकार समानुपाती सूत्र $T_a \propto I_a$ से सिद्ध (स्पष्ट) होता है कि सभी यान्त्रिक अभिलक्षणे ('N versus T_a' Graphs) भी गति अभिलक्षणों ('N versus I_a' Graphs) के अनुरूप (identical) होंगी।

डी० सी० मोटर के अभिलक्षण सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (Important true statements)

1. घूर्णी मशीन (rotating machine) की निर्धारित गति (rated speed) को—सामान्य गति (normal speed), आधार गति (base speed), मूल गति (root speed), स्वगति (self speed) आदि नामो से जाना जाता है।
2. डी० सी० मोटर पर भार (load) के बढ़ने से आर्मेचर करेन्ट बढ़ती है। फलत: निवेश धारा (input current) बढ़ती है।
3. डी० सी० मोटर पर भार (load) के बढ़ने से आर्मेचर वोल्टेज ड्रोप ($I_a R_a$) बढ़ता है। फलत: आर्मेचर मे विकसित-विरोधी विद्युत वाहक बल (back e. m. f.) घटता है; क्योंकि $E_b = (V - I_a R_a)$ वोल्ट होता है।
4. डी० सी० डिफरेंशिअल कम्पाउण्ड मोटरो को छोड़कर सभी डी० सी० मोटरो की गति भार के बढ़ने मे घटती है।
5. भार के बढ़ने से डी० सी० शंट मोटर की गति अतिकम घटती है; अर्थात् लगभग स्थिर (constant) रहती है; क्योंकि $N \propto E_b$ (approximately constant)।
6. भार के बढ़ने से डी० सी० सीरीज मोटर की गति अत्यधिक घटती है; क्योंकि $N \propto \frac{1}{\phi}$ तथा $\phi \propto I_{se} = I_a = I$ (input current) होता है।
7. भार के बढ़ने से डी० सी० क्मूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर की गति अधिक घटती है; परन्तु डी० सी० सीरीज मोटर की अपेक्षा कम घटती है।
8. भार (load) के बढ़ने से डी० सी० डिफरेंशिअल कम्पाउण्ड मोटर की गति (speed) बढ़ती है।
9. डी० सी० मोटर पर भार (load) के बढ़ने से आर्मेचर करेन्ट (I_a) बढ़ती है और आर्मेचर करेन्ट के बढ़ने से आर्मेचर में विकसित टॉर्क (T) बढ़ता है; क्योंकि $T \propto I_a \propto$ Load होता है।
10. डी० सी० शंट मोटर मे आर्मेचर करेन्ट (I_a) के बढ़ने से आर्मेचर टॉर्क (T) धारा के अनुसार समान रूप से बढ़ता है क्योंकि $T \propto I_a$ होता है।
11. डी० सी० सीरीज मोटर में आर्मेचर करेन्ट (I_a) के बढ़ने से आर्मेचर टॉर्क (T) अति तीव्रता के साथ बढ़ता है; क्योंकि इसमें $T \propto I_a^2$ होता है और $I_a = I_{se} = I$ ऐम्पियर होता है।

12. डी० सी० क्मूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर मे आर्मेचर करेन्ट (I_a) के बढ़ने से आर्मेचर टॉर्क (T) तीव्रता के साथ बढ़ता है; अर्थात् शंट मोटर से अधिक तथा सीरीज मोटर से कम बढ़ता है। अथवा उक्त दोनों मोटरों का औसत (average) होता है।
13. डी० सी० मोटरों के अभिलक्षण खींचते समय गति (N) को सदैव Y-अक्ष पर लिया जाता है।
14. डी० सी० मोटरो के N v/s I_a तथा N v/s T अभिलक्षणें एक-सी (similar) होती हैं।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. डी० सी० मोटरों की अभिलक्षणो से आपका क्या तात्पर्य है? समझाइए। ***(U. P. 2004)***
2. अभिलक्षणों की उपयोगिता (utility) पर प्रकाश डालिए।
3. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी (short note) लिखिए—
(i) डी० सी० शंट मोटर की अभिलक्षणे तथा उसके अनुप्रयोग (applications)
(ii) डी० सी० सीरीज मोटर की अभिलक्षणें तथा उसके अनुप्रयोग (applications)
(iii) डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर की अभिलक्षणे तथा उसके अनुप्रयोग (applications)
(iv) डी० सी० मोटरो की N v/s I_a अभिलक्षणों की उपयोगिता (utility)
(v) डी० सी० मोटरों की T v/s I_a अभिलक्षणों की उपयोगिता (utility)
(vi) डी० सी० मोटरो की N v/s T अभिलक्षणों की उपयोगिता (utility)
(vii) डी० सी० मोटरों की अभिलक्षणें (characteristics of d. c. motors)।
4. डी० सी० सीरीज मोटर के N/I_a तथा N/T अभिलक्षण वक्रों को प्रस्तुत करते हुए, मोटर की उपयुक्तता व अनुपयुक्तता स्पष्ट कीजिए।
5. प्रयोगशाला में प्राय: डी० सी० शंट मोटर ही आद्यचालक के रूप में अति उपयुक्त है। अभिलक्षण वक्र की सहायता से इस कथन की पुष्टि कीजिए।
6. क्मूम्यूलेटिव कम्पाउण्ड मोटर के लिए मुख्य अभिलक्षण वक्र प्रस्तुत करते हुए, इस मोटर की उपयोगिताएँ लिखिए।
7. डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की अभिलक्षण वक्रें खींचिए और इस मोटर की व्यावहारिक रूप से अनुपयोगिता सिद्ध कीजिए।
8. विभिन्न प्रकार की डी० सी० मोटरों के स्पीड-टॉर्क कर्व बनाइए और इन मोटरों के उपयोगों की विवेचना कीजिए।
9. शंट एवं सीरीज, डी० सी० मोटरों के बलाघूर्ण-चाल अभिलक्षणों को चित्रित कीजिए और उनके आधार पर इन मोटरों के अनुप्रयोगों की व्याख्या कीजिए। ***(U. P. 2002)***
10. विभिन्न डी० सी० मोटरों के अभिलक्षण खींचिए और प्रत्येक का कम से कम एक अनुप्रयोग भी दीजिए। ***(U. P. 2004)***
11. विद्युत संकर्षण कार्यों के लिए आप कौन-सी मोटर का चुनाव करेंगे? कारण दीजिए। ***(U. P. 2001)***
12. डी० सी० मोटरों के उपयोग लिखिए। ***(U. P. 2007)***
13. निम्नलिखित डी० सी० मोटरों के अभिलक्षण तथा अनुप्रयोग लिखिए—
(i) श्रेणीबद्ध, (ii) पार्श्वबद्ध, (iii) संचयी संयोजीबद्ध, (iv) विभेदी संयोजीबद्ध।
14. सिद्ध कीजिए कि डी० सी० सीरीज मोटर में विकसित बलाघूर्ण, आर्मेचर धारा के वर्ग के समानुपाती होता है।
15. डी० सी० शंट, सीरीज व कम्पाउण्ड मोटरों के एक ही चित्र पर बलाघूर्ण (T)/ आर्मेचर धारा (I_a) अभिलक्षण खींचिए और प्रत्येक के अनुप्रयोग लिखिए। ***(U. P. 2003)***
16. डी० सी० सीरीज मोटर को निर्भार पर क्यों नहीं चलाना चाहिए?
17. डी० सी० सीरीज मोटर के महत्त्वपूर्ण अभिलक्षणों का वर्णन कीजिए और बताइए कि यह मोटर किन सेवाओं के लिए उपयुक्त है?

Scanned with CamScanner
131 / 235

18. शंट सीरीज तथा कम्पाउण्ड मोटरों के एक ही चित्र पर 'बलाघूर्ण-आर्मेचर धारा' अभिलक्षण खींचिए।
19. शंट सीरीज तथा कम्पाउण्ड मोटरों के लिए 'बलाघूर्ण-आर्मेचर धारा' अभिलक्षण खींचिए तथा प्रत्येक का एक अनुप्रयोग लिखिए।
20. किस प्रकार के भारों (loads) के लिए डी० सी० सीरीज शंट तथा कम्पाउण्ड मोटरें उपयुक्त हैं? उनके नाम लिखिए। अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।
21. एक दिष्टधारा श्रेणी मोटर के निम्नलिखित अभिलक्षणों को खींचिए और उनके अनुप्रयोग दीजिए—
(i) चाल-बलाघूर्ण, (ii) बलाघूर्ण-आर्मेचर धारा, (iii) चाल-आर्मेचर धारा।
22. दिष्टधारा मोटरों के अभिलक्षण तथा अनुप्रयोगों पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
23. सीरीज मोटर का स्टार्टिंग टॉर्क, उसी निर्धारण की शंट मोटर के स्टार्टिंग टॉर्क से अधिक क्यों होता है?
24. दि० धा० श्रेणी तथा शंट वाउण्ड मोटरों के बलाघूर्ण-चाल अभिलक्षण खींचिए। इन वक्रों की सहायता से इन मोटरों के अनुप्रयोगों को समझाइए। *(U. P. 2006)*
25. दिष्टधारा मोटर के अभिलक्षणों को समझाइए।
26. निम्नलिखित सत्य कथनों (true statements) को कारण सहित समझाइए अर्थात् क्या कारण है कि—
(i) डी० सी० शंट मोटर की गति लगभग स्थिर (constant) रहती है।
(ii) डी० सी० सीरीज मोटर की गति अतिपरिवर्तनीय (variable) होती है।
(iii) डी० सी० सीरीज मोटर को कभी भी निर्भार (no load) पर नहीं चलाया जाता।
(iv) संकर्षण कार्यों के लिए डी० सी० सीरीज मोटर को अति उपयुक्त समझा जाता है।
(v) शंट मोटर की अपेक्षा, सीरीज मोटर की अतिभार क्षमता अधिक होती है।
(vi) डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की गति, भार के बढ़ने से बढ़ती है।
(vii) डिफरेन्शियल कम्पाउण्ड मोटर की उपयोगिता (utility) अतिकम है।
(viii) सभी डी० सी० मोटरों के N/I_a तथा N/T_a अभिलक्षण एकरूप होते हैं।
(ix) अतिभार पर डी० सी० शंट मोटर की अपेक्षा, सीरीज मोटर अधिक सुरक्षित रहती है।
(x) डी० सी० शंट मोटर की अपेक्षा, सीरीज मोटर का बलाघूर्ण अधिक होता है।
(xi) डी० सी० सीरीज मोटर की अपेक्षा, शंट मोटर की गति अधिक स्थिर (स्थायी) है।
(xii) लिफ्ट एवं क्रेन में डी० सी० कम्पाउण्ड मोटर का प्रयोग होता है।
(xiii) रेलवे ट्रेक्शन में डी० सी० सीरीज मोटर का प्रयोग होता है।
(xiv) लेथ मशीन के लिए डी० सी० शंट मोटर का प्रयोग होता है।

11 डी० सी० मोटरों का गति नियन्त्रण
[SPEED CONTROL OF D.C. MOTORS]

Methods of Speed Control

Flux Control Method	Rheostatic Control Method	Voltage Control Method
OR	***OR***	***OR***
Magnetic Field Control Method	Armature Control Method	Applied Voltage Control Method
Dependency	**Dependency**	**Dependency**
$\text{Speed} \propto \frac{1}{\text{Flux}}$	$\text{Speed} \propto \frac{1}{\text{Armature V.D.}}$	Speed α Voltage
$N \propto \frac{1}{\phi\downarrow}$	$N \propto \frac{1}{I_a R_a \uparrow}$	$N \propto V\uparrow\downarrow$
$\phi \propto I_f \propto \frac{1}{R_f \uparrow}$	$N \propto \frac{1}{R_a \uparrow}$	
(It is used for above the normal speed of d.c. motors)	(It is used for below the normal speed of d.c. motors)	(It is used for above and below the normal speed of d.c. motors)

↑ ⇒ केवल बढ़त के लिए प्रतीक (symbol for increasing only)
↓ ⇒ केवल घटत के लिए प्रतीक (symbol for decreasing only)
↑↓⇒ उक्त दोनों के लक्ष्यों लिए प्रतीक (symbol for above both aims)

11.1. परिचय (Introduction)

वांछनीय गति प्राप्त करना गति नियन्त्रण कहलाता है। यन्त्र तथा वाहनों में गति नियन्त्रण की आवश्यकता निम्नलिखित कारणों से होती है—

(i) विभिन्न तकनीकी क्षेत्रों में भिन्न-भिन्न प्रकार के कार्यों को सुचारू रूप से करने के लिए। अर्थात् कार्यों को अधिक प्रभावकारी (effectively), दक्षकारी (efficiently) व सक्षमकारी (powerfully) ढंग से सफलतापूर्वक करने हेतु।
(ii) जान और माल (man and material) की सुरक्षा के लिए।
(iii) दुर्घटनाओं की रोकथाम के लिए (to avoid the accidents)।
(iv) कॉम्प्यूटेटर टाइप मोटरों में स्फुलन (sparking) को रोकने के लिए आदि।

विभिन्न गतियों को निम्नलिखित तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) न्यून गति (Low speed)— 1000 चक्र प्रति मिनट (r.p.m.) से कम।
(ii) मध्यम गति (Medium speed)— 1000 r.p.m. से 2000 r.p.m. तक।
(iii) उच्च गति (High speed)— 2000 चक्र प्रति मिनट (r.p.m.) से ऊपर।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
132 / 235

यद्यपि आजकल ए० सी० मोटरों की अपेक्षा, डी० सी० मोटरों की उपयोगिता कुछ कम है, परन्तु ए० सी० मोटरों की अपेक्षा, डी० सी० मोटरों में गति नियन्त्रण श्रेष्ठ तथा विस्तृत परास में होने के कारण, इनका आधुनिक उद्योगों में विशेष महत्त्व है। इस अध्याय में इन्हीं डी० सी० मोटरों के गति नियन्त्रणों की विविध विधियों का विस्तृत वर्णन किया गया है।

11.2. पारभाषिक शब्दावली (Defining Tefining)

गति नियन्त्रण (Speed control)—गति को इच्छा अनुसार घटाना व बढ़ाना, गति नियन्त्रण कहलाता है। इसमें वांछित गति प्राप्त होती है।

सामान्य गति (Normal speed)— निर्भार पर मोटर की वह अधिकतम मुक्त गति, जिस पर किसी गति नियन्त्रण करने वाली युक्ति का प्रयोग (use) न किया गया हो। इसे मोटर की निर्धारित गति (rated speed) भी कहते हैं।

धारा नियन्त्रक (Current controller)—वैद्युत परिपथ का श्रेणी में सम्बद्ध, वह परिवर्तनीय प्रतिरोध, जो परिपथ की धारा को नियन्त्रित करता है।

क्षेत्र धारा नियन्त्रक (Field rheostat)—चुम्बकीय क्षेत्र के श्रेणी में सम्बद्ध वह परिवर्तनीय प्रतिरोध, जो धारा को नियन्त्रित करता है।

आर्मेचर धारा नियन्त्रक (Armature rheostat)— आर्मेचर की श्रेणी में सम्बद्ध वह परिवर्तनीय प्रतिरोध, जो धारा को नियन्त्रित करता है।

नियामक (Regulator)— परिपथ में अवयव (element) के श्रेणी में सम्बद्ध, वह परिवर्तनीय प्रतिरोध, जो किसी चर राशि (variable quantity) को नियमित करता है।

अपसारक अर्थात् अपवर्तक (Divertor)— परिपथ में अवयव के समान्तर में सम्बद्ध, वह परिवर्तनीय प्रतिरोध, जो किसी चर राशि (i or q) का अपवर्तन (diversion) करता है।

स्तम्भी धारा अर्थात् स्टालिंग करेन्ट (Stalling current)—वह भार धारा, जिस पर मोटर की गति, शून्य हो जाती है, अर्थात् मोटर का चलना (घूमना) बन्द हो जाता है, मोटर की स्तम्भी धारा कहलाती है।

11.3. गति समीकरण की व्युत्पत्ति (Derivation of speed equation)

डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = \frac{\phi PZN}{60A} \text{ वोल्ट} \qquad \text{...विद्युत-वाहक बल समीकरण (i a)}$$

उक्त समीकरण में, $\frac{PZ}{60A} = K$ (constant) रखने पर प्राप्त समीकरण

$$E_b = K\phi N, \text{ वोल्ट} \qquad \text{...विद्युत-वाहक बल समीकरण (i b)}$$

$$N = \frac{E_b}{K\phi}, \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)} \qquad \text{...गति समीकरण (ii a)}$$

डी० सी० मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = (V - I_a R) \text{ वोल्ट} \qquad \text{...समीकरण (iii)}$$

यहाँ पर R विभिन्न मोटरों में आर्मेचर सर्किट का सम्पूर्ण प्रतिरोध है। अर्थात् शंट मोटर के लिए,

$$R = R_a$$

सीरीज मोटर के लिए, $R = (R_a + R_{se})$

उक्त समीकरण (iii) से E_b का मान समीकरण (ii a) में रखने पर

$$N = \left(\frac{V - I_a R}{K\phi}\right) \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)} \qquad \text{... गति समीकरण (ii b)}$$

अर्थात्

$$\text{गति } N \propto \left(\frac{V - I_a R}{\phi}\right) \qquad \text{...समानुपाती सम्बन्धता}$$

11.4. गति समीकरण का विश्लेषण (Analysis of speed equation)

उक्त गति समीकरण (ii b) द्वारा प्राप्त सम्बन्धता (relationship)—

(i) $N \propto 1/\phi$ अर्थात् गति और फ्लक्स परस्पर, विलोमानुपाती (inversely proportional) होते हैं।

(ii) $N \propto E_b$ अथवा $(V - I_a R)$ अर्थात् गति और विरोधी विद्युत-वाहक बल परस्पर, प्रत्यक्ष समानुपाती (directly proportional) होते हैं।

(iii) $N \propto V$ अर्थात् गति और प्रदायी वोल्टता परस्पर, प्रत्यक्ष समानुपाती (directly proportional) होते हैं।

11.5. गति नियन्त्रण के कारक (Factors of speed control)

उक्त समीकरण (ii b) के अनुसार, डी० सी० मोटर की गति निम्नलिखित तीन कारकों पर निर्भर करती है—

प्रथम कारक—वेबर मात्रक में प्रति चुम्बकीय ध्रुव के फ्लक्स (ϕ)

द्वितीय कारक—वोल्ट मात्रक में आर्मेचर के आरपार (across) वोल्टतापात ($I_a R_a$)

तृतीय कारक—वोल्ट मात्रक (volt unit) में मोटर की प्रदायी वोल्टता (V)

टिप्पणी (Note)—इन्हीं उक्त कारकों को परिवर्तित कर, मोटर की गति को नियन्त्रित किया जाता है।

11.6. गति नियन्त्रण की विधियाँ (Methods of speed control)

(i) चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि (Magnetic field control method)

(ii) आर्मेचर नियन्त्रण विधि (Armature control method)

(iii) प्रयुक्त वोल्टता नियन्त्रण विधि (Applied voltage control method)

11.7. मूल गति नियन्त्रण विधियों के विशेष गुणधर्म (Specialities of basic speed control methods)

11.7.1. क्षेत्र नियन्त्रण विधि की विशेषताएँ (Specialities).

(i) इस विधि में चुम्बकीय फ्लक्स के घटने से गति बढ़ती है और चुम्बकीय फ्लक्स के बढ़ने से गति घटती है, क्योंकि गति समीकरण (ii b) द्वारा—

$$\text{मोटर की गति } (N) \propto \frac{1}{\text{चुम्बकीय फ्लक्स } (\phi)}$$

(ii) इस विधि में मोटर की सामान्य गति से ऊपर की गति नियन्त्रित होती है।

(iii) इस विधि में मोटर की सामान्य गति से न्यून गति प्राप्त नहीं होती है।

(iv) इस विधि से मोटर का प्रवर्त या आरम्भ (start) होना सम्भव नहीं है।

(v) इस विधि से मोटर की दक्षता (efficiency) कुछ कम हो जाती है।

(vi) इस विधि से सरकन गति (creeping speed) प्राप्त नहीं होती है।

(vii) इस विधि के अन्तर्गत, क्षेत्र-नियामक (field regulator) अथवा नियन्त्रक (controller) में ऊष्मा उत्पादन कम होता है।

(viii) गति नियन्त्रण की यह विधि अति मितव्ययी (more economical) है।

(ix) इससे मोटर की अश्व-शक्ति (horse power) लगभग स्थिर रहती है।

(x) इस विधि से मोटर की स्थायी गति (stable speed) प्राप्त होती है।

11.7.2. आर्मेचर नियन्त्रण विधि की विशेषताएँ (Specialities)

(i) इस विधि में आर्मेचर परिपथ का वोल्टतापात (IR-drop) बढ़ने से गति घटती है और आर्मेचर परिपथ का वोल्टतापात (armature drop) घटने से गति बढ़ती है। क्योंकि गति समीकरण (ii b) द्वारा —

मोटर की गति $N \propto (V - IR)$

Scanned with CamScanner

(ii) इस विधि में मोटर की सामान्य गति से नीचे की गति नियन्त्रित होती है।
(iii) इस विधि में मोटर की सामान्य गति से ऊपर की गति प्राप्त नहीं होती है।
(iv) इस विधि से मोटर का प्रवर्त या आरम्भ (start) होना सम्भव है।
(v) इस विधि से मोटर की दक्षता (efficiency) अतिकम (very less) हो जाती है।
(vi) इस विधि से धीमी गति अर्थात् सरकन गति (creeping speed) प्राप्त होती है।
(vii) इस विधि के अन्तर्गत, नियन्त्रण में उत्पादित ऊष्मा के विसरण (dissipation) के लिए कीमती व्यवस्था करनी पड़ती है।
(viii) गति नियन्त्रण की यह विधि अमितव्ययी (uneconomical) है।
(ix) इससे गति के अनुपात में ही मोटर की अश्व-शक्ति (horse power) घट जाती है।
(x) इस विधि के अन्तर्गत, मोटर की स्थायी गति प्राप्त नहीं होती है। अत: वैद्युत भार के बढ़ने तथा घटने पर मोटर की गति शीघ्रता से क्रमश: घटती तथा बढ़ती है, क्योंकि—

बलाघूर्ण $T = K\phi I_a$ न्यूटन-मीटर (मात्रक)

11.7.3. प्रदायी वोल्टता नियन्त्रण विधि की विशेषताएँ (Specialities)

(i) इस विधि के अन्तर्गत, प्रदायी वोल्टता के घटने से गति घटती है और प्रदायी वोल्टता के बढ़ने से गति बढ़ती है, क्योंकि गति समीकरण (ii b) द्वारा मोटर की गति N प्रदायी वोल्टता के समानुपाती होती है। अर्थात् $N \propto V$
(ii) इस विधि में, मोटर की सामान्य गति (normal speed) से नीचे की गति तथा ऊपर की गति अर्थात् दोनों गतियाँ नियन्त्रित होती है।
(iii) इस विधि से मोटर की न्यून तथा उच्च, दोनों गतियाँ (both speeds) प्राप्त होती है।
(iv) इस विधि से मोटर का प्रवर्त या आरम्भ (start) होना सम्भव है।
(v) इस विधि से मोटर की दक्षता (efficiency) अतिकम हो जाती है।
(vi) इस विधि से धीमी गति अर्थात् सरकन गति (creeping speed) प्राप्त होती है।
(vii) इस विधि के अन्तर्गत प्रयुक्त वोल्टता की नियन्त्रण युक्ति महँगी होती है।
(viii) गति नियन्त्रण की यह विधि महँगी अर्थात् अमितव्ययी साबित होती है।
(ix) मोटर में प्रयुक्त वोल्टता के घटाने से, मोटर की अश्व-शक्ति (horse power) घट जाती है और मोटर अतिभारित होकर कार्य करने लगती है।
(x) इस विधि से मोटर की स्थायी गति (stable speed) प्राप्त नहीं होती।

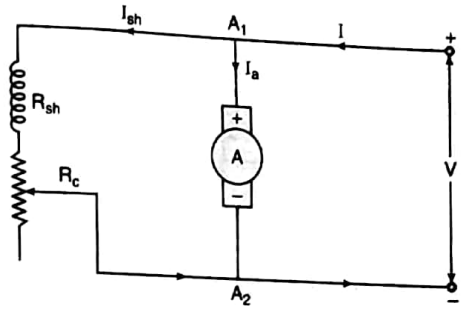
11.8. डी० सी० शंट तथा कम्पाउण्ड मोटरों का गति नियन्त्रण (Speed control of shunt and compound motors)

प्राय: कम्पाउण्ड मोटरों का गति नियन्त्रण, शंट मोटरों की तरह से किया जाता है। इसलिए दोनों प्रकार की मोटरों का गति नियन्त्रण एक-समान होता है। विभिन्न गति नियन्त्रण विधियों की व्याख्या, यहाँ पर केवल शंट मोटर के साथ ही की गई है।

11.9. चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि (Magnetic field control method)

चित्र 11.1 में डी० सी० शंट मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए शंट फील्ड की श्रेणी में एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R लगाया गया है, जिसे धारा नियन्त्रक (rheostat) कहते हैं। यह शंट करेन्ट I_{sh} को नियन्त्रित करके, चुम्बकीय क्षेत्र को नियमित (regulate) करता है।

इसलिए इसे क्षेत्र नियामक (field regulator) भी कहते हैं। इसके प्रतिरोध R को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से ऊपर वाली गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि निम्नलिखित तर्क सूत्र-सम्बन्धों (logic formula relations) से स्पष्ट है—



चित्र 11.1–फील्ड नियन्त्रण विधि द्वारा शंट मोटर का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

अवधारणा (Concept)—सामान्य गति (normal speed) के लिए सूत्रों की सम्बन्धता (relationship)

$$N \propto \frac{1}{\phi} \quad \text{तथा} \quad \phi \propto I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \text{Constant, (Since } V \text{ and } R_{sh} \text{ are constant)}$$

गति नियन्त्रण (speed control) के लिए सूत्र-सम्बन्ध (Formula relation)—

$$N \propto \frac{1}{\phi} \quad \text{तथा} \quad \phi \propto I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}+R} = \text{Variable (Since } R \text{ is variable)}$$

तब

$$R\uparrow \Rightarrow I_{sh}\downarrow \Rightarrow \phi\downarrow \Rightarrow N\uparrow$$

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto R$ (Variable) अर्थात् धारा नियन्त्रण प्रतिरोध R को बढ़ाने से गति N बढ़ती है।

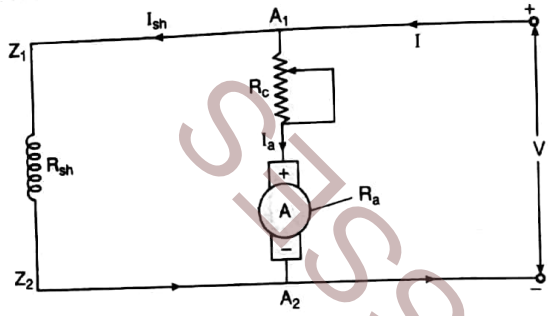
लाभ (Advantages)—क्षेत्र नियन्त्रण विधि (speed control method) के मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं—
(i) यह एक सरल व सुगम (easy and convenient) विधि है।
(ii) पार्श्व धारा I_{sh} कम होने के कारण, इसमें वैद्युत शक्ति-हानियाँ ($I_{sh}^2 R$-losses) अतिकम होती हैं।
(iii) इस विधि का गति नियन्त्रण, मशीन पर भार के प्रभाव से मुक्त (free) होता है।

अलाभ (Disadvantages)—क्षेत्र नियन्त्रण विधि में निम्नलिखित कमियाँ (drawbacks) हैं—
(i) इस विधि से केवल सामान्य गति (normal speed) से ऊपर की गति ही नियन्त्रित (control) होती है।
(ii) इस विधि में अतिकम फ्लक्स की स्थिति में अत्योच्च गति पर कॉम्यूटेटर पर स्फुलन (sparking) होने लगती है।

11.10. आर्मेचर नियन्त्रण विधि (Armature control method)

चित्र 11.2 (a) में डी० सी० शंट मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए आर्मेचर की श्रेणी में एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R_c लगाया गया है, जिसे धारा नियन्त्रक (rheostat) कहते हैं। यह आर्मेचर सर्किट में वोल्टतापात ($I_a R_a$-drop) को बढ़ा देता है, जिससे आर्मेचर के आरपार वोल्टता (E_b) कम हो जाती है। फलत: गति घट जाती है; क्योंकि $N \propto E_b$ होता है। इस प्रकार नियन्त्रक प्रतिरोध R_c को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति (normal speed) से नीचे वाली गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि अग्र तर्क सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

Scanned with CamScanner
134 / 235



चित्र 11.2 –आर्मेचर नियन्त्रण विधि द्वारा शंट मोटरों का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

अवधारणा (Concept)— सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula relationship)

$$N \propto E_b = (V - I_a R_a) = \text{Constant quantity.}$$

गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula relationship)

$$N \propto E_b = \{V - I_a(R_a + R_c)\} = \text{Variable quantity.}$$

तब $\quad R_c \uparrow \Rightarrow$ A.R. drop $\uparrow \Rightarrow E_b \downarrow \Rightarrow N \downarrow$

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto 1/R_c$ अर्थात् नियन्त्रक प्रतिरोध R_c को बढ़ाने से मोटर की गति N घटती है।

अलाभ (Disadvantages)—आर्मेचर नियन्त्रण विधि में निम्नलिखित कमियाँ (draw backs) हैं—

(i) पूर्ण आर्मेचर-धारा I_a के कारण, नियन्त्रक प्रतिरोध R_c में वैद्युत हानियाँ ($I_a^2 R_c$-losses) अधिक होती हैं।

(ii) वैद्युत हानियाँ (electric losses) अधिक होने के कारण, निर्गत (output) कम प्राप्त होता है।

(iii) निर्गत (output) कम होने के कारण, दक्षता (efficiency) घट जाती है।

(iv) मोटर पर भार की स्थिति में उच्च वोल्टतापात ($I_a R_c$-drop) के कारण, गति में अधिक विस्तृत परिवर्तन होता है।

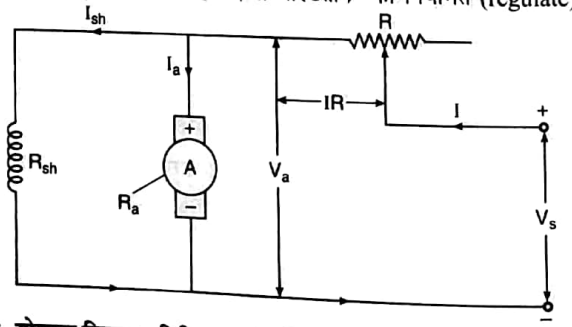
(v) इस विधि से गति नियमन (speed regulation) निर्बल (poor) प्राप्त होता है।

अनुप्रयोग (Applications)—उक्त लिखित हानियों के कारण, डी० सी० शंट मोटर की गति नियन्त्रण हेतु, इस विधि का प्रयोग (use) अतिकम होता है।

11.11. वोल्टता नियन्त्रण विधि (Voltage control method)

11.11.1. निविष्ट प्रतिरोध प्रणाली (Input resistance system)

चित्र 11.3 में डी० सी० शंट मोटर तथा प्रदायी वोल्टता V के बीच एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R लगाया गया है। इसे वोल्टता नियामक (voltage regulator) कहते हैं। यह प्रदायी वोल्टता V को नियमित (regulate) करता है। इसके लगाने से



चित्र 11.3–वोल्टता नियन्त्रण विधि द्वारा शंट मोटरों का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

प्रयुक्त वोल्टता V_a कम हो जाती हैं। फलतः मोटर की गति घट जाती हैं। इस प्रकार नियामक के प्रतिरोध R को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से नीचे वाली गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि निम्नलिखित तर्क सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

अवधारणा (Concept)—सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता (relationship)

$R = 0$ तथा $N \propto V_a = V =$ Constant quantity. (Since supply voltage V is maintained constant)

गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula relationship)

$$N \propto V_a = (V - IR) = \text{Variable quantity.}$$

तब $\quad R \uparrow \Rightarrow IR \uparrow \quad \Rightarrow \quad V_a \downarrow \Rightarrow N \downarrow$

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto \frac{1}{R}$ अर्थात् वोल्टता नियामक के प्रतिरोध R को बढ़ाने से मोटर की गति N घटती है।

लाभ (Advantages)—इस विधि के प्रमुख लाभ (main advantage) निम्नलिखित हैं—

(i) इस विधि से मोटर की सभी प्रकार की गतियाँ (low, medium and high speeds) प्राप्त की जा सकती हैं। अर्थात् इस विधि से मोटर की सामान्य गति (normal speed) से ऊपर की गति तथा नीचे की गति, अर्थात् दोनों प्रकार की गतियाँ प्राप्त की जा सकती हैं।

(ii) इस विधि से मोटर का प्रवर्तन (starting) भी सम्भव है, इसलिए इसे प्रवर्तक विधि (starting method) अर्थात् आरम्भिक विधि भी कहते हैं।

(iii) इस विधि से मोटर की सरकन गति (creeping speed) प्राप्त होती है।

अलाभ (Disadvantages)—इस विधि में प्रमुख कमियाँ (main draw backs) निम्नलिखित हैं—

(i) निविष्ट वोल्टता घटाने से मोटर शीघ्र अतिभारित (over loaded) हो जाती हैं।

(ii) अतिभारित होने के कारण, मोटर में वैद्युत हानियाँ ($i^2 r$-losses) बढ़ जाती है।

(iii) वैद्युत हानियाँ (electric losses) बढ़ जाने के कारण, मोटर अतिशीघ्र गर्म (तप्त) हो जाती है। इससे मोटर जलकर नष्ट (damage) हो सकती है।

(iv) वैद्युत हानियाँ बढ़ने के कारण, मोटर का निर्गत (output) घट जाता है।

(v) निर्गत घट जाने के कारण, मोटर की दक्षता (efficiency) कम हो जाती है।

(vi) इस विधि से मोटर की स्थायी गति (stable speed) प्राप्त नहीं होती है।

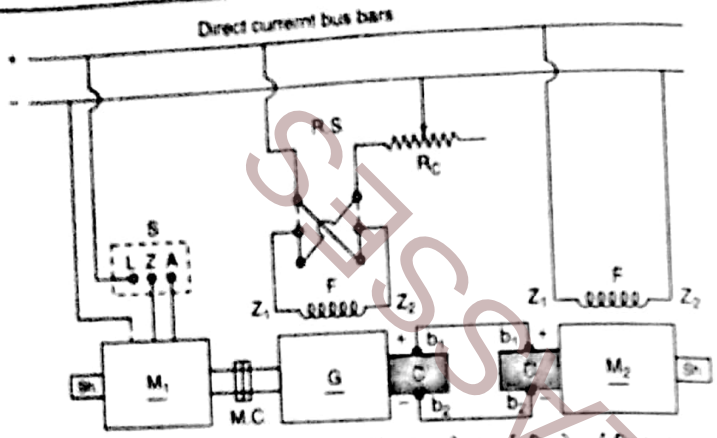
(vii) यह विधि पूर्णरूप से अमितव्ययी (uneconomical) साबित होती है।

अनुप्रयोग (Applications)—गति नियन्त्रण की इस विधि का प्रयोग (use) केवल फ्रेक्शनल होर्स-पावर वाली अतिलघु ए० सी० तथा डी० सी० मोटरों के लिए होता है, जैसे फेन एवं ब्लोवर मोटर्स आदि।

11.11.2. बहु-वोल्टता प्रणाली (Multi-voltage system)

इस विधि के अन्तर्गत शंट मोटर के शंट फील्ड को एक पृथक् डी० सी० सप्लाई द्वारा स्थिर वोल्टता प्रदान की जाती है और आर्मेचर को बैलेन्सर सेट द्वारा विभिन्न वोल्टताएँ प्रदान की जाती हैं। रोटेटिंग आर्मेचर की गति, इन विभिन्न वोल्टताओं के समानुपाती ($N \propto V$) होती है। मोटर की मध्यवर्ती गतियों को शंट फील्ड रेग्युलेटर की व्यवस्था द्वारा प्राप्त किया जाता है। इस विधि का प्रयोग (use) अतिसीमित है।

Scanned with CamScanner
135 / 235



चित्र 11.4–डी० सी० शंट मोटर की गति नियन्त्रण हेतु वार्ड-लियोनार्ड सिस्टम।

11.11.3. वार्ड लियोनॉर्ड प्रणाली (Ward Leonard system)

जहाँ पर (Where)—

M_1 = स्थिर गति की दिष्टधारा पार्श्व मोटर अर्थात् आद्य चालक।

M_2 = गति नियन्त्रण हेतु दिष्टधारा पार्श्व मोटर (d.c. shunt motor)।

G = सेपरेटली एक्साइटिड डी० सी० शंट जेनरेटर (d.c. shunt generator)।

Z_1Z_2 = सेपरेटली एक्साइटिड डी० सी० शंट फील्ड F के सिरे (terminals)।

S = डी० सी० शंट मोटर के प्रवर्तन हेतु डी० सी० त्रिबिन्दु प्रवर्तक (3-point starter)।

R_C = धारा नियन्त्रक अर्थात् क्षेत्र नियामक (field regulator)।

$R.S.$ = विपरीत गति (reversible speed) के लिए रिवर्सिबल स्विच।

मोटर M_1 से जेनरेटर G को वांछनीय स्थिर गति पर चलाया जाता है। जेनरेटर G की निर्गत वोल्टता को फील्ड रेग्युलेटर के प्रतिरोध R_C द्वारा नियन्त्रित किया जाता है। इस प्रकार विभिन्न नियन्त्रित वोल्टताएँ मोटर M_2 को प्रदान कर, भिन्न-भिन्न गतियाँ प्राप्त की जाती हैं।

लाभ (Advantage)—गति नियन्त्रण की वॉर्ड लियोनार्ड प्रणाली के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) गति नियमन (speed regulation) अतिश्रेष्ठ होता है।

(ii) गति का त्वरण एवं मंदन एकसमान (uniform) होता है।

(iii) रिवर्सिबल स्विच $R.S.$ द्वारा विपरीत गति अतिशीघ्र प्राप्त होती है।

(iv) शून्य गति से पूर्णगति तक पूर्णपरास मे अतिसुग्राही नियन्त्रण होता है।

अलाभ (Disadvantages)—वॉर्ड लियोनार्ड प्रणाली मे मुख्य कमियाँ (main draw backs) निम्नलिखित है—

(i) इसकी सर्वांगीय दक्षता (over all efficiency) कम होती है।

(ii) इसमे दो अतिरिक्त मशीनो (motor-generator set) की आवश्यकता (need) होती है।

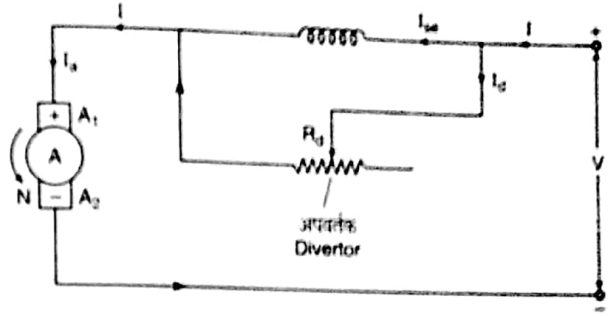
(iii) गति नियन्त्रण (speed control) की यह प्रणाली अतिकीमती (very costly) होती है।

अनुप्रयोग (Applications)—गति नियन्त्रण की वॉर्ड लियोनार्ड प्रणाली का प्रयोग (use) वहाँ पर होता है, जहाँ पर शून्य गति से लेकर, पूर्णगति तक सम्पूर्ण परास मे अतिसुग्राही गति नियन्त्रण की आवश्यकता होती है, उदाहरणार्थ कोयले की खानो, एलिवेटरो, स्टील के रोलिंग मिलो आदि।

11.12. डी० सी० सीरीज मोटरों का गति नियन्त्रण (Speed control)

डी० सी० सीरीज मोटरों का गति नियन्त्रण भी निम्नलिखित तीन विधियों द्वारा सफलतापूर्वक किया जाता है—

1. फील्ड अर्थात् फ्लक्स नियन्त्रण विधि (Field *i.e.*, flux control method)
2. आर्मेचर नियन्त्रण विधि (Armature control method)
3. प्रदायी वोल्टता नियन्त्रण विधि (Supply voltage control method)



चित्र 11.5–फील्ड डाइवर्टर द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

11.13. चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि (Magnetic field control method)

इस विधि को निम्नलिखित तन्त्रों द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर मे लागू किया जाता है—

11.13.1. चुम्बकीय क्षेत्र अपवर्तक द्वारा (By magnetic field divertor)

11.13.2. अंश निष्कासित क्षेत्र द्वारा (By tapped field)

11.13.3. श्रेणी समान्तर क्षेत्र कुण्डलियो द्वारा (By series paralleling field coils)

11.13.1. चुम्बकीय क्षेत्र अपवर्तक द्वारा (By magnetic field divertor)

चित्र 11.5 मे डी० सी० सीरीज मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए सीरीज फील्ड के आरपार एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R_d लगाया जाता है। इसे डाइवर्टर कहते हैं। इसको लगाते ही सीरीज फील्ड मे धारा घट जाती है। फलतः मोटर की गति बढ़ जाती है। इस प्रकार डाइवर्टर के सम्पूर्ण प्रतिरोध R_d को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से ऊपर वाली गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि निम्नलिखित तर्क सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

अवधारणा (Concept)—सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula relationship)

$$N \propto \frac{1}{\phi} \quad \text{तथा} \quad \phi \propto I$$

अर्थात्
$$N \propto \frac{1}{\phi \propto I}$$

Where $I = I_{se} = I_a$ and $I_d = 0 (\text{zero})$

गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship) :

$$N \propto \frac{1}{\phi} \quad \text{तथा} \quad \phi \propto (I - I_d)$$

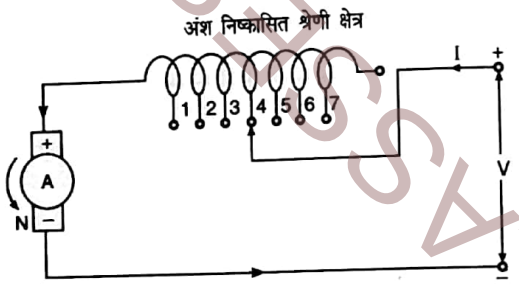
अर्थात्
$$N \propto \frac{1}{\phi \propto (I - I_d)} \quad \text{तथा} \quad I_d \propto \frac{1}{R_d}$$

MAC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
136 / 235

तब $R_d \downarrow \Rightarrow I_d \uparrow \Rightarrow (I - I_d) \downarrow \Rightarrow \phi \downarrow \Rightarrow N \uparrow$

निष्कर्ष (Conclusion)— $N \propto \frac{1}{R_d}$ अर्थात् अपवर्तक प्रतिरोध R_d को घटाने से मोटर की गति N बढ़ती है।

अनुप्रयोग (Application)—इस विधि का प्रयोग (use) डी० सी० सीरीज मोटर के लिए संकर्षण कार्यों (traction works) में होता है।



चित्र 11.6–अंश निष्कासित क्षेत्र द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

11.13.2. अंश निष्कासित क्षेत्र द्वारा (By tapped field)

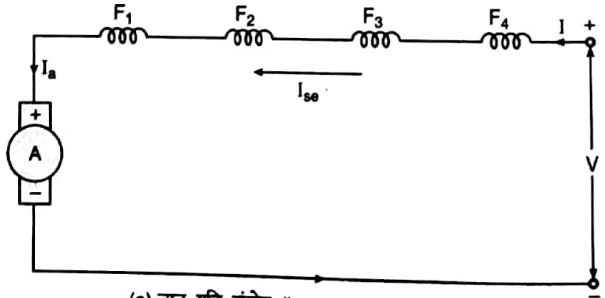
चित्र 11.6 में डी० सी० सीरीज मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए, इसके चुम्बकीय क्षेत्र (field) को अंश निष्कासित (tapped) किया गया है। अंश निष्कासित करते ही मोटर का चुम्बकीय क्षेत्र घट जाता है। फलत: मोटर की गति बढ़ जाती है। इस प्रकार क्षेत्र अंश निष्कासनों (field tappings) को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से ऊपर वाली गति को नियन्त्रित किया जा सकता है, क्योंकि गति $(N) \propto 1/$ फ्लक्स (ϕ)

इस विधि का प्रयोग (use) प्राय: विद्युत-संकर्षण कार्य (electric traction work) में प्रयुक्त डी० सी० एवं ए० सी० सिंगल फेज मोटरों के लिए होता है।

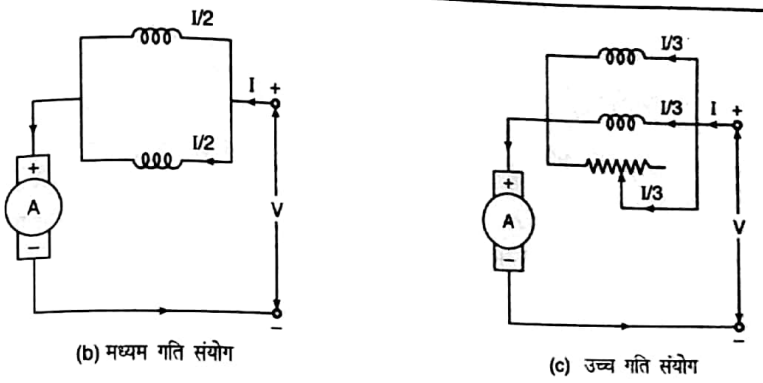
11.13.3. समान्तरन क्षेत्र कुण्डलों द्वारा (By paralleling field coils)

चित्र 11.7 में डी० सी० सीरीज मोटर के चार विद्युत-चुम्बकीय ध्रुवों (poles) के तीन संयोगों (combinations) को प्रदर्शित किया गया है। इनसे क्रमश: न्यून, मध्यम तथा उच्च मान की तीन गतियाँ प्राप्त होती हैं। अन्तिम संयोग में अपवर्तक (divertor) के प्रतिरोध R_d को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य तथा मध्यम गतियों से ऊपर वाली गति का नियन्त्रण किया जा सकता है, क्योंकि गति $\propto 1/$ फ्लक्स तथा फ्लक्स $\propto$ धारा।

चित्र (a) में चार चुम्बकीय ध्रुवों का श्रेणी संयोग प्रदर्शित किया गया है। इससे स्थिर भार पर मोटर की स्थिर न्यून गति प्राप्त होती है, जिसे मोटर की सामान्य गति (normal speed) अथवा निर्धारित गति (rated speed) कहते हैं।



(a) न्यून गति संयोग (low speed combination)



(b) मध्यम गति संयोग (c) उच्च गति संयोग

चित्र 11.7–समान्तरन क्षेत्र कुण्डलों द्वारा डी० सी० सीरीज का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

चित्र (b) में चार चुम्बकीय ध्रुवों का समान्तर संयोग प्रदर्शित किया गया है। इससे स्थिर भार पर मोटर की एक स्थिर (निश्चित) मध्यम गति प्राप्त होती है।

चित्र (c) में परिवर्तक (divertor) के साथ चार चुम्बकीय ध्रुवों का समान्तर संयोग दर्शाया गया है। इसमें स्थिर भार पर, परिवर्तक प्रतिरोध R_d को परिवर्तित करके, मोटर की कई अन्य उच्च गतियाँ प्राप्त की जा सकती हैं।

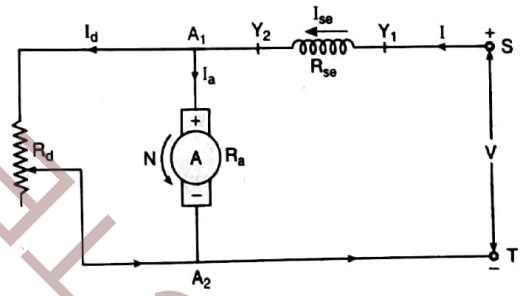
गति नियन्त्रक की इस विधि का प्रयोग, फैन मोटर्स के लिए किया जाता है। इससे मोटर की सामान्य निर्धारित गति से अधिक गति प्राप्त की जा सकती है।

11.14. आर्मेचर नियन्त्रण विधि (Armature control method)

इस विधि को निम्न प्रणालियों (systems) द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर में लागू किया जाता है—

11.14.1. आर्मेचर अपवर्तक द्वारा (By armature divertor)

11.14.2. आर्मेचर नियामक द्वारा (By armature regulator)



चित्र 11.8–आर्मेचर डाइवर्टर द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

11.14.1. आर्मेचर अपवर्तक द्वारा (By armature divertor)

चित्र 11.8 में डी० सी० सीरीज मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए आर्मेचर के आरपार एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R_d लगाया गया है। इसे आर्मेचर डाइवर्टर कहते हैं। इसको लगाते ही मोटर का तुल्य प्रतिरोध कम हो जाता है। इससे मोटर, प्रदाय से धारा I अधिक लेने लगती है। इसमें फ्लक्स ϕ बढ़ जाता है। फलत: मोटर की गति N घट जाती है। इस प्रकार डाइवर्टर के प्रतिरोध R_d को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से नीचे की गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि अग्रलिखित तर्क सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

Scanned with CamScanner
137 / 235
WWW.TECHNICALCLASSES.IN

प्रथम अवधारणा (First concept)—सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship)

$$N \propto \frac{1}{\phi} \qquad \text{तथा} \qquad \phi \propto I_a$$

अर्थात्
$$N \propto \frac{1}{\phi \propto I_a}$$

Where $I_a = I_{se} = I$ and $I_d = 0$

गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship) :

$$N \propto \frac{1}{\phi} \qquad \text{तथा} \qquad \phi \propto (I_a + I_d)$$

अर्थात्
$$N \propto \frac{1}{\phi \propto (I_a + I_d)}$$

Where $I_d \propto \frac{1}{R_d}$ and R_d is variable

तब
$$R_d \downarrow \Rightarrow I_d \uparrow \Rightarrow (I_a + I_d) \uparrow \Rightarrow \phi \uparrow \Rightarrow N \downarrow$$

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto R_d$ अर्थात् अपवर्तक प्रतिरोध अर्थात् डाइवर्टर रिजिस्टॉन्स R_d को घटाने से गति N घटती है।

द्वितीय अवधारणा (Second concept)—सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship)

$$N \propto E_b = \{V - I_a R_a + I_{se} R_{se}\} = \text{Constant}$$

Where $I_a = I_{se} = I$ (input current) and $I_d = 0$

Since $R_d = \infty$ (infinity)

गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship) :

$$N \propto E_b = \{V - I_a R_a - (I_a + I_d) R_{se}\} = \text{Variable}$$

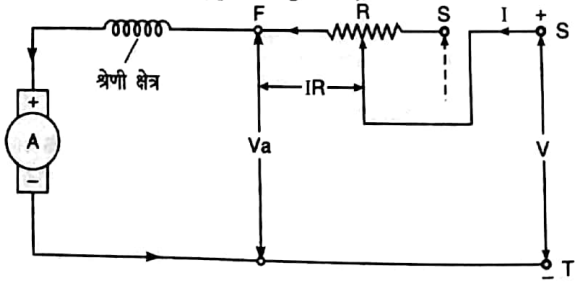
तथा
$$I_d \propto \frac{1}{R_d}$$ Where R_d is variable

तब
$$R_d \downarrow \Rightarrow I_d \uparrow \Rightarrow I_d R_{se} \uparrow \Rightarrow E_b \downarrow \Rightarrow N \downarrow$$

निष्कर्ष (Conclusion)— $N \propto R_d$ अर्थात् डाइवर्टर रिजिस्टॉन्स R_d को घटाने से गति N घटती है।

11.14.2. आर्मेचर नियामक द्वारा (By armuture regulator)

चित्र 11.9 में डी० सी० सीरीज मोटर की गति को नियन्त्रित करने के लिए, उसकी श्रेणी में एक परिवर्तनीय प्रतिरोध R लगाया गया है। इसे प्रतिरोध प्ररूपी गति नियामक (speed regulator) कहते हैं। यह मोटर की निविष्ट वोल्टता (input voltage) को कम करता है। इससे आर्मेचर के आरपार वोल्टता (E_b) कम हो जाती है। फलत: मोटर की गति घट जाती है। इस प्रकार नियामक प्रतिरोध R को परिवर्तित करके, मोटर की सामान्य गति से नीचे वाली गति को नियन्त्रित किया जाता है। जैसा कि निम्नलिखित तर्क सूत्र-सम्बन्धों (logic formula-relations) से स्पष्ट है—



चित्र 11.9–रिजिस्टॉन्स रेग्युलेटर द्वारा डी० सी० सीरीज मोटर का गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथारेख।

अवधारणा (Concept)—सामान्य गति के लिए सूत्र-सम्बन्धता :

$$N \propto E_b = \{V - I(R_a + R_{se})\} = \text{Constant}$$

(Where $I = I_{se} = I_a$ and $IR = 0$ since R is zero)

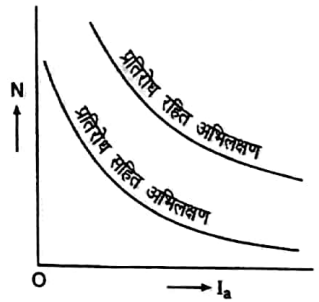
गति नियन्त्रण के लिए सूत्र-सम्बन्धता (formula-relationship) :

$$N \propto E_b = \{V - I(R_a + R_{se} + R)\} = \text{Variable}$$

(Since R is variable)

तब
$$I \uparrow \Rightarrow IR \uparrow \Rightarrow E_b \downarrow \Rightarrow N \downarrow$$

निष्कर्ष (Conclusion)— $N \propto \frac{1}{R}$ अर्थात् नियामक प्रतिरोध R को बढ़ाने से मोटर की गति N घटती है।



चित्र 11.10–रीयोस्टेटिक गति नियन्त्रण सम्बन्धी डी० सी० सीरीज मोटर के अभिलक्षण।

अनुप्रयोग (Application)—इस विधि का प्रयोग (use) लघु मोटरों की गति नियन्त्रण के लिए होता है।

टिप्पणी (Note)— इस विधि को आरम्भिक विधि (starting method), वोल्टता नियमन विधि (voltage regulation method) आदि नामों से भी जाना जाता है।

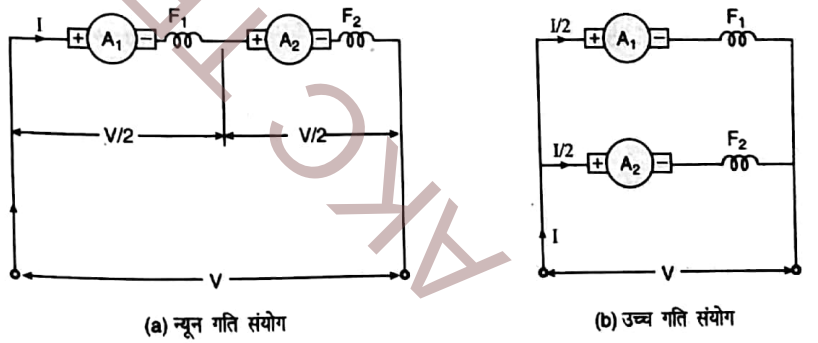
11.15. वोल्टता नियन्त्रण विधि (Voltage control method)

इस विधि के अन्तर्गत श्रेणी-समान्तर नियन्त्रण प्रणाली सर्वोत्तम है। इसमें बाह्य ऊर्जा हानि न्यून होने के कारण, प्रणाली की दक्षता उच्च कायम रहती है। इसका अनुप्रयोग दो या दो से अधिक यान्त्रिक रूप से युग्मित एकरूप सीरीज मोटरों के विद्युत-संकर्षण कार्यों (electric traction works) में होता है। इसकी विस्तृत व्याख्या निम्न अनुच्छेद में की गई है।

11.16. दो डी० सी० सीरीज मोटरों का श्रेणी तथा समान्तर संयोग द्वारा गति नियन्त्रण (Speed control by series and parallel combinations)

चित्र 11.11 में दो डी० सी० सीरीज मोटरों के श्रेणी तथा समान्तर संयोगों (combinations) को प्रदर्शित किया गया है। इसमें स्थिर भार पर श्रेणी मोटरों की क्रमश: न्यून तथा उच्च, दो स्थिर गतियाँ प्राप्त होती हैं, क्योंकि—

मोटर की गति $N \propto V$ मोटर के आरपार प्रयुक्त वोल्टता



(a) न्यून गति संयोग (b) उच्च गति संयोग

चित्र 11.11–दो सीरीज मोटरों का श्रेणी तथा समान्तर संयोगों द्वारा गति नियन्त्रण हेतु परिपाथारेख।

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
138 / 235

(a) श्रेणी संयोग (Series combination)—चित्र 11.11 (a) में दोनों डी० सी० सीरीज मोटरों का श्रेणी संयोग दर्शाया गया है। इससे सामान्य गति से नीचे की गति प्राप्त होती है। इसमें धारा I समान रहती है, परन्तु प्रत्येक मोटर के आरपार वोल्टता $V/2$ रहती है; जबकि प्रदायी वोल्टता V रहती है।

श्रेणी संयोग (series combination) में सीरीज मोटरों की गति (speed)

$$N_s \propto \frac{E_b}{\phi} \propto \frac{V}{2\phi} \propto \frac{V}{2I} \quad \text{अर्थात्} \quad N_s = \frac{KV}{2I} \quad \text{...सूत्र}$$

श्रेणी संयोग (series combination) में सीरीज मोटरों का बलाघूर्ण (torque)

$$T_s \propto \phi I_a \propto I \cdot I_a \propto I^2 \quad \text{अर्थात्} \quad N_p = KI^2 \quad \text{...सूत्र}$$

श्रेणी संयोग (series combination) में सीरीज मोटरों की अश्व-शक्ति (hourse power)

$$(H.P.)_s \propto N_s T_s \propto \frac{V}{2I} \times I^2 \propto \frac{VI}{2} \quad \text{अर्थात्} \quad (H.P.)_s = \frac{KVI}{2} \quad \text{... सूत्र}$$

(b) समान्तर संयोग (Parallel combination)—चित्र 11.11 (b) में दोनों डी० सी० सीरीज मोटरों का समान्तर संयोग दर्शाया गया है। इससे सामान्य गति से ऊपर की गति प्राप्त होती है। इसमें वोल्टता V समान रहती है। परन्तु प्रत्येक मोटर में धारा $I/2$ रहती है, जबकि प्रदायी धारा I रहती है।

समान्तर संयोग (parallel combination) में सीरीज मोटरों की गति (speed)

$$N_p \propto \frac{E_b}{\phi} \propto \frac{V}{\phi} \propto \frac{2V}{I}$$

अर्थात्

$$N_p = K\frac{2V}{I} = \frac{4 \times KV}{2I} = 4N_s$$

समान्तर संयोग (parallel combination) में सीरीज मोटरों का बलाघूर्ण (torque)

$$T_p \propto \phi I_a \propto \frac{I}{2} . I_a \propto \frac{I}{2} \times \frac{I}{2} \propto \frac{I^2}{4}$$

अर्थात्

$$T_p = \frac{KI^2}{4} = \frac{T_s}{4} \quad \text{...सम्बन्ध}$$

समान्तर संयोग (parallel combination) में सीरीज मोटरों की अश्व-शक्ति (horse power)

$$(H.P.)_p \propto NT \propto \frac{2V}{I} \times \frac{I^2}{4} \propto \frac{VI}{2}$$

अर्थात्

$$(H.P.)_p = K\frac{VI}{2} \quad \text{...सूत्र}$$

निष्कर्ष (Conclusion)—उक्त दोनों संयोगों (combinations) का तुलनात्मक परिणाम (comparative result) निम्नलिखित है—

(i) समान्तर संयोग में गति (speed), श्रेणी संयोग की गति का चार गुना होती है।

अर्थात्

$$N_p = 4N_s$$

(ii) समान्तर संयोग में बलाघूर्ण (torque), श्रेणी संयोग के बलाघूर्ण का एक-चौथाई होती है। अर्थात्

$$T_p = T_s/4$$

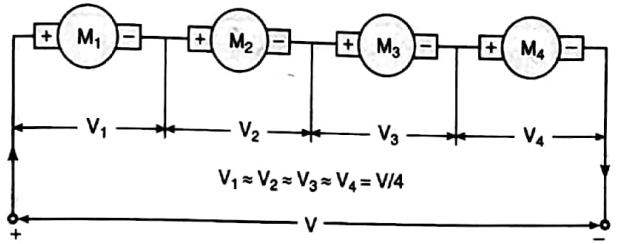
(iii) दोनों संयोगों की अश्व-शक्ति (horse power), समान (equal) होती है।

अर्थात्

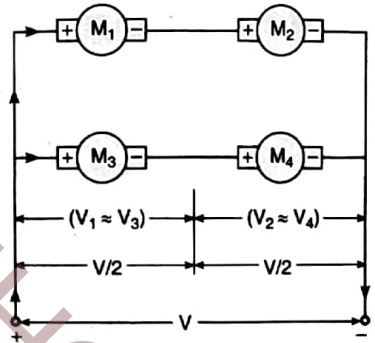
$$(H.P.)_p = (H.P.)_s = \frac{VI}{2} \text{ वॉट (W)}$$

11.17. चार डी० सी० सीरीज मोटरों का श्रेणी तथा समान्तर संयोगों द्वारा गति नियन्त्रण (Speed control of four d.c. series motors by series-parallel combination)

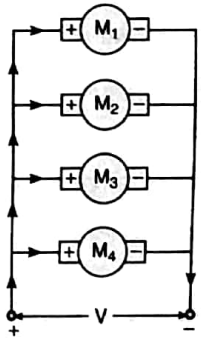
चित्र 11.12 (a), (b) तथा (c) में चार डी० सी० सीरीज मोटरों के क्रमश: श्रेणी, मिश्रित (श्रेणी-समान्तर) तथा समान्तर तीन विभिन्न संयोगों को दर्शाया गया है। इनसे स्थिर भार पर क्रमश: न्यून (low), मध्यम (medium) तथा उच्च (high), तीन स्थिर गतियाँ प्राप्त होती हैं, क्योंकि प्रत्येक मोटर की गति (N), उसके आरपार प्रयुक्त वोल्टता (applied voltage) पर निर्भर करती है। अर्थात् गति $\propto$ वोल्टता



(a) न्यून गति संयोग के लिए श्रेणी मोटरों का श्रेणी सम्बन्धन



(b) मध्यम गति संयोग



(c) उच्च गति संयोग

चित्र 11.12–सीरीज-पैरेलल कन्ट्रोल द्वारा चार सीरीज मोटरों के गति नियन्त्रण हेतु परिपथारेख।

गति नियन्त्रण की इस विधि का प्रयोग (use), ए० सी० तथा डी० सी० सीरीज मोटरों के साथ प्राय: विद्युत-पटरीपथ संकर्षण (railway traction) में होता है। इसमें सभी मोटरों को यान्त्रिक रूप से युग्मित (mechanically coupled) किया जाता है। तत्पश्चात् उनके श्रेणी क्षेत्रों को क्रमश: श्रेणी, मिश्रित तथा समान्तर संयोगों में जोड़कर विभिन्न गतियों के समुच्चयों को परिवर्तनीय प्रतिरोध (rheostat) की सहायता से प्राप्त किया जाता है।

11.18. रेलवे इलेक्ट्रिक ट्रेक्शन मोटरों का गति नियन्त्रण (Speed control of railway electric traction motors)

रेलवे इलेक्ट्रिक ट्रेक्शन (पटरीपथ विद्युत-संकर्षण) में प्राय: डी० सी० अथवा ए० सी० सीरीज मोटरों का प्रयोग होता है। इसमें गति का नियन्त्रण मोटरों के श्रेणी तथा समान्तर संयोग द्वारा किया जाता है, जैसा कि चित्र 11.12 से स्पष्ट है।

(a) न्यून गति नियन्त्रण (Low speed control)—चित्र 11.12 (a) में चार सीरीज मोटरों को परस्पर एक-दूसरे की श्रेणी में जोड़ा गया है। इसमें प्रत्येक मोटर को एक-चौथाई ($V/4$) वोल्टता प्राप्त होती है। इसलिए $N \propto V/4$ के अनुसार, न्यून गति प्राप्त होती है।

Scanned with CamScanner
139 / 235
TECHNICAL CLASSES

(b) मध्यम गति नियन्त्रण (Medium speed control)—चित्र 11.12 (b) में मध्यम गति संयोग प्रदर्शित किया गया है। इसमें चार सीरीज मोटरों को दो समान्तर परिपथों में जोड़ा गया है। फलतः प्रत्येक मोटर को अर्द्ध वोल्टता प्राप्त होती है; इसलिए $N \propto V/2$ के अनुसार, मध्यम वोल्टता प्राप्त होती है।

(c) उच्च गति नियन्त्रण (High speed control)—चित्र 11.12 (c) में उच्च गति संयोग प्रदर्शित किया गया है। इसमें चार सीरीज मोटरों को परस्पर एक-दूसरे के समान्तर में जोड़ा गया है। इससे प्रत्येक मोटर को पूर्ण वोल्टता प्राप्त होती है, इसलिए $N \propto V$ के अनुसार, उच्च गति प्राप्त होती है।

डी० सी० जेनरेटर तथा मोटर का तुलनात्मक अध्ययन

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक	डी० सी० जेनरेटर	डी० सी० मोटर
1.	संरचना	एकरूप (identical)	एकरूप (identical)
2.	मशीन का प्ररूप	सम प्ररूपी	सम प्ररूपी
3.	आवरण/ढक्कन	आवश्यक नहीं है	आवश्यक है
4.	ऊर्जा परिवर्तन	यान्त्रिक से विद्युत	विद्युत से यान्त्रिक
5.	निवेश शक्ति	यान्त्रिक शक्ति $(\omega.T)$	वैद्युत शक्ति $(V.I)$
6.	निर्गत शक्ति	वैद्युत शक्ति $(V.I)$	यान्त्रिक शक्ति $(\omega.T)$
7.	उत्पादित ऊर्जा	वैद्युत ऊर्जा $(V.I.t)$	यान्त्रिक ऊर्जा $(\omega.T.t.)$
8.	कार्य-सिद्धान्त	$E = B.I.v\sin\theta$	$F = B.I.l\sin\theta$
9.	प्रयुक्त फ्लेमिंग हस्त-नियम	राइट हैण्ड-रूल	लेफ्ट हैण्ड-रूल
10.	ऊर्जा सम्बन्ध (energy relation)	मिकॉनिकल + मॉग्नेटिक = इलेक्ट्रिकल	इलेक्ट्रिकल + मॉग्नेटिक = मिकॉनिकल
11.	उत्पादित वि० वा० बल	जनित वि० वा० बल	विरोधी वि० वा० बल
12.	कार्य-भार की प्रकृति	वैद्युत कार्यभार	यान्त्रिक कार्यभार
13.	अभिलक्षणों की प्रकृति	वैद्युत अभिलक्षण	यान्त्रिक अभिलक्षण
14.	निर्धारण (ratings)	किलोवॉट (kW)	हॉर्स-पावर (H.P)

ACADEMIC CLASSES
Scanned with CamScanner
140 / 235

13. गति नियन्त्रण की समस्त विधियों में 'फील्ड अर्थात् फ्लक्स' नियन्त्रण विधि सर्वोत्तम (best) है, क्योंकि इससे मोटर का निष्पादन (कार्य-कौशल) प्रभावित नहीं होता है।
14. गति नियन्त्रण की प्रयुक्त वोल्टता विधि से सरकन गति (Creeping speed) भी प्राप्त की जा सकती है।
15. गति नियन्त्रण की प्रयुक्त वोल्टता नियन्त्रण सम्बन्धी श्रेणी व समान्तर मोटर संयोग उपविधि का प्रयोग (use), पटरीपथ विद्युत-संकर्षण (railway electric traction) की मुख्य लाइन सेवा (main line service) अर्थात् नगरीय सेवा (city service) में प्राय: किया जाता है।
16. गति नियन्त्रण की प्रयुक्त वोल्टता नियन्त्रण सम्बन्धी मोटर संयोग उपविधि में श्रेणी संयोग की अपेक्षा, समान्तर संयोग में मोटरों की गति चार गुना अधिक होती है, अर्थात् $N_p = 4N_s$ होती है।
17. गति नियन्त्रण की मोटर संयोग उपविधि में समान्तर संयोग की अपेक्षा, श्रेणी संयोग में मोटर का बलाघूर्ण चार गुना अधिक होता है, अर्थात् $T_s = 4T_p$ होता है।
18. गति नियन्त्रण के दोनों (श्रेणी व समान्तर) मोटर संयोगों (combinations) की अश्व-शक्ति (horse power) समान (equal) रहती है।
19. डी० सी० सीरीज मोटर का गति नियमन (speed regulation) सर्वाधिक निर्बल (most poor) होता है।
20. डी० सी० मोटर को सदैव प्रवर्तक (starter) द्वारा ही प्रवर्त (start) किया जाता है। इसी में उसकी सुरक्षा (safety) है।

उ० प्र० प्रा० शि० प्र० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

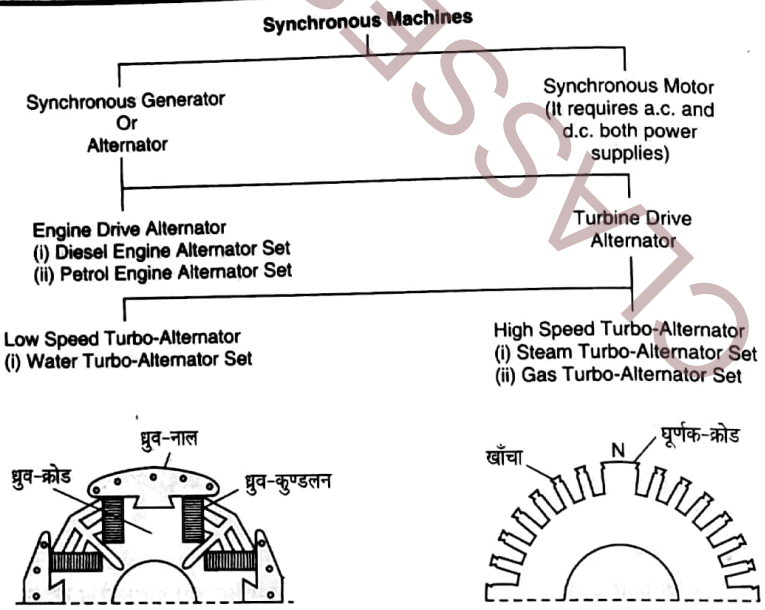
1. गति नियन्त्रण की वार्ड-लियोनार्ड विधि को स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइए।
2. दिष्टधारा मोटर के चाल नियन्त्रण की किसी एक विधि का वर्णन कीजिए।
3. दिष्टधारा शंट तथा सीरीज मोटर के गति (चाल) नियन्त्रण की एक-एक विधि का वर्णन कीजिए।
4. डी० सी० मोटर की गति किन-किन बातों पर निर्भर करती है? स्पष्ट कीजिए।
5. डी० सी० मोटर की फील्ड एवं आर्मेचर नियन्त्रण विधि की तुलना कीजिए।
6. किसी डी० सी० शंट मोटर के चाल नियन्त्रण की विधियाँ समझाइए। उनके सापेक्ष लाभ व हानियों की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2003)*
7. डी० सी० शंट मोटर के चाल नियन्त्रण की फ्लक्स नियन्त्रण विधि को समझाइए। *(U.P. 2002)*
8. डी० सी० मोटर की गति नियन्त्रण की विभिन्न विधियों की तुलना कीजिए। *(U.P. 2002)*
9. मोटर की चाल नियमन तथा चाल निर्धारण में विभेद (distinguish) कीजिए।
10. डी० सी० शंट मोटर के क्षेत्र परिपथ में प्रतिरोध प्रविष्ट करने से चाल तथा बलाघूर्ण पर क्या प्रभाव पड़ेगा और क्यों?
11. डी० सी० सीरीज मोटर के लिए समान्तरण क्षेत्र नियन्त्रण विधि (paralleling field control method) द्वारा गति नियन्त्रण करने की क्रिया को समझाइए और उसकी प्रायोगिक उपयोगिता बताइए।
12. विद्युत-संकर्षण प्रणाली के लिए डी० सी० सीरीज मोटर की उपयुक्त श्रेणी-समान्तर नियन्त्रण विधि का वर्णन करते हुए दर्शाइए कि समान्तर क्रम में गति, श्रेणी क्रम की गति का चार गुना होती है।
13. डी० सी० शंट मोटर का गति नियन्त्रण किन-किन विधियों द्वारा सम्भव है? इस मोटर की गति बढ़ाने के लिए प्राय: कौन-सी विधि उपयोग में लाई जाती है? *(U.P. 2004)*
14. गति नियन्त्रण से आपका क्या तात्पर्य है? मोटरों की गति के नियन्त्रण की आवश्यकता क्यों होती है? समझाइए।
15. मोटर की गतियों का चक्र प्रति मिनट (r.p.m.) में वर्गीकरण प्रस्तुत कीजिए।
16. डी० सी० मोटरों के गति नियन्त्रण से आप क्या समझते हैं? इसके प्रमुख कारक (main factors) क्या हैं?
17. गति नियन्त्रण क्या हैं? डी० सी० मोटरों की गति के नियन्त्रण की प्रमुख विधियाँ कौन-कौन सी हैं? उनमें से किसी एक विधि का संक्षेप में वर्णन कीजिए। *(U.P. 2006)*
18. डी० सी० मोटर की गति नियन्त्रण की विभिन्न विधियों की परस्पर तुलना कीजिए।

19. डी० सी० मोटर की चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि की विशेषताएँ लिखिए।
20. गति नियन्त्रण की चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि की अपेक्षा, आर्मेचर नियन्त्रण विधि की कमियों की उल्लेख कीजिए।
21. गति नियन्त्रण की वोल्टता नियन्त्रण विधि का उपयोग अतिसीमित है। इसका कारण स्पष्ट कीजिए।
22. गति नियन्त्रण की फील्ड एवं आर्मेचर नियन्त्रण विधियों की परस्पर तुलना कीजिए।
23. गति नियन्त्रण की विभिन्न विधियों की उपयोगिता पर प्रकाश डालिए।
24. दिष्टधारा मोटर की गति नियन्त्रण की आर्मेचर या रीओस्टेटिक नियन्त्रण विधि का विद्युत आरेख बनाकर वर्णन कीजिए तथा इस विधि के लाभ तथा हानियाँ लिखिए।
25. एक दिष्टधारा श्रेणी मोटर की गति किस प्रकार नियन्त्रित की जाती है? समझाइए।
26. डी० सी० मोटरों की चाल (speed) को नियन्त्रित करने की कौन-कौन सी विधियाँ हैं? प्रत्येक का वर्णन कीजिए तथा उनके सम्बन्धित गुणों तथा अवगुणों की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2006)*
27. नियन्त्रण की वार्ड लियोनार्ड विधि के क्या गुण तथा दोष हैं?
28. किसी डी० सी० शंट मोटर की चाल को नियन्त्रित करने के लिए प्रयोग (use) होने वाली विभिन्न विधियों के मूल सिद्धान्त समझाइए।
29. किसी डी० सी० शंट मोटर के क्षेत्र परिपथ में प्रतिरोध डालने का उसकी चाल तथा बल आघूर्ण पर क्या प्रभाव पड़ता है? समझाइए।
30. दिष्टधारा मोटर की गति नियन्त्रण सम्बन्धी विभिन्न विधियाँ कौन-कौन सी हैं? किसी एक विधि को समझाइए। *(U.P. 2006, 10)*
31. दिष्टधारा पार्श्व मोटर के लिए गति नियन्त्रण की विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2011)*
32. डी० सी० सीरीज मोटर की गति नियन्त्रण के क्षेत्र नियन्त्रण की विधि समझाइए।
33. योजनाबद्ध तन्त्र प्रदर्शित करते हुए, दिष्ट धारा मोटरों की चाल नियन्त्रण के लिए वार्ड लियोनार्ड-तन्त्र का वर्णन कीजिए।
34. किसी दिष्टधारा मोटर के चाल नियमन (speed regulator) तथा चाल विचरण (speed variation) में क्या अन्तर है?
35. दिष्ट श्रेणी मोटरों के लिए चाल नियन्त्रण की विभिन्न विधियों के नाम लिखिए। परिपथारेख की सहायता से उनमें से किसी एक को सविस्तार से समझाइए।
36. आरेख की सहायता से डी०सी० शन्ट मोटर की गति-नियन्त्रण की विधि की व्याख्या कीजिये। *(U.P. 2015)*

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
141 / 235

12 त्रिकला तुल्यकाली जनित्र अथवा प्रत्यावर्तक

[3-ϕ SYNCHRONOUS GENERATOR OR ALTERNATOR]



(a) न्यून गति घूर्णक (b) उच्च गति घूर्णक

चित्र 12.1 (a)–सिन्क्रोनस मशीन के घूर्णकों का प्रदर्शन (representation of rotors)।

12.1. परिचय (Introduction)

प्रत्यावर्ती धारा उत्पन्न करने वाली रोटेटिंग मशीन को प्रत्यावर्तक कहते हैं। यह एक ऐसी मशीन है, जो यान्त्रिक ऊर्जा को प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a.c.) में परिवर्तित करती हैं। इसलिए इसे प्रत्यावर्तीधारा जनित्र भी कहते हैं। इससे उत्पन्न प्रत्यावर्तीधारा की आवृत्ति, इसको यान्त्रिक शक्ति प्रदान करने वाले आद्य चालक (prime-mover) की गति पर निर्भर करती है। गति को स्थिर रखा जाता है, ताकि जनक वोल्टता (generating voltage) की आवृत्ति भी स्थिर रहे; इसलिए इसे तुल्यकाली जनित्र (synchronous generator) भी कहते हैं।

इसको चलाने के लिए एन्जिन अथवा टरबाइन जैसे आद्य चालक (prime mover) की आवश्यकता होती है। जब इसे एन्जिन से चलाया जाता है, तब इसे एन्जिन-ऑल्टरनेटर सेट कहते हैं, जैसे डीजल एन्जिन-ऑल्टरनेटर सेट अथवा डीजल जेनरेटर सेट आदि। जब इसे टरबाइन से चलाया जाता है, तब इसे टर्बो-ऑल्टरनेटर सेट कहते हैं, जैसे वाटर टर्बो-ऑल्टरनेटर सेट अथवा वाटर टर्बो-जनरेटर सेट, स्टीम टर्बो-ऑल्टरनेटर सेट, गैस टर्बो-ऑल्टरनेटर सेट आदि। चूँकि प्रत्यावर्तक में डी० सी० उत्पन्न नहीं होती है, केवल ए० सी० ही उत्पन्न होती है, इसलिए सभी प्रत्यावर्तक पृथक् उत्तेजित प्ररूपी (separately excited type) होते हैं, अत: इनके क्षेत्र उत्तेजन (field excitation) के लिए डी० सी० बाह्य स्रोत से देनी पड़ती है। व्यावसायिक स्तर पर आजकल लगभग सभी बिजलीघरों पर इसी प्रकार के प्रत्यावर्तकों द्वारा प्रत्यावर्ती विद्युत जनित (a.c. generate) होती है। इसके प्रमुख उपयोग अग्रलिखित हैं—

(i) आजकल लगभग सभी आवासीय तथा औद्योगिक कार्यों में ए० सी० का उपयोग अधिक होता है। यदि किसी कार्य के लिए डी० सी० की आवश्यकता होती है, तो ए० सी० को कनवर्टर या रेक्टिफायर द्वारा डी० सी० में परिवर्तित कर लिया जाता है।

(ii) विद्युत का संचरण (transmission) उच्च वोल्टता का अधिक मितव्ययी सिद्ध होता है। इसलिए प्र० धा० विद्युत को स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर द्वारा जनक वोल्टता से उच्च वोल्टता में सुगमतापूर्वक परिवर्तित किया जा सकता है।

(iii) विद्युत का वितरण (distribution) न्यून वोल्टता (415/240V) पर होता है। इसलिए प्र० धा० विद्युत को स्टेप-डाउन ट्रांसफॉर्मर द्वारा उच्च वोल्टता से न्यून वोल्टता में सुगमतापूर्वक परिवर्तित किया जा सकता है।

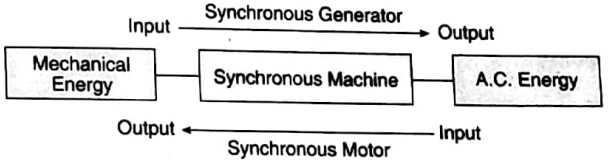
(iv) प्रत्यावर्तकों द्वारा प्र० धा० विद्युत को उच्च वोल्टता (11kV) पर सुगमता से जनन (generate) किया जा सकता है, जबकि दिष्टवर्ती विद्युत (d.c.) को इतनी अधिक उच्च वोल्टता पर जनन करना सम्भव नहीं है, क्योंकि उच्च वोल्टता की स्थिति में दिक्परिवर्तक (commutator) पर स्फुलन (sparking) अधिक बढ़ जाता है।

(v) डी० सी० की अपेक्षा, ए० सी० का जनन (generation) अधिक मितव्ययी (more ecomomical) है।

12.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

तुल्यकाली मशीन (Synchronous machine)—वह मशीन, जो तुल्यकाली गति पर चलती है, तुल्यकाली मशीन कहलाती है। यह निम्नलिखित दो प्रकार की होती है—

(i) तुल्यकाली जनित्र (Synchronous generator)—वह तुल्यकाली मशीन, जो यान्त्रिक ऊर्जा को प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a.c.) में परिवर्तित करती है, तुल्यकाली जनित्र कहलाती है। इसे प्रत्यावर्ती धारा जनित्र (a.c. generator) तथा प्रत्यावर्तक (alternator) भी कहते हैं।



चित्र 12.1 (b)–सिन्क्रोनस जेनरेटर एवं सिन्क्रोनस मोटर में विभेद (Difference)।

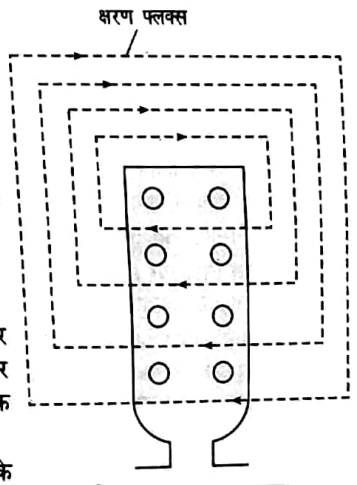
(ii) तुल्यकाली मोटर (Synchronous motor)—वह तुल्यकाली मशीन, जो प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा को यान्त्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करती है, तुल्यकाली मोटर कहलाती है।

तुल्यकाली गति (Synchronous speed)—वह परम स्थिर गति, जो मशीन के कुल चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (P) तथा वोल्टता की आवृत्ति (f) से एक निश्चित सम्बन्ध रखती है, तुल्यकाली गति कहलाती है। इसे रोटेशन प्रति मिनट (r.p.m.) मात्रक में N_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। सूत्र रूप से तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120\,f}{P} \text{ रोटेशन प्रति मिनट (r.p.m.)} \qquad \text{...सूत्र}$$

आर्मेचर रीऑक्शन (Armature reaction)—मेन फ्लक्स पर आर्मेचर फ्लक्स के प्रभाव को आर्मेचर रीऑक्शन कहते हैं। इसके कारण आर्मेचर के अन्दर वोल्टापात (IX_a) होता है, जिसे आर्मेचर रीऑक्शन ड्रोप कहते हैं। यह इलेक्ट्रिक लोड ($\cos\phi$) के पावरफेक्टर को भी प्रभावित करता है।

आर्मेचर प्रतिरोध (Armature resistance)—आर्मेचर वाइंडिंग के प्रतिरोध को आर्मेचर रिजिस्टॉन्स कहते हैं। इसे आर्मेचर का प्रभावी प्रतिरोध (effective resistance) भी कहते हैं। इसे ओह्म मात्रक में R_a या R_e प्रतीकात्मक



चित्र 12.2–क्षरण फ्लक्स।

Scanned with CamScanner
142 / 235
PRACTICAL CLASS 9

अक्षर से व्यक्त करते हैं। चर्म प्रभाव (skin effect) के कारण, इसका मान 50Hz पर दिष्टधारा प्रतिरोध (R_d) का 1·2 गुना होता है।

अर्थात् R_a या $R_e = 1{\cdot}2R_d$ ...सूत्र

आर्मेचर प्रतिघात (Armature reactance)—चित्र 12.2 में प्रदर्शित आर्मेचर के क्षरण फ्लक्स (leakage flux) के कारण, उत्पन्न प्रतिघात को आर्मेचर रीऑक्टान्स कहते हैं। इसे क्षरण प्रतिघात (leakage reactance) भी कहते हैं। इसे ओह्म मात्रक में X_l प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात्

लीकेज रीऑक्टान्स $X_l = \omega L = 2\pi . f . L$ ओह्म (Ω) ...सूत्र

आर्मेचर प्रतिक्रिया प्रतिघात (Armature reaction reactance)—आर्मेचर प्रतिक्रिया के तुल्य प्रतिघात को आर्मेचर रीऑक्शन रीऑक्टॉन्स कहते हैं। यह एक काल्पनिक प्रतिघात (fictitious reactance) है, जिसे ओह्म मात्रक में X_a प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अत: आर्मेचर रीऑक्शन रीऑक्टॉन्स = X_a ओह्म (Ω)

तुल्यकाली प्रतिघात (Synchronous reactance)—आर्मेचर रीऑक्शन रीऑक्टॉन्स (X_a) तथा आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स (X_l) के योग को सिन्क्रोन्स रीऑक्टॉन्स कहते हैं। इसे आर्मेचर का प्रभावी प्रतिघात (effective reactance) भी कहते हैं। जिसे ओह्म मात्रक में X_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात्

सिन्क्रोन्स रीऑक्टॉन्स $X_s = (X_a + X_l)$ ओह्म (Ω) ...सूत्र

तुल्यकाली प्रतिबाधा (Synchronous impedance)—आर्मेचर रिजिस्टॉन्स (R_a) तथा सिन्क्रोनस रीऑक्टॉन्स (X_s) के सदिश योग को सिन्क्रोन्स इम्पीडॉन्स कहते हैं। इसे ओह्म मात्रक में Z_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात्

सिन्क्रोन्स इम्पीडेन्स $Z_s = (R_a + JX_s)$ ओह्म (Ω) ...सूत्र

सिन्क्रोन्स इम्पीडेन्स का परिमाण (magnitude)

$$Z_s = \sqrt{(R_a^2 + X_s^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र}$$

$$Z_s = \frac{\text{open circuit voltage per phase of armature}}{\text{short circuit current per phase of armature}}$$

आर्मेचर प्रतिबाधा (Armature impedance)—आर्मेचर रिजिस्टॉन्स (R_a) तथा आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स (X_l) के सदिश योग को आर्मेचर इम्पीडेन्स कहते हैं। इसे ओह्म मात्रक में Z प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। अर्थात्

आर्मेचर इम्पीडॉन्स, or $Z = (R_a + JX_l)$ ओह्म ...सूत्र

आर्मेचर इम्पीडॉन्स का परिमाण (magnitude of armature impedance)

$$Z = \sqrt{(R_a^2 + X_l^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र}$$

निर्धारण (Rating)—एक वैद्युत यन्त्र (electrical machine) का निर्धारण, उसके लिए निर्माता (manufacturer) द्वारा निर्दिष्ट किया गया प्रचालन परिसीमाओं (operating limitations) का कथन (statement) है, जिससे यन्त्र का निर्गत, गति, वोल्टता, धारा, आवृत्ति शक्तिगुणक आदि सम्मिलित होता है, जैसा कि निर्धारण पट्ट (rating plate) पर अंकित (marked) होता है। यह निम्नलिखित तीन प्रकार का होता है—

(i) सतत् निर्धारण (Continuous rating)—यह उस भार से सम्बन्धित निर्धारण है, जिसे अनिश्चित समय तक के लिए सतत् (लगातार) क्रियाशील रखा (लगाया) जा सकता है, जबकि इसकी विशिष्टताओं की समस्त अनुकूल आवश्यकताएं (all the appropriate requirements) भली-भाँति निर्दिष्ट हों, अर्थात् अच्छी प्रकार से विदित हों।

(ii) लघु अवधि निर्धारण (Short rating)—यह उस भार से सम्बन्धित निर्धारण है, जिसे एक निश्चित विशिष्ट समय (certain specific time) तक के लिए क्रियाशील रखा (लगाया) जा सकता है, जबकि इसकी विशिष्टताओं की सभी अनुकूल अवस्थाएँ अच्छी प्रकार से निर्दिष्ट (specified) हों।

(iii) आन्तरायिक निर्धारण (Intermittent rating)—यह उस भार से सम्बन्धित निर्धारण है, जिसे अतिलघु अन्तराल वाले प्रत्यावर्ती समय के लिए क्रियाशील रखा (लगाया) जा सकता है, जबकि इसकी विशिष्टताओं की सभी अनुकूल अवस्थाएं निर्दिष्ट हों। इसमें यन्त्र पर भार को क्षणिक रुक-रुककर लगाया जाता है।

अनन्त बसबार (Infinite bus bar)—वह अपार वैद्युत क्षमता वाली बसबार, जिसकी वोल्टता (voltage) तथा आवृत्ति (frequency) सदैव स्थिर (constant) रहती है, इनफिनिट बसबार कहलाती है।

12.3. प्रत्यावर्तक का कार्य-सिद्धान्त (Working principle of an alternator)

ए० सी० जेनरेटर का कार्य-सिद्धान्त, डी० सी० जेनरेटर के समान ही होता है, क्योंकि डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में उत्पन्न होने वाला गतिकीय प्रेरित विद्युत-वाहक बल (dynamical induced e.m.f.) भी एक ए० सी० वोल्टेज होता है, जो कॉम्यूटेटर द्वारा डी० सी० वोल्टेज में परिवर्तित कर दिया जाता है। यदि सेपेरेटली एक्साइटिड डी० सी० जेनरेटर में कॉम्यूटेटर के स्थान पर स्लिप रिंग्स लगा दी जाएँ तो ब्रशों के आरपार ए० सी० वोल्टेज प्राप्त होगी और यह मशीन ही प्रत्यावर्तीधारा जनित्र (a.c. generator) बन जाएगी।

प्रत्यावर्तक अर्थात् ए० सी० जेनरेटर, डी० सी० जेनरेटर की तरह स्वत: उत्तेजन प्ररूपी (self excitation type) नहीं होता, अपितु वह पृथक् (अन्यत:) उत्तेजन प्ररूपी होता है। डी० सी० जेनरेटर की अपेक्षा, इसकी संरचना में निम्नलिखित तीन विशेष परिवर्तन होते हैं—

(i) आर्मेचर को स्थाता (stator) पर स्थापित (installed) किया जाता है।

(ii) मॉग्नेटिक फील्ड को घूर्णक (rotar) पर स्थापित किया जाता है।

(iii) फील्ड के उत्तेजन (excitation) के लिए न्यून वोल्टता की पृथक् डी० सी० सप्लाई देने हेतु, रोटर की शाफ्ट पर दो स्लिप रिंगों को स्थापित किया जाता है।

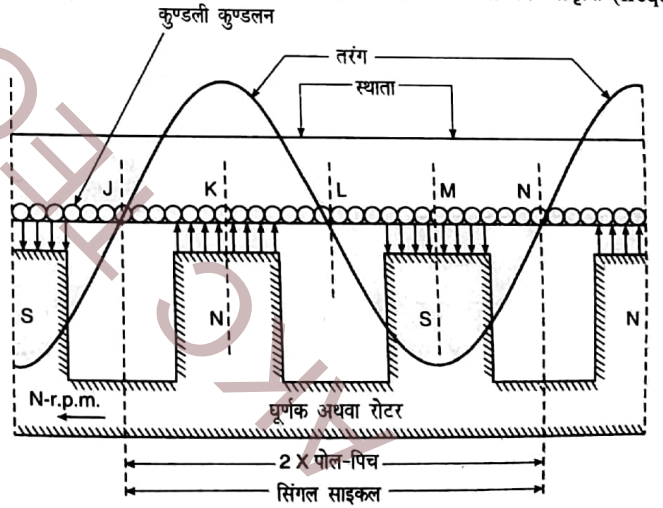
जब रोटर को स्लिप रिंगों द्वारा डी० सी० सप्लाई देकर, आद्य चालक (prime mover) द्वारा घुमाया जाता है, तो रोटर के इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक पोलों से उत्पन्न फ्लक्स, चालकों द्वारा कट जाते हैं। इससे स्टेटर की आर्मेचर वाइंडिग में गतिकीय प्रेरित विद्युत-वाहक बल (dynamical induced e.m.f.) उत्पन्न होता है। यही प्रत्यावर्तक द्वारा उत्पन्न ए० सी० वोल्टेज होता है, जिसे स्टेप-अप ट्रांसफॉर्मर द्वारा, उच्च वोल्टता में परिवर्तित कर, प्रेषण लाइनों (transmission lines) की सहायता से दूर-दूर तक प्रेषित किया जाता है।

12.4. जनित वोल्टता की आवृत्ति (Frequency of generated voltage)

माना कि— P—रोटर पर इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक पोलों की संख्या (numbers of m poles)

N—रोटेशन पर मिनट मात्रक में रोटर की गति (speed of rotor in r.p.m.)

f—साइकल पर सेकण्ड मात्रक में जनित वोल्टता की आवृत्ति (frequency in c/s)



चित्र 12.3–प्रत्यावर्तक में जनित वोल्टता तरंग (generated voltage wave)।

Scanned with CamScanner
143 / 235

चूँकि दो पोल वाला रोटर, एक रोटेशन के अन्तर्गत आर्मेचर में जनित वोल्टता का एक साइकल उत्पन्न करता है। इसलिए P-पोल वाला रोटर, एक रोटेशन के अन्तर्गत आर्मेचर में जनित वोल्टता के $P/2$ साइकल्स उत्पन्न करेगा।

चूँकि एक मिनट अर्थात् 60 सेकण्ड में रोटर द्वारा उत्पन्न रोटेशनों की संख्या N है, इसलिए एक सेकण्ड में रोटर द्वारा रोटेशनों की संख्या $N/60$ होगी।

$$\frac{\text{साइकल}}{\text{सेकण्ड}} = \frac{\text{साइकल}}{\text{रोटेशन}} \times \frac{\text{रोटेशन}}{\text{सेकण्ड}} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{N}{60} \text{ चक्र प्रति सेकण्ड (c/s)}$$

$$\boxed{f = \frac{PN}{120} \text{ Hz}} \qquad \text{...सूत्र}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1. एक त्रिकला, स्टार-सम्बद्ध, 40-पोल, 11 kV टर्बोऑल्टरनेटर को टरबाइन द्वारा किस गति से घुमाया जाए कि प्रेरित (जनित) वोल्टता की आवृत्ति 50 Hz हो। आप इस टर्बोऑल्टरनेटर के लिए किस प्रकार की टरबाइन संस्तुत (recommend) करेंगे और क्यों? ***(B.T.E. Examination)***

हल :

टरबाइन की गति

$$N = \frac{120.f}{P} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{120 \times 50}{40} = \mathbf{150 \text{ r. p. m.}} \qquad \text{उत्तर}$$

इस टर्बोऑल्टरनेटर के लिए वाटर टरबाइन संस्तुत करेंगे, क्योंकि चुम्बकीय ध्रुवों (poles) की संख्या अधिक (40) है।

ट्यूटोरिअल (Tutorial)

1. एक त्रिकला, तारा सम्बद्ध 16kV, 60-ध्रुव वाटर टर्बोऑल्टरनेटर से युग्मित कॉप्लान टरबाइन की गति 100r.p.m है। ज्ञात कीजिए कि ऑल्टरनेटर की आर्मेचर-वाइंडिग में किस आवृत्ति की धारा प्रवाहित होगी? ***(B.T.E. Examination)***

   [उत्तर— 50 Hz]

2. एक स्टीम टरबाइन द्वारा 3600r.p.m. पर चलने वाले 2-ध्रुव के ऑल्टरनेटर के आर्मेचर में किस-किस आवृत्ति की वोल्टता, धारा तथा फ्लक्स उत्पन्न होंगे? ***(B.T.E. Examination)***

   [उत्तर : 60Hz of all]

3. एक त्रिकला 11 kV, 50 Hz टर्बोऑल्टरनेटर की चाल 150 r.p.m. है। इसके ध्रुवों की संख्या ज्ञात कीजिए। इसके लिए आप किस प्रकार की टरबाइन संस्तुत करेंगे?

   [उत्तर : 40 चुम्बकीय ध्रुवों वाली वाटर टरबाइन।]

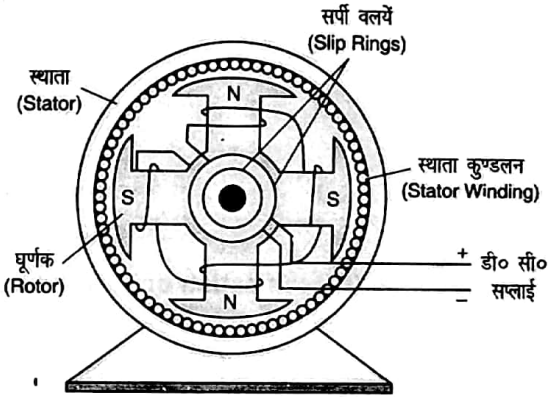
12.5. प्रत्यावर्तक में स्थिर आर्मेचर तथा घूर्णी विद्युत-चुम्बकीय क्षेत्र के लाभ (Advantages of stationary armature of rotating electromagnetic field in alternator)

विदित है कि प्राय: डी० सी० जेनरेटर में आर्मेचर को रोटर पर तथा फील्ड को स्टेटर पर रखा जाता है, जबकि इसके विपरीत ए० सी० जेनरेटर में आर्मेचर को स्टेटर तथा फील्ड को रोटर पर स्थापित किया जाता है। इसके मुख्य लाभ अग्रलिखित हैं—

(i) स्थिर आर्मेचर की वांइडिंग से उच्च वोल्टता (33 kV) पर उच्च धारा (10 kA) को प्राप्त करने के लिए किसी प्रकार की स्लिप रिंग तथा ब्रशों की आवश्यकता नहीं होती है। इससे स्पार्किंग की समस्या समाप्त हो जाती है।

(ii) स्थिर आर्मेचर-कोर के ओपन स्लोटों में वाइंडिंग सुगमता एवं शीघ्रतापूर्वक की जा सकती है और वाइंडिग के बाहर निकलने की सम्भावना भी अपेक्षाकृत कम रहती है।

(iii) स्थिर आर्मेचर की उच्च जनक वोल्टता (33 kV) वाली कॉइल वाइंडिंग को सुगमतापूर्वक उपयुक्त विद्युतरोधन प्रदान किया जा सकता है; क्योंकि इसमें किसी प्रकार के अपकेन्द्रीय बलों (centrifugal forces) तथा यान्त्रिक बलो (mechanical forces) के उत्पन्न होने की सम्भावना नहीं है।



चित्र 12.4–प्रत्यावर्तक में घूर्णी विद्युत-चुम्बकीय क्षेत्र का प्रदर्शन।

(iv) स्थिर आर्मेचर की उच्च धारावाही (10 kA) कॉइल वाइंडिग के चालकों को सुगमतापूर्वक शीतलित किया जा सकता है; क्योंकि स्थिर आर्मेचर तथा स्टेटर के आकार को बढ़ाकर, इसमें सम्पीडित वायु शीतलन प्रणाली (compressed air cooling system) के लिए बहुत-सी वायु-वाहिनियाँ (air ducts) बनाई जा सकती हैं। अथवा आसुत जल या हीलियम, हाइड्रोजन आदि गैस शीतलन प्रणाली तथा आर्मेचर-वाइंडिग के लिए खोखले चालकों (hollow conductors) का प्रयोग किया जा सकता है।

(v) आर्मेचर की अपेक्षा, इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक पोल सिस्टम हल्का होता है, इसलिए फील्ड को अधिक तेजी के साथ घुमाकर, आर्मेचर-वाइंडिग में उच्च वोल्टता प्रेरित की जा सकती है अर्थात् जनक वोल्टता (generating voltage) बढ़ाई जा सकती है।

(vi) डी० सी० फील्ड उत्तेजन के लिए रोटर पर सिर्फ दो (two) स्लिप रिंगों की आवश्यकता होती है, जबकि घूर्णी आर्मेचर के लिए तीन (RYB) या चार (RYBN) स्लिप रिंगों की आवश्यकता होती है।

(vii) घूर्णी क्षेत्र (rotating field) का दि० धारा उत्तेजन न्यून वोल्टता (110 से 440 V) पर होता है। इसलिए स्लिप रिंग तथा ब्रशों के बीच स्पार्किंग की सम्भावना अतिकम होती है। इसके विपरीत घूर्णी आर्मेचर की अवस्था में जनित प्रत्यावर्ती वोल्टता उच्च (11 to 33 kV) होती है, जो पूर्णभार पर अति उच्च धारा (10 kA) के कारण, स्लिप रिंग तथा ब्रशों के बीच अत्याधिक स्फुलन (sparking) उत्पन्न करेगी। इससे स्लिप रिंग तथा ब्रशें जलकर नष्ट हो जायेंगी।

Scanned with CamScanner
144 / 235

12.6. प्रत्यावर्तों का वर्गीकरण (Classification of alternators)

- प्रत्यावर्तक (Alternator)
  - लघु प्रत्यावर्तक (Small Alternator) *अथवा* घूर्णी आर्मेचर प्रत्यावर्तक (Rotating Armature Alternator)
  - दीर्घ प्रत्यावर्तक (Large Alternator) *अथवा* घूर्णी क्षेत्र प्रत्यावर्तक (Rotating Field Alternator)
    - समुन्नत ध्रुव प्रत्यावर्तक (Salient Pole Alternator) *अथवा* प्रक्षेपित ध्रुव प्रत्यावर्तक (Projected Pole Alternator)
    - असमुन्नत ध्रुव प्रत्यावर्तक (Non-salient pole Alternator) *अथवा* बेलनाकार ध्रुव प्रत्यावर्तक (Cylindrical Pole Alternator)

12.7. प्रत्यावर्तक के अंगों का वर्गीकरण (Classification of parts of an alternator)

प्रत्यावर्तक के अंग (Parts of alternator)

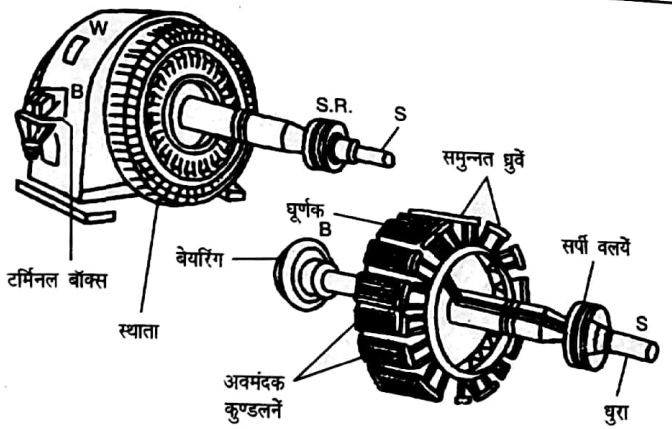
- स्थाता (Stator)
  - (i) स्थाता ढाँचा (Stator Frame)
  - (ii) स्थाता क्रोड (Stator Core)
  - (iii) स्थाता खाँचे (Stator Slots)
  - (iv) स्थाता कुण्डलन (Stator Winding)
- घूर्णक (Rotor)
  - समुन्नत या प्रक्षेपित ध्रुव प्ररूपी घूर्णक (Salient/Projected Pole Type Rotor)
  - असमुन्नत या चिकना बेलनाकार ध्रुव प्ररूपी घूर्णक (Non-salient/Smooth Cylindrical Pole Type Rotor)

12.8. प्रत्यावर्तक की संरचना (Construction of an alternator)

अन्य वैद्युत मशीनों की भाँति प्रत्यावर्तक के मूलरूप से दो निम्नलिखित अंग होते हैं—

12.8.1. स्थाता (Stator) तथा

12.8.2. घूर्णक (Rotor)।

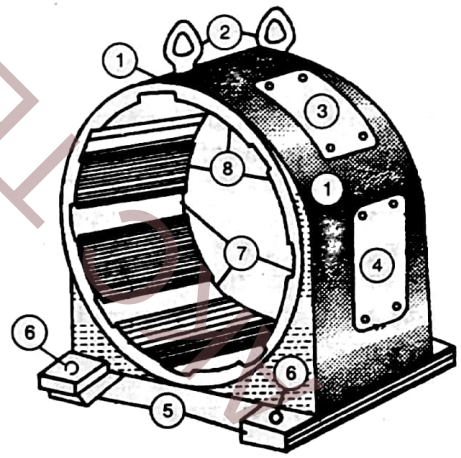


चित्र 12.5–सेलिएंट पोल टाइप सिंक्रोनस मशीन के अंग।

12.8.1. स्थाता अर्थात् स्टेटर (Stator)

अन्य वैद्युत मशीनों की भाँति ही प्रत्यावर्तक के स्थिर अंगों के समूह को स्टेटर कहते हैं। आजकल लगभग सभी बड़े प्रत्यावर्तकों में स्टेटर पर आर्मेचर स्थापित किया जाता है; इसलिए प्रत्यावर्तक में आर्मेचर-कोर को स्टेटर-कोर व आर्मेचर-स्लोट को स्टेटर-स्लोट तथा आर्मेचर-वाइंडिंग को स्टेटर-वाइंडिंग कहते हैं। स्टेटर पर स्थित आर्मेचर के मुख्य अंगों की संरचना निम्नलिखित है।

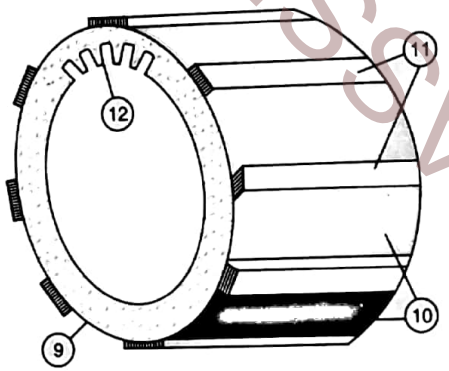
1. स्थाता ढाँचा अर्थात् स्टेटर फ्रेम (Stator frame)—यह लोहे का बना हुआ एक वृत्ताकार, मजबूत व टिकाऊ ढाँचा (frame) होता है, जिसके निचले भाग से जमीन पर स्थायी रूप से टिकाने के लिए आधार लगा होता है, जिसे पाद (foot) कहते हैं। छोटे प्रत्यावर्तक के लिए, इसे ढलवाँ लोहे का बनाया जाता है। इसका मुख्य कार्य आर्मेचर को धारण करके, आलम्बन प्रदान करना तथा मशीन के आन्तरिक अंगों को सुरक्षा प्रदान करना है। उच्च क्षमता वाले प्रत्यावर्तक के स्टेटर फ्रेम में शीतलन वाहिनियाँ (cooling ducts) भी प्रदान की जाती हैं। स्टेटर फ्रेम को चित्र 12.6 में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 12.6–प्रत्यावर्तक के स्टेटर का ढाँचा (frame)।

Scanned with CamScanner
145 / 235
TECHNICAL CLASSES

1. फ्रेम या ढाँचा
2. लिफ्टिंग बोल्ट
3. नेम प्लेट (पट्ट)
4. टर्मिनल बॉक्स
5. फुट अर्थात् पाद
6. फिक्सिंग होल्स
7. इनर फिक्सिंग स्लोट्स
8. इनर फिक्सिंग टीथ
9. आर्मेचर-कोर
10. आउटर फिक्सिंग स्लोट
11. आउटर फिक्सिंग टीथ
12. आर्मेचर-कोर स्लोट

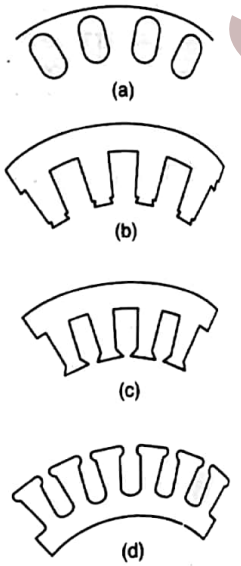


चित्र 12.7–प्रत्यावर्तक के स्टेटर का कोर।

2. स्थाता-क्रोड अर्थात् स्टेटर-कोर (Stator core)—स्टेटर-कोर को स्टेटर-फ्रेम में स्थापित किया जाता है। क्रोड हानियों को कम करने के लिए स्टेटर कोर को सिलिकॉन स्टील की पटलित पत्तियों (laminated strips) से बनाया जाता है, जो विद्युतरोधी वार्निश के पतले लेप से लेपित (coated) रहती हैं। छोटी मशीन के स्टेटर-कोर के लिए पटलों (laminations) को पूर्ण वृत्ताकार बनाया जाता है परन्तु बड़ी मशीन के स्टेटर-कोर के लिए पटलों (stempings) को अल्पवृत्ताकार बनाया जाता है और फिर उन्हें खण्डों के रूप में जोड़कर स्टेटर-कोर को पूर्ण वृत्ताकार बनाया जाता है।

3. स्थाता-खाँचे अर्थात् स्टेटर-स्लोट्स (Stator slots)—प्रत्यावर्तकों के क्रोड में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के खाँचे निम्नलिखित हैं—

(i) खुले खाँचे (Open slots)—चित्र 12.8 (b) में इस प्रकार के खाँचों को प्रदर्शित किया गया है। इनमें कॉइल वाइंडिंग को सुगमता तथा शीघ्रता से डाला तथा निकाला जा सकता है और मरम्मत में भी कम समय लगता है। इनमें फोर्मर वाउण्ड वाइंडिंग को सरलता से स्थापित किया जा सकता है; इसीलिए आजकल इनका प्रयोग सर्वाधिक होता है। वाइंडिंग स्थापित करने से पहले, इन्हें विद्युतरोधी करना भी सुगम होता है। वाइंडिंग करने के पश्चात् इन्हें चुम्बकीय पच्चरों (magnetic wedges), जो लोहे की बनी होती हैं, से बन्द करके अर्द्ध खुले खाँचों (semi closed slots) का प्रभाव उपलब्ध किया जा सकता है।

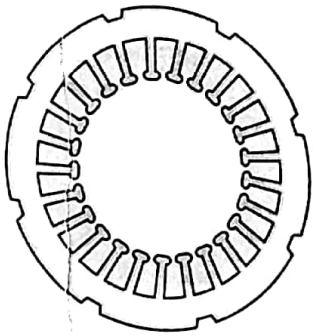


चित्र 12.8–खांचों के प्ररूप।

खुले खाँचों में सबसे बड़ी कमी यह है कि इनके कारण, वायु अन्तराल में मॉग्नेटिक फ्लक्स गुच्छों के रूप में फैलते (scattered) तथा वितरित (distribute) होते हैं, जिसके कारण, प्रेरित विद्युत-वाहक बल में अधिक ऊर्मिकाएँ (ripples) पैदा हो जाती हैं जो ज्यावक्रीय तरंग (sinusoidal wave) को खण्डित (distorted) करती हैं। इनका प्रयोग उच्च गति वाले रोटर पर कम होता है, अधिकतर स्टेटर पर ही होता है।

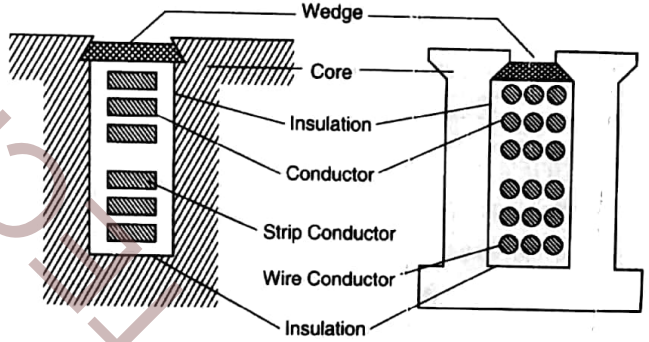
(ii) अर्द्ध बन्द खाँचे (Semi closed slots)—चित्र 12.8 (c) तथा (d) में इस प्रकार के खाँचों को प्रदर्शित किया गया है। इन्हें अर्द्ध खुले खाँचे (semi open slots) भी कहते हैं। इनमें फोर्मर वाउण्ड वाइंडिंग को स्थापित करना अति कठिन होता है, क्योंकि इनमें कॉइल को एक साथ स्थापित नहीं किया जा सकता है, अपितु चालक को एक-एक करके फँसाना पड़ता है। ये खाँचे, वायु अन्तराल में फ्लक्स वितरण के दृष्टिकोण से खुले खाँचों की अपेक्षा, अधिक श्रेष्ठ होते हैं। वाइंडिंग के पश्चात्, इन्हें सुगमता से बन्द भी किया जा सकता है। खुले खाँचों की अपेक्षा, इनका प्रयोग कम होता है। इन खाँचों को उच्च गति वाले रोटर पर भी प्रयोग में लाया जा सकता है।

(iii) बन्द खाँचा (Closed slots)—चित्र 12.8 (a) में इस प्रकार के खाँचों को प्रदर्शित किया गया है। इनमें वाइंडिंग को स्थापित करना अति कठिन होता है। इनमें फोर्मर वाउण्ड वाइंडिंग का स्थापन असम्भव है। इनकी वाइंडिंग करने में अधिक समय लगता है और खर्चा भी अधिक आता है। इनमें वाइंडिंग के अन्त: संयोजन में भी अधिक कठिनाई होती है, इसलिए इनका प्रयोग सबसे कम होता है। बन्द खाँचे, वायु अन्तराल में मॉग्नेटिक फ्लक्स वितरण में किसी प्रकार की बाधा उत्पन्न नहीं करते हैं। अर्थात् प्रभावहीन हैं, परन्तु ये वाइंडिंग की कुण्डलियों (coils) में प्रेरकत्व (inductance) को बढ़ा देते हैं।



चित्र 12.9–स्टेटर-स्टेम्पिंग।

4. स्थाता-कुण्डलन (Stator winding)—लघु सिंगल फेज सिंक्रोनस मशीन (alternator) की आर्मेचर वाइंडिंग को प्राय: डी० सी० मशीन की आर्मेचर वाइंडिंग के समान ही रोटर के स्लोटों में स्थापित किया जाता है और रोटेटिंग आर्मेचर से स्लिप रिंगों तथा कार्बन-ब्रशों की व्यवस्था द्वारा निर्गत में प्रत्यावर्तीधारा उत्पन्न की जाती है, परन्तु दीर्घ थ्री-फेज सिंक्रोनस मशीन की आर्मेचर-वाइंडिंग को स्टेटर के स्लोटों में स्थापित किया जाता है और तीनों फेजों की तीनों वाइंडिंगों को निश्चित मॉग्नेटिक पोलों की सम संख्या (even numbers) के लिए कुण्डलित (wound) किया जाता है। तीनों फेजों की तीनों वाइंडिंगों को परस्पर विद्युतरोधी करते हुए, एक-दूसरे से एक सौ बीस अंश (120°) के कोण पर स्थानान्तरित (displaced) किया जाता है।



चित्र 12.10–स्टेटर के स्लोटों में कॉइल वाइंडिंग का प्रदर्शन।

दीर्घ थ्री-फेज सिंक्रोनस मशीन के स्टेटर-स्लोटों में प्राय: फोर्मर वाउण्ड वाइंडिंग स्थापित की जाती है। वाइंडिंग की कुण्डलियाँ प्राय: तार वाले चालकों (wire conductors) अथवा पत्ती वाले चालकों (strip conductors) की फोर्मर द्वारा बनाई जाती हैं। पत्ती चालकों की कॉइल वाइंडिंग को विद्युतरोधित बनाने तथा स्टेटर-स्लोटों के अन्दर स्थापित करने में सुगमता रहता है।

उच्च क्षमता (above 200 MW) वाले प्रत्यावर्तकों की स्टेटर-वाइंडिंग के लिए खोखले चालकों (hollow conductors) से निर्मित कॉइलों का भी उपयोग होता है, जिनके अन्दर से शीतलित, "द्रव या गैस" पास की जाती है। यह द्रव या गैस विद्युत की कुचालक अर्थात् विद्युतरोधी होती है, जिसका उपयोग उच्च क्षमता के प्रत्यावर्तकों की स्टेटर-वाइंडिंग के शीतलन के लिए होता है। इसके लिए प्रमुख पदार्थ आसुत जल (distilled water), हाइड्रोजन गैस आदि हैं।

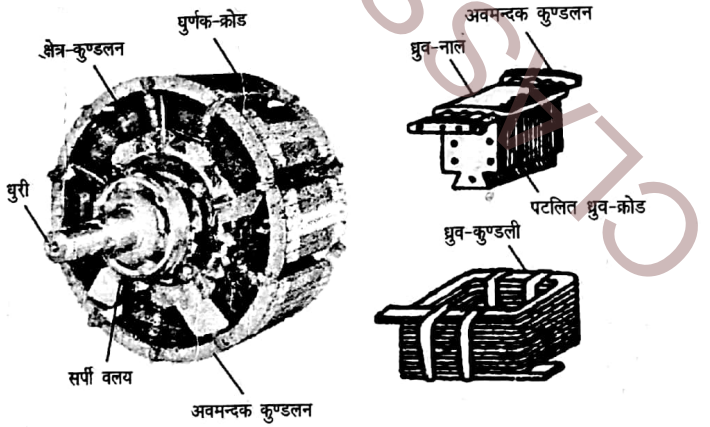
TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
146 / 235

12.8.2. घूर्णक अर्थात् रोटर (Rotor)

अन्य मशीनों की भाँति ही, प्रत्यावर्तक के घूमने वाले अंगों के समूह को घूर्णक अर्थात् रोटर कहते हैं। यह निम्नलिखित दो प्रकार का होता है—

(i) **'समुन्नत या प्रक्षेपण' ध्रुव प्ररूपी घूर्णक** (Salient or projected, pole type rotor)

(ii) **'असमुन्नत या चिकना बेलनाकार' ध्रुव प्ररूपी घूर्णक**
(Non-salient or smooth cylindrical, pole type rotor)

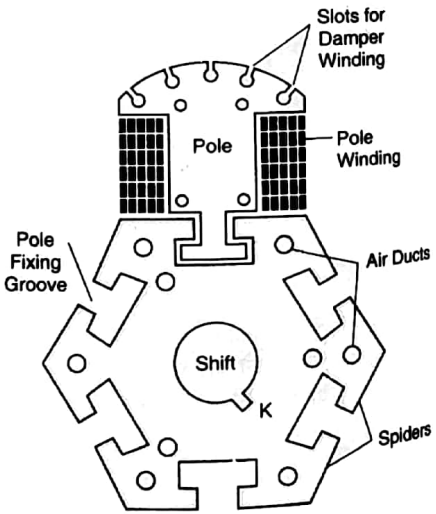


चित्र 12.11–प्रत्यावर्तक के समुन्नत ध्रुव प्ररूपी घूर्णक के अंगों का प्रदर्शन।

1. समुन्नत ध्रुव प्ररूपी घूर्णक (Salient pole type rotor)

चित्र 12.11 में प्रदर्शित इस रोटर के पोल उभरे (आगे को निकले) हुए होते हैं; इसलिए इसे 'समुन्नत या प्रक्षेपण अथवा उभार' ध्रुव प्ररूपी घूर्णक कहते हैं। इस घूर्णक की गति कम (50 to 500 r.p.m.) होती है; इसलिए इसे न्यून गति वाला घूर्णक (low speed rotor) भी कहते हैं। इस पर पोलों की संख्या अधिक (12 to 120) होती है। इनका व्यास अधिक (3 to 6 m) होता है। इनकी अक्षीय लम्बाई कम (0·5 to 1·5 m) होती है।

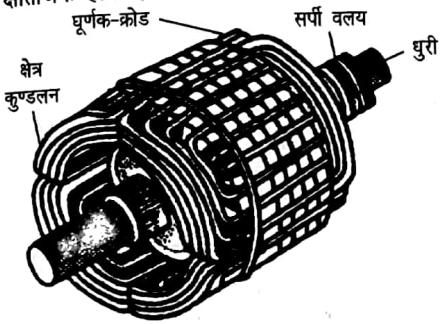
यह अधिक जगह घेरने वाले तथा भारी-भरकम होते हैं। इनकी धावन ध्वनि (running sound) अधिक होती है। इसका संरेखण (alignment) प्राय: ऊर्ध्वाधर रखा जाता है। इनका प्रयोग प्राय: न्यून गति पर डीजल एन्जिन ऑल्टरनेटर तथा वाटर टर्बोऑल्टरनेटर में किया जाता है।



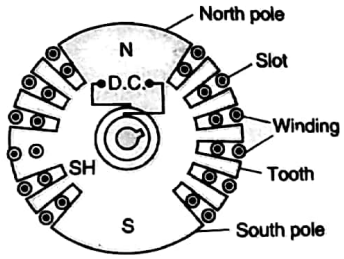
चित्र 12.12–समुन्नत ध्रुव का स्थापन (setting of Salient pole)।

II. चिकना बेलनाकार ध्रुव प्ररूपी घूर्णक (Smooth cylindrical pole type rotor)

चित्र 12.13 में प्रदर्शित इस रोटर के पोल चिकने तथा बेलनाकार होते हैं; इसलिए इसे 'असमुन्नत या अप्रेक्षपण अथवा चिकना बेलनाकार' ध्रुव प्ररूपी घूर्णक कहते हैं। इस घूर्णक की गति अधिक (1000 to 3000 r.p.m.) होती है; इसलिए इसे उच्च गति वाला घूर्णक (high speed rotor) कहते हैं। इन पर पोलों की संख्या कम (2 to 6) होती है। इनका व्यास कम (0·5 to 1·5 m) होता है। इनकी अक्षीय लम्बाई अधिक (3 to 6 m) होती है। यह लम्बाई में अधिक जगह घेरने वाला होता है। इनका प्रयोग स्टीम टर्बोऑल्टनेटर तथा गैस टर्बोऑल्टरनेटर में होता है। इनमें धावन गति (running sound) कम होती है। इनका संरेखन क्षैतिजिक होता है।



चित्र 12.13–बेलनाकार ध्रुव प्ररूपी घूर्णक।



चित्र 12.14–चिकना बेलनाकार ध्रुव।

पावर फ्रीक्वैन्सी पर ऑल्टरनेटर के पोल से सम्बन्धित गति (speed)

ऑल्टरनेटर का प्ररूप		स्टीम टर्बोऑल्टरनेटर			वाटर टर्बो-ऑल्टरनेटर					
आवृत्ति	पोल P	2	4	6	12	20	30	50	60	120
$f = 50$ c/s	स्पीड-N	3000	1500	1000	500	300	200	120	100	50

12.9. प्रत्यावर्तकों के अनुप्रयोग (Applications of alternators)

मितव्ययिता के दृष्टिकोण से आजकल व्यावसायिक स्तर पर प्रत्यावर्ती विद्युत का ही जनन (generation) होता है। प्राय: न्यून गति वाले समुन्नत ध्रुव प्रत्यावर्तकों (salient pole alternators) का प्रयोग वाटर टरबाइन के साथ पनबिजलीघरों पर होता है और उच्च गति वाले असमुन्नत ध्रुव प्रत्यावर्तकों (non salient pole alternator) का प्रयोग, स्टीम या गैस टरबाइन के साथ ताप या गैस बिजलीघरों तथा परमाणु बिजलीघरों पर होता है।

12.10. प्रत्यावर्तीधारा आर्मेचर कुण्डलन (A.C. Armature winding)

प्रस्तुत कुण्डलन, दीर्घ प्रत्यावर्तकों में प्राय: स्थाता पर स्थापित होती है; इसलिए इसे प्रत्यावर्तक की स्थाता-कुण्डलन (stator winding of an alternator) कहते हैं। लघु प्रत्यावर्तकों में यह कुण्डलन प्राय: घूर्णक पर स्थापित होती है; इसलिए इसे प्रत्यावर्तक की घूर्णक-कुण्डलन (rotor winding of an alternator) भी कहते हैं।

डी० सी० मशीन की तरह ही ए० सी० मशीन की आर्मेचर-वाइंडिंग भी लैप एवं वेव प्ररूपी होती है। अर्थात् दोनों प्रकार की मशीनों की आर्मेचर-वाइंडिंग लगभग एकसमान (identical) होती है। डी० सी० जेनरेटर के आर्मेचर में भी सर्वप्रथम प्रत्यावर्ती विद्युत ही प्रेरित (उत्पन्न) होती है। बाद में इसे कॉम्यूटेटर द्वारा दिष्टवर्ती विद्युत में बदला जाता है। यदि कॉम्यूटेटर के स्थान पर स्लिप-रिंगों का प्रयोग किया जाए, तो प्रत्यावर्ती विद्युत ही प्राप्त होती है, जैसा कि लघु प्रत्यावर्तक में होता है। दूसरे आर्मेचर-वाइंडिंग से प्रत्यावर्ती विद्युत को अंश निष्कासित (tapping) भी किया जा सकता है; जैसा कि तुल्यकाली परिवर्तक (synchronous converter) में किया जाता है।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
147 / 235

ए० सी० एवं डी० सी० आर्मेचर-वाइंडिंग्स, परस्पर एकसमान (identical) होते हुए भी कुछ असमानताएँ अवश्य रखती हैं। डी० सी० आर्मेचर-वाइंडिंग पूर्णरूप से बन्दपथ कुण्डलन (close circuit winding) होती है, जबकि ए० सी० आर्मेचर-वाइंडिंग, खुलापथ तथा बन्दपथ दोनों प्रकार की होती है। थ्री-फेज स्टार वाइंडिंग, एक खुलापथ कुण्डलन होती है, जबकि थ्री-फेज डेल्टा वाइंडिंग, एक बन्दपथ कुण्डलन होती है। स्टार वाइंडिंग के पक्ष के तीनों सिरों को परस्पर सम्बद्ध कर उदासीन (neutral) बना दिया जाता है। अन्य तीनों सिरे (terminals) खुले रहते हैं। प्राय: प्रत्यावर्तक के आर्मेचर-वाइंडिंग के सम्बन्धन, स्टार में ही किए जाते हैं।

12.11. कुण्डलन सम्बन्धी शब्दावली (Terminology of winding)

विद्युत-चालक (Electric-conductor)—वह एकल तार या तारों का संयोग (combination), जो परस्पर विद्युतरोधित (insulated) नहीं होता, परन्तु पूर्णरूप से धारावाही होता है, इलेक्ट्रिक कण्डक्टर कहलाता है। अथवा

एक धातु निर्मित तार, जिसमें से वैद्युत धारा सुगमता से प्रवाहित होती है, चालक कहलाता है।

वर्त (Turn)—यह दो चालकों का संयोग (combination) है। अर्थात् एक वर्त (T) में दो चालक (C) होते हैं। अत:

$$C = 2T$$

कुण्डली (Coil)—यह वर्तों का संयोग है। (It is a combination of turns)।

विभिन्न कारकों (factors) के अनुसार, कुण्डलियाँ निम्न प्रकार की होती हैं—

(A) वर्तों के अनुसार (According to the turns)

(i) एकल वर्त कुण्डली (Single turn coil)

(ii) बहु-वर्त कुण्डली (Multi-turn coil)

(B) आकृति तथा आकार के अनुसार (According to the shape and size)

(i) संकेन्द्रित कुण्डली (Concentrated coil)

(ii) वितरित कुण्डली (Distributed coil)

(a) समकेन्द्रीय वितरित कुण्डली (Concentric or spiral, distributed coil)

(b) विषम केन्द्रीय वितरित कुण्डली (Non-concentric distributed coil)

(c) समरूप वितरित कुण्डली (Uniform distributed coil)

(iii) मश या क्रेन्क, कुण्डली (Mush or crank, coil)

(iv) डायमण्ड कुण्डली (Diamond coil)

(C) परिपथ के अनुसार (According to the circuit)

(i) खुलापथ कुण्डली (Open circuit coil)

(ii) बन्दपथ कुण्डली (Close circuit coil)

(D) विस्तृति या विस्तार के अनुसार (According to the pitch)

(i) पूर्ण विस्तृति कुण्डली (Full pitch coil)

(ii) लघु विस्तृति कुण्डली (Short pitch coil)

(iii) दीर्घ विस्तृति कुण्डली (Long pitch coil)

कुण्डलन (Winding)—वैद्युत यन्त्र, उपयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि युक्तियों में प्रयुक्त चालकों या कुण्डलियों के आवश्यकतानुसार, विधिवत स्थापन तथा सम्बन्धनों को वाइंडिंग कहते हैं। इसे खाँचों (slots) में या आलम्बों (limbs) पर स्थापित किया जाता है।

विस्तृति (Pitch)—इसका तात्पर्य मानक दूरी (standard distance) अर्थात् अन्तराल (gap) से है, जिसे विस्तार, फैलाव आदि नामों से भी जाना जाता है।

चुम्बकीय ध्रुव विस्तृति (Magnetic pole pitch)—दो निकटतम तथा विपरीत चुम्बकीय ध्रुवों के बीच की दूरी को मॉग्नेटिक पोल पिच कहते हैं। यह एक सौ अस्सी वैद्युत अंश (180 e.d.) होती है। इसे प्राय: खाँचों की संख्या के पदों में (in terms of number of slots) मापा जाता है। माना कि किसी चार (4) चुम्बकीय ध्रुव वाली इलेक्ट्रिक मशीन के आर्मेचर कोर में कुल छत्तीस खाँचे (36-slots) हैं। तब ध्रुव विस्तार (pole pitch)

$$p = \frac{\text{Number of slots}}{\text{Number of poles}} = \frac{36}{4} = 9 \text{ slots per pole}$$

तथा खाँचा कोण (slot angle), $\alpha = \frac{180}{9} = 20$ e.d.

कुण्डली विस्तार (Coil pitch)—किसी कुण्डली के पक्षों (sides of coil) की बीच की दूरी को कॉइल पिच कहते हैं। इसे खाँचों की संख्या या वैद्युत अंश के पदों में मापते हैं। यह निम्नलिखित तीन प्रकार का होता है—

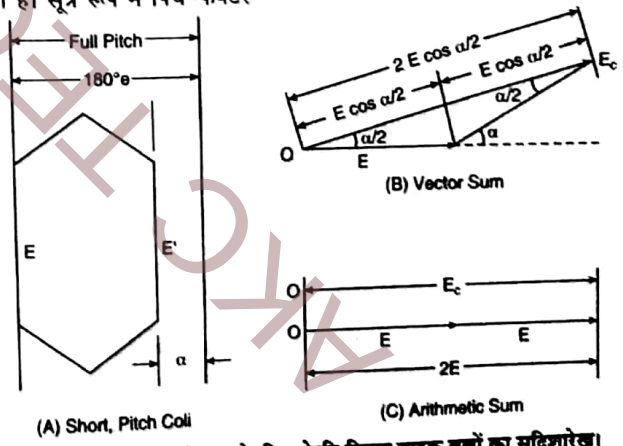
(i) पूर्ण विस्तार कुण्डली (Full pitch coil)—वह कुण्डली, जिसका विस्तार चुम्बकीय ध्रुव विस्तार के बराबर होता है, पूर्ण विस्तार कुण्डली कहलाती है। इसका मान एक सौ अस्सी वैद्युत अंश (180 e.d.) होता है। इसे खाँचे प्रति ध्रुव (slots per pole) के रूप में भी मापा जाता है। पूर्ण विस्तार कुण्डलन (full pitch winding) में इन्हीं कुण्डलियों का प्रयोग (use) होता है।

(ii) लघु विस्तार कुण्डली (Short pitch coil)—वह कुण्डली, जिसका विस्तार, चुम्बकीय ध्रुव विस्तार से लघु (छोटा अर्थात् कम) होता है, लघु विस्तार कुण्डली कहलाती है। इसके विस्तार का लघु होना भी खाँचों की संख्या अथवा वैद्युत अंश में ही व्यक्त किया जाता है। इन कुण्डलियों का उपयोग लघु विस्तार कुण्डलन (short-pitch winding) में होता है।

(iii) दीर्घ विस्तार कुण्डली (Long pitch coil)— वह कुण्डली, जिसका विस्तार, चुम्बकीय ध्रुव विस्तार से दीर्घ (बड़ा अर्थात् अधिक) होता है, दीर्घ विस्तार कुण्डली कहलाती है। इसके विस्तार का दीर्घ होना भी खाँचों की संख्या अथवा वैद्युत अंश में व्यक्त किया जाता है। इस प्रकार की कुण्डलियाँ दीर्घ विस्तार कुण्डलन (long pitch winding) में प्रयोग होती है, परन्तु इस कुण्डलन का व्यावहारिक प्रयोग (use) अति सीमित है, क्योंकि इसकी समस्त विशेषताएँ लघु विस्तार कुण्डलन में ही उपलब्ध हैं।

12.12. पिच-फैक्टर अर्थात् विस्तृति गुणक (Pitch factor)

यह प्रति कुण्डली प्रेरित विद्युत-वाहक बलों का सदिश योग तथा प्रति कुण्डली प्रेरित विद्युत-वाहक बलों के अंकगणितीय योग का अनुपात है। यह एक मात्रक रहित राशि है, जिसे K_p से व्यक्त किया जाता है। इसका मान एकांक से कम होता है। इसे पिच फैक्टर (pitch factor), कुण्डली विस्तृति गुणक (coil span factor), क्रोडिंग फैक्टर (croding factor) आदि नामों से जाना जाता है। सूत्र रूप में पिच-फैक्टर—



चित्र 12.15–पिच-फैक्टर के लिए प्रेरित विद्युत वाहक बलों का सदिशारेख।

Scanned with CamScanner
148 / 235

$$K_p = \frac{\text{प्रति कुण्डली प्रेरित विद्युत-वाहक बलों का सदिश योग}}{\text{प्रति कुण्डली प्रेरित विद्युत-वाहक बलों का अंकगणित योग}}$$

$$K_p = \frac{\text{सदिश योग}}{\text{अंकगणितीय योग}} = \frac{2E\cos\alpha/2}{2E} = \cos\alpha/2$$

$$\text{Where } \alpha = \frac{\text{Number of slots in coil short pitch}}{\text{Number of slots in pole pitch}} \times 180°$$

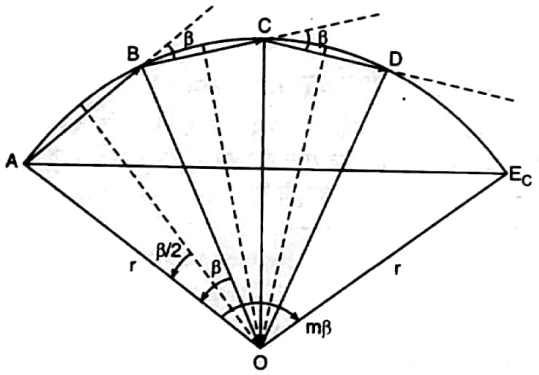
$$= \frac{\text{Coil short pitch}}{\text{Pole pitch}} \times 180°$$

$$\text{Pole pitch} = \frac{\text{Total number of slots}}{\text{Total number of poles}} = \text{Full pitch}$$

$$\text{Short pitch} = \text{Pole pitch} - \text{Coil pitch}$$

12.13. वितरण गुणांक अर्थात् डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर (Distribution factor)

यह प्रतिकला प्रति ध्रुव के अन्तर्गत समान संख्या की एकरूप (identical) कुण्डलियों के अन्दर, वितरित कुण्डलन की स्थिति में प्रेरित विद्युत-वाहक बलों का सदिश योग तथा संकेन्द्रित कुण्डलन की स्थिति में प्रेरित विद्युत-वाहक बलों के बीजगणितीय योग का अनुपात है। यह एक मात्रक रहित राशि है, जिसे K_d प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है। इसका मान भी एकांक से कम होता है। इसे वितरण गुणक (distribution factor), चौड़ाई गुणक (breadth factor), कुण्डलन गुणक (winding factor) आदि नामों से भी जाना जाता है। सूत्ररूप में डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर—



चित्र 12.16–डिस्ट्रिब्यूशन फेक्टर के लिए प्रेरित विद्युत-वाहक बलों के सदिशारेख।

$$K_d = \frac{\text{वितरित कुण्डली कण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल}}{\text{संकेन्द्रित कुण्डली कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल}}$$

$$K_d = \frac{\text{Induced e.m.f. in a distributed coil winding}}{\text{Induced e.m.f. in a concentrated coil winding}}$$

$$K_d = \frac{\text{विद्युत-वाहक बलों का सदिश योग}}{\text{विद्युत-वाहक बलों का अंकगणितीय योग}}$$

$$K_d = \frac{2r\sin\frac{m\beta}{2}}{m \times 2r\sin\frac{\beta}{2}} = \frac{\sin\frac{m\beta}{2}}{m\sin\frac{\beta}{2}}$$

Where,

m = Number of slots per magnetic pole per phase

β = Angular displacement between the adjacent slots

$= \frac{180°}{n}$ Where n = Number of slots per magnetic pole

12.14. प्रत्यावर्तक का विद्युत-वाहक बल समीकरण (E.M.F. Equation of alternator)

माना कि—

ϕ = वेबर मात्रक में मॉग्नेटिक फ्लक्स प्रति चुम्बकीय ध्रुव (magnetic pole)

P = रोटर पर मॉग्नेटिक पोलों की संख्या (number of magnetic pole)

Z = स्टेटर पर आर्मेचर-वाइंडिंग में चालकों की संख्या प्रति कला (phase)

= प्रति फेज स्लोटों की संख्या × चालक प्रति खाँचा (slot)

= 2× श्रेणी में सम्बद्ध वर्तों की संख्या प्रति कला (phase)

N = रोटेशन पर मिनट मात्रक में रोटर की चाल (speed in r.p.m.)

f = साइकल पर सेकण्ड मात्रक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की आवृत्ति (frequency)

$$= \frac{\text{मॉग्नेटिक पोलों की संख्या } (P) \times \text{रोटर की स्पीड } (N)}{120}$$

K_f = शुद्ध ज्यावक्रीय तरंग के लिए रूप गुणक (form factor)

K_p = आर्मेचर-वाइंडिंग के लिए पिच फैक्टर (pitch factor)

$K_p = 1$, आर्मेचर की फुल पिच वाइंडिंग के लिए

$K_p < 1$, आर्मेचर की शोर्ट पिच वाइंडिंग के लिए

K_d = आर्मेचर-वाइंडिंग के लिए डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर

$K_d = 1$, आर्मेचर की कंसेंट्रिक वाइंडिंग के लिए

$K_d < 1$, आर्मेचर की डिस्ट्रिब्यूशन वाइंडिंग के लिए

अब प्रत्यावर्तक में रोटर द्वारा उत्पादित कुल चुम्बकीय फ्लक्स (magnetic flux)

$$d\phi = \phi P \text{ वेबर}$$

चूँकि उक्त सम्पूर्ण चुम्बकीय फ्लक्स को रोटर के एक रोटेशन में आर्मेचर के प्रत्येक चालक द्वारा काटा जाता है, इसलिए रोटर के एक रोटेशन द्वारा लिया गया समय

$$dt = 60/N \text{ सेकण्ड}$$

तब स्टेटर पर स्थापित आर्मेचर के प्रत्येक चालक में प्रेरित औसत विद्युत-वाहक बल = चालक द्वारा प्रति सेकण्ड काटे गए चुम्बकीय फ्लक्स

अर्थात् $E_{ave}/\text{Conductor} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\phi PN}{60} = \frac{\text{वेबर}}{\text{सेकण्ड}}$ अथवा वोल्ट (यूनिट)

TARGET ELECTRICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
149 / 235

∴ प्रति फेज प्रेरित औसत विद्युत-वाहक बल = Z चालकों द्वारा प्रति सेकण्ड काटे गए मॉग्नेटिक फ्लक्स

अर्थात् $$E_{ave}/\text{phase} = \frac{\phi PNZ}{60}\ \frac{\text{वेबर}}{\text{सेकण्ड}}$$ अथवा वोल्ट (यूनिट)

$$= 2\phi fZ \text{ वोल्ट} \qquad (\because PN = 120f)$$

$$E_{r.m.s.}/\text{phase} = K_f \times E_{ave}/\text{phase}$$

$$E_p = 1{\cdot}11 \times 2\phi f Z \text{ वोल्ट}$$

$$E_p = 2{\cdot}22\phi f Z \text{ वोल्ट}$$

$$E_p = 4{\cdot}44\phi fT \text{ वोल्ट} \qquad (\because Z = 2T)$$

उक्त सूत्र में स्टेटर पर स्थापित आर्मेचर-वाइंडिंग के दोनों कारकों (K_p and K_d) को समायोजित करने पर

$$E_p = 4{\cdot}44 K_p K_d \phi f T \text{ वोल्ट} \qquad \text{...सूत्र}$$

चूँकि प्रत्यावर्तक में स्टेटर पर स्थापित आर्मेचर वाइंडिंग प्राय: स्टार सम्बद्ध रहती है, इसलिए लाइन वोल्टेज

$E_l = \sqrt{3} \times$ फेज वोल्टेज (E_p) मान रखने पर

अर्थात् $$E_l = \sqrt{3} \times 4{\cdot}44 K_p \cdot K_d \cdot \phi \cdot f \cdot T \text{ वोल्ट} \qquad \text{...सूत्र}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 1. एक थ्री-फेज, 6 पोल वाले ऑल्टरनेटर के स्टेटर-कोर में 72 स्लोट हैं। इसमें थ्री-फेज शोर्ट पिच वाइंडिंग की गई है, जिसका वाइंडिंग विस्तार 10 स्लोट के तुल्य है। इस वाइंडिंग का पिच फैक्टर तथा डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर ज्ञात कीजिए।

हल : पोल पिच $= \frac{S}{P} = \frac{72}{6} = 12$ खाँचे प्रति ध्रुव (slots per pole)

शोर्ट पिच = पोल पिच − वाइंडिंग पिच

$= 12 - 10 = 2$ स्लोट

कुण्डलन का लघु विस्तार कोण (short pitch angle of winding)

$$\alpha = \frac{\text{वाइंडिंग शोर्ट पिच}}{\text{पोल पिच}} \times 180° \qquad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$\alpha = \frac{2}{12} \times 180 = 30 \text{ अंश (degree)}$$

∴ पिच फैक्टर $K_p = \cos\frac{\alpha}{2}$ (मान रखने पर)

$$= \cos\frac{30°}{2} = \cos 15° = 0{\cdot}966 \qquad \text{उत्तर}$$

दो निकटतम स्लोटों के बीच विस्थापन कोण (displacement angle)

$$\beta = \frac{180°}{\text{स्लोट प्रति पोल}} = \frac{180°}{12} = 15 \text{ अंश (degree)}$$

m = स्लोट प्रति पोल प्रति फेज (slots/pole/phase)

$$m = \frac{72}{6 \times 3} = 4 \text{ संख्या (number)}$$

कुण्डलन का वितरण गुणांक (distribution factor of winding)

$$m = \frac{\sin\frac{m\beta}{2}}{m\sin\beta/2} \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= \frac{\sin\frac{4\times15}{2}}{4\sin\frac{15}{2}}, \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{0{\cdot}5}{4 \times 0{\cdot}1305} = \frac{0{\cdot}5}{0{\cdot}5220} = \mathbf{0{\cdot}9615} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 2. एक 8-पोल, 750 r.p.m., थ्री-फेज, प्रत्यावर्तक की खुलापथ वोल्टता प्रति फेज ज्ञात कीजिए। प्रत्यावर्तक में कुल 336 चालक द्विपरत कुण्डलन (double layer winding) में हैं। फ्लक्स प्रति पोल 50 m Wb हैं। फोर्म फैक्टर 1·14, पिच फैक्टर 0·866 तथा डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर 0·9659 है।

हल : दिया है $P = 8$, $N = 750 \text{ r.p.m.}$ $Z = \frac{336}{3} = 112 \text{ C/ph}$, $K_d = 0{\cdot}9659$

$K_f = 1{\cdot}14$, $K_p = 0{\cdot}866$, $\phi = 50 \text{ mWb} = 50 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 0{\cdot}050 \text{ Wb}$

अर्थात् $$f = \frac{PN}{120} = \frac{8 \times 750}{120} = 50 \text{ Hz (c/s)}$$

∴ प्रत्यावर्तक की प्रति कला खुलीपथ वोल्टता (open circuit voltage/phase)

$$E_{ph} = 2 \cdot K_f \cdot K_p \cdot K_d \cdot \phi \cdot f \cdot Z \text{ वोल्ट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= 2 \times 1{\cdot}14 \times 0{\cdot}866 \times 0{\cdot}9659 \times 0{\cdot}05 \times 50 \times 112 \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \mathbf{534 \text{ वोल्ट (V)}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 3. एक थ्री-फेज, 16-पोल, प्रत्यावर्तक स्टार कनेक्टिड वाइंडिंग में 144-स्लोटें हैं। प्रत्येक स्लोट में 10 कण्डक्टर हैं। फ्लक्स प्रति पोल 0·03 Weber तथा चाल 375 r.p.m. है। कॉइल स्पान 150 वैद्युत अंश (e.d.) है। परिकलन कीजिए–

(a) जनित वोल्टता की आवृत्ति (frequency),

(b) प्रति फेज प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f.)

(c) लाइन विद्युत-वाहक बल (line e.m.f.)

हल : दिया है $P = 16$, $S = 144$, $S/C = 10$, $\phi = 0{\cdot}03 \text{ Wb}$, $N = 375 \text{ r.p.m.}$

$$Z = \frac{S \times C}{\text{phase}} = \frac{144 \times 10}{3} = 480 \text{ conductors/phase}$$

(a) आवृत्ति $$f = \frac{PN}{120} = \frac{16 \times 375}{120} = \mathbf{50 \text{ HZ.}}$$ उत्तर

(b) शोर्ट पिच वाइंडिंग का कोण = पोल पिच एंगल − कॉइल पिच एंगल

$$\alpha = (180° - 150°) = 30° \text{ (e.d.)}$$

इसलिए वाइंडिंग का पिच फैक्टर अर्थात् स्पान फैक्टर

$$K_p = \cos\frac{\alpha}{2} = \cos\frac{30}{2} = \cos 15° = 0{\cdot}966$$

Scanned with CamScanner
150 / 235
FREE TECHNICAL CLASSES

प्रति पोल प्रति फेज, स्लोटों की संख्या (Number of slots perpole per phase)

$$m = \frac{144}{16\times 3} = 3 \text{ stols/ pole/phase}$$

प्रति पोल स्लोटों की संख्या (number of slots per pole)

$$n = \frac{S}{P} = \frac{144}{16} = 9$$

दो निकटतम स्लोटों के बीच कोणीय विस्थापन (angular displacement)

$$\beta = \frac{180^\circ}{n} = \frac{180^\circ}{9} = 20^\circ$$

कुण्डलन का वितरण-गुणांक (distribution factor of winding)

$$K_d = \frac{\sin\frac{m\beta}{2}}{m\sin\frac{\beta}{2}}, \qquad \text{(प्रस्तुत सूत्र में उक्त मान रखने पर)}$$

$$= \frac{\sin\frac{3\times 20}{2}}{3\sin\frac{20}{2}} = \frac{\sin 30^\circ}{3\sin 10^\circ} = 0\cdot 96 \qquad \text{(मात्रक रहित)}$$

प्रतिकला प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f. per phase)

$$E_{ph} = 2\cdot 22\times K_p \times K_p \times \phi \times f \times Z \text{ वोल्ट} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$E_{ph} = 2\cdot 22\times 0\cdot 966\times 0\cdot 96\times 0\cdot 03\times 50\times 480 \text{ वोल्ट}$$

$$= \mathbf{1482\cdot 3 \text{ वोल्ट (V)}} \qquad \text{उत्तर}$$

(c) प्रत्यावर्तक का लाइन विद्युत-वाहक बल (line e.m.f.)

$$E_l = \sqrt{3}\times E_{ph} = \sqrt{3}\times 1482\cdot 3 \text{ वोल्ट (V)}$$

$$= \mathbf{2567\cdot 4 \text{ वोल्ट (V)}} \qquad \text{उत्तर}$$

उदाहरण 4. एक त्रिकलीय 6-ध्रुव, 60 Hz वाले प्रत्यावर्तक के आर्मेचर में 12 खाँचे प्रति ध्रुव हैं और प्रत्येक खाँचे में 4 चालक हैं। कुण्डलन 5/6 विस्तार (pitch) का है। प्रत्येक उत्तरी ध्रुव से $2\cdot 5\times 10^6$ मैक्सवेल फ्लक्स आर्मेचर में प्रवेश करते हैं और ये फ्लक्स वायु अन्तराल में ज्यावक्रीय रूप में वितरित हैं। आर्मेचर वाइंडिंग श्रेणी क्रम में तारा (Y) सम्बद्ध है। प्रत्यावर्तक की खुलीपथ वोल्टता ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $P = 6,\ f = 60\text{Hz}, C = 4/\text{slot}, S = 12/\text{pole},$

$$\phi = 2\cdot 5\times 10^6 \times 10^{-8} = 2\cdot 5\times 10^{-2} \text{ Wb}$$

आर्मेचर पर कुल खाँचे, $S = 12\times 6 = 72$ slots,

प्रति कला कुल चालक $Z = \frac{S\times C}{\phi} = \frac{72\times 4}{3} = 96$ conductors

शोर्ट पिच एंगल = पोल पिच एंगल – वाइंडिंग पिच एंगल (मान रखने पर)

$$\alpha = \left(180 - 180\times\frac{5}{6}\right) = (180 - 150) = 30^\circ$$

पिच फैक्टर, $K_p = \cos\frac{\alpha}{2} = \cos\left(\frac{30}{2}\right) = \cos 15^\circ = 0\cdot 966$

खाँचे/ध्रुव/कला, $m = \frac{12}{3} = 4.$ खाँचा कोण $\beta = \frac{180}{12} = 15^\circ$

डिस्ट्रिब्यूशन फैक्टर, $K_d = \frac{\sin\frac{m\beta}{2}}{m\sin\frac{\beta}{2}}$ (प्रस्तुत सूत्र में मान रखने पर)

$$K_d = \frac{\sin\frac{4\times 15}{2}}{4\sin\frac{15}{2}} = \frac{\sin 30}{4\sin 7\cdot 5} = 0\cdot 9578$$

प्रत्यावर्तक की प्रति कला खुलीपथ वोल्टता (open circuit voltage per phase)

$$E_p = 2K_f . K_p . K_d . \phi . f . Z \qquad \text{(सूत्र में मान रखने पर)}$$

$$= 2\times 1\cdot 11\times 0\cdot 966\times 0\cdot 9578\times 2\cdot 5\times 10^{-2}\times 60\times 96$$

$$= \mathbf{296 \text{ वोल्ट (V)}} \qquad \text{उत्तर}$$

खुलीपथ लाइन वोल्टता (Open circuit line voltage)

$$E_l = \sqrt{3}\cdot E = \sqrt{3}\times 296 = \mathbf{512 \text{ वोल्ट (V)}} \qquad \text{उत्तर}$$

12.15. भार पर प्रत्यावर्तक का अध्ययन (Study of an alternator on load)

(A) प्रत्यावर्तक में वोल्टतापात (Voltage drop in an alternator)—विभिन्न प्रकार के कार्यभारों (working loads) पर प्रत्यावर्तक का अध्ययन करते समय, चुम्बकीय क्षेत्र के दिष्टधारा उत्तेजन को स्थिर (constant) रखा जाता है। अब भार को ज्यों-ज्यों बढ़ाया जाता है, त्यों-त्यों आर्मेचर करेन्ट बढ़ती है। इससे आर्मेचर के अन्दर वोल्टतापात भी बढ़ता है। इस प्रकार स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन की स्थिति में भार परिवर्तन से पश्चगामी शक्तिगुणक पर किसी प्रत्यावर्तक की सिरा वोल्टता (terminal voltage) उसी प्रकार परिवर्तित होती है, जिस प्रकार दिष्टधारा जनित्र की सिरा वोल्टता परिवर्तित होती है। इसके प्रमुख कारण निम्नलिखित हैं—

(i) आर्मेचर रिजिस्टॉन्स के कारण, वोल्टतापात (IR_a)

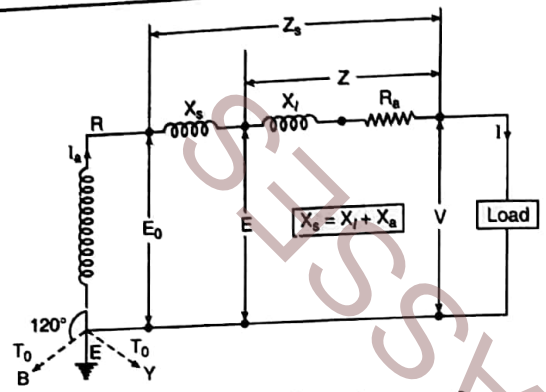
(ii) आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स के कारण, वोल्टतापात (IX_l)

(iii) आर्मेचर रीऑक्शन के कारण, वोल्टतापात (IX_a)

(i) आर्मेचर रिजिस्टॉन्स वोल्टतापात (IR_a-voltage drop)—प्रत्यावर्तक की प्रति कला आर्मेचर वाइंडिंग के प्रतिरोध को R_a से व्यक्त करते हैं। इसके कारण, भार पर IR_a वोल्टतापात होता है, जो आर्मेचर करेन्ट की कला (phase) में होता है। यह वोल्टतापात न्यून होने के कारण, नगण्य (negligible) होता है।

(ii) आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स वोल्टतापात (IX_l-voltage drop)—प्रत्यावर्तक के प्रति कला आर्मेचर फ्लक्स के लीकेज (क्षरण) सम्बन्धी रीऑक्टॉन्स को X_l से व्यक्त करते हैं। इसके कारण, भार पर IX_l वोल्टतापात होता है, जो आर्मेचर करेन्ट की कला (दिशा) से 90 डिग्री अग्रगामी होता है।

Scanned with CamScanner
151 / 235
TECHNICAL CLASSES



चित्र 12.17–एकल कला प्रत्यावर्तक का वैद्युत तुल्य परिपथ।

(iii) आर्मेचर रीऑक्शन रीऑक्टान्स वोल्टतापात (IX_a-voltage drop)—आर्मेचर रीऑक्शन के कारण, प्रत्यावर्तक के मुख्य क्षेत्र (main field) में होने वाली कमी के रीऑक्टॉन्स को X_a से व्यक्त करते हैं। इसके कारण, भार पर IX_a वोल्टतापात होता है, जो आर्मेचर करेन्ट से 90 अंश (degree) अग्रगामी होता है।

स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन पर प्रत्यावर्तक की जनक वोल्टता का मान शक्तिगुणन पर निर्भर करता है और शक्तिगुणक का मान, भार की प्रकृति पर निर्भर करता है। न्यून शक्तिगुणक पर आर्मेचर रीऑक्शन के अधिक प्रभावी होने के कारण, प्रत्यावर्तक की जनक वोल्टता अधिक प्रभावित होती है। प्राय: पश्चगामी शक्तिगुणक पर जनक वोल्टता घटती है, जबकि अग्रगामी शक्तिगुणक पर जनक वोल्टता बढ़ती है।

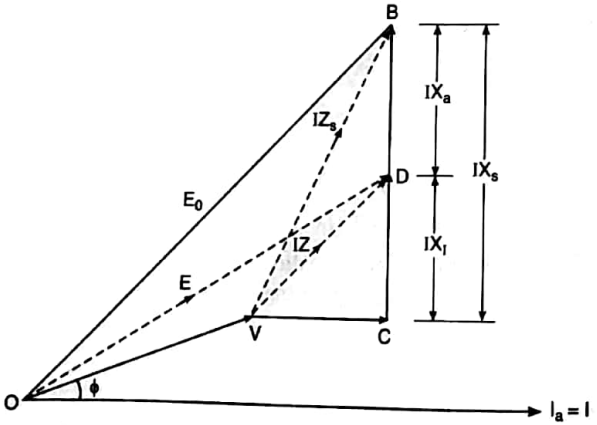
चित्र 12.17 में भारित त्रिकला प्रत्यावर्तक के आर्मेचर की एक कला का वैद्युत तुल्य परिपथ (electric equivalent circuit) दर्शाया गया है, जो एक सरल प्र० धा० श्रेणी परिपथ (a.c. series circuit) है। इसका सदिशारेख चित्र 12.18 में प्रदर्शित किया गया है।

माना कि—

R_a = ओह्म मात्रक में आर्मेचर रिजिस्टॉन्स प्रति कला (per phase)

X_l = ओह्म मात्रक में आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स प्रति कला (per phase)

X_a = ओह्म मात्रक में आर्मेचर रिऑक्शन रीऑक्टान्स प्रति कला (per phase)



चित्र 12.18–प्रेरकीय भार अर्थात् पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का सदिशारेख।

X_s = ओह्म मात्रक में आर्मेचर सिन्क्रोनस रीऑक्टान्स प्रति कला (per phase)
$= (X_l + X_a)$ ओह्म (Ω) ...सूत्र

Z = ओह्म मात्रक में आर्मेचर इम्पीडॉन्स प्रति कला (per phase)
$= (R_a + jX_l)$ ओह्म (Ω)

Z_s = ओह्म मात्रक में आर्मेचर सिन्क्रोनस इम्पीडॉन्स प्रति कला (per phase)
$= (R_a + jX_s)$ ओह्म (Ω)

Z_L = ओह्म मात्रक में लोड इम्पीडॉन्स प्रति कला (per phase) ...सूत्र

I_a = वैद्युत भार पर प्रत्यावर्तक की आर्मेचर करेन्ट, जिसका मान भारधारा के बराबर ही होगा, जैसा कि परिपथारेख 12.17 से स्पष्ट है। अर्थात् $I_a = I$

V = वोल्ट मात्रक में प्रत्यावर्तक की सिरा वोल्टता प्रति कला (per phase)
= वोल्ट मात्रक में भार वोल्टता अर्थात् भार के आरपार वोल्टतापात (IZ_L)

$\cos\phi$ = भार का शक्तिगुणक (power factor of load)

ϕ = अंश मात्रक में भार के शक्तिगुणक का कोण (angle)

E = वोल्ट मात्रक में भार पर आर्मेचर में प्रति कला प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f.)

E_0 = वोल्ट मात्रक में निर्भार पर, आर्मेचर में प्रति कला प्रेरित विद्युत-वाहक बल अर्थात् खुलीपथ वोल्टता, जो सर्वाधिक होती है।

(B) भारित प्रत्यावर्तक के आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

E = भार वोल्टता + कुल वोल्टतापातों का योग (sum)
= भार वोल्टता + आर्मेचर प्रतिरोध वोल्टतापात + आर्मेचर क्षरण प्रतिघात वोल्टतापात
$= OV + VC + CD$ (सदिशारेख 12.18 के अनुसार)
$= V + IR_a + jIX_l$ (हल करने पर)
$= V + I(R_a + jX_l)$ (चूँकि $R_a + JX_l = Z$)

इसलिए $E = (V + IZ)$ वोल्ट (V) ...सूत्र (i)

यहाँ पर आर्मेचर इम्पीडॉन्स का परिमाण (magnitude of armature impedance)

$$Z \text{ व } Z_a = \sqrt{(R_a^2 + X_l^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

तथा आर्मेचर इम्पीडॉन्स की कोणीय दिशा (angular direction of armature impedance)

$$\phi_a = \tan^{-1}\left(\frac{X_l}{R_a}\right) \text{ डिग्री (D)} \quad \text{...सूत्र (iii)}$$

उक्त सूत्र (i) द्वारा भार-धारा (load current)

$$I = \left(\frac{E - V}{Z}\right) \text{ ऐम्पियर (A)} \quad \text{...सूत्र (iv)}$$

(C) निर्भारित प्रत्यावर्तक के आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

E_0 = भार वोल्टता + समस्त वोल्टतापातों का योग
= लोड वोल्टेज + आर्मेचर रिजिस्टॉन्स वोल्टेज ड्रॉप + आर्मेचर लीकेज रीऑक्टॉन्स वोल्टेज ड्रॉप + आर्मेचर रीऑक्शन रीऑक्टॉन्स वोल्टेज ड्रॉप
$= OV + VC + CD + DB$ (सदिशारेख 12.18 के अनुसार)

Scanned with CamScanner
152 / 235

$= V + IR_a + jIX_l + jIX_a$ (हल करने पर)

$= V + IR_a + jI(X_l + X_a)$ (चूँकि $X_l + X_a = X_s$)

$= V + IR_a + jIX_s$ (हल करने पर)

$= V + I(R_a + jX_s)$ (चूँकि $R_a + jX_s = Z_s$)

इसलिए $E_0 = (V + IZ_s)$ वोल्ट (V) ...सूत्र (v)

यहाँ पर तुल्यकाली प्रतिबाधा का परिमाण (magnitude of synchronous impedance)

$$Z_s = \sqrt{(R_a^2 + X_s^2)} \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र (vi)}$$

तथा तुल्यकाली प्रतिबाधा की कोणीय दिशा (angular direction of synchronous impedance)

$$\phi_s = \tan^{-1}\left(\frac{X_s}{R_a}\right) \text{ डिग्री (D)} \quad \text{...सूत्र (vii)}$$

सूत्र (v) के अनुसार, भार-धारा (load current)

$$I = \left(\frac{E_0 - V}{Z_s}\right) \text{ ऐम्पियर (A)} \quad \text{...सूत्र (viii)}$$

सूत्र (v) के अनुसार, तुल्यकाली प्रतिबाधा (synchronous impedance)

$$Z_S = \left(\frac{E_0 - V}{I}\right) \text{ ओह्म } (\Omega) \quad \text{...सूत्र (ix)}$$

उक्त सूत्र (ix) में यदि $I \longrightarrow \infty$ (infinite)

तब $V \longrightarrow 0$ (zero) अर्थात् यदि $I = I_{sc}$ तब $V = 0$

इसलिए $Z_s = \dfrac{E_0}{I_{sc}}$ अर्थात् $\dfrac{\text{open circuit voltage}}{\text{short circuit current}}$ ...सूत्र (x)

(D) भार तथा निर्भार पर प्रेरित विद्युत-वाहक बलों में सम्बन्ध (Relation between E and E_0)

E_0 = निर्भार पर आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f.)

= भार वोल्टता + समस्त वोल्टतापातों का योग

$= OV + VC + CD + DB$ (सदिशारेख 12.18 के अनुसार)

$= V + IR_a + jIX_l + jIX_a$ (हल करने पर)

$= V + I(R_a + jX_l) + jIX_a$ (चूँकि $R_a + jX_l = Z$)

$= V + IZ + jIX_a$ (चूँकि $V + IZ = E$)

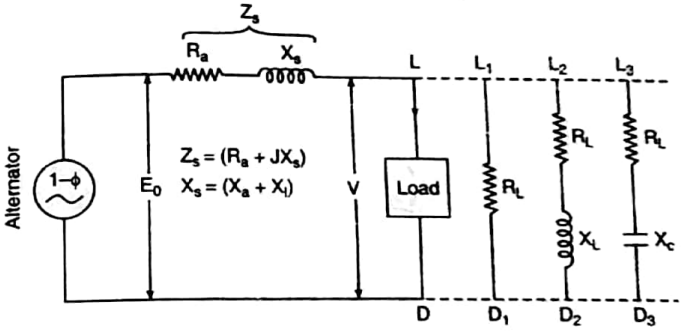
इसलिए $E_0 = (E + jIX_a)$ वोल्ट (V) ...सूत्र (xi)

= भार पर जनित विद्युत-वाहक बल + आर्मेचर रीऑक्शन के कारण वोल्टतापात

12.16. भारित प्रत्यावर्तक के सदिश आरेख (Vector diagram of a loaded alternator)

विदित हो कि सन्तुलित भार पर, विद्युत के बहुकला यन्त्र (multi-phase machine) की प्रत्येक कला का सदिशारेख एकरूप (identical) होता है, इसलिए इसका सदिशारेख, केवल किसी एक कला के लिए ही खींचा जाता है, जिसमें सभी आँकड़े (V-I-R-X-Z...etc.) उसी एक ही कला मे सम्बन्धित होते हैं। इसीलिए इसे प्रावस्था आरेख (phase diagram) अथवा फेजर डायग्राम (phasor diagram) कहते हैं।

चित्र 12.19 में सदिशारेख के लिए भारित एकल कला प्रत्यावर्तक का वैद्युत तुल्य परिपथ दर्शाया गया है। इसमें विभिन्न प्रकार के संलग्न भारों को भी प्रदर्शित किया गया है, जिनका शक्तिगुणक उनकी प्रकृति के अनुसार, भिन्न-भिन्न है। इन्हीं भारों को क्रमशः लगाकर उनसे सम्बन्धित शक्तिगुणकों पर आगे दिये गये फेजर डायग्रामों में खींचा गया है।



चित्र 12.19–सदिशारेखों हेतु भारित एकल कला प्रत्यावर्तक का वैद्युत तुल्य परिपथ।

(A) भार के इकाई शक्तिगुणक पर सदिशारेख (Vector diagram at unity power factor of load)—चित्र 12.20 में भार के इकाई शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का सदिशारेख दर्शाया गया है। इसमें शक्तिगुणक का मान एकांक ($\cos\phi = 1$) होने के कारण, कलाकोण का मान शून्य ($\phi = 0$) होता है, इसलिए भार-धारा अर्थात् आर्मेचर-धारा का सदिश I तथा भार-वोल्टता अर्थात् आर्मेचर की सिरा-वोल्टता का सदिश V दोनों एक ही कला (दिशा) में होते हैं। अतः इस स्थिति में आर्मेचर का निर्भार विभव, अर्थात् खुलापथ विद्युत-वाहक बल (open circuit e.m.f.)

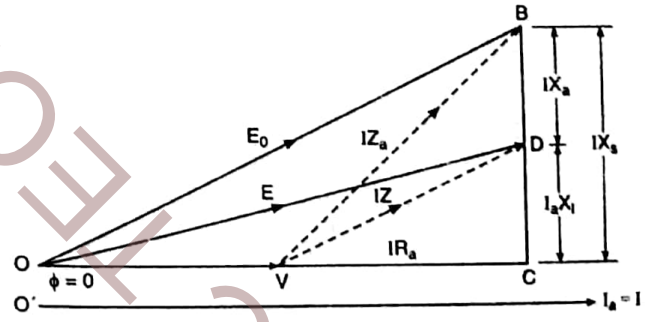
$OB = \sqrt{\{(OC)^2 + (CB)^2\}}$ (कलीयारेख से मान रखने पर)

$E_0 = \sqrt{\{(V + IR_a)^2 + (IX_s)^2\}}$ वोल्ट (V) ...सूत्र (i)

तथा आर्मेचर का भार (load) पर विद्युत-वाहक बल (e.m.f.)

$OD = \sqrt{\{(OC)^2 + (CD)^2\}}$ (कलीयारेख से मान रखने पर)

$E = \sqrt{\{(V + IR_a)^2 + (IX_l)^2\}}$ वोल्ट (V) ...सूत्र (ii)

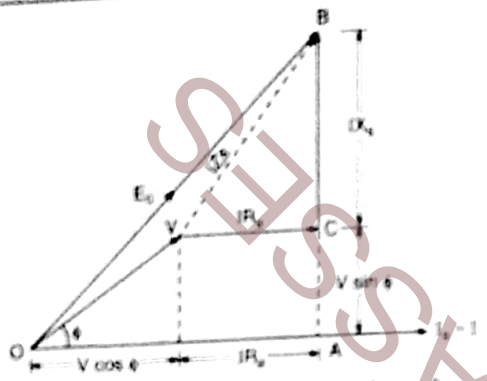


चित्र 12.20–भार के इकाई शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का कलीयारेख।

(B) भार के पश्चगामी शक्तिगुणक पर सदिशारेख (Vector diagram at lagging power factor of load)—चित्र 12.21 में भार के पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का फेजर डायग्राम दर्शाया गया है। इसमें भार-धारा का सदिश I, भार-वोल्टता के सदिश V की कला (दिशा) से पीछे कोण ϕ पर होता है। अतः इस स्थिति में आर्मेचर का खुलापथ विद्युत-वाहक बल (open circuit e.m.f.)

$OB = \sqrt{\{(OA)^2 + (AB)^2\}}$ (कलीयारेख से मान रखने पर)

Scanned with CamScanner
153 / 235
MG TECHNICAL CLASSES



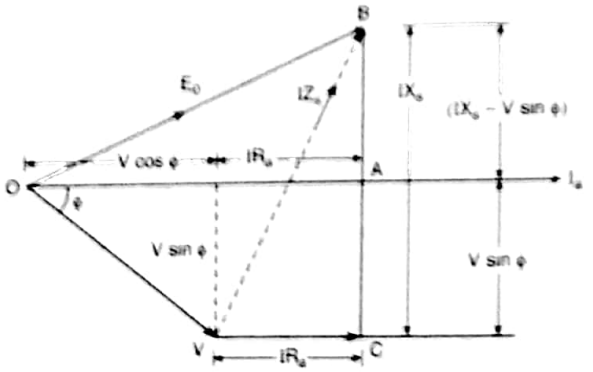
चित्र 12.21–भार के पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का फेजर डायग्राम।

$$E_0 = \sqrt{\{(V\cos\phi + IR_a)^2 + (V\sin\phi + IX_s)^2\}} \text{ वोल्ट}$$

(C) भार के अग्रगामी शक्तिगुणक पर सदिशारेख (Vector diagram at leading power factor of load)—इसे चित्र 12.22 में दर्शाया गया है। यहाँ पर भार वोल्टता के सदिश I से भार धारा का सदिश I, कोण ϕ पर आगे होता है। इस अवस्था में आर्मेचर का खुलापथ विद्युत वाहक बल (open circuit e m f)

$$OB = \sqrt{\{(OA)^2 + (AB)^2\}}$$

$$E_0 = \sqrt{\{(V\cos\phi + IR_a)^2 + (IX_s - V\sin\phi)^2\}} \text{ वोल्ट}$$



चित्र 12.22–भार के अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रत्यावर्तक का फेजर डायग्राम

12.17. प्रत्यावर्तकों के समान्तर प्रचालन के लिए शर्तें या प्रतिबन्ध (Conditions for parallel operation of alternators)

दो या दो से अधिक प्रत्यावर्तकों के बसबार द्वारा समान्तर प्रचालन को तुल्यकालन (synchronisation) कहते हैं। प्रत्यावर्तकों के समुचित तुल्यकालन के लिये निम्नलिखित शर्तों का परिपूर्ण होना नितान्त आवश्यक है—

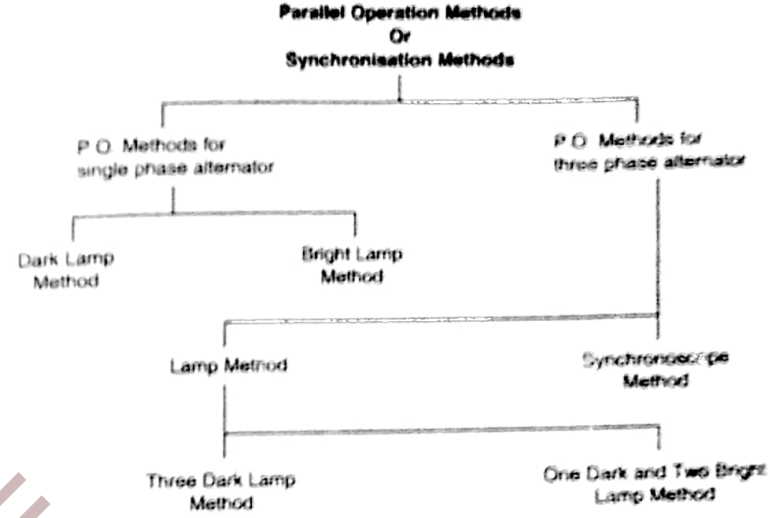
(i) समान्तर में आने वाले प्रत्यावर्तक (incoming alternator) की सिरा-वोल्टता (terminal voltage), बसबार वोल्टता के तुल्य (equal to busbar voltage) होनी चाहिए।

(ii) समान्तर में सम्बद्ध होने वाले प्रत्यावर्तक की आवृत्ति (frequency), बसबार आवृत्ति के तुल्य (equal to busbar frequency) होनी चाहिए।

(iii) समान्तर में सम्बद्ध किये जाने वाले प्रत्यावर्तक का कला अनुक्रम (phase sequence), बसबार की कला अनुक्रम के सदृश (identical) होना चाहिए। अर्थात् समान्तर में सम्बद्ध किये जाने वाले प्रत्यावर्तक की ध्रुवता (polarity), बसबार की ध्रुवता के अनुसार (according) होनी चाहिए।

(iv) समान्तर में आने वाले प्रत्यावर्तक की वोल्टता तरंग, बसबार की वोल्टता तरंग के अनुरूप (identical) होनी चाहिए। अर्थात् उनमें विस्थापन (displacement) या कलान्तर (phase difference) नहीं होना चाहिए।

इस प्रकार इन दोनों की वोल्टता तरंगों (waves) में कोई किसी भी प्रकार का अन्तर नहीं होना चाहिए।



12.18. प्रत्यावर्तकों के समान्तर प्रचालन सम्बन्धी लाभ (Advantages of parallel operation of alternators)

समान्तर प्रचालन में एक से अधिक प्रत्यावर्तकों को एक अभीष्ट बस-बार (common busbar) से सम्बद्ध कर, चलाया जाता है। इसके प्रमुख लाभ (main advantages) निम्नलिखित हैं—

(i) विद्युत-प्रदाय की सततता (Continuity of electric supply)—किसी एक इकाई के खराब हो जाने पर, परन्तु अन्य इकाइयों द्वारा जनन होते रहने के कारण, विद्युत-प्रदाय अविरल कायम रहता है। इस प्रकार विद्युत-प्रदाय की विश्वसनीयता (reliability) बढ़ जाती है।

(ii) इकाइयों के अनुरक्षणों में सुगमता (Easiness in maintenance of units)—प्रदाय की असफलता (failure of supply) के बिना, सभी इकाइयों का अनुरक्षण क्रमानुसार, विधिवत् व सुगमतापूर्वक किया जा सकता है।

(iii) विद्युत माँग की आपूर्ति में सुविधा (Facility to fulfil the electric demand)—उपभोक्ताओं द्वारा अतिरिक्त शक्ति की माँग पर, किसी एक अन्य इकाई को चलाकर, बढ़ी हुई माँग को पूरा किया जा सकता है।

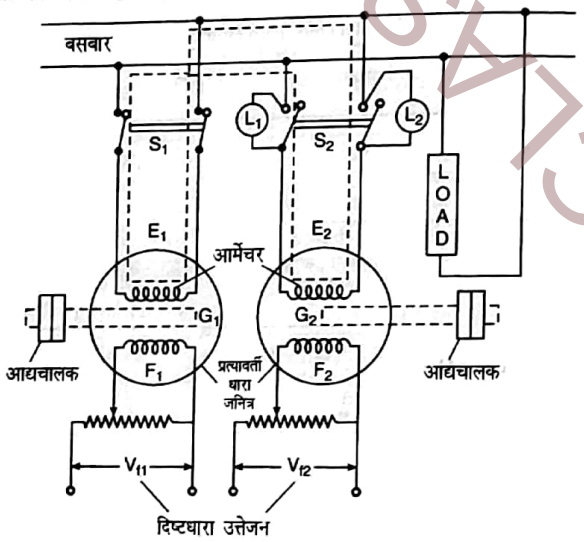
(iv) विद्युत जनन में मितव्ययता (Economy in electric generation)—विद्युत कार्यभार (load) के अनुसार, इकाईयों को पूर्णभार पर चलाकर, विद्युत के उत्पादन में मितव्ययिता कायम की जा सकती है।

TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

12.19. एकल कला प्रत्यावर्तकों का समान्तर प्रचालन
(Parallel operation of single phase alternators)

(i) अप्रकाशित दीप विधि (Dark lamp method)—चित्र 12.23 के अनुसार, कल्पना कीजिए कि P एवं N क्रमशः कला (phase) तथा उदासीन (neutral) दो बसबार्स हैं, जिनके साथ एक एकल कला जनित्र G_1, स्विच S_1 द्वारा जुड़ा हुआ है। इसके समान्तर एक अन्य जनित्र G_2 को स्विच S_2 की सहायता से बसबारों के साथ जोड़ना है अर्थात् समकालिक (synchronise) करना है। इसलिए स्विच S_2 को खुला हुआ (open) दर्शाया गया है। स्विच S_2 के सम्पर्क बिन्दुओं पर L_1 तथा L_2 दो सिन्क्रोनाइजिंग लैम्पों को समान कला चालकों (same phase conductors) के साथ जोड़ा गया है, ताकि सम्बन्धन बिन्दुओं पर समान वोल्टता की स्थिति ज्ञात हो सके।



चित्र 12.23–एकल कला प्रत्यावर्तकों के तुल्यकालन की अप्रकाशित दीप विधि का परिपथारेख।

विदित हो कि यहाँ पर G_1 तथा G_2 जनित्रों द्वारा उत्पन्न, क्रमशः E_1 एवं E_2 दोनों विद्युत-वाहक बल, स्थानीय परिपथ के अन्दर विपरीत कला में हैं, परन्तु बाह्य भार परिपथ के अन्दर, समान कला में हैं जैसा कि चित्र 12.23 में खण्डित रेखाओं (dotted lines) से दर्शाया गया है।

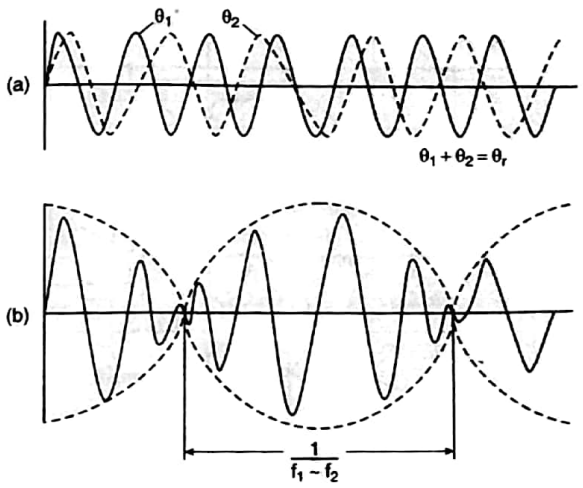
सर्वप्रथम तुल्यकालन हेतु, आगन्तुक जनित्र (incoming generator) अर्थात् G_2 के उत्तेजन को व्यवस्थित करके, उसकी जनक वोल्टता E_2 को, जनित्र G_1 की जनक वोल्टता E_1 के तुल्य किया जाता है। अर्थात्—

$$E_2 = E_1 = E = K.\phi.N_S = K_1 I_f N_S \qquad (\text{क्योंकि } \phi \propto I_f)$$

इसके बाद जनित्र G_2 के प्रथम चालक की गति N_2 को व्यवस्थित करके, इसकी वोल्टता की आवृत्ति f_2 को बसबार के जनित्र G_1 की वोल्टता की आवृत्ति f_1 के तुल्य किया जाता है।

चूँकि $$f_2 = f_1 = f = \frac{NP}{120}, \qquad \text{इसलिए} \quad f \propto N$$

दोनों जनित्रों की समान जनक वोल्टताओं की स्थितियों में भी, जब तक समान्तर में आने वाले जनित्र G_2 की गति (N_2) बसबार-जनित्र G_1 की गति (N_1) के बराबर नहीं लाई जाएगी, तब तक दोनों जनित्रों के जनक वोल्टताओं की आवृत्तियाँ भी एक-दूसरे के तुल्य (equal) नहीं होंगी। फलतः दोनों जनित्रों की वोल्टताओं का कला-कोण भी सतत् परिवर्तित होता रहेगा,



चित्र 12.24–दो वोल्टताओं की तरंगों से उत्पन्न परिणामी वोल्टता विस्पन्दें (beats)।

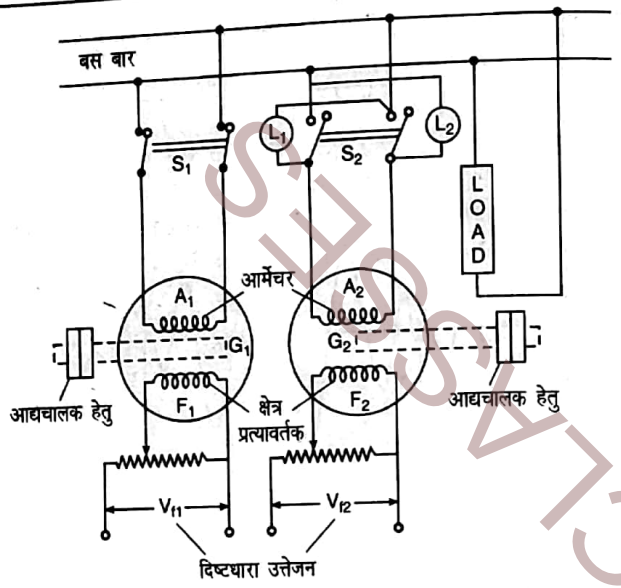
जिससे स्थानीय परिपथ में बहने वाली धारा (जिसे खण्डित रेखा द्वारा दर्शाया गया है) भी बदलती रहेगी। इससे परिणामी वोल्टता तरंगों में ध्वनि तरंगों की तरह विस्पन्द (beats) उत्पन्न हो जायेंगे, जिनकी आवृत्ति परस्पर भिन्न होती है, जैसा कि चित्र 12.24 (a) में दर्शाया गया है।

इस अवस्था में परिणामी वोल्टता का मान धीरे-धीरे घटता-बढ़ता रहेगा। तदनुसार ही धारा का मान भी घटता-बढ़ता रहेगा। फलतः सिन्क्रोनाइजिंग लैम्प जलते-बुझते रहेंगे। इन लैम्पों के जलने-बुझने की आवृत्ति दोनों वोल्टताओं की आवृत्ति का अन्तर ($f_1 \sim f_2$) होगी।

इस प्रकार समान्तर में आने वाले जनित्र G_2 की वोल्टता तथा आवृत्ति को क्रमशः उत्तेजन तथा गति की सहायता से तब तक व्यवस्थित करते रहते हैं, जब तक कि लैम्प धीरे-धीरे जलने तथा बुझने नहीं लगते। जब जनित्र G_2 की 'वोल्टता तथा आवृत्ति' क्रमशः बसबार की 'वोल्टता तथा आवृत्ति' के बराबर व्यवस्थित हो जाती हैं, तब दोनों लैम्पों के बुझते समय E_1 तथा E_2 दोनों वोल्टताएँ एक-दूसरे के बराबर, परन्तु विपरीत कला में होती हैं। इस समय लैम्पों में परिणामी धारा प्रवाहित नहीं होती। इसी समय सिन्क्रोनाइजिंग स्विच को ऑन (on) करके जनित्र का तुल्यकालन (synchronisation) किया जाता है।

(ii) प्रकाशित दीप विधि (Bright lamp method)—कुछ अभियन्ता (engineers) अप्रकाशित दीप विधि की अपेक्षा, प्रकाशित दीप विधि को अधिक श्रेष्ठ मानते हैं, क्योंकि लैम्प अपनी अप्रकाशन अवस्था की अपेक्षा, अपनी अधिकतम प्रकाशन अवस्था पर वोल्टता परिवर्तन में अधिक संवेदी (sensitive) होते हैं। इसलिए तेज प्रकाश की अवस्था में अधिक यथार्थ तुल्यकालन (accurate synchronisation) प्राप्त होता है। दूसरे लैम्पों के बुझने के मध्यकाल की अपेक्षा, जलने के मध्यकाल का अनुमान लगाना सुगम है। इन्हीं उद्देश्यों को प्राप्त करने के लिए, लैम्पों का क्रॉस सम्बन्धन (cross connection) किया जाता है। इस सम्बन्धन में जब स्थानीय परिपथ में परिणामी वोल्टता शून्य ($E_2 - E_1 = 0$) होती है, अर्थात् बसबार वोल्टता के साथ दोनों वोल्टताएँ एक ही कला में होती हैं, तब लैम्पों को प्रत्येक मशीन की दोगुनी वोल्टता मिलती है, अर्थात् अधिकतम ($E_2 + E_1$) वोल्टता मिलती है और लैम्प अधिकतम प्रकाशित होते हैं, तब जनित्र G_2 के सिन्क्रोनाइजिंग स्विच S को ऑन (on) कर देते हैं, जिससे जनित्र G_2 का तुल्यकालन (synchronisation) हो जाता है। चूँकि इस विधि में जनित्र के तुल्यकालन को दीप के प्रकाशित होने (जलने) पर किया जाता है, इसलिए इसे प्रकाशित दीप विधि (bright lamp method) कहते हैं।

Scanned with CamScanner
155 / 235



चित्र 12.25–एकल कला प्रत्यावर्तकों के तुल्यकालन की प्रकाशित दीप विधि का परिपथारेख।

अवधारणात्मक टिप्पणियाँ (Notes)—जनित्रों को समान्तर में प्रचालित करते समय, निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखना चाहिए—

(i) समान्तर में सम्बद्ध किए जाने वाले 'प्रत्यावर्तीधारा जनित्र अर्थात् प्रत्यावर्तक' द्वारा जनित्र वोल्टता की आवृत्ति को बसबार वोल्टता की आवृत्ति के बराबर करने के लिए उसकी गति को आद्यचालक (prime mover) द्वारा समंजित (adjust) किया जाता है, क्योंकि आवृत्ति $f \propto N$ गति।

(ii) समान्तर प्रचालन में किसी प्र० धा० जनित्र (a.c.g.) पर भार बढ़ाने के लिए, उसकी गति को बढ़ाया जाता है और भार घटाने के लिए उसकी गति को घटाया जाता है, परन्तु दिष्टधारा जनित्र (d.c.g.) पर भार बढ़ाने के लिए उसके क्षेत्र उत्तेजन को बढ़ाया जाता है और भार घटाने के लिए उसके उत्तेजन (excitation) को घटाया जाता है,

क्योंकि $E = K\phi N = KK_1 I_f N = K_2 I_f N$ ...सूत्र

इसलिए $E \propto \phi \propto I_f$ तथा $E \propto N$ ...सम्बन्ध

(iii) इस प्रकार समान्तर प्रचालन में 'प्र० धा० जनित्रों अर्थात् प्रत्यावर्तकों' का भार विभाजन (load sharing), उनके उत्तेजन परिवर्तन द्वारा नहीं किया जा सकता, जैसा कि दिष्टधारा जनित्रों में होता है।

(iv) समान्तर प्रचालन में क्षेत्र उत्तेजन से प्रत्यावर्तक की केवल वोल्टता तथा शक्तिगुणक (voltage and power factor) को ही परिवर्तित किया जा सकता है।

(v) प्रत्यावर्तकों का शक्तिगुणक, उनके भार पर निर्भर करता हैं, इसलिए यह उनके क्षेत्र उत्तेजन से अतिकम प्रभावित (effected) होता है।

12.20. त्रिकला प्रत्यावर्तकों का समान्तर प्रचालन या चलाना (Parallel operation of three phase alternators)

त्रिकला प्रत्यावर्तकों के समान्तर प्रचालन हेतु, तीनों कलाओं का तुल्यकालन (synchronisation) करना आवश्यक नहीं होता, केवल एक कला का तुल्यकालन करना ही आवश्यक होता है, अन्य दो कलाओं का स्वत: (automatically) हो जाता है। इसके लिए दोनों प्रत्यावर्तकों के सम्बन्धनों का समान कला अनुक्रम (same phase sequence) में जुड़ा होना ही नितान्त

आवश्यक है। अन्य शर्तें पूर्वानुसार समान रहती हैं। त्रिकला प्रत्यावर्तकों के समान्तर प्रचालन की प्रमुख तीनों विधियाँ निम्नलिखित हैं—

1. तीन अप्रकाशित दीप विधि (Three dark lamps method)
2. एक अप्रकाशित तथा दो प्रकाशित दीप विधि (One dark and two bright lamps method)
3. तुल्यकालदर्शी विधि (Synchronoscope method)

रिवोल्विंग आर्मेचर तथा रिवोल्विंग फील्ड टाइप आल्टरनेटर का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study of R.A. & R.F.T.A.)

क्रम सं०	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	रिवोल्विंग आर्मेचर टाइप आल्टरनेटर	रिवोल्विंग फील्ड टाइप आल्टरनेटर
1.	स्थाता पर (on stator)	फील्ड इंस्टालेशन	आर्मेचर इंस्टालेशन
2.	घूर्णक पर (on rotor)	आर्मेचर इंस्टालेशन	फील्ड इंस्टालेशन
3.	आर्मेचर स्लोट का प्ररूप	सेमी क्लोज्ड स्लोट	फुलओपन स्लोट
4.	आर्मेचर वाइंडिंग सुविधा	कम (less)	अधिक (more)
5.	आर्मेचर शीतलन सुविधा	कम (less)	अधिक (more)
6.	घूर्णक गति (rotor speed)	कम (less)	अधिक (more)
7.	स्लिप रिंग्स का प्ररूप (type)	ए० सी० स्लिप रिंग्स	डी० सी० स्लिप रिंग्स
8.	स्लिप रिंग्स की संख्या	तीन या चार (RYBN)	दो (+ ve and – ve)
9.	कार्बन ब्रश स्पार्किंग (sparking)	अधिक (more)	कम (less)
10.	कार्बन ब्रश का साइज (size)	बड़ा (large)	कम (less)
11.	उच्च वोल्टता पर शक्ति जनन	कठिन (difficult)	सरल (easy)
12.	उच्च धारा पर शक्ति जनन	कठिन (difficult)	सरल (easy)

समुन्नत ध्रुव तथा असमुन्नत ध्रुव प्ररूपी घूर्णन चुम्बकीय क्षेत्रों वाले प्रत्यावर्तकों का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study of S.P.T. & N.S.P.T. alternators)

क्रमांक	तुलनात्मक कारक (C-Factors)	S.P.T. आल्टरनेटर	N.S.P.T. आल्टरनेटर
1.	पर्यायवाची नाम	प्रक्षेपित ध्रुव प्ररूपी प्रत्यावर्तक	चिकना बेलनाकार प्ररूपी प्रत्यावर्तक
2.	अक्षीय लम्बाई (axial length)	कम (less)	अधिक (more)
3.	त्रिज्यक लम्बाई (radial length)	अधिक (more)	कम (less)
4.	चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (p)	अधिक (more)	अतिकम (very less)
5.	घूर्णक की गति (speed of rotor)	कम (less)	अधिक (more)
6.	प्रत्यावर्तक का आकार (size)	बड़ा (large)	छोटा (small)
7.	प्रत्यावर्तक का भार (weight)	अधिक (more)	कम (less)
8.	फर्श (floor) पर घिराव	कम (less)	अधिक (more)

Scanned with CamScanner
156 / 235

9.	वरिम (spare) में घिराव	अधिक (more)	कम (less)
10.	प्राथमिक चालक (prime mover)	जलचक्र (water turbine)	भापचक्र (steam turbine)
11.	अनुप्रयोग (application)	पनबिजलीघर	ताप बिजलीघर
12.	संरेखन (alignment)	ऊर्ध्वाधर (vertical)	क्षैतिजिक (horizontal)
13.	स्वच्छता (cleanliness)	अधिक (more)	कम (less)
14.	ध्वनि प्रदूषण (sound pollution)	अधिक (more)	कम (less)
15.	लागत (capital cost)	अधिक (more)	कम (less)
16.	अनुरक्षण (maintenance)	कम (less)	अधिक (more)
17.	प्रचालन कीमत (operating cost)	कम (less)	अधिक (more)
18.	प्रवर्तन काल (starting period)	कम (less)	अधिक (more)

AKOTECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(D) घूर्णी अंग के अनुसार (According to the rotating part)

(i) घूर्णी आर्मेचर प्ररूपी प्रत्यावर्तक (Rotating armature type alternator)

(ii) घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र प्ररूपी प्रत्यावर्तक (Rotating magnetic field type alternator)

(E) क्षमता के अनुसार (According to the capacity)

(i) अति न्यून क्षमता वाला प्रत्यावर्तक (Very low capacity alternator)

(ii) न्यून क्षमता वाला प्रत्यावर्तक (Low capacity alternator)

(iii) मध्यम क्षमता वाला प्रत्यावर्तक (Medium capacity alternator)

(iv) उच्च क्षमता वाला प्रत्यावर्तक (High capacity alternator)

(v) अति उच्च क्षमता वाला प्रत्यावर्तक (Extra high capacity alternator)

(F) घूर्णक के अनुसार (According to the rotor)

(i) 'समुन्नत या प्रक्षेपित' ध्रुव घूर्णक प्ररूपी प्रत्यावर्तक (Salient/Projected pole rotor type alternator)

(ii) 'असमुन्नत' या चिकना बेलनाकार ध्रुव घूर्णक प्ररूपी प्रत्यावर्तक

(Non-salient/smooth cylindrical pole rotor type alternator)

2. मूलरूप से प्रत्यावर्तक के प्रमुख अंग (part) निम्नलिखित दो होते हैं—

(i) स्थाता (stator) जिस पर थ्री-फेज आर्मेचर वाइंडिंग स्थापित रहती है।

(ii) घूर्णक (rotor) जिस पर डी० सी० फील्ड वाइंडिंग स्थापित रहती है।

3. प्रत्यावर्तक के घूर्णक (rotors) निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) 'समुन्नत या प्रक्षेपित' चुम्बकीय ध्रुव प्ररूपी घूर्णक, जिसे न्यून गति (low speed) के लिए वाटर-टर्बो-प्रत्यावर्तक में प्रयोग किया जाता है।

(ii) 'असमुन्नत या चिकना बेलनाकार' चुम्बकीय ध्रुव प्ररूपी घूर्णक, जिसे उच्च गति (high speed) के लिए 'स्टीम या गैस' टर्बो-प्रत्यावर्तक में प्रयोग किया जाता है।

4. प्रत्यावर्तक द्वारा जनित प्रत्यावर्ती वोल्टता की आवृत्ति (frequency)

$$f = \frac{PN}{120} \text{ चक्र प्रति सेकण्ड (c/s or Hz)}$$

5. कुण्डलन की कुण्डली का विस्तृति गुणक (Pitch factor)

$$K_p = \cos\frac{\alpha}{2} \quad \text{...(unitless quantity)}$$

6. कुण्डलन की कुण्डली का वितरण गुणक (Distribution factor)

$$K_d = \frac{\sin\frac{m\beta}{2}}{m\sin\frac{\beta}{2}}$$

7. प्रत्यावर्तक द्वारा प्रति कला जनित्र विद्युत-वाहक बल (generated e.m.f.)

$$E = 2{\cdot}22\phi\, fZ \text{ वोल्ट प्रति कला (V/phase)}$$
$$= 4{\cdot}44\phi\, fT \text{ वोल्ट प्रति कला (V/Phase)}$$

8. प्रति कला, आर्मेचर का सिन्क्रोनस रीऑक्टान्स (ynchronous reactance)

$$X_s = (X_l + X_a) \text{ ओह्म}$$

9. प्रति कला आर्मेचर का इम्पीडॉन्स (impedance)

$$Z \text{ or } Z_a = (R_a + jX_l) \text{ ओह्म}$$

10. प्रति कला आर्मेचर का सिन्क्रोनस इम्पीडॉन्स (impedance)

$$Z_s = (R_a + jX_s) \text{ ओह्म}$$

11. भार पर आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

$$E = (V + IZ) \text{ वोल्ट प्रति कला}$$

12. निर्भार पर आर्मेचर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

$$E_0 = (V + IZ_s) \text{ वोल्ट प्रति कला}$$

13. 'भार तथा निर्भार' पर प्रेरित विद्युत-वाहक बलों में सम्बन्धता (Relationship)

$$E_0 = (E + jIX_a) \text{ वोल्ट प्रति कला}$$

थ्री-फेज सिन्क्रोनस जेनरेटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (Important True Statements)

1. सिन्क्रोनस मशीन सदैव सिन्क्रोनस स्पीड (गति) पर ही चलती है।
2. तुल्यकाली गति (N_s) सदैव आवृत्ति (f) के समानुपाती होती है। अर्थात् $N_s \propto f$ होती है।
3. इलेक्ट्रिकल मशीन की गति (N) सदैव चुम्बकीय ध्रुव (P) के विलोमानुपाती होती है। अर्थात् $N \propto 1/P$ होती है।
4. प्रोजेक्टिड पोल टाइप रोटर की गति (N), न्यून (low) होती है।
5. स्मूथ सिलिंड्रिकल पोल टाइप रोटर की स्पीड (N), उच्च (high) होती है।
6. वाटर-टर्बो ऑल्टरनेटर की स्पीड (N), न्यून (low) होती है।
7. स्टीम-टर्बो आल्टरनेटर की गति (N), उच्च (high) होती है।
8. गैस-टर्बो ऑल्टरनेटर की गति (N), उच्च (high) होती है।
9. लघु प्रत्यावर्तकों में प्राय: आर्मेचर वाइंडिंग को रोटर पर तथा फील्ड वाइंडिंग को स्टेटर पर स्थापित किया जाता है।
10. दीर्घ प्रत्यावर्तकों में प्राय: आर्मेचर वाइंडिंग को स्टेटर पर तथा फील्ड वाइंडिंग को रोटर पर स्थापित किया जाता है।
11. आर्मेचर में प्राय: प्रत्यावर्ती विद्युत (a.c.) ही प्रेरित या जनित अथवा उत्पन्न होती है।
12. सिन्क्रोनस जेनरेटर एवं सिन्क्रोनस मोटर की संरचना (construction) एकरूप (identical) होती है।
13. समान्तर में चलने वाले प्रत्यावर्तकों की सिरा वोल्टता (V), आवृत्ति (f) तथा कलाओं ($R-Y-B$) का अनुक्रम (sequence) एकसमान होता है।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. प्रत्यावर्तकों के प्रकार बताइए। इसकी विद्युत-वाहक बल समीकरण लिखिए। दो प्रत्यावर्तकों के समान्तर में प्रचालन के प्रतिबन्ध लिखिए। ***(U.P. 2010)***
2. प्रत्यावर्तक का विद्युत-वाहक बल समीकरण दीजिए। प्रत्यवर्तकों के समान्तर प्रचालन की मुख्य शर्तें क्या है? ***(U.P. 2011)***
3. प्रत्यावर्तक के कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। प्रत्यावर्तक के समान्तर प्रचालन की मुख्य शर्तें क्या है? ***(U.P. 2012)***
4. प्रत्यावर्तक के प्रचालन सिद्धान्त को समझाइए। दिष्टधारा जनित्र से वह किस प्रकार भिन्न है?
5. सिन्क्रोनस मशीन से आपका क्या तात्पर्य है? सिन्क्रोनस जेनरेटर तथा सिन्क्रोनस मोटर मे क्या अन्तर है?
6. सिन्क्रोनस जेनरेटर के आद्य चालक (prime mover) से आपका क्या तात्पर्य है? ये कितने प्रकार के होते है?

Scanned with CamScanner
158 / 235
TECHNICAL CLASSES

7. न्यून गति वाले प्रत्यावर्तक का घूर्णक किस प्रकार का होता है? इसके लिए किस प्रकार के आद्यचालक का प्रयोग (use) किया जाएगा और क्यों?
8. उच्च गति वाले प्रत्यावर्तक का घूर्णक किस प्रकार का होगा? इसके लिए किस प्रकार के आद्यचालकों का प्रयोग (use) किया जाएगा और क्यों?
9. प्रत्यावर्तकों के लिए प्रयुक्त आद्यचालकों (prime-movers) का वर्गीकरण प्रस्तुत कीजिए।
10. एक पृथक् उत्तेजित दिष्टधारा जनित्र की संरचना को तुल्यकाली जनित्र (प्रत्यावर्तक) में बदलने के लिए क्या-क्या परिवर्तन करने होंगे? उल्लेखित कीजिए।
11. सिंगल फेज ऑल्टरनेटर की अपेक्षा, एक थ्री-फेज ऑल्टरनेटर के क्या लाभ हैं? इनकी उपयोगिताओं पर भी प्रकाश डालिए।
12. प्रत्यावर्तक के ठीक तुल्यकालन के लिए किन-किन शर्तों (condition) को पूरा करना पड़ता है?
13. तुल्यकाली प्रतिबाधा से आप क्या समझते हैं? इसे तुल्यकाली प्रतिबाधा क्यों कहते हैं?
14. एक त्रिकला प्रत्यावर्तक की बनावट तथा कार्य-सिद्धान्त समझाइये। *(U.P. 2004)*
15. कारण दीजिए कि स्थायी क्षेत्र प्रत्यावर्तक की अपेक्षा, घूर्णन क्षेत्र प्रत्यावर्तक क्यों लाभकारी समझा जाता है?
16. स्वच्छ चित्र की सहायता से प्रत्यावर्तक की संरचना तथा सिद्धान्त की संक्षिप्त विवेचना कीजिये। *(U.P. 2002)*
17. एक प्रत्यावर्तक के लिए वि० वा० बल समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। *(U.P. 2006)*
18. उभरे ध्रुव तथा बेलनाकार घूर्णक प्र० धा० जनित्रों की बनावट समझाइए। *(U.P. 2004)*
19. प्र० धा० जनित्र के लिए वि० वा० बल (e.m.f.) का व्यंजक लिखिए और व्यंजक में प्रयुक्त प्रत्येक प्रचाल (parameter) को समझाइये। *(U.P. 2004, 07)*
20. प्र० धा० जनित्र में प्रेरित वोल्टता के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए। व्यंजक में सम्मिलित विभिन्न कारकों की भूमिका की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2003)*
21. प्रत्यावर्तक (alternator) का संरचनात्मक विवरण दीजिए। प्रत्यावर्तकों की समान्तर संक्रिया की शर्तों (conditions of parallel operations) का उल्लेख कीजिए। *(U.P. 2007)*
22. सिन्क्रोनस मशीन में आर्मेचर वाइंडिंग को स्टेटर पर तथा फील्ड वाइंडिंग को रोटर पर क्यों किया जाता है? समझाइए।
23. प्रत्यावर्तक के प्रकारों का वर्णन कीजिए।
24. ऑल्टरनेटरों के समानान्तर-प्रचालन की क्या आवश्यकता है? समानान्तर प्रचालन के अनुबन्धों को लिखिए। *(U.P. 2015)*

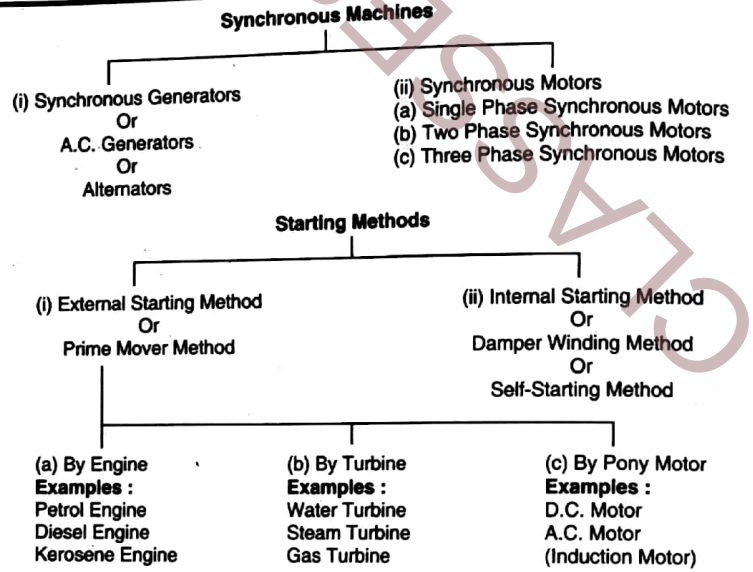
गणनात्मक प्रश्नावली

1. एक थ्री-फेज स्टार, कनेक्टिड 16 kV, 60-पोल, वाटर टर्बो ऑल्टरनेटर से युग्मित (coupled) केप्लान टरबाइन की गति 100 r.p.m. है। ज्ञात कीजिए कि ऑल्टरनेटर की आर्मेचर वाइंडिंग में किस आवृत्ति (frequency) की धारा प्रवाहित होगी?
   [**उत्तर :** 50 c/s (Hz)]
2. एक फेज, 3-फेज, 6-फेज, 60-साइकल प्रति सेकण्ड वाले प्रत्यावर्तक के आद्यचालक (prime mover) की गति क्या होगी?
   [**उत्तर :** 1200 r.p.m.]
3. एक वाइटर टरबाइन द्वारा 50 r.p.m. पर चलने वाले 120 पोल के ऑल्टरनेटर के आर्मेचर में किस-किस आवृत्ति (frequency) की वोल्टता, धारा तथा फ्लक्स उत्पन्न होंगे?
   [**उत्तर :** 50 c/s के सभी।]
4. एक प्रत्यावर्तीधारा जनित्र की चाल ज्ञात कीजिए, जो 30-ध्रुव तथा 50 Hz आवृत्ति का है।
   [**उत्तर :** 200 r.p.m.]
5. ज्ञात कीजिए कि 50 साइकिल प्रति सेकण्ड की आवृत्ति प्रदान करने के लिए 6 पोल वाले प्रत्यावर्तक को किस गति से चलाया जाना चाहिए?
   [**उत्तर :** 1000 r.p.m.]

6. एक 3 फेज, 11 kV, 50 Hz, स्टार सम्बद्ध प्रत्यावर्तक 1000 r.p.m. पर चलता है तो ज्ञात कीजिए—(i) पोलों की संख्या, (ii) प्रत्यावर्तक की प्रति कला वोल्टता।
   [**उत्तर :** (i) 6, (ii) 6350 V]
7. एक त्रिकला, स्टार सम्बद्ध, 40-पोल 11 kV, चक्र प्रति प्रत्यावर्तक को चक्र (turbine) द्वारा किस गति पर घुमाया जाए कि जनित्र वोल्टता की आवृत्ति 50 Hz हो? आप इस चक्र प्रत्यावर्तक के लिए किस प्रकार के चक्र को संस्तुत करेंगे और क्यों?
   [**उत्तर :** 150 r.p.m. तथा जल चक्र (water turbine) क्योंकि पोल 40 हैं, जो अधिक हैं।]

AKC TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
159 / 235

13 त्रिकला तुल्यकाली मोटरें
[THREE PHASE SYNCHRONOUS MOTORS]



13.1. परिचय (Introduction)

तुल्यकाली मशीनों को निम्नांकित दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) **तुल्यकाली जनित्रें** (Synchronous generators)—इन्हें प्रत्यावर्तीधारा जनित्रों (A.C.Gs.), प्रत्यावर्तकों (Alternators) आदि नामों से भी जाना जाता है।

(ii) **तुल्यकाली मोटरें** (Synchronous motors)—इन्हें कलाओं के अनुसार, पुन: निम्नांकित तीन वर्गों (classes) में विभाजित किया जा सकता है—

(a) **एकल कला तुल्यकाली मोटरें** (Single phase synchronous motors)—इनका प्रयोग कम होता है।

(b) **द्विकला तुल्यकाली मोटरें** (Two phase synchronous motors)—इनका प्रयोग अतिकम होता है।

(c) **त्रिकला तुल्यकाली मोटरें** (Three phase synchronous motors)—इनका प्रयोग अपेक्षाकृत अधिक होता है। इस अध्याय में इन्हीं मोटरों का विस्तृत वर्णन किया गया है।

13.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining terminology)

(A) **तुल्यकाली मोटर** (Synchronous motor)—इस मोटर को विभिन्न प्रकार से परिभाषित किया जा सकता है, जो निम्नलिखित हैं—

(i) वह प्रत्यावर्तीधारा मोटर, जो सभी अवस्थाओं में तुल्यकाली गति पर चलती है, तुल्यकाली मोटर कहलाती है।

(ii) वह प्रत्यावर्तीधारा मोटर, जो सदा घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र की गति (speed of r.m.f.) पर ही घूमती (चलती) है, तुल्यकाली मोटर कहलाती है।

(iii) वह प्रत्यावर्तीधारा मोटर, जिसमें स्थाता (stator) के चुम्बकीय क्षेत्र की गति और मोटर के घूर्णक की गति (speed of rotor) समान होती है, अर्थात् सर्पी (slip) का मान शून्य ($S = 0$) होता है, तुल्यकाली मोटर कहलाती है।

(B) तुल्यकाली गति (Synchronous speed)—वह परम स्थिर गति (absolute constant speed), जो मोटर के चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (P) तथा प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (f) से एक निश्चित सम्बन्ध रखती है, तुल्यकाली गति कहलाती है, जिसे निम्नांकित मानक सूत्र द्वारा व्यक्त किया जाता है। अर्थात् तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \text{ हर्ट्ज (Hz)}$$ ...मानक सूत्र

(C) डोलन (Hunting)—धावी अवस्था (running condition) में सिन्क्रोनस मोटर के रोटर में होने वाले दोलनों (oscillations) को डोलन अर्थात् हंटिंग कहते हैं, जो प्राय: भार परिवर्तन या स्पंदी प्रदाय (load changing or pulsating supply) के कारण होते हैं। इसे हिल्लोल (surging), कला झूलन (phase swinging) आदि नामों से भी जाना जाता है।

(D) चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन (Magnetic field excitation)—इसका तात्पर्य चुम्बकीय क्षेत्र की चुम्बकों के चुम्बकन (magnetising) हेतु विद्युत-धारा प्रदान करने से है।

(E) आरम्भिक बलाघूर्ण (Starting torque)—वह बलाघूर्ण, जो मोटर को आरम्भ (प्रवर्त/चालू) करता है, स्टार्टिंग टॉर्क कहलाता है। यह बलाघूर्ण मोटर के आरम्भिक काल (starting period) में कार्य करता है।

(F) धावी बलाघूर्ण (Running torque)—वह बलाघूर्ण, जो मोटर की धावी अवस्था (running condition) में कार्य करता है, रनिंग टॉर्क कहलाता है। इसे परिचालक बलाघूर्ण (driving torque), प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque) आदि नामों से भी जाना जाता है। इससे मोटर में यान्त्रिक शक्ति (mechanical power) विकसित (उत्पन्न) होती है और मोटर का निर्गत, निर्धारित होता है।

(G) बाहर खींचने वाला बलाघूर्ण (Pull-out torque)—वह बलाघूर्ण, जो सिन्क्रोनस मोटर के तुल्यकालत्व (synchronism) को तोड़ (हटा) देता है, अर्थात् समाप्त कर देता है, पुल-आउट टॉर्क कहलाता है।

(H) अन्दर खींचने वाला बलाघूर्ण (Pull-in torque)—वह बलाघूर्ण, जो सिन्क्रोनस मोटर के तुल्यकालत्व को जोड़ देता है, अर्थात् उत्पन्न कर देता है, पुल-इन टॉर्क कहलाता है।

13.3. तुल्यकाली मोटरों की विशेषताएँ (Specialities of the synchoronous motors)

सिन्क्रोनस मोटर के प्रमुख लक्षण (main features) निम्नलिखित हैं—

(i) इसके प्रचालन के लिए ए० सी० एवं डी० सी० दोनों ही प्रकार के विद्युत-प्रदायों (electric supplies) की आवश्यकता होती है।

(ii) यह सदैव तुल्यकाली गति (synchronous speed) पर चलती है, जो प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency) के समानुपाती होती है।

अर्थात् $N_s \propto f$

(iii) भार परिवर्तन से इसकी गति (N_s) परिवर्तित नहीं होती है; एकमात्र प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (f) के परिवर्तन से ही इसकी गति परिवर्तित होती है।

(iv) तुल्यकाली गति अर्थात् परम स्थिर गति (absolute constant speed) पर चलने के कारण, प्राय: इसकी गति को नियन्त्रित करने की आवश्यकता नहीं होती है।

(v) यह अतिभार की एक निश्चित सीमा पर अकस्मात् (suddenly) चलना बन्द कर देती है।

(vi) इसका आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) शून्य ($T_s = 0$) होता है।

Scanned with CamScanner
160 / 235
AKC TECHNICAL CLASSES

(vii) आरम्भिक बलाघूर्ण शून्य ($T_s = 0$) होने के कारण, यह स्वचालित अर्थात् स्वप्रवर्तित (self-started) नहीं है।

(viii) इसके चुम्बकीय ध्रुव-नालों (pole-shoes) पर अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) करके, इसे स्वचालित (self started) बनाया जा सकता है।

(ix) आरम्भिक बलाघूर्ण शून्य ($T_s = 0$) होने के कारण, इसे भार (load) पर आरम्भ अर्थात् प्रवर्त (start) नहीं किया जा सकता है।

(x) यह पश्चगामी से अग्रगामी तक के शक्तिगुणक की विस्तृत परास (wide range of power factor) पर सफलतापूर्वक कार्य करती है।

(xi) चुम्बकीय क्षेत्र के अल्प उत्तेजन (under excitation) पर इसका शक्तिगुणक पश्चगामी (lagging) होता है और अति उत्तेजन (over excitation) पर इसका शक्तिगुणक अग्रगामी (leading) होता है।

(xii) जब यह निर्भार अवस्था (no-load condition) में अग्रगामी शक्तिगुणक (leading power factor) पर कार्य करती है, तब यह तुल्यकाली संघारित्र (synchronous condenser) कहलाती है।

(xiii) अन्य घूर्णी यन्त्रों (rotating machines) की अपेक्षा, इसकी दक्षता (efficiency) उच्च होती है।

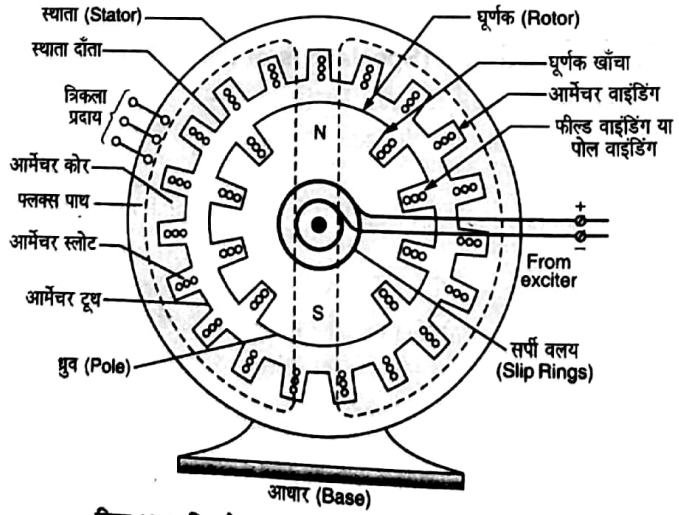
(xiv) इसकी संरचना, इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, जटिल (complicated) होती है।

(xv) यह दोलन प्रभाव (hunting effect) से अधिक प्रभावित (affected) होती है।

(xvi) दो विद्युत-प्रदायों (two electric supplies) की अनिवार्यता के कारण, इसका अनुप्रयोग (application) लघु कार्यों में कम होता है।

13.4. तुल्यकाली मोटर की संरचना (Construction of a synchronous motor)

जिस प्रकार डी० सी० जेनरेटर तथा डी० सी० मोटर की संरचना एकसमान होती है और डी० सी० जेनरेटर को डी० सी० मोटर की तरह चलाया जा सकता है; ठीक उसी प्रकार सिन्क्रोनस जेनरेटर (ऑल्टरनेटर) तथा सिन्क्रोनस मोटर की संरचना एकरूप होती है और सिन्क्रोनस जेनरेटर को भी सिन्क्रोनस मोटर की तरह से चलाया जा सकता है। उक्त दोनों ही प्रकार की मशीनों में केवल ऊर्जा परिवर्तन का ही विशेष अन्तर होता है, जो सम्बन्धित मशीन के कार्य-सिद्धान्त (working principle) पर निर्भर करता है।



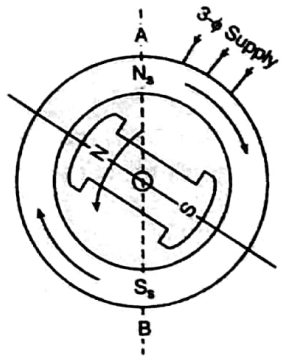
चित्र 13.1–सिन्क्रोनस मशीन की संरचना (Construction)।

विदित हो कि सिन्क्रोनस मोटरों में अति उच्च गति वाले द्विध्रुव प्ररूपी बेलनाकार घूर्णकों (cylinderical rotors) के अलावा (अतिरिक्त), अन्य सभी घूर्णक, उभरे हुए ध्रुव प्ररूपी (projected pole type) होते हैं, जिनके उत्तेजन हेतु, सर्पी वलयों (slip rings) द्वारा दिष्टधारा प्रदायी वोल्टता प्रदान की जाती है।

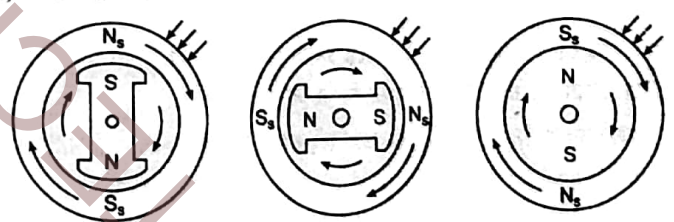
13.5. तुल्यकाली मोटर का कार्य-सिद्धान्त (Working principle of synchronous motor)

चित्र 13.2 में टू-पोल, थ्री-फेज सिन्क्रोनस मोटर प्रदर्शित की गई है। इसकी थ्री-फेज, टू-पोल स्टेटर-वाइंडिंग में जब थ्री-फेज सप्लाई दी जाती है, तो स्टेटर से घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) उत्पन्न होता है, जो क्लॉक वाइज डाइरेक्शन में सिन्क्रोनस स्पीड से घूमता है। इस समय स्टेटर के परिणामी धनात्मक स्पंद से उत्तरी ध्रुव N_s तथा परिणामी ऋणात्मक स्पंद से दक्षिणी ध्रुव S_s उत्पन्न होता है। जब वाउण्ड रोटर में डी० सी० सप्लाई दी जाती है, तो रोटर में उत्तरी N तथा दक्षिणी S चुम्बकीय ध्रुवें उत्पन्न हो जाती हैं। रोटर की इन N व S चुम्बकीय ध्रुवों पर स्टेटर के घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र का प्रभाव पड़ता है।

चित्र 13.2 में प्रदर्शित स्थिति के अनुसार, माना कि किसी क्षण पर स्टेटर पर उत्तरी ध्रुव N_s जो A स्थिति पर है, रोटर के उत्तरी ध्रुव N को विकर्षित करता है, तो रोटर एन्टिक्लॉकवाइज डाइरेक्शन में घूमने के लिए प्रवृत्त (tends to rotate) होता है; परन्तु जड़त्व (inertia) के कारण रोटर शीघ्र (तत्पर) नहीं घूम पाता। अर्थात् रोटर के घूमने में कुछ समय लगता है। रोटर घूमने ही वाला था कि तब तक $T/2$ समय समाप्त हो जाता है; अत: अर्द्ध-चक्र (half cycle) के बाद, स्टेटर की चुम्बकीय ध्रुवता परिवर्तित हो जाती है। अर्थात् स्टेटर में उत्तरी ध्रुव N_s के स्थान A पर ध्रुव S_s सिन्क्रोनस स्पीड से घूमकर आ जाता है और स्टेटर तथा रोटर के ध्रुवों में आकर्षण बल कार्य करने लगता है, जो रोटर को क्लॉकवाइज डाइरेक्शन, अर्थात् विपरीत दिशा में घूमने के लिए प्रवृत्त (tends to rotate) करता है; परन्तु जड़त्व के प्रभाव से रोटर पुन: शीघ्रता (तत्परता) से घूमना आरम्भ नहीं कर पाता, तब तक पुन: अग्रिम स्थिति लागू हो जाती है। इस प्रकार मोटर के अन्दर उत्पन्न प्रत्यावर्ती बलाघूर्ण (alternating torque) के कारण, रोटर किसी भी दिशा में नहीं घूमता; अपितु स्तब्ध स्थिति (standstill condition) में ही रहता है।



चित्र 13.2–सिन्क्रोनस मोटर का कार्य-सिद्धान्त।



चित्र 13.3–सिन्क्रोनस मोटर का अन्त:ग्रन्थन तन्त्र (interlocking system)।

यदि किसी बाह्य आद्यचालक (external prime mover) द्वारा रोटर को सिन्क्रोनस स्पीड के निकट तक घुमा दिया जाए और इसके बाद रोटर में डी० सी० सप्लाई देकर N तथा S चुम्बकीय ध्रुव उत्पन्न किए जाएँ, तो स्टेटर तथा रोटर के विपरीत ध्रुवों में परस्पर अन्त:ग्रन्थन (interlock) हो जाएगा और मोटर, सिन्क्रोनस स्पीड पर चलने लगेगी। इसके बाद प्राथमिक चालक को पृथक् किया जा सकता है। मोटर को सतत् सिन्क्रोनस स्पीड पर चलाने वाला अन्त:ग्रन्थन तन्त्र (interlocking system) चित्र 13.3 में दर्शाया गया है।

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त विवरण से स्पष्ट है कि रोटर पर प्रत्यावर्ती बलाघूर्ण लागू होने के कारण, सिन्क्रोनस मोटर स्वचालित (self start) नहीं है; इसलिए मोटर को बाह्य आद्यचालक द्वारा प्रवर्त (start) किया जाता है।

Scanned with CamScanner
161 / 235

13.6. सिन्क्रोनस मोटर का प्रवर्तन (Starting of synchronous motor)

विदित हो कि सिन्क्रोनस मोटर स्व-प्रवर्तित (self-started) नहीं है, अर्थात् स्वचालित (self-operated) नहीं है; इसलिए इसे निम्नांकित दो विधियों द्वारा प्रवर्त (आरम्भ) किया जाता है—

(i) बाहरी स्रोत द्वारा प्रवर्तन या आरम्भन (Starting by external source)।

(ii) अवमन्दन कुण्डलन द्वारा प्रवर्तन (Starting by damper winding) अर्थात् स्व-प्रवर्तन (Self starting)।

(i) सिन्क्रोनस मोटर का बाह्य स्रोत द्वारा प्रवर्तन (Starting by external source)

सर्वप्रथम सिन्क्रोनस मोटर को त्रिकला प्रदायी (3-ϕsupply) प्रदान की जाती है। इससे घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) उत्पन्न होता है, जो तुल्यकाली गति (synchronous speed) से घूमता है। तत्पश्चात् बाह्य स्रोत अर्थात् आद्य चालक (इंजन या टरबाइन अथवा मोटर) द्वारा घूर्णक (rotor) को घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (r.m.f.) की दिशा में लगभग तुल्यकाली गति से घुमाया जाता है। अब स्विच द्वारा डी० सी० सप्लाई को सही समय पर चालू (on) करके, घूर्णक को उत्तेजित (excite) किया जाता है। इस प्रकार घूर्णक के चुम्बकीय ध्रुव, स्वत: ही स्थाता (stator) के विपरीत चुम्बकीय ध्रुवों से चुम्बकीयत: अन्त:बद्ध (magnetically interlock) हो जाते हैं और सिन्क्रोनस मोटर का घूर्णक, समान दिशा में निम्नांकित तुल्यकाली गति पर घूमने लगता है—

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ चक्र प्रति मिनट (rotation per minute)} \quad \text{...(सूत्र)}$$

टिप्पणी (Note)—(i) यदि यहाँ पर इण्डक्शन मोटर को आद्यचालक (prime mover) की तरह प्रयोग किया जा रहा है, तो उसमें चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (P) सिन्क्रोनस मोटर की अपेक्षा, कम होनी चाहिए; तभी वह तुल्यकाली गति पर चल सकेगी।

(ii) यदि यहाँ पर डी० सी० शंट मोटर को आद्यचालक की तरह प्रयोग किया जा रहा है, तो उसकी गति को चुम्बकीय क्षेत्र नियन्त्रण विधि (magnetic field control method) द्वारा नियमित (regulate) करके, तुल्यकाली गति को प्राप्त किया जा सकता है।

(iii) यदि यहाँ पर टरबाइन को आद्यचालक की तरह प्रयोग किया जा रहा है, तो उसकी गति को यान्त्रिक यन्त्रावली (mechanical gear) द्वारा तुल्यकाली गति पर व्यवस्थित किया जा सकता है।

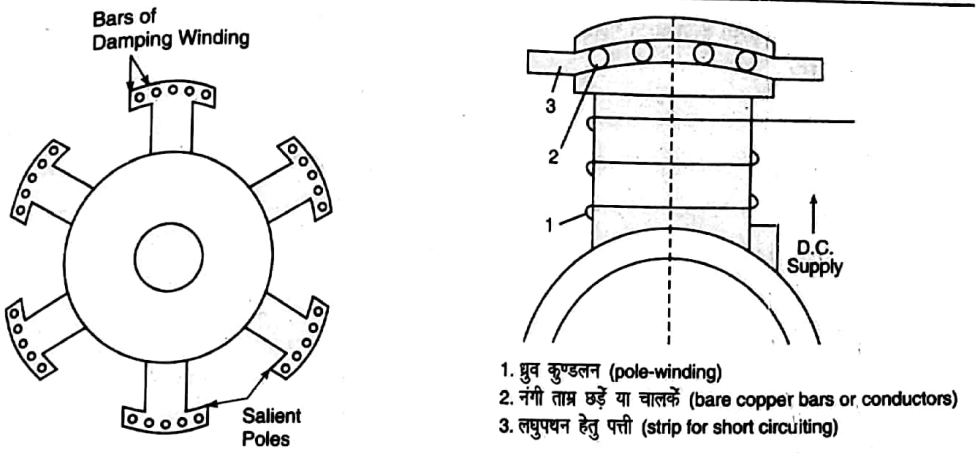
(iv) चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन के लिए डी० सी० सप्लाई सही समय पर चालू (on) होनी चाहिए। अन्यथा विकर्षण बल का यान्त्रिक प्रघात (mechanical shock) लगेगा।

(v) इलेक्ट्रिक मोटर को प्राय: वामावर्त दिशा (anti-clockwise direction) में घुमाया जाता है।

(ii) सिन्क्रोनस मोटर का अवमन्दन कुण्डलन द्वारा प्रवर्तन (Starting by damper Winding)

चित्र 13.4 के अनुसार, अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) को सिन्क्रोनस मोटर के चुम्बकीय ध्रुव-नालों (magnetic pole shoes) पर स्थापित किया जाता है। इससे यह केज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर की तरह ही स्वप्रवर्त (self start) होने का गुण धारण कर लेती है; क्योंकि डेम्पर वाइंडिंग, केज वाइंडिंग का ही एक विकसित रूप (developed form) है। आजकल इसी प्रकार की सिन्क्रोनस मोटरों का निर्माण हो रहा है।

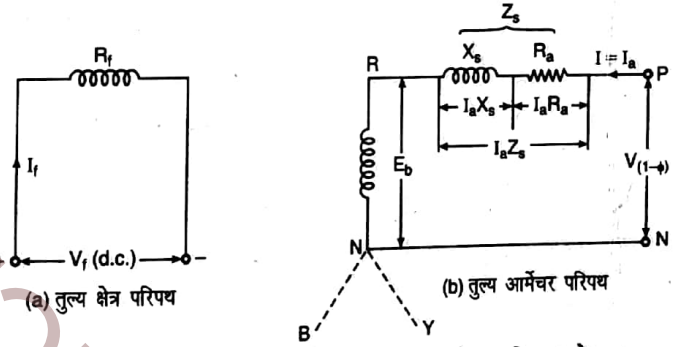
टिप्पणी (Note)—डेम्पर वाइंडिंग द्वारा सिन्क्रोनस मोटर के स्वप्रवर्त (self-start) होने के सिद्धान्त को समझने हेतु, अगले अध्याय में केज टाइप इण्डक्शन मोटर का प्रचालन सिद्धान्त पढ़िए।



(a) अवमन्दन कुण्डलन सहित घूर्णक (b) डेम्पर वाइंडिंग की संरचना

चित्र 13.4–चुम्बकीय ध्रुव नालों पर अवमन्दन कुण्डलन का प्रदर्शन।

13.7. सिन्क्रोनस मोटर का तुल्य वैद्युत परिपथ सम्बन्धी अध्ययन (Study A equivalent electrical circuit of a synchronous motor)



(a) तुल्य क्षेत्र परिपथ (b) तुल्य आर्मेचर परिपथ

चित्र 13.5–सिन्क्रोनस मोटर की एक कला का तुल्य वैद्युत परिपथ आरेख।

चित्र 13.5 में प्रदर्शित, सिन्क्रोनस मोटर की एक कला के तुल्य वैद्युत परिपथ आरेख के अनुसार, माना कि—

V = वोल्ट मात्रक में प्रतिकला प्रदायी वोल्टता (per phase supply voltage)

E_b = वोल्ट मात्रक में प्रतिकला प्रेरित विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

I_a = ऐम्पियर मात्रक में प्रतिकला आर्मेचर-धारा (per phase armature current)

R_a = ओह्म मात्रक में प्रतिकला आर्मेचर-प्रतिरोध (per phase armature resistance)

X_s = ओह्म मात्रक में प्रतिकला तुल्यकाली प्रतिघात (per phase synchronous reactance)

Z_s = ओह्म मात्रक में प्रतिकला तुल्यकाली प्रतिबाधा (per phase sychronous impedance)
$= (R_a^2 + X_s^2)^{1/2}$ ओह्म (ohm)

E_r = वोल्ट मात्रक में प्रतिकला परिणामी वोल्टता (per phase resultant voltage)

ϕ = वैद्युत अंश मात्रक में V तथा I_a सदिशों में कलान्तर (phase difference)

θ = वैद्युत अंश मात्रक में E_b तथा I_a सदिशों में कलान्तर (phase difference)

SAMPLE COPY NOT FOR SALE
Scanned with CamScanner
162 / 235

चित्र 13.5 (b) में प्रदर्शित तुल्य वैद्युत परिपथ आरेख के अनुसार, सिन्क्रोनस मोटर की प्रतिकला निविष्ट वोल्टता (per phase input voltage)

$$V = I_a R_a + jI_a X_s + E_b \quad \text{समीकरण (i)}$$

$$V - E_b = I_a (R_a + jX_s) \quad (V - E_b = E_r \text{ रखने पर})$$

$$E_r = I_a (R_a + jX_s) \text{ वोल्ट} \quad \text{समीकरण (ii)}$$

$$\frac{E_r}{I_a} = (R_a + jX_s) \quad (E_r / I_a = Z_s \text{ रखने पर})$$

$$Z_s = (R_a + jX_s) \text{ ओह्म} \quad \text{समीकरण (iii)}$$

परिमाण (magnitude) $Z_s = (R_a^2 + X_s^2)^{1/2}$ या $\sqrt{(R_a^2 + X_s^2)}$

दिशा (direction) $\theta = \tan^{-1} \frac{X_s}{R_a} \leq 90$ वैद्युत अंश (e.d.)

If $R_a <<< X_s$ Then R_a is neglected and internal angle is

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_s}{R_a} = \tan^{-1} \frac{X_s}{0} = \tan^{-1} \infty = 90 \text{ वैद्युत अंश (e.d.)}$$

उक्त सूत्र (i) द्वारा सिन्क्रोनस मोटर में प्रतिकला आर्मेचर धारा (per phase armature current)

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a + JX_s} = \frac{V - E_b}{Z_s} = \frac{E_r}{Z_s} \text{ ऐम्पियर} \quad \text{...समीकरण (iv)}$$

चित्र 13.5 (a) में प्रदर्शित तुल्य वैद्युत परिपथ के अनुसार—

चुम्बकीय क्षेत्र की दिष्टवर्ती उत्तेजक धारा (d.c. exciting current)

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{\text{Voltage across the field}}{\text{Resistance of the field}} \text{ ऐम्पियर} \quad \text{...सूत्र (v)}$$

13.8. सिन्क्रोनस मोटर के कलीय आरेख (Phasor diagram of a syn. motor)

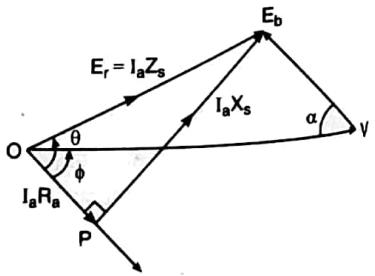
प्रत्यावर्ती राशियों (I_{ac} and V_{ac}) के मध्य खींचा गया सदिश आरेख (vector diagram) ही कलीय आरेख कहलाता है। शक्तिगुणक के अनुसार, यह निम्नांकित तीन प्रकार का होता है—

(i) पश्चगामी शक्तिगुणक पर कलीय आरेख (Phasor diagram at lagging power factor)

(ii) इकाई शक्तिगुणक पर कलीय आरेख (Phasor diagram at unity power factor)

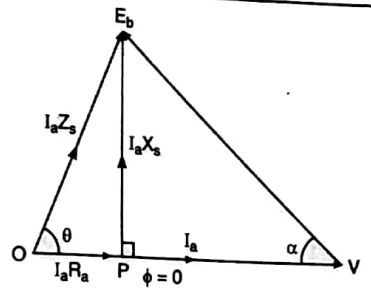
(iii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर कलीय आरेख (Phasor diagram at leading power factor)

(i) पश्चगामी शक्तिगुणक पर कलीय आरेख—चित्र 13.6 में पश्चगामी शक्तिगुणक पर सिन्क्रोनस मोटर का कलीय आरेख दर्शाया गया है। इसमें वोल्टता V के सदिश से धारा I का सदिश ϕ कोण पर पीछे रहता है; इसलिए कलीय आरेख में $E_b < V$ होता है।



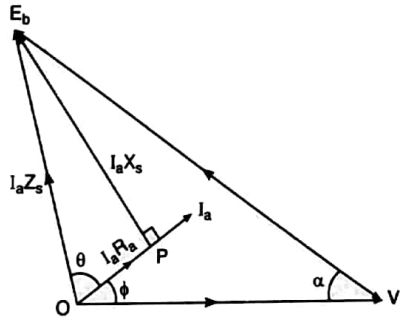
चित्र 13.6–पश्चगामी शक्तिगुणक;

(ii) इकाई शक्तिगुणक पर कलीय आरेख—चित्र 13.7 में इकाई शक्तिगुणक पर सिन्क्रोनस मोटर का कलीय आरेख प्रदर्शित किया गया है। इसमें वोल्टता V तथा धारा I, दोनों सदिशें एक ही दिशा में होती हैं; इसलिए इनके बीच में कोण शून्य ($\phi = 0$) होता है और कलीय आरेख में $E_b = V$ होता है।



चित्र 13.7–इकाई शक्तिगुणक; कलाकोण $\phi = 0$; सदिश $E_b = V$

(iii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर कलीय आरेख—चित्र 13.8 में अग्रगामी शक्तिगुणक पर सिन्क्रोनस मोटर का कलीय आरेख दर्शाया गया है। इसमें वोल्टता V के सदिश से धारा I का सदिश ϕ कोण से अग्रगामी रहता है; इसलिए कलीय आरेख में $E_b > V$ होता है।



चित्र 13.8–अग्रगामी शक्तिगुणक; कलाकोण ϕ = धनात्मक; सदिश $E_b = V$

13.9. स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन की अवस्था में सिन्क्रोनस मोटर के निष्पादन पर भार का प्रभाव (Effect of load on the performance of a synchronous motor in the condition of constant magnetic field excitation)

डी० सी० मोटर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल $E_b = K\phi N$ सूत्र से स्पष्ट है कि E_b का मान मॉग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) तथा गति (N) पर निर्भर करता है; परन्तु सिन्क्रोनस मोटर में गति (N) स्वत: ही परम स्थिर (absolute constant) रहती है; इसलिए सिन्क्रोनस मोटर में उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान एकमात्र मॉग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) पर ही निर्भर करता है और मॉग्नेटिक फ्लक्स का मान, चुम्बकीय क्षेत्र-धारा (I_f) पर निर्भर करता है (अर्थात् $E_b \propto \phi \propto I_f$) जिसे स्थिर रखा जा रहा है। फलत: यहाँ पर सिन्क्रोनस मोटर में उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल का परिमाण (magnitude of E_b) स्थिर रहेगा।

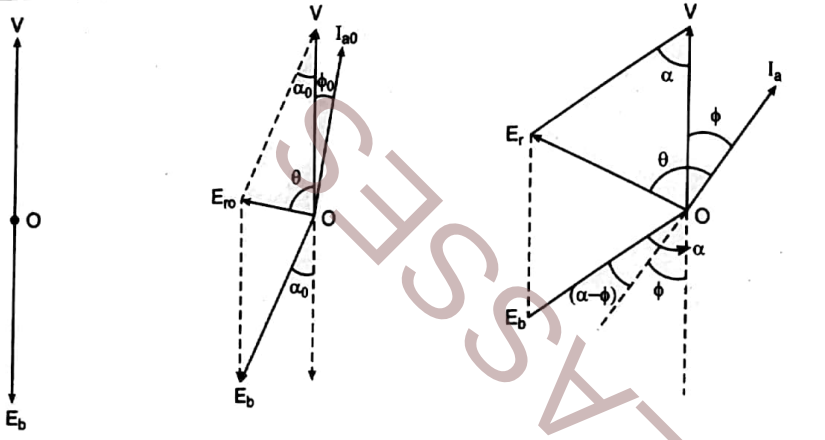
स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन (I_f) की अवस्था में सिन्क्रोनस मोटर के कार्य-सम्पादन (performance) पर भार के प्रभाव के स्पष्टीकरण हेतु, निम्नलिखित तीन अवस्थाओं की कल्पना की जा सकती है—

(i) शून्य भार अवस्था (zero load condition), जब सिन्क्रोनस मशीन, जेनरेटर की तरह कार्य कर रही हो

जब सिन्क्रोनस मशीन, शून्य भार पर प्रत्यावर्तक की तरह कार्य करती है, तब भार कोण शून्य ($\alpha = 0$) होता है और प्रेरित विद्युत-वाहक बल (E_b), प्रदायी वोल्टता (V) के बराबर व विपरीत (equal and opposite) कला में होता है, जैसा कि कलीय आरेख से स्पष्ट है। आर्मेचर के आरपार (across) परिणामी वोल्टता शून्य ($E_r = 0$) होने के कारण, आर्मेचर-करेन्ट भी शून्य ($I_a = 0$) होती है; इसलिए इस अवस्था में मशीन के अन्दर वैद्युत हानियाँ भी शून्य ($I_a^2 R_a = 0$) होती हैं। सिन्क्रोनस मशीन की यह तैरान अवस्था (floating condition) है, जिसे चित्र 13.9 (a) में दर्शाया गया है।

MACHINE CLASSES

Scanned with CamScanner



(a) तैरान अवस्था (Floating Condition)	(b) निर्भार अवस्था (No Load Condition)	(c) भार अवस्था (Load Condition)
$\alpha = 0$	$\alpha = \alpha_0$	$\alpha = \alpha$
$E_b = V$	$E_b \leq V$	$E_b < V$
$E_r = 0$	$E_r = E_{r0}$	$E_r = E_r$
$I_a = 0$	$I_a = I_{a0}$	$I_a = I_a$
$P_{loss} = 0$	$P_{loss} = I_{a0}^2 R_a$	$P_{loss} = I_a^2 R_a$
	$\phi_0 = \phi_0$	$\phi = \phi$
	$\cos\phi = \cos\phi_0$	$\cos\phi = \cos\phi$
	$P_{in} = VI_{a0}\cos\phi_0$	$P_{in} = VI_a\cos\phi$
	$P_m = E_b I_a \cos(\alpha_0 - \phi_0)$	$P_m = VI_a\cos(a-\phi)$

चित्र 13.9–भार की विभिन्न अवस्थाओं में सिन्क्रोनस मोटर के कलीय आरेख (phasor diagram)।

(ii) निर्भार अवस्था (no load condition), जब सिन्क्रोनस मशीन, मोटर की तरह कार्य कर रही हो

अब यदि शून्य भार पर प्रत्यावर्तक की तरह कार्य करने वाली उक्त सिन्क्रोनस मशीन के आद्यचालक (prime mover) को अलग (disconnect) कर दिया जाए, तो मशीन निर्भार पर मोटर की तरह कार्य करने लगेगी और विद्युत-प्रदायी स्रोत से निर्भार हानियों (no load losses) के तुल्य वैद्युत शक्ति लेने लगेगी। इस स्थिति में घूर्णक (rotor) स्वभार के कारण, कुछ पीछे खिसक (हट) जाएगा, जो शून्य भारकोण (α_0) का निर्माण करेगा। इससे E_b के परिमाण पर कोई भी प्रभाव नहीं पड़ेगा; क्योंकि चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन (magnetic field excitation) स्थिर रखा गया है; परन्तु E_b एवं V के बीच कलान्तर (phase difference) घट जाएगा अर्थात् E_b व V के मध्य बनने वाला कोण कम ($180-\alpha_0$) हो जाएगा। फलत: आर्मेचर के आरपार, निर्भार परिणामी वोल्टता ($V - E_b = E_{ro}$) उत्पन्न होगी, जिससे आर्मेचर में निर्भार-धारा अर्थात् शून्यभार-धारा (I_{a0}) बहने लगेगी और आर्मेचर में निर्भार वैद्युत हानियाँ ($I_{a0}^2 R_a$) उत्पन्न होंगी। इससे सम्बन्धित कलीय आरेख (phasor diagram) चित्र 13.9 (b) में दर्शाया गया है।

(iii) भार अवस्था (load condition), जब सिन्क्रोनस मशीन, मोटर की तरह कार्य करती हो

अब यदि सिन्क्रोनस मोटर पर भार डाला जाता है, तो निर्भार-कोण α_0 बढ़कर α हो जाता है, जिसे भारकोण (load angle) कहते हैं। इससे E_b के परिमाण पर तो कोई प्रभाव नहीं पड़ता; क्योंकि क्षेत्र उत्तेजन स्थिर रखा गया है; परन्तु E_b तथा V के मध्य कलान्तर (phase difference) अधिक घट जाता है। अर्थात् E_b व V के बीच का कोण अतिकम ($180-\alpha$) हो जाता है। इससे आर्मेचर के आरपार परिणामी वोल्टता E_{r0} से बढ़कर E_r हो जाती है। फलस्वरूप आर्मेचर में धारा I_{a0} से बढ़कर I_a प्रवाहित होने लगती है, जिसे आर्मेचर लोड करेन्ट कहते हैं। इससे आर्मेचर में भार पर अधिक वैद्युत हानियाँ ($I_a^2 R_a$) उत्पन्न होती हैं। मोटर पर भार लगाने से कलाकोण ϕ_0 से बढ़कर ϕ हो जाता है। फलत: शक्तिगुणक $\cos\phi_0$ से घटकर $\cos\phi$ हो जाता है; परन्तु आर्मेचर-धारा का सक्रिय घटक $I_a\cos\phi$ सदैव स्थिर रहता है; इसलिए इस अवस्था में मोटर की प्रतिकला निवेश शक्ति (input power)

$$P_{in} = VI_a\cos\phi \text{ वाट प्रति कला (watt per phase)} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

तथा मोटर में प्रतिकला विकसित यान्त्रिक शक्ति (developed mechanical power)

$$P_{in} = E_b I_a\cos(\alpha-\phi) \text{ वाट प्रति कला (watt per phase)} \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

इससे सम्बन्धित कलीय आरेख चित्र 13.9 (c) में दर्शाया गया है।

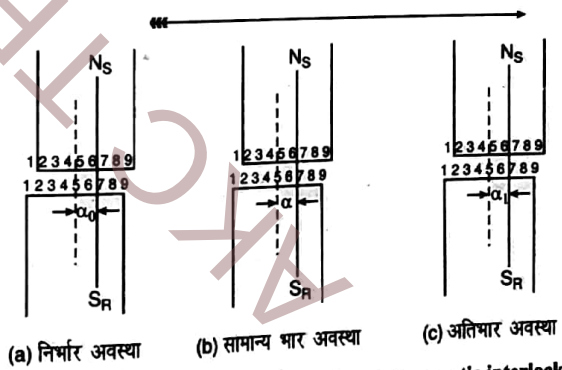
परिणामी वोल्टता E_r तथा आर्मेचर-धारा I_a के बीच निर्मित कोण को आन्तरिक कोण (internal angle) कहते हैं। इसे वैद्युत अंश मात्रक में θ प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसका मान $\tan^{-1}\frac{X_s}{R_a}$ होता है। यदि X_s की अपेक्षा R_a अतिकम ($R_a <<< X_s$) हो, तो R_a को नगण्य (neglect) किया जा सकता है। तब आन्तरिक कोण (internal angle)

$$\theta = \tan^{-1}\frac{X_s}{R_a} = \tan^{-1}\frac{X_s}{0} = \tan^{-1}\infty = 90 \text{ वैद्युत अंश (e.d.)}$$

टिप्पणी (Note)—व्यावहारिक रूप से θ का मान 90 वैद्युत अंश से कम ($\theta < 90°$) होता है।

13.10. सिन्क्रोनस मोटर की 'कार्य-कुशलता अर्थात् निष्पादन' पर भार परिवर्तन का प्रभाव (Effect of change of load on the performance of a synchronous motor)

स्थिर चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन की अवस्था में जब सिन्क्रोनस मोटर पर भार बढ़ाया जाता है, तो भार के साथ उसका भारकोण α भी बढ़ता है। स्थिर क्षेत्र उत्तेजन के कारण, प्रेरित विरोधी विद्युत-वाहक बल E_b का परिमाण स्थिर रहता है; परन्तु E_b व V के बीच कलान्तर ($180°-\alpha$) घटता है। फलत: परिणामी वोल्टता E_r बढ़ती है, जिससे आर्मेचर-धारा I_a तथा कलाकोण ϕ, दोनों ही समान रूप से बढ़ते हैं; परन्तु कलाकोण ϕ के बढ़ने से मोटर का शक्तिगुणक $\cos\phi$ घटता है। इस प्रकार आर्मेचर-धारा का सक्रिय घटक $I_a\cos\phi$ सदैव स्थिर रहता है, जैसा कि उक्त चित्र 13.9 से स्पष्ट है।



चित्र 13.10–सिन्क्रोनस मोटर का चुम्बकीय अन्त:बन्धन (magnetic interlocking)।

ACTECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
164 / 235

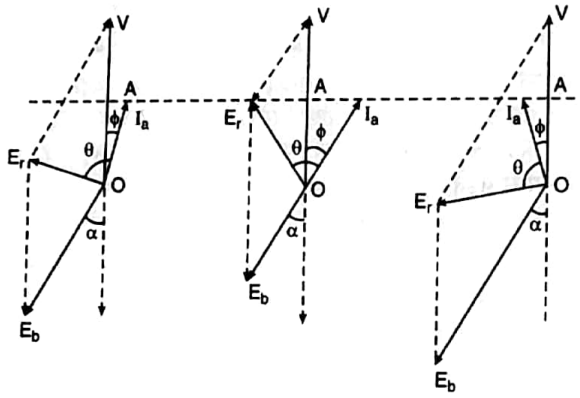
अब यदि मोटर पर भार सतत् बढ़ाते चले जाएँ, तो एक स्थिति ऐसी आएगी कि मोटर के अन्दर का चुम्बकीय अन्त: बन्धन टूट जाएगा और मोटर का चलना बन्द हो जाएगा अर्थात् मोटर, गति शून्य हो जाएगी, जैसा कि चित्र 13.10 से स्पष्ट है।

13.11. स्थिर भार की अवस्था में सिन्क्रोनस मोटर की 'कार्य-कुशलता अर्थात् निष्पादन' पर चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन का प्रभाव (Effect of magnetic field excitation on the performance of a synchronous motor in the condition of constant load)

डी० सी० मोटर में उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल $E_b = K\phi N$ सूत्रानुसार, E_b का मान, मॉग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) तथा गति (N) पर निर्भर करता है; परन्तु सिन्क्रोनस मोटर में गति (N) स्वत: ही परम स्थिर (absolute constant) रहती है; इसलिए सिन्क्रोनस मोटर में उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान एकमात्र मॉग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) पर ही निर्भर करता है और फ्लक्स (ϕ) सदैव चुम्बकीय क्षेत्र-धारा (I_f) पर निर्भर करता है। अर्थात् $E_b \propto \phi \propto I_f$ होता है। इस प्रकार चुम्बकीय-क्षेत्र उत्तेजन (I_f) के परिवर्तन से विरोधी वि० वा० बल (E_b) का परिमाण परिवर्तित होता है; परन्तु स्थिर भार के कारण, भार कोण (α) स्थिर रहता है।

इसके अतिरिक्त सिन्क्रोनस मोटर की आर्मेचर-धारा (I_a) तथा कलाकोण (ϕ) फलत: शक्तिगुणक ($\cos\phi$) भी चु० क्षेत्र उत्तेजन (I_f) पर निर्भर करते हैं। यह निर्भरता, स्थिर निवेश ($VI_a \cos\phi$) की अवस्था में और भी अधिक प्रभावी होती है, जैसा कि निम्नलिखित विवरण से स्पष्ट है—

माना कि एक त्रिकला सिन्क्रोनस मोटर स्थिर भार पर कार्यरत है। यदि मोटर के अन्दर होने वाली हानियों को नगण्य मान लिया जाए, तो चु० क्षेत्र-उत्तेजन की अवस्था में भी मोटर प्रदायी स्रोत से स्थिर निविष्ट शक्ति ही प्राप्त करेगी; क्योंकि क्षेत्र उत्तेजन (I_f) का प्रयुक्त वोल्टता (V) तथा आर्मेचर-धारा के सक्रिय घटक ($I_a \cos\phi$) पर कोई किसी भी प्रकार का प्रभाव नहीं पड़ता। केवल आर्मेचर-करेन्ट (I_a) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) ही चु० क्षेत्र उत्तेजन (I_f) से प्रभावित होते हैं, जैसा कि उत्तेजन की निम्नलिखित तीन अवस्थाओं के विवरण से स्पष्ट है—



(a_1) $E_b \approx V$ (b_1) $E_b < V$ (c_1) $E_b > V$
(a_2) सामान्य उत्तेजन (b_2) अल्प उत्तेजन (b_2) अति उत्तेजन

चित्र 13.11–सिन्क्रोनस मोटर की आर्मेचर-करेन्ट (I) तथा शक्तिगुणक ($\cos\theta$) पर क्षेत्र उत्तेजन (field excitation) का प्रभाव सम्बन्धीय कलीयारेख। ϕ = धनात्मक सदिश।

(i) सामान्य उत्तेजन अवस्था (Normal excitation condition)—चित्र 13.11 (a) में सिन्क्रोनस मोटर की शत-प्रतिशत (100%) क्षेत्र उत्तेजन अवस्था दर्शायी गई है। इसमें मोटर के विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान प्रयुक्त वोल्टता (V) के तुल्य ($E_b = V$) रहता है। आर्मेचर-धारा (I_a) का परिमाण कम होता है और यह प्रयुक्त वोल्टता (V) से अतिलघु कोण

(ϕ) पर पश्चगामी होती है। अत: कलाकोण (ϕ) अतिन्यून होता है; इसलिए इस अवस्था में पश्चगामी शक्तिगुणक (ϕ) का मान अति उच्च होता है, अर्थात् लगभग इकाई ($\cos\phi \approx 1$) होता है। आर्मेचर के आरपार परिणामी वोल्टता ($E_r = I_a Z_s$) का मान सामान्य होता है और यह आर्मेचर-धारा (I_a) के साथ कलाकोण (θ) बनाता है। यहाँ पर $\theta = \tan^{-1}\frac{X_s}{R_a} \leq 90$ वैद्युत अंश (e.d.) होता है।

(ii) अल्प उत्तेजन अवस्था (Under excitation condition)—चित्र 13.11 (b) में सिन्क्रोनस मोटर की शत-प्रतिशत (100%) से अल्प क्षेत्र-उत्तेजन-व्यवस्था दर्शायी गई है। इसमें प्रयुक्त वोल्टता (V) से विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान कम ($E_b < V$) होता है; इसलिए परिणामी वोल्टता (E_r) का सदिश दक्षिणावर्त घूम जाता है। फलत: आर्मेचर-धारा (I_a) के सदिश को भी स्थिर कलाकोण (θ) पर दक्षिणावर्त घूमना पड़ता है। इससे पश्चगामी कलाकोण (ϕ) का मान अधिक बढ़ जाता है। फलत: पश्चगामी शक्तिगुणक ($\cos\phi$) घट जाता है। इस अवस्था में आर्मेचर-धारा (I_a) का परिमाण अधिक हो जाता है; परन्तु मोटर पर भार स्थिर होने के कारण, भारकोण (α) तथा निविष्ट शक्ति ($VI\cos\phi$) स्थिर रहती है; इसलिए प्रयुक्त वोल्टता (V) तथा धारा का सक्रिय घटक ($OA = I\cos\phi$) भी स्थिर रहता है।

(iii) अति उत्तेजन अवस्था (Over excitation condition)—चित्र 13.11 (c) में सिन्क्रोनस मोटर की शत-प्रतिशत से अधिक क्षेत्र-उत्तेजन-अवस्था दर्शायी गई है। इसमें प्रयुक्त वोल्टता (V) से विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान अधिक ($E_b > V$) होता है; इसलिए परिणामी वोल्टता (E_r) का सदिश वामावर्त घूम जाता है। फलत: आर्मेचर-धारा (I_a) के सदिश को भी स्थिर कलाकोण (θ) पर वामावर्त घूमना पड़ता है। इससे धारा (I_a) का सदिश वोल्टता (V) के सदिश से आगे चला जाता है और अग्रगामी शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान बढ़ जाता है; क्योंकि अग्रगामी कलाकोण (ϕ) का मान इस अवस्था में कम होता है।

टिप्पणी (Note)—उपर्युक्त तीनों अवस्थाओं में भारकोण (α), प्रयुक्त वोल्टता (V) तथा आर्मेचर-धारा (I_a) का सक्रिय घटक ($OA = I_a\cos\phi$) स्थिर रहते हैं; क्योंकि मोटर पर स्थिर भार की अवस्था में निविष्ट शक्ति ($VI\cos\phi$) स्थिर रहती है।

निष्कर्ष (Conclusion)—उपर्युक्त विवेचना (discussion) का सारांश निम्नलिखित है—

(i) चुम्बकीय क्षेत्र के अल्प उत्तेजन पर शक्तिगुणक सदैव पश्चगामी (lagging) रहता है।

(ii) चुम्बकीय क्षेत्र के अति उत्तेजन पर शक्तिगुणक प्राय: अग्रगामी (leading) रहता है।

(iii) चुम्बकीय क्षेत्र के सामान्य उत्तेजन पर शक्तिगुणक का मान, लगभग एकांक ($\cos\phi \approx 1$) होता है; परन्तु यह पश्चगामी (lagging) होता है।

(iv) पश्चगामी शक्तिगुणक पर चु० क्षेत्र-उत्तेजन के बढ़ाने से आर्मेचर-धारा (I_a) घटती है; परन्तु शक्तिगुणक ($\cos\phi$) बढ़ता है; क्योंकि कलाकोण (ϕ) घटता है।

(v) अग्रगामी शक्तिगुणक पर चु० क्षेत्र उत्तेजन के बढ़ाने से आर्मेचर-धारा (I_a) बढ़ती है; परन्तु शक्तिगुणक ($\cos\phi$) घटता है; क्योंकि कलाकोण (ϕ) बढ़ता है।

(vi) इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर आर्मेचर-धारा (I_a) का मान न्यूनतम (minimum) होता है।

(vii) इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर कलाकोण (ϕ) का मान शून्य ($\phi = 0$) होता है। अर्थात् अधिकतम शक्तिगुणक पर कलाकोण का मान न्यूनतम (minimum) होता है।

(viii) चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन के बढ़ाने से आर्मेचर-धारा (I_a) का सदिश (vector) सदैव अग्रसर होता है।

(ix) चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन के परिवर्तन से आर्मेचर-धारा (I_a) का केवल प्रतिघाती घटक ($I_a \sin\phi$) ही परिवर्तित होता है; आर्मेचर-धारा (I_a) का सक्रिय घटक ($I_a\cos\phi$) परिवर्तित नहीं होता, अर्थात् यह सदैव स्थिर रहता है।

(x) स्थिर निवेश (constant input) पर चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन से आर्मेचर-धारा (I_a) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) अत्यधिक प्रभावी (effective) होते हैं, अर्थात् परिवर्तित (change) होते हैं।

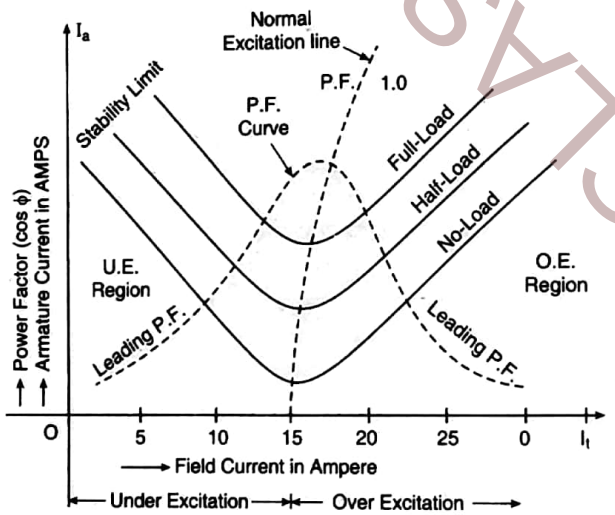
Scanned with CamScanner
165 / 235

13.12. वी-वक्र द्वारा सिन्क्रोनस मोटर का 'निष्पादन' या कार्य-कौशल ('Performance of a synchronous motor by V-curve')

जिस परिघटना (phenomenon) का अध्ययन, पाठकगण उक्त अनुच्छेद (above article) में कलीय आरेख (phasor diagram) द्वारा कर चुके हैं; उसी परिघटना का अध्ययन पाठकगण प्रस्तुत अनुच्छेद में लेखाचित्र (graph) द्वारा करेंगे।

स्थिर भार पर सिन्क्रोनस मोटर की चुम्बकीय क्षेत्र-धारा (I_f) तथा आर्मेचर-धारा (I_a) में खींचे गए वक्र की आकृति, अंग्रेजी के अक्षर-V जैसी होती है; इसलिए इसे V-वक्र कहते हैं।

स्थिर भार की अवस्था में सिन्क्रोनस मोटर के चुम्बकीय क्षेत्र-धारा (I_f) के विरुद्ध आर्मेचर-धारा (I_a) सहित शक्तिगुणक ($\cos\phi$) में खींचे गए लेखाचित्रों (graphs) द्वारा मोटर की कार्य-कुशलता दर्शायी जाती है, जिसका विस्तृत विवरण निम्नलिखित है—



चित्र 13.12–सिन्क्रोनस मोटर के *V* वक्रों का प्रदर्शन (representation)।

चित्र 13.12 में सिन्क्रोनस मोटर के V-वक्रों को दर्शाया गया है। इसमें मोटर के विभिन्न स्थिर भारों पर खींचे गए सम्बन्धित V-वक्रों द्वारा आर्मेचर-धारा (I_a) पर क्षेत्र-धारा (I_f) के प्रभाव का अध्ययन किया जाता है।

V-वक्र के अनुसार, पश्चगामी शक्तिगुणक पर न्यूनतम चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन की अवस्था में, जब चु० क्षेत्र-धारा (I_f) का मान नगण्य (negligible) होता है, तब आर्मेचर-धारा (I_a) का मान अधिकतम होता है; परन्तु जैसे-जैसे चु० क्षेत्र-धारा (I_f) बढ़ती जाती है, वैसे-वैसे ही आर्मेचर-धारा (I_a) सतत् घटती जाती है और अन्त में इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर न्यूनतम हो जाती है। इससे सम्बन्धित चु० क्षेत्र-धारा (I_f) को सामान्य उत्तेजन धारा (normal excitation current) कहते हैं। इस पर खींची गई ऊर्ध्वाधर रेखा को प्रसामान्य उत्तेजन रेखा (normal excitation line) कहते हैं। इस रेखा द्वारा पश्चगामी तथा अग्रगामी, शक्तिगुणकों की सीमा का निर्धारण होता है। इसके बाद अग्रगामी शक्तिगुणक की सीमा आरम्भ होती है, जो चुम्बकीय क्षेत्र के अति उत्तेजन (over excitation) की अवस्था के अन्तर्गत आती है। अब जैसे-जैसे क्षेत्र-धारा (I_f) बढ़ती जाती है, वैसे-वैसे ही आर्मेचर-धारा (I_a) भी सतत् बढ़ती जाती है और अन्त में अधिकतम क्षेत्र-धारा (I_f) पर अधिकतम आर्मेचर धारा (I_a) प्राप्त होती है, जैसा कि चित्र 13.12 से स्पष्ट है।

प्रतिलोम वी-वक्र (Inverse V-curve)—स्थिर भार पर सिन्क्रोनस मोटर की चुम्बकीय क्षेत्र-धारा (I_f) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) में खींचा गया लेखाचित्र (graph), प्रतिलोम V-वक्र कहलाता है। इसे V-वक्र द्वारा अग्र प्रकार से प्राप्त किया जाता है—

मोटर के किसी विशिष्ट स्थिर भार की अवस्था में आर्मेचर-धारा (I_a) के किसी भी मान पर शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है और फिर क्षेत्र-धारा (I_f) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) में लेखाचित्र (graph) खींचा जा सकता है, जैसा कि चित्र 13.12 में खण्डित रेखा (dotted line) से दर्शाया गया है।

$$\text{शक्तिगुणक } (\cos\phi) = \frac{\text{न्यूनतम आर्मेचर करेन्ट}(I_{min})}{\text{आर्मेचर करेन्ट}(I_a)}$$

यहाँ पर, I_{min} = विशिष्ट भार पर मोटर द्वारा ली गई न्यूनतम धारा।

I_a = आर्मेचर करेन्ट, जिस पर शक्तिगुणक ज्ञात करना है।

13.13. सिन्क्रोनस मोटर के विशिष्ट अनुप्रयोग (Specific applications)

सिन्क्रोनस मोटर के विशिष्ट अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं—

(i) परम स्थिर गति हेतु (For absolute constant speed)

यान्त्रिक भारों को स्थिर गति पर चलाने के लिए सिन्क्रोनस मोटरों का प्रयोग (use) एमोनिया एवं वायु सम्पीडकों (air-compressors), मोटर-जनित्र समुच्चयों (motor-generator sets), कागज के कारखानों (paper mills), रबर के कारखानों (rubber factories), सूत के कारखानों (textile mills), सीमेन्ट के उद्योगों (cement industries), रेखा-धुरों (line shafts), अपकेन्द्री पम्पों (centrifugal pumps), ब्लोअर (blower), खान संयन्त्रों (mine plants), घण्टाघर की विद्युत-घड़ियों (electric watches) आदि में होता है।

(ii) शक्तिगुणक के संशोधन हेतु (For power factor improvement)

(a) शक्तिगुणक ($\cos\phi$) बढ़ाने के लिए सिन्क्रोनस मोटरों को विद्युत-केन्द्रों तथा उपकेन्द्रों (electric stations and substations) पर बस-बार के समान्तर में सम्बद्ध कर निर्भार पर चलाया जाता है और इन्हें सिन्क्रोनस कण्डेन्सर्स कहा जाता है।

(b) उद्योगों में इण्डक्शन मोटरों, ट्रांसफॉर्मरों, आर्क फर्नेसों, वेल्डरों, फ्लोरोसेन्ट लेम्प एण्ड ट्यूबों आदि वैद्युत यन्त्रों, उपयन्त्रों, उपस्करों, उपकरणों का प्रयोग (use) अधिक संख्या में होता है, जिनका शक्तिगुणक अतिन्यून होता है; इसलिए वैद्युत शक्ति तन्त्र का शक्तिगुणक ($\cos\phi$) घट जाता हैं। इसे बढ़ाने के लिए उद्योगों में कुछ सिन्क्रोनस मोटरों का प्रयोग करना नितान्त आवश्यक होता है, जिन्हें अति उत्तेजन (over excitation) पर चलाया जाता है। यहाँ पर भी इन्हें तुल्यकाली संधारित्र (synchronous condensers) कहते हैं।

(iii) वोल्टता नियमन हेतु (For voltage regulation)

लम्बी संचरण लाइनों (long transmission lines) के अन्त में वोल्टता को नियन्त्रित करने के लिए प्रेरणिक भारों से पूर्व सिन्क्रोनस मोटरों को लगाया जाता है और उन्हें न्यून वोल्टता पर अति उत्तेजित (over excite) कर तथा उच्च वोल्टता पर अल्प उत्तेजित (under excite) कर, निर्भार (no load) पर चलाया जाता है। सामान्यत: व्यावहारिक कार्यों में सिन्क्रोनस मोटर का उत्तेजन स्वचालित क्षेत्र नियामक (automatic field regulator) की सहायता से आवश्यकता अनुसार, नियन्त्रित होता रहता है।

(iv) शक्ति स्पन्दन निराकरण हेतु (For removing the power pulsations)

प्रत्यागामी सम्पीडकों (reciprocating compressors) तथा शक्ति स्पन्दमान यन्त्रों (power pulsating machines) के स्पन्दनों को कम करने हेतु सिन्क्रोनस मोटरों का प्रयोग (use), इकाई शक्तिगुणक व उच्च दक्षता पर न्यून गति के साथ सफलतापूर्वक होता है।

(v) न्यून गति चालन हेतु (For low speed drive)

इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, सिन्क्रोनस मोटर का प्रयोग (use), न्यून गति ($N < 300$ r.p.m.) वाले कार्यों के लिए इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर उच्च दक्षता के साथ सुगमतापूर्वक होता है।

Scanned with CamScanner
166 / 235
TECHNICAL CLASSES

13.14. सिन्क्रोनस मोटर के गुण तथा अवगुण/दोष/कमियाँ (Merits and Demerits of a synchronous motor)

गुण (merits)—सिन्क्रोनस मोटर में अपेक्षाकृत निम्नलिखित सद्गुणताएँ (good qualities) हैं—

(i) यह 'पश्चगामी तथा अग्रगामी' दोनों प्रकार के शक्तिगुणकों (power factors) पर चलने में सक्षम है।

(ii) इससे वैद्युत शक्ति प्रणाली के शक्तिगुणक ($\cos\phi$) को संशोधित (improved) किया जा सकता है। अर्थात् इससे औद्योगिक प्रदाय प्रणाली का शक्तिगुणक ($\cos\phi$) बढ़ाया जा सकता है।

(iii) इसकी गति परम स्थिर (absolute constant) होती है, अर्थात् निर्भार से पूर्णभार तक गति समान रहती है; इसलिए यह स्थिर गति (constant speed) सम्बन्धी कार्यों के लिए सर्वाधिक उपयुक्त (suitable) है।

(iv) इसकी गति, सामान्य भार से प्रभावित नहीं होती। अर्थात् इसमें सर्पी (slip) का मान शून्य ($S = 0$) होता है।

(v) इसमें गति नियन्त्रण (speed control) की आवश्यकता नहीं होती है।

(vi) इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, इसकी दक्षता उच्च (high) होती है।

(vii) स्थिर गति के कारण, इसका प्रयोग (use), एयर कॉम्प्रेसर, मोटर जेनरेटर सेट, पेपर, रबर, टेक्टाइल, सीमेन्ट आदि के कारखानों (mills), लाइन-शाफ्ट ड्राइव, सेन्ट्रिफ्यूगल पम्प, ब्लोअर, माइन-प्लान्ट, इलेक्ट्रिक वाच-टावर आदि में होता है।

दोष (Demerits)—सिन्क्रोनस मोटर में अपेक्षाकृत, निम्नलिखित कमियाँ (drawbacks) हैं—

(i) इसका आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) शून्य होता है। अर्थात् यह स्वचालित (self started) नहीं है; इसलिए इसे भार पर प्रवर्त (start) नहीं किया जा सकता है।

(ii) इसके लिए दो प्रकार की प्रदाय प्रणालियों (two type supply systems) की आवश्यकता होती है। अर्थात् इसके लिए प्रत्यावर्ती विद्युत (a.c.) के साथ-साथ दिष्टवर्ती विद्युत (d.c.) की भी आवश्यकता होती है; इसलिए इसे लघु उद्योग या कार्यशाला में प्रयोग (use) नहीं किया जा सकता है।

(iii) इसमें सर्पी वलयों तथा ब्रशों (slip rings and brushes) की आवश्यकता होती है।

(iv) यह एक परम स्थिर गति (absolute constant speed) वाली मोटर है; इसलिए इसकी गति, प्रदायी आवृत्ति (supply frequency) पर निर्भर करती है।

(v) इसका प्रयोग (use) गति परिवर्तन रहित कार्यों में ही किया जा सकता है; क्योंकि यह सदैव परम स्थिर गति (absolute constant speed) पर ही चलती है।

(vi) परिवर्तनीय गति वाली मोटरों की अपेक्षा, इसकी अतिभार क्षमता (overload capacity) न्यून होती है।

(vii) अतिभार पर इसका तुल्यकालत्व (synchronism) समाप्त हो जाता है। अर्थात् यह अचानक ही चलना बन्द कर देती है; इसलिए इसमें रेंगन (creeping) अर्थात् अतिमन्द गति (very slow speed) सम्भव नहीं है।

(viii) यह डोलन-प्रभाव से मुक्त (free from hunting effect) नहीं है।

(ix) अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) रहित सिन्क्रोनस मोटर के प्रवर्तन (starting) में समय लगता है; इसलिए इसे बार-बार चलाने में अधिक समय नष्ट होता है।

13.15. डोलन तथा इसका हटाव अथवा लोप (Hunting and its elimination)

भार की अवस्था में सिन्क्रोनस मोटर के अन्दर दो प्रकार के बलाघूर्ण कार्य करते हैं।

प्रथम—परिचालक बलाघूर्ण (driving torque) अर्थात् धावी बलाघूर्ण (running torque), जो आगे की ओर, गति की दिशा में कार्य करता है। **द्वितीय**—भारण बलाघूर्ण (loading torque), जो पीछे की ओर, गति की विपरीत दिशा में कार्य करता है। इस प्रकार ये दोनों ही बलाघूर्ण एक-दूसरे के विपरीत दिशा में कार्य करते हैं। सन्तुलन स्थिति (equilibrium position) में मोटर सही प्रकार से कार्य करती है; परन्तु भारी भार परिवर्तन की अवस्था में जड़त्व (inertia) के कारण, मोटर का रोटर एक लोलक की तरह दोलनें (oscillations like a pendulum) करने लगता है, जिसे डोलन (hunting) कहते हैं। इसे हिल्लोल (surging), कला झूलन (phase swinging) आदि नामों से भी जाना जाता है।

यदि डोलन (hunting) उत्पन्न करने वाले इन दोलनों (oscillations) के आवर्तकाल (time period) का मान, मोटर के प्राकृतिक आवर्तकाल के तुल्य हो जाए, तो यान्त्रिक अनुनाद स्थापित हो जायेगा, जिसके दोलनों का आयाम (amplitude) अत्यधिक होगा, जो मोटर के तुल्यकालत्व (synchronism) को समाप्त कर देगा अर्थात् चुम्बकीय युग्मन (magnetic coupling) को भंग कर देगा और मोटर का चलना बन्द हो जाएगा; इसलिए इन दोलनों को रोकने के लिए मोटर के अन्दर, ध्रुवनालों पर अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) की जाती है, जो पिंजरी कुण्डलन (cage winding) के अनुरूप होती है। दोलनों के कारण, इसके अन्दर, भँवर-धाराएँ उत्पन्न होती हैं, जो लेन्ज के नियमानुसार, दोलनों का विरोध करती हैं। इस प्रकार मशीन के अन्दर होने वाले डोलन (hunting) का शमन (suppression) होता है।

13.16. तुल्यकाली संधारित्र (Synchronous condenser)

चुम्बकीय क्षेत्र के अति उत्तेजन की स्थिति में सिन्क्रोनस मोटर, निर्भार (no load) पर स्थैतिक संधारित्र (static condenser) की तरह ही शक्तिगुणक बढ़ाने का कार्य करती है इसलिए इसे सिन्क्रोनस कण्डेन्सर कहते हैं।

जिन उद्योग, मिल, कारखाना, औद्योगिक इकाई (संस्थान), कार्यशाला आदि में इण्डक्शन मोटर, ट्रांसफॉर्मर, इण्डक्शन एवं आर्क फर्नेस, गेसियस डिस्चार्ज लैम्प आदि इण्डक्टिव लोडों का प्रयोग होता है, उनका शक्तिगुणक घटकर न्यून (about 0·5) हो जाता है। यह वैद्युत शक्ति प्रणाली के लिए कभी भी घातक सिद्ध हो सकता है। इस न्यून शक्तिगुणक को बढ़ाने के लिए औद्योगिक इकाइयों में सिन्क्रोनस मोटर का भी प्रयोग किया जाता है।

वैद्युत शक्ति प्रणाली का मानक शक्तिगुणक 0·8 होता है। इसे कायम करने के लिए सिन्क्रोनस मोटर को औद्योगिक उपकेन्द्र (industrial sub-station) पर प्रतिष्ठापित (installed) किया जाता है और इसे वितरण लाइन से सम्बद्ध करके, निर्भार पर चलाया जाता है। मोटर के अति उत्तेजन को नियन्त्रित करके, प्रणाली का मानक शक्तिगुणक व्यवस्थित किया जाता है। इस प्रकार मोटर को यान्त्रिक भार के बिना सिर्फ शक्तिगुणक संशोधन के लिए ही चलाया जाता है। तब यह मोटर स्थैतिक संधारित्र की तरह ही शक्तिगुणक संशोधन का कार्य करती है और सिन्क्रोनस कण्डेन्सर कहलाती है।

वैद्युत शक्ति प्रणाली के न्यून शक्तिगुणक की हानियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) न्यून शक्तिगुणक से धारा (I) का नान अधिक बढ़ जाता है।

(ii) धारा बढ़ने से लाइन प्रणाली में वोल्टतापात (IZ) बढ़ जाता है।

(iii) वोल्टतापात से वोल्टता-नियमन निर्बल (poor) हो जाता है।

(iv) धारा के बढ़ने से लाइन में शक्ति-हानियाँ (I^2R) अधिक बढ़ जाती हैं।

(v) शक्ति-हानियों के बढ़ने से प्रणाली की दक्षता (η) घट जाती है।

(vi) धारा के बढ़ने से लाइन चालकों में धारा-घनत्व बढ़ जाता है, जिससे मोटे चालकों की आवश्यकता होती है।

(vii) मोटे चालकों का आयतन अधिक होने के कारण, अधिक संरचनात्मक पदार्थ की आवश्यकता होती है। फलतः प्रणाली की कीमत बढ़ जाती है।

(viii) मोटे चालक तारों (conducting wires) का भार, अपेक्षाकृत अधिक होता है।

(ix) मोटे चालकों के भार को साधने व सहन करने हेतु भारी-भरकम लाइन विद्युतरोधकों (insulators) की आवश्यकता होती है।

(x) पोर्सलेन से निर्मित भारी-भरकम लाइन विद्युतरोधकों के प्रतिष्ठान के लिए मजबूत तथा भारी क्रॉस-आर्म (आड़ी-भुजा) की आवश्यकता होती है।

(xi) उक्त सभी के भार धारण हेतु मजबूत आलम्बों (strong supports) की आवश्यकता होती है, जो अति भारी-भरकम होते हैं।

(xii) आलम्बों के प्रतिष्ठापन के लिए मजबूत नींव (strong foundation) की आवश्यकता होती है, जिसकी कीमत अधिक आती है।

इस प्रकार न्यून शक्तिगुणक सम्पूर्ण रूप से वैद्युत शक्ति प्रणाली के लिए अमितव्ययी (non-economical) होता है।

13.17. सिन्क्रोनस मोटर के सामान्य गुण-धर्म (General properties)

(i) साइज या क्षमता (capacity) – 1, 000 HP एवं 15 kV तक

Scanned with CamScanner
167 / 235

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) – शून्य (लगभग), $(T_s = 0 \cdot 75T)$

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)– पूर्णभार-धारा की तीन गुनी $(I_s = 3I)$

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)– अति जटिल (यह मोटर स्व-आरम्भित नहीं है)।

(v) गति-भार अभिलक्षण –(a) निर्भार से पूर्णभार तक एकसमान परम स्थिर गति अर्थात् तुल्यकाली गति।

(vi) प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque) – सामान्य; क्योंकि $T \propto V$

(vii) गति (speed) – तुल्यकाली गति $N_s = \frac{120f}{P}$ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)

(viii) गति नियन्त्रण परास (s.c.r) – सम्भव नहीं; (परन्तु गति, आवृत्ति तथा चुम्बकीय ध्रुव-संख्या पर निर्भर करती है)।

(ix) विपरीत गति (r.s.) – किन्हीं दो प्रदायी वोल्टता के तारों की आपस में ध्रुवता बदलने से प्राप्त होती है।

(x) शक्तिगुणक (power factor) – (a) विस्तृत परास, पश्चगामी से अग्रगामी तक

(b) क्षेत्र उत्तेजन से समंजनशील शक्तिगुणक प्राप्य,

(c) क्षेत्र उत्तेजन के लिए दिष्ट धारा अनिवार्य

(xi) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost) – मध्यम (medium)

(xii) आपेक्षिक कीमत (relative cost) – 2(दो गुनी)

13.18. तुल्यकाली मोटर के अनुप्रयोग (Applications of synchronous motor)

औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use) त्रिकला प्र० धा० प्रदायी वोल्टता पर लगातार परम स्थिर गति (तुल्यकाली गति) से चलने वाली मशीनों तथा स्थिर भार के कार्यों में होता है। इसके अलावा इस मोटर का प्रयोग, वोल्टता नियन्त्रण तथा शक्तिगुणक संशोधन के लिए भी होता है। जैसे—(i) लाइन शाफ्ट, (ii) मोटर-जेनरेटर सेट, (iii) आवृत्ति परिवर्तक चालन, (iv) रोलिंग मिल, (v) टैक्सटाइल मिल, (vi) रबर मिल, (vii) पेपर मिल, (viii) सीमेंट मिल, (ix) पंखे तथा पम्प, (x) अमोनिया तथा वायु कंप्रेसर, (xi) संचरण लाइन के अन्त में, वोल्टता नियन्त्रण के लिए, (xii) शक्तिगुणक संशोधन के लिए, जो स्थैतिक संधारित्रों की अपेक्षा, विद्युत-संचरण प्रणाली में अधिक उपयोगी है; क्योंकि शक्तिगुणक को किसी भी मान के लिए इच्छानुसार, नियन्त्रित किया जा सकता है।

टिप्पणी (Note)—(i) इस मोटर को छोटे-छोटे उद्योग-धन्धों में प्रयोग नहीं किया जा सकता; क्योंकि यह स्वत: चालित नहीं है। दूसरे, इसमें चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन के लिए अतिरिक्त डी० सी० सप्लाई की आवश्यकता होती है।

(ii) इस मोटर के चुम्बकीय ध्रुव-नालों (pole shoes) पर डेम्पर कुण्डलन करने से यह मोटर सादा प्रेरण मोटर की तरह से स्व: आरम्भन का गुण धारण कर लेती है।

'सिन्क्रोनस मोटर तथा इण्डक्शन मोटर' का तुलनात्मक अध्ययन (Comparative study)

क्रमांक	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	सिन्क्रोनस मोटर (S. M.)	इण्डक्शन मोटर (I. M.)
1.	यांत्रिक संरचना (Mechanical construction)	जटिल (complicated)	सादा (simple)
2.	घूर्णक पर सर्पी वलयें (slip rings on rotor)	आवश्यक (necessary)	आवश्यक नहीं
3.	रोटर की कुण्डलन का लघुपथन (short-circuiting)	नहीं होता (no)	होता है (yes)
4.	घूर्णक-धारा (rotor current)	कम (less)	अधिक (more)
5.	दिष्टधारा उत्तेजन (d.c. excitation)	आवश्यकता होती है	आवश्यकता नहीं होती
6.	आवश्यक विद्युत-स्रोत (electric sources)	ए० सी० व डी० सी० दोनों	एकमात्र ए० सी०
7.	शक्तिगुणक का प्ररूप (type of power factor)	पश्चगामी व अग्रगामी	एकमात्र पश्चगामी
8.	शक्तिगुणक की परास (range of p.f.)	विस्तृत परास	संकुचित परास
9.	शक्तिगुणक की निर्भरता (dependency of p.f.)	उत्तेजन पर (on excitation)	भार पर (on load)
10.	भार के घटने पर शक्तिगुणक (power factor)	स्थिर रहता है	घटता है (decreases)
11.	आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)	शून्य (zero)	अधिक (more)
12.	प्रवर्तन की प्रवृत्ति (tendency of starting)	स्वप्रवर्तित नहीं	स्वप्रवर्तित (self-started)
13.	आरम्भिक धारा (starting current)	कम (less)	अत्यधिक (too much)
14.	टॉर्क की वोल्टेज पर निर्भरता (dependency)	सामान्य $(T \propto V)$	अधिक $(T \propto V^2)$
15.	अतिभार क्षमता (overload capacity)	कम (less)	अधिक (more)
16.	गति की प्रकृति (nature of speed)	परम स्थिर गति	लगभग स्थिर गति
17.	चाल का प्ररूप (type of speed)	तुल्यकाली (synchronous)	अतुल्यकाली (asynchronous)
18.	गति की भार पर निर्भरता (dependency)	नहीं (no)	हाँ (yes)
19.	भार बढ़ाने पर गति (speed)	स्थिर रहती है	घटती है (decreases)
20.	सर्पी गति (slip speed)	S.S. = शून्य (zero)	$SS = (N_s - N)$ r.p.m.
21.	सर्पी अर्थात् स्लिप (S)	S. = शून्य (zero)	$S = (N_s - N)/N_s$
22.	गति नियन्त्रण (speed control)	असम्भव (not possible)	सम्भव (possible)
23.	डेम्पर वाइंडिंग की आवश्यकता	होती है (yes)	नहीं होती (no)
24.	दोलन-प्रभाव (hunting effect)	होता है (yes)	नहीं होता (no)
25.	स्टेटर व रोटर में अन्तर्ग्रन्थन (interlocking)	होता है (yes)	नहीं होता (no)
26.	रखरखाव व अनुरक्षण (care & maintenance)	अधिक (more)	कम (less)
27.	प्रारम्भिक लागत (capital cost)	अधिक (more)	कम (less)
28.	दक्षता (efficiency)	अधिक (more)	कम (less)
29.	अनुप्रयोग (applications)	यांत्रिक भार (load) व शक्तिगुणक संशोधन के लिये बड़े उद्योगों में प्रयोग होता है।	एकमात्र यांत्रिक भार हेतु औद्योगिक क्षेत्र में सर्वाधिक प्रयोग होता है।

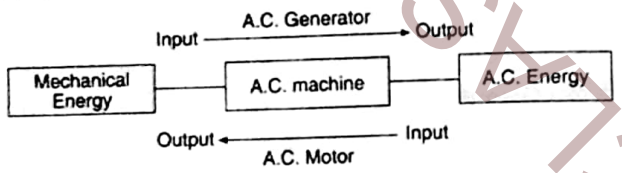
Scanned with CamScanner
168 / 235

प्रश्न 13—समान कला व क्षमता वाली 'सिन्क्रोनस एवं इण्डक्शन' मोटरों में से किसकी दक्षता (efficiency) अधिक होती है?

उत्तर—सिन्क्रोनस मोटर की दक्षता (efficiency) अधिक होती है।

प्रश्न 14—प्रत्यावर्तीधारा जनित्र (a. c. generator) तथा प्रत्यावर्तीधारा मोटर (a. c. motor) में अन्तर (difference) स्पष्ट कीजिए।

उत्तर—वह प्रत्यावर्तीधारा यन्त्र (a. c. machine), जो यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) को प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) में परिवर्तित करता है, प्रत्यावर्तीधारा जनित्र (a. c. generator) कहलाता है और जब वही प्रत्यावर्ती धारा यन्त्र, प्रत्यावर्ती वैद्युत ऊर्जा (a. c. energy) को यान्त्रिक ऊर्जा (mechanical energy) में परिवर्तित करता है, तो प्रत्यावर्ती धारा मोटर (a. c. motor) कहलाता है, जैसा कि निम्न निर्मित चित्र से स्पष्ट है—



चित्र 13.13. ए० सी० जेनरेटर एवं ए० सी० मोटर में विभेद या अन्तर सम्बन्धी खण्ड आरेख (block diagram)।

सारांश (SUMMARY)

1. सिन्क्रोनस मोटर की संरचना, सिन्क्रोनस जेनरेटर के समान (similar) ही होती है।
2. सिन्क्रोनस मोटर की तुल्यकाली गति का सूत्र (formula of the synchronous speed) निम्नलिखित है—
$$N_s = \frac{120\,f}{P} \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)}$$
3. तुल्यकाली गति (N_s), प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (f) के समानुपाती होती है। अर्थात् $N_s \propto f$
4. तुल्यकाली गति (N_s), तुल्यकाली मोटर की चुम्बकीय ध्रुव संख्या के विलोमानुपाती होती है।
5. सिन्क्रोनस मोटर की गति (speed) को नियन्त्रित (control) करने की आवश्यकता नहीं होती है; क्योंकि यह परम स्थिर गति पर चलती है, जिसे तुल्यकाली गति (synchronous speed) कहते हैं।
6. सिन्क्रोनस मोटर, स्वचालित मोटर (self started motor) नहीं होती है; इसलिए इसे अवमंदन कुण्डलन (damper winding) द्वारा स्वचालित (self started) बनाया जाता है।
7. अवमन्दन कुण्डलन का स्थापन (installation) चुम्बकीय ध्रुव-नालों (magnetic pole shoes) पर होता है।
8. अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) द्वारा, डोलन के प्रभाव (effect of hunting) को न्यूनतम किया जा सकता है।
9. सिन्क्रोनस मोटर को चलाने के लिए प्र० धा० तथा दि० धा० (a. c. and d. c.) दोनों प्रकार के विद्युत-प्रदायों (supplies) की आवश्यकता होती है।
10. सिन्क्रोनस मोटर, पश्चगामी तथा अग्रगामी दोनों प्रकार के शक्तिगुणकों (power factors) पर कार्य करती है।
11. सिन्क्रोनस मोटर के चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन से आर्मेचर-करेन्ट (I_a) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) दोनों ही प्रभावित होते हैं, अर्थात् परिवर्तित होते हैं।
12. सिन्क्रोनस मोटर के चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन (magnetic field excitation) की निम्नलिखित तीन अवस्थाएँ हैं—
(i) सामान्य उत्तेजन अवस्था (normal excitation condition) अर्थात् $E_b = V$
(ii) अल्प उत्तेजन अवस्था (under excitation condition) अर्थात् $E_b < V$
(iii) अति उत्तेजन अवस्था (over excitation condition) अर्थात् $E_b > V$

13. स्थिर भार (constant load) की अवस्था में विभिन्न शक्तिगुणकों (power factors) पर चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन (m.f.e.) का आर्मेचर-करेन्ट (I_a) पर प्रभाव (effect) निम्नलिखित है—
(a) इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर क्षेत्र-उत्तेजन के बढ़ाने से न्यूनतम आर्मेचर-धारा (I_a) अग्रगामी हो जाती है।
(b) इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर क्षेत्र-उत्तेजन के घटाने से न्यूनतम आर्मेचर-धारा (I_a) पश्चगामी हो जाती है।
(c) पश्चगामी शक्तिगुणक पर क्षेत्र-उत्तेजन के बढ़ाने से आर्मेचर-धारा (I_a) घटती है।
(d) पश्चगामी शक्तिगुणक पर क्षेत्र-उत्तेजन के घटाने से आर्मेचर-धारा (I_a) बढ़ती है।
(e) अग्रगामी शक्तिगुणक पर क्षेत्र-उत्तेजन के बढ़ाने से आर्मेचर-धारा (I_a) बढ़ती है।
(f) अग्रगामी शक्तिगुणक पर क्षेत्र-उत्तेजन के घटाने से आर्मेचर-धारा (I_a) घटती है।
14. स्थिर भार (constant load) की अवस्था में विभिन्न चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन (m.f.e.) पर शक्तिगुणक की प्रकृति (nature of power factor) निम्नलिखित होती है—
(a) सामान्य उत्तेजन (normal excitation) पर शक्तिगुणक का मान अधिकतम होता है और आर्मेचर-धारा का मान न्यूनतम होता है। अर्थात् $\cos\phi = 1$ and I_a = minimum होता है।
(b) अल्प उत्तेजन (under excitation) पर शक्तिगुणक (power factor), पश्चगामी (lagging) होता है।
(c) अति उत्तेजन (over excitation) पर शक्तिगुणक (power factor) अग्रगामी (leading) होता है और सिन्क्रोनस मोटर धारिता भार (capacitive load) की तरह कार्य करती है।
15. स्थिर भार (constant load) की अवस्था में चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन के परिवर्तन से आर्मेचर-धारा (I_a) का केवल प्रतिघाती घटक ($I_a \sin\phi$) ही परिवर्तित होता है; आर्मेचर-धारा (I_a) का सक्रिय घटक ($I_a \cos\phi$) परिवर्तित नहीं होता, अर्थात् यह सदैव स्थिर (constant) ही रहता है।
16. जिस α कोण द्वारा विरोधी विद्युत-वाहक बल (E_b) का सदिश, प्रयुक्त वोल्टता (V) के सदिश का पीछा करता है, उसे भार-कोण (load angle) कहते हैं। इसे शक्ति-कोण (power angle) भी कहते हैं।
17. स्थायी अवस्था (stable condition) में स्थिर भार (constant load) पर मोटर का भारकोण (load angle), निर्गत (output) तथा निविष्ट (input) स्थिर (constant) रहता है।
18. चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन के कारण सिन्क्रोनस मोटर की तुल्यकाली गति (N_s) प्रभावित नहीं होती।
19. चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन से आर्मेचर-धारा का सक्रिय घटक ($I_a \cos\phi$) प्रभावित नहीं होता है।
20. चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन से आर्मेचर-धारा का प्रतिघाती घटक ($I_a \sin\phi$) प्रभावित होता है।
21. सिन्क्रोनस मोटर की गति परम स्थिर (N_s = absolute constant) होने के कारण, इसमें उत्पन्न विरोधी विद्युत-वाहक बल (E_b) का मान केवल चुम्बकीय क्षेत्र (ϕ) पर निर्भर करता है। अर्थात्
$$E_b = K\phi N_s = K_1\phi \qquad (\text{where } K_1 = KN_s = \text{constant})$$
Hence $E_b \propto \phi$ (relationship)
22. स्थिर भार पर चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन का शक्तिगुणक तथा आर्मेचर धारा पर प्रभाव (effect)

क्र० सं० (S. No.)	चु० क्षे० उत्तेजन की अवस्थाएँ (conditions of m.f. excitation)	कलाकोण (ϕ-angle)	शक्तिगुणक ($\cos\phi$)	आर्मेचर-धारा (I_a ampere)
1.	सामान्य उत्तेजन अवस्था ($E_b = V$)	0 (zero)	एकाक	न्यूनतम (minimum)
2.	अल्प उत्तेजन अवस्था ($E_b < V$)	ϕ पश्च	पश्चगामी	अधिक (more)
3.	अति उत्तेजन अवस्था ($E_b > V$)	ϕ अग्र	अग्रगामी	अधिक (more)

23. सिन्क्रोनस मोटर की प्रतिकला निविष्ट वोल्टता (per phase input voltage)
$$V = [E_b + I_a(R_a + jX_s)] \text{ वोल्ट/फेज}$$

Scanned with CamScanner
169 / 235

$V - E_b = I_a(R_a + jX_s)$ वोल्ट/फेज

$E_r = I_a(R_a + jX_s)$ (Where $E_r = V - E_b$)

$\frac{E_r}{I_a} = (R_a + jX_s)$ ओह्म/फेज।

24. इसलिए सिन्क्रोनस मोटर प्रतिकला तुल्यकाली प्रतिबाधा (synchronous impedance)

$$Z_s = \frac{E_r}{I_a} = (R_a + jX_s) \text{ ओह्म/फेज} \quad \text{...सूत्र}$$

25. सिन्क्रोनस मोटर की प्रतिकला आर्मेचर-धारा (per phase armature current)

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a + jX_s} = \frac{V - E_b}{Z_s} = \frac{E_r}{Z_s} \text{ ऐम्पियर/फेज} \quad \text{...सूत्र}$$

26. नगण्य प्रतिरोध ($R_a = 0$) पर सिन्क्रोनस मोटर की प्रतिकला आर्मेचर-धारा (armature current)

$$I_a = \frac{V - E_b}{X_s} = \frac{E_r}{X_s} \text{ ऐम्पियर प्रति फेज} \quad \text{...सूत्र}$$

27. सिन्क्रोनस मोटर की एकल कला निविष्ट वैद्युत शक्ति (input electric power)

$$P_{in(1-\phi)} = V \cdot I \cos\phi \text{ वाट/फेज} \quad \text{...सूत्र}$$

28. सिन्क्रोनस मोटर की त्रिकला निविष्ट वैद्युत शक्ति (input electric power)

$$P_{in(3-\phi)} = 3 \cdot V \cdot I \cos\phi \text{ वाट} \quad \text{...सूत्र}$$

29. सिन्क्रोनस मोटर में विकसित एकल कला यान्त्रिक शक्ति (single phase mechanical power)

$$P_{m(1-\phi)} = (V \cdot I \cos\phi - I_a^2 R_a) \text{ वाट/फेज} \quad \text{...एकल कला सूत्र}$$

30. सिन्क्रोनस मोटर में विकसित त्रिकला यान्त्रिक शक्ति (three phase mechanical power)

$$P_{m(3-\phi)} = (3V \cdot I_a \cos\phi - 3I_a^2 R_a) \text{ वाट} \quad \text{...त्रिकला सूत्र}$$

थ्री-फेज सिन्क्रोनस मोटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (Important true statements)

(i) सिन्क्रोनस मोटर सदैव सिन्क्रोनस स्पीड पर ही चलती है।

(ii) समस्त सिन्क्रोनस मोटरें, दोहरी उत्तेजित (double excited) होती हैं।

(iii) सभी सिन्क्रोनस मोटरें स्वप्रवर्तित (self started) नहीं होती हैं।

(iv) केवल डेम्पर वाइंडिंग रखने वाली सिन्क्रोनस मोटरें ही स्वप्रवर्तित होती हैं।

(v) सिन्क्रोनस मोटर में न्यून उत्तेजन पर प्रयुक्त वोल्टता V की अपेक्षा, उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल E_b कम होता है।

(vi) सिन्क्रोनस मोटर में अति उत्तेजन पर प्रयुक्त वोल्टता (V) की अपेक्षा, उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल (E_b) अधिक होता है।

(vii) सिन्क्रोनस मोटर में उत्पन्न विरोधी वि० वा० बल (E_b) का मान, चु० क्षेत्र उत्तेजन (I_f) पर निर्भर करता है।

(viii) सिन्क्रोनस मोटर में आर्मेचर-धारा (I_a) का मान, चु० क्षेत्र-उत्तेजन (I_f) पर निर्भर करता है।

(ix) स्थिर भार पर सिन्क्रोनस मोटर का कलाकोण (ϕ) तथा शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान, चु० क्षेत्र-उत्तेजन (I_f) पर निर्भर करता है।

(x) सिन्क्रोनस मोटर में इकाई शक्तिगुणक ($\cos\phi = 1$) पर आर्मेचर-धारा (I_a) पर मान न्यूनतम होता है।

(xi) सिन्क्रोनस मोटर द्वारा, वैद्युत शक्ति प्रणाली के शक्तिगुणक ($\cos\phi$) का मान व्यवस्थित (नत-उन्नत) किया जा सकता है।

(xii) सिन्क्रोनस मोटर द्वारा, वैद्युत शक्ति संचरण लाइन की वोल्टता को नियन्त्रित (नियमित) किया जा सकता है।

(xiii) विश्व भर में इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, सिन्क्रोनस मोटर का प्रयोग (use) अतिकम होता है।

(xiv) सिन्क्रोनस मोटर का उत्तेजन (excitation) बढ़ाने से उसका शक्तिकोण (power angle) घटता है।

(xv) 'स्थाता तथा घूर्णक' दोनों के चुम्बकीय क्षेत्रों के आन्तरिक बन्धन (interlocking) के कारण सिन्क्रोनस मोटर तुल्यकाली गति (synchronous speed) पर चलती है।

(xvi) सिन्क्रोनस मोटर के चु० ध्रुव नालों (magnetic pole shoes) पर अवमन्दन कुण्डलन (damper winding) की जाती है।

(xvii) अवमन्दन कुण्डलन का कार्य है—सिन्क्रोनस मोटर में होने वाली डोलन (hunting) को रोकना तथा उसे स्वप्रवर्तित (self stared) बनाना।

(xviii) अति उत्तेजन की स्थिति में निर्भार पर चलने वाली सिन्क्रोनस मोटर को सिन्क्रोनस कण्डेंसर कहते हैं।

(xix) तुल्यकाली संधारित्र (synchronous condenser) का प्रयोग (use), शक्तिगुणक संशोधन (p.f. conection) के लिए किया जाता है।

(xx) सिन्क्रोनस मोटर की गति को प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency) द्वारा नियन्त्रित किया जाता है।

(xxi) स्थिर वोल्टता (V) तथा स्थिर आवृत्ति (f) वाली बसबार को अनन्त बसबार (infinite bus bar) कहते हैं।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. निम्नलिखित पदों (terms) को परिभाषित करते हुए समझाइए—
(i) सिन्क्रोनस जेनरेटर, (ii) सिन्क्रोनस मोटर, (iii) सिन्क्रोनस स्पीड, (iv) 'नॉर्मल/रेटिड/फुल लोड' स्पीड, (v) नो-लोड, (vi) फुल-लोड, (vii) ओवर लोड, (viii) 'हन्टिंग/सर्जिंग/फेज-स्विंगिंग', (ix) डेम्पर वाइंडिंग (x) स्टार्टिंग टॉर्क, (xi) 'ओपरेटिंग/ड्राइविंग/रनिंग' टॉर्क, (xii) पुल-आउट टॉर्क, (xiii) पुल-इन टॉर्क, (xiv) मॉग्नेटिक फील्ड एक्साइटेशन, (xv) लो-एक्साइटेशन, (xvi) नॉर्मल एक्साइटेशन, (xvii) ओवर एक्साइटेशन।

2. तुल्यकाली मोटर एक ही गति पर क्यों चलती है? तुल्यकाली मोटर की आर्मेचर-धारा पर उत्तेजन के परिवर्तन के प्रभाव की विवेचना कीजिए। ***(U.P. 2003, 04, 07, 10)***

3. तुल्यकाली मोटर को चलाने की विभिन्न विधियाँ क्या हैं? स्वचालन की विधि का वर्णन कीजिए। ***(U.P. 2010)***

4. तुल्यकाली मोटर के कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिए तथा स्पष्ट कीजिए कि यह मोटर सदैव तुल्यकाली गति पर चलने वाली स्थिर गति मोटर है। ***(U.P. 2011)***

5. तुल्यकाली मोटर की धारा तथा शक्तिगुणक इसके उत्तेजन पर निर्भर होते हैं, स्थापित कीजिए। ***(U.P. 2011)***

6. तुल्यकाली मोटर की आर्मेचर-धारा तथा शक्तिगुणक पर उत्तेजन के प्रभाव का वर्णन कीजिए। ***(U.P. 2012)***

7. तुल्यकाली संधारित्र से क्या अभिप्राय है? तुल्यकाली मशीनों के अनुप्रयोग दीजिए। ***(U.P. 2003, 07, 12)***

8. तुल्यकारी मोटर के अनुप्रयोग (applications) लिखिए। ***(U.P. 2003, 07)***

9. 'तुल्यकाली मोटर की आर्मेचर-धारा तथा शक्तिगुणक पर उत्तेजन का प्रभाव' पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। ***(U.P. 2003)***

10. सिन्क्रोनस मोटर एवं डी० सी० मोटर में क्या अन्तर (difference) है?

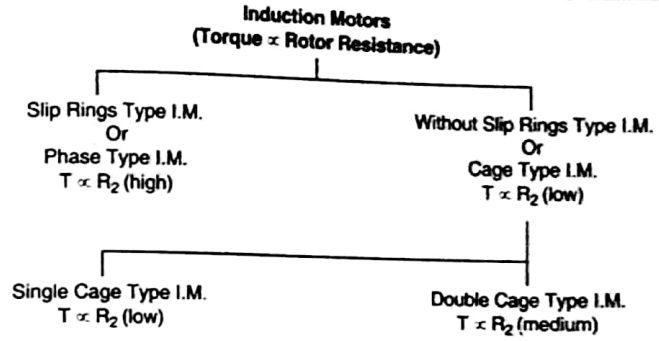
11. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी (short-note) लिखिए—
(i) सिन्क्रोनस मोटर का कार्य-सिद्धान्त ***(U.P. 2007)***
(ii) सिन्क्रोनस मोटर के कलीय आरेख ***(U.P. 2002)***
(iii) सिन्क्रोनस मोटर के अभिलक्षण ***(U.P. 2001)***
(iv) सिन्क्रोनस मोटर के निष्पादन या कार्य-कौशल ***(U.P. 2K, 03, 07)***
(v) सिन्क्रोनस मोटर के लाभ-हानि तथा अनुप्रयोग ***(U.P. 2003, 07)***
(vi) सिन्क्रोनस मोटर का V-वक्र ***(U.P. 2001, 03)***

AKG TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
170 / 235

12. तुल्यकालिक मोटर स्वचालित क्यों नहीं होती है? समझाइए। *(U.P. 2001, 03, 04)*
13. तुल्यकाली मोटर का कलीयारेख खींचिए और उत्पन्न शक्ति का व्यञ्जक लिखिए। *(U.P. 2003)*
14. तुल्यकालिक मोटर के V-वक्रों की विवेचना कीजिए। V-वक्र की सहायता से मोटर का सर्वोत्तम निष्पादन कैसे समझाओगे? *(U.P. 2003)*
15. किसी दिए गए भार पर तुल्यकाली मोटर के आर्मेचर-करेन्ट पर चुम्बकीय क्षेत्र-उत्तेजन के परिवर्तन का क्या प्रभाव पड़ता है? विस्तार से वर्णन कीजिए। *(U.P. 2003, 04)*
16. त्रिकला तुल्यकाली तथा प्रेरण मोटरों की परस्पर तुलना (Comparision) कीजिए।
17. तुल्यकाली मोटर के V-वक्र तथा तुल्यकालीन संघारित्र की तरह कार्य का वर्णन कीजिए।
18. तुल्यकाली मोटर के निष्पादन (performance), उसके क्षेत्र-उत्तेजन के परिवर्तन के प्रभाव समझाइए। *(U.P. 2007)*
19. तुल्यकाली मोटर स्वचालित क्यों नहीं होती है? इसके स्वचालन के लिए क्या व्यवस्था करनी पड़ती है? *(U.P. 2001)*
20. तुल्यकाली मोटर में आर्मेचर-करेन्ट एवं पॉवर फेक्टर पर उत्तेजन के प्रभाव को समझाइए। तुल्यकालिक संघारित्र से क्या समझते हो? *(U.P. 2003)*
21. एक थ्री-फेज सिन्क्रोनस मोटर, इण्डक्शन मोटर की तरह कार्य कर सकती है; परन्तु इण्डक्शन मोटर, सिन्क्रोनस मोटर की तरह कार्य नहीं कर सकती। क्यों?
22. किसी देय भार पर सिन्क्रोनस मोटर की आर्मेचर-करेन्ट पर उत्तेजन के प्रभाव को समझाइए। मोटर के V-वक्रों को खींचिए। *(U.P. 2004)*
23. सिन्क्रोनस मोटरों के अनुप्रयोगों (application) का उल्लेख कीजिए। *(U.P. 2003)*
24. सिन्क्रोनस मोटर स्वयं, क्यों स्टार्ट नहीं होती है? समझाइए। इसके बदलते हुए पॉवर फेक्टर के लिए कलीय रेखाचित्र भी खींचिए।

14 त्रिकला प्रेरण मोटरें

[THREE PHASE INDUCTION MOTORS]



14.1. परिचय (Introduction)

वह ए० सी० मोटर, जो शुद्ध प्रेरण (induction) के सिद्धान्त पर कार्य करती है, प्रेरण मोटर (induction motor) कहलाती है। इसे शुद्ध प्र० धा० मोटर (pure a.c. motor) भी कह सकते हैं, क्योंकि इसके लिए सिन्क्रोनस मोटर की तरह ए० सी० सप्लाई के साथ डी० सी० सप्लाई की आवश्यकता नहीं होती है और न ही इसमें कनवर्टर मशीन की तरह ए० सी० को डी० सी० में बदला जाता। इसमें एकमात्र प्रत्यावर्ती शक्ति (a.c. power) को यान्त्रिक शक्ति (mechanical power) में ही प्रत्यक्ष बदला जाता है; इसलिए इसे शुद्ध प्रेरण मोटर भी कह सकते हैं।

प्रेरण मोटर को गतिक परिणामित्र (dynamic t/f) भी कह सकते हैं, क्योंकि (i) यह परिणामित्र की तरह ही परम शुद्ध प्र० धा० प्रदाय (a.c.s.) को लेती है। (ii) यह परिणामित्र की तरह ही परम शुद्ध प्रेरण के सिद्धान्त (principle of induction) पर कार्य करती है। (iii) यह परिणामित्र की तरह ही प्राथमिक तथा द्वितीयक दो प्र० धा० कुण्डलनें (a.c. windings) रखती है। (iv) यह परिणामित्र की तरह ही प्राथमिक कुण्डलन से द्वितीयक कुण्डलन में विद्युत-वाहक बल प्रेरित (उत्पन्न) करती है। परिणामित्र में बलाघूर्ण (torque) उत्पन्न नहीं होता, इसलिए यह गतिक (dynamic) नहीं होता, अर्थात् स्थैतिक (stationary) होता है। प्रेरण मोटर में बलाघूर्ण उत्पन्न होता है, इसलिए यह गतिक होती है, अर्थात् घूर्णी (rotational) होती है। इन्हीं सब कारणों से इसे गतिक परिणामित्र भी कह सकते हैं।

प्रेरण मोटर को औद्योगिक मोटर (industrial motor) भी कह सकते हैं। क्योंकि यह अभियांत्रिकी क्षेत्र के अन्तर्गत, उद्योगों में सर्वाधिक प्रयोग (use) की जाती है। यहाँ तक कि विश्व में लगभग पचहत्तर प्रतिशत (75%) मोटर सम्बन्धी कार्य (motory work), प्रेरण मोटरों द्वारा ही किए जाते हैं। इसका कारण, इस मोटर में निम्नांकित अच्छे लक्षणों (features) का होना है—

(i) इसकी संरचना सादा (सरल) तथा मजबूत (टिकाऊ) होती है।
(ii) इसकी प्रारम्भिक कीमत (initial cost) कम (less) होती है।
(iii) इसकी अनुरक्षण कीमत (maintanance cost) कम होती है।
(iv) यह एक प्रकार की स्वचालित (self start) मोटर होती है।
(v) इसके लिए, सिन्क्रोनस मोटर की तरह अतिरिक्त डी० सी० सप्लाई की आवश्यकता नहीं होती है। अर्थात् यह एक परम शुद्ध प्रत्यावर्तीधारा मोटर है।

Scanned with CamScanner

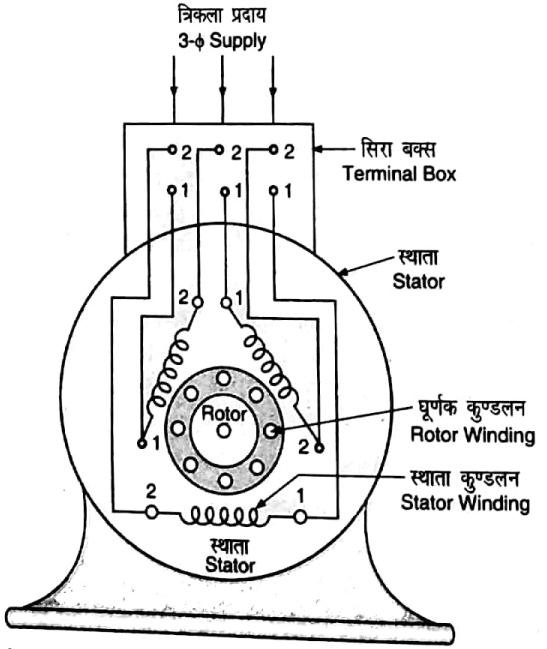
(vi) पूर्णभार पर इसका शक्तिगुणक ($\cos\phi$) सन्तोषप्रद (satisfactory) होता है।
(vii) पूर्णभार पर इसकी दक्षता (efficiency) उच्च (high) होती है।
(viii) भारतीय बाजारों में यह सुगमता से उपलब्ध (available) होती है।
(ix) यह एक सामान्य स्थिर गति (constant speed) पर चलने वाली मोटर है।
(x) इसकी देखभाल करने की आवश्यकता अतिकम (very less) होती है।
(xi) इसमें सर्पी वलयों (slip- rings) के साथ ब्रशों का प्रयोग (use) नहीं होता, इसीलिए यह स्फुलन समस्या (sparking problem) से रहित है।

उक्त शुभ गुणों के साथ-साथ इण्डक्शन मोटर में निम्नलिखित कुछ कमियाँ भी हैं—
(i) भार (load) के बढ़ने पर इसकी गति कुछ कम हो जाती है।
(ii) गति (speed) कम होने से इसकी दक्षता भी कम हो जाती है।
(iii) न्यून भार (low load) पर इसकी दक्षता न्यून (low) हो जाती है।
(iv) न्यून भार पर इसका शक्तिगुणक ($\cos\phi$) भी न्यून (low) हो जाता है।
(v) इसका प्रारम्भिक बलाघूर्ण (initial torque) सामान्य होता है।
(vi) इसकी गति नियन्त्रण (speed control) में कठिनाई होती है।

14.2. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर का सामान्य कार्य-सिद्धान्त (General Working Principle)

विदित हो कि इण्डक्शन मोटर के स्टेटर पर स्थापित वाइंडिंग को स्टेटर वाइंडिंग या प्राइमरी वाइंडिंग कहते हैं और इण्डक्शन मोटर के रोटर पर स्थापित वाइंडिंग को रोटर वाइंडिंग या सेकण्डरी वाइंडिंग कहते हैं।

जब इण्डक्शन मोटर की थ्री-फेज स्टेटर वाइंडिंग में थ्री-फेज सप्लाई दी जाती है, तो इस वाइंडिंग में धारा प्रवाहित होने लगती है और इस धारा-प्रवाह से एक सतत घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। इसे स्टेटर का रोटेटिंग मॉग्नेटिक फील्ड कहते



चित्र 14.1–थ्री-फेज स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के रोटर तथा स्टेटर वाइंडिंग का प्रस्तुतिकरण (representation)।

हैं। इसकी दिशा स्टेटर वाइंडिंग की धारा के कला अनुक्रम (phase sequence) पर निर्भर करती है और इसकी गति, तुल्यकाली गति (synchronous speed) होती है, जिसे N_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त (represent) करते हैं। अर्थात् $N_s = \frac{120f}{P}$ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)

यहाँ पर

N_s—रोटेशन पर मिनट मात्रक में तुल्यकाली गति (synchronous speed)
f—साइकल पर सेकण्ड मात्रक में प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency)
P—स्टेटर वाइंडिंग के मॉग्नेटिक पोल्स की संख्या (number of poles)

जब यह सतत् घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र, रोटर वाइंडिंग से सम्पर्कित होता है, तो उसमें भी एक प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न हो जाता है, जो रोटर वाइंडिंग के लघुपथित होने के कारण, उच्च प्रेरित धारा में परिवर्तित हो जाता है। इसी धारा के कारण, रोटर में भी एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, जिसे रोटर का चुम्बकीय क्षेत्र कहते हैं। यह स्टेटर के घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र पर क्रिया करता है। इस पारस्परिक अन्त:क्रिया (interaction) द्वारा, एक बल उत्पन्न होता है, जो रोटर के धारावाही चालकों पर लगता है। इससे बलाघूर्ण (T_2) उत्पन्न होता है, जिससे रोटर, स्टेटर के घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में घूमने लगता है। अब जैसे-जैसे रोटर की गति (N), स्टेटर के घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र की गति (N_s) के समीप आती है, वैसे-वैसे सापेक्ष गति ($N_s - N$) कम होती जाती है। इससे रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (T_2) भी कम होता जाता है। फलत: रोटर की गति, तुल्यकाली गति (N_s) के निकट, परन्तु सदैव इससे कम रहती है, क्योंकि रोटर के तुल्यकाली गति पर पहुँचते ही रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (T_2) शून्य हो जाता है। विदित हो कि रोटर-टॉर्क,

$$T_2 \propto \phi_2 \propto I_2 \propto E_2 \propto (N_s - N)$$ ...सम्बन्ध

14.3. घूर्णक के घूमने की दिशा तथा बलाघूर्ण का उत्पादन अर्थात् जनन (Direction of rotation of a rotor and production of torque)

जब थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के स्टेटर में थ्री-फेज सप्लाई दी जाती है, तो स्टेटर की वाइंडिंग में प्रत्यावर्तीधारा प्रवाहित होने लगती है, जो सतत् घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। इसे स्टेटर-फील्ड कहते हैं। इसकी दिशा, सप्लाई के कला अनुक्रम (phase sequence) पर निर्भर करती है। माना कि स्टेटर-फील्ड की दिशा क्लॉक-वाइज है। स्टेटर का यह घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र वायु अन्तराल से गुजरता हुआ रोटर के चालकों से गुथित (linked) होता है। इससे रोटर के चालकों में समान आवृत्ति का प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न होता है, जो रोटर-वाइंडिंग के लघुपथित होने के कारण, समान आवृत्ति की उच्च प्रेरित धारा में परिवर्तित हो जाता है। इस धारा के कारण भी, एकसमान आवृत्ति का ही चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है, जिसे रोटर-फील्ड कहते हैं। स्टेटर-फील्ड तथा रोटर-फील्ड की पारस्परिक अन्त:क्रिया (mutual interaction) द्वारा रोटर के चालकों पर एक बल कार्य करने लगता है, जिससे रोटर में बलाघूर्ण (T_2) उत्पन्न होता है और रोटर, स्टेटर-फील्ड की दिशा ही में घूमने लगता है। रोटर की इस क्रिया को चित्र 14.2 (a), (b) तथा (c) में प्रदर्शित किया गया है।

चित्र 14.2 (a) में रोटर को स्तब्ध स्थिति (standstill condition) तथा स्टेटर-फील्ड को तुल्यकाली गति N_s पर दक्षिणावर्त दिशा (clockwise direction) में घूमता हुआ प्रदर्शित किया गया है। रोटर की स्तब्ध स्थिति में स्टेटर-फील्ड द्वारा रोटर के चालक में प्रेरित वि० वा० बल प्रवाहित धारा, कार्यकारी बल तथा बलाघूर्ण सभी अधिकतम मान पर होते हैं, क्योंकि इस स्थिति में सापेक्ष गति ($N_s - 0$) अधिकतम होने के कारण, अधिकतम स्टेटर-फ्लक्स परिवर्तित (कट) होते हैं। इसलिए इस स्थिति में रोटर में प्रेरित धारा की आवृत्ति भी मोटर की प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति के समान अर्थात् अधिकतम होती है।

चित्र 14.2 (b) में स्टेटर-फील्ड के सापेक्ष, रोटर की तुल्यकाली गति N_s वामावर्त दिशा (anticlockwise direction) में प्रदर्शित की गई है। इस स्थिति में भी रोटर के चालक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल का मान तथा इसकी आवृत्ति पहले चित्र (a) की भाँति समान ही होगी, क्योंकि सापेक्ष गति ($N_s - 0$) का मान पहले के बराबर ही है। इस स्थिति में रोटर के चालक में प्रेरित धारा की दिशा, फ्लेमिंग के दाएँ हस्त-नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है। धारा की दिशा चालक के ऊपर की ओर आती हुई

Scanned with CamScanner
172 / 235

चित्र 14.2–इंडक्शन मोटर के स्टेटर तथा रोटर के फील्ड का प्रदर्शन।

होगी, जिसे चालक के केन्द्र पर डोट (dot) से प्रदर्शित किया गया है। कॉर्क-स्क्रू नियम द्वारा इस धारावाही चालक के चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात की जा सकती है, जिसे चालक के चारों ओर वृत्ताकार लाइनों में वामावर्त दिशा (a.c.w.d.) में दर्शाया गया है।

चित्र 14.2 (c) में स्टेटर तथा रोटर का परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र प्रदर्शित किया गया है। इसमें धारावाही चालक के दायीं ओर फील्ड सघन (dense) होने के कारण, चालक पर दायीं ओर को बल कार्य करेगा, जैसा कि चित्र में F प्रतीकात्मकाक्षर से दायीं ओर को दर्शाया गया है। इसी प्रकार के रोटर के अन्य चालकों पर भी बल कार्य करेगा। फलत: रोटर पर बल की दिशा में ही बलाघूर्ण (T_2) लगेगा और रोटर, स्टेटर-फील्ड की दिशा में ही दक्षिणावर्त घूमने लगेगा। दूसरे क्रम में रोटर के चालक पर लगने वाले बल की दिशा, फ्लेमिंग के बायें हस्त नियम द्वारा भी ज्ञात की जा सकती है, जो पूर्व बल की दिशा के समान ही दायीं ओर को होगी। इससे रोटर पर दक्षिणवर्त दिशा (c.w.d.) में बलाघूर्ण (T_2) पहले के समान ही लागू होगा।

त्रिकला प्रेरण मोटर के वैद्युत अभिलक्षण
(Electrical characteristics of three phase induction motor)

14.4. तुल्यकाली गति अर्थात् सिन्क्रोनस स्पीड (Synchronous speed)

यह एक प्रकार की परम स्थिर गति (absolute constant speed) है, जो वोल्टता की आवृत्ति (f) तथा मशीन के चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (P) से एक नियत (fixed) सम्बन्ध रखती है, तुल्यकाली गति कहलाती है। इसे प्राय: रोटेशन पर मिनट (r.p.m.) मात्रक में N_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। सूत्र रूप में तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)} \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

14.5. मॉग्नेटिक फील्ड की तुल्यकाली गति (Synchronous speed of magnetic field)

स्थिर स्टेटर के सापेक्ष, स्टेटर-फील्ड की गति को तुल्यकाली गति कहते हैं। इसे रोटेशन पर मिनट (r.p.m.) मात्रक में N_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। सूत्र रूप में तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)} \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

यहाँ पर—

f= साइकल पर सेकण्ड मात्रक में प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency)

P= मोटर में स्टेटेर पर चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (number of magnetic poles)

50 Hz की आवृत्ति (f) पर मानक तुल्यकाली गतियाँ (Standard synchronous speeds)

P	2	4	6	8	10	12	No. of poles
N_s	3000	1500	1000	750	600	500	Speed in r.p.m.

60 Hz की आवृत्ति (f) पर मानक तुल्यकाली गतियाँ (Standard synchronous speeds)

P	2	4	6	8	10	12	No. of poles
N_s	3600	1800	1200	900	720	600	Speed in r.p.m.

14.6. इण्डक्शन मोटर की सर्पी अर्थात् स्लिप (Slip)

इण्डक्शन मोटर की सर्पी गति (slip speed) तथा तुल्यकाली गति (synchronous speed) के अनुपात को सर्पी (slip) कहते हैं। इसे सरकन या सर्पण भी कहते हैं। यह एक मात्रकरहित राशि है, जिसे S प्रतीकात्मक अक्षर से निम्नलिखित दो रूपों में व्यक्त करते हैं—

(i) इकाई रूप में सर्पी (Slip in unit form)

$$S = \left(\frac{N_s - N}{N_s}\right) \text{यूनिट (unit)} \qquad \text{...सूत्र (ii a)}$$

(ii) प्रतिशत रूप में सर्पी (Slip in percentage form)

$$\%\, S = \left(\frac{N_s - N}{N_s}\right) \times 100 \text{ प्रतिशत (percentage)} \qquad \text{...सूत्र (ii b)}$$

14.7. घूर्णक की विभिन्न अवस्थाओं पर सर्पी या सर्पण के मान
(Values of slip at different conditions of the rotor)

(i) घूर्णक की स्तब्ध अवस्था पर (At standstill condition of a rotor)—विदित है कि इण्डक्शन मोटर के आरम्भिक काल (starting period) में आरम्भन से पूर्व रोटर की गति शून्य होती है अर्थात् $N = 0$ पर इण्डक्शन मोटर की सर्पी (slip)—

$$S = \left(\frac{N_s - 0}{N_s}\right) = \frac{N_s}{N_s} = 1 \text{(maximum)} \qquad \text{...निष्कर्ष}$$

(ii) घूर्णक की तुल्यकाली अवस्था पर (At synchronous condition of rotor)—यद्यपि इण्डक्शन मोटर का रोटर कभी भी तुल्यकाली अवस्था पर नहीं पहुँचता; क्योंकि तुल्यकाली गति पर पहुँचते ही रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (torque) शून्य हो जाता है। फिर भी निर्भार (no load) पर रोटर की गति, तुल्यकाली गति के समीप होती है। अर्थात् $N = N_s$ पर इण्डक्शन मोटर की सर्पी (slip)—

$$S = \left(\frac{N_s - N_s}{N_s}\right) = \frac{0}{N_s} = 0 \text{(minimum)} \qquad \text{...निष्कर्ष}$$

14.8. सर्पी अर्थात् स्लिप की निर्भरता (Dependency of slip)

इण्डक्शन मोटर की सर्पी (slip) निम्नांकित कारकों (factors) पर निर्भर करती है—

(i) घूर्णक की गति (Speed of rotor)—उपर्युक्त सर्पी सूत्रों से स्पष्ट है कि इण्डक्शन मोटर में स्लिप S, स्टेटर-फील्ड तथा रोटर के बीच सापेक्ष गति ($N_s - N$) के समानुपाती होती है; इसलिए रोटर की गति N के बढ़ने से स्लिप S घटती है। मोटर के आरम्भिक काल (starting period) में जब रोटर की गति शून्य ($N = 0$) होती है, तब स्लिप अधिकतम ($S = 1$) होती है। अब ज्यों-ज्यों रोटर की गति N बढ़ती जाती है; त्यों-त्यों स्लिप S घटती जाती है और रोटर के तुल्यकाली गति ($N = N_s$) पर पहुँचते ही स्लिप शून्य ($S = 0$) हो जाती है। फलत: टॉर्क T भी शून्य हो जाता है; क्योंकि टॉर्क T तथा स्लिप S परस्पर समानुपाती होते हैं। अर्थात् $S \propto T$ and $S \propto \frac{1}{N}$.

Scanned with CamScanner
173 / 235

(ii) भार (Load)—विदित है कि भार के बढ़ने से सभी असिन्क्रोनस मोटरों की गति घटती है। इसीलिए इण्डक्शन मोटर के रोटर की गति N भी घटती है। इससे स्लिप S बढ़ती है। इस प्रकार भार के बढ़ने से स्लिप S बढ़ती है। अर्थात् $S \propto$ load.

(iii) बलाघूर्ण (Torque)—इण्डक्शन मोटर पर भार के बढ़ने से रोटर की गति N घटती है; परन्तु बलाघूर्ण T बढ़ता है। इस स्थिति में स्लिप S भी बढ़ती है; क्योंकि गति N घटती है। इस प्रकार बलाघूर्ण T के बढ़ने से स्लिप S बढ़ती है। अर्थात् $S \propto T$.

14.9. घूर्णक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की आवृत्ति अर्थात् फ्रीक्वेंसी (Frequency of induced electromotive force in a rotor)

विदित हो कि इण्डक्शन मोटर के रोटर में उत्पन्न विद्युत-वाहक बल या वोल्टता, धारा, फ्लक्स या फील्ड की आवृत्ति समान होती है और यह आवृत्ति (frequency), सर्पी गति (slip speed) के समानुपाती होती है; इसलिए रोटर की शून्य गति पर रोटर में प्रेरित वि० वा० बल की आवृत्ति (frequency)—

$$f \propto (N_s - 0) \quad \text{अर्थात्} \quad f = KN_s \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

तथा रोटर की N गति पर रोटर में प्रेरित वि० वा० बल की आवृत्ति (frequency)—

$$f_r \propto (N_s - N) \quad \text{अर्थात्} \quad f_r = K(N_s - N) \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

उपर्युक्त सूत्र (ii) को सूत्र (i) से विभाजित करने पर प्राप्त सूत्र (formula)—

$$\frac{f_r}{f} = \left(\frac{N_s - N}{N_s}\right) = S \text{ स्लिप (slip)} \qquad \text{...सूत्र (iii a)}$$

इसलिए $$f_r = S \cdot f \qquad \text{...सूत्र (iii b)}$$

Rotor voltage frequency = Slip × Supply voltage frequency.

14.10. घूर्णक में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (Induced e.m.f. in a rotor)

विदित हो कि रोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f.), सर्पी गति (slip speed) के समानुपाती होता है। अर्थात् e.m.f. ∝ slip speed;

इसलिए रोटर की शून्य गति पर रोटर में प्रेरित वि० वा० बल (induced e.m.f.)

$$E_2 \propto (N_s - 0) \quad \text{अर्थात्} \quad E_2 = KN_s \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

तथा रोटर की N गति पर रोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

$$E_r \propto (N_s - N) \quad \text{अर्थात्} \quad E_r = K(N_s - N) \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

उपर्युक्त सूत्र (ii) को सूत्र (i) से विभाजित (divide) करने पर प्राप्त सूत्र (formula)—

$$\frac{E_r}{E_2} = \frac{N_s - N}{N_s} = S \text{ सर्पी (slip)} \qquad \text{...सूत्र (ii a)}$$

इसलिए $$E_r = S \cdot E_2 \qquad \text{...सूत्र (iii b)}$$

Rotor running e.m.f. = Slip × Rotor starting e.m.f.

वैकल्पिक विधि (Alternative method)

विदित है कि ए० सी० मशीन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (e.m.f.), आवृत्ति (frequency) के समानुपाती होता है। अतः इण्डक्शन मोटर के रोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल भी घूर्णक-आवृत्ति (rotor frequency) अर्थात् सर्पी गति (slip speed) पर निर्भर करने वाली आवृत्ति के समानुपाती होगा।

इसलिए मोटर की स्तब्ध (speed = 0) अवस्था पर रोटर में प्रेरित वि० वा० बल (e.m.f.)—

$$E_2 \propto f \quad \text{अर्थात्} \quad E_2 = K \cdot f \qquad \text{...सूत्र (i)}$$

तथा मोटर की धावी (speed = N) अवस्था पर रोटर में प्रेरित वि० वा० बल (e.m.f.)

$$E_r \propto f_r \quad \text{अर्थात्} \quad E_r = K \cdot f_r \qquad \text{...सूत्र (ii)}$$

उपर्युक्त सूत्र (ii) को सूत्र (i) से विभाजित (divide) करने पर प्राप्त सूत्र (fromula)

$$\frac{E_r}{E_2} = \frac{f_r}{f} = S \text{ स्लिप (slip)} \qquad \text{...सूत्र (iii a)}$$

इसलिए $$E_r = S \cdot E_2 \qquad \text{...सूत्र (iii b)}$$

तथा $$f_r = S \cdot f \qquad \text{...सूत्र (iii c)}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Applications of formulae)

उदाहरण 1—एक स्लिप रिंग्स टाइप इडक्शन मोटर पूर्णभार पर 720 r.p.m. की चाल से घूमती है, जब उसको 50 Hz प्रत्यावर्ती धारा प्रदाय से सम्बद्ध किया जाता है। (i) विद्युत-चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या, (ii) निरपेक्ष सर्पी (absolute slip), (iii) प्रतिशत सर्पी तथा (iv) घूर्णक-धारा की आवृत्ति (frequency of rotor current) ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है— $N = 720$ r.p.m., $f = 50$ Hz, $P = ?$, $S = ?$, %, $S = ?$, $fr = ?$

विदित है कि पूर्णभार पर इण्डक्शन मोटर की गति 720 r.p.m. है, जिससे सम्बन्धित अनुकूल मानक तुल्यकाली गति 750 r.p.m. होती है। अर्थात् $N_s = 750$ r.p.m.

(i) मोटर में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (number of poles)

$$P = \frac{120 \cdot f}{N_s} \qquad \text{...(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= \frac{120 \times 50}{750} = \frac{600}{75} = 8 \qquad \textbf{उत्तर}$$

(ii) निरपेक्ष सर्पी $S = \dfrac{N_s - N}{N_s}$ मात्रकरहित राशि (उक्त मान रखने पर)

$$= \frac{750 - 720}{750} = \frac{30}{750} = 0 \cdot 04 \text{ Unit} \qquad \textbf{उत्तर}$$

(iii) प्रतिशत सर्पी $\%\, S = S \times 100$ (उक्त मान रखने पर)

$$= 0 \cdot 04 \times 100 = 4\% \qquad \textbf{उत्तर}$$

(iv) घूर्णक-धारा की आवृत्ति अर्थात् सर्पी आवृत्ति (slip frequency)

$fr = S \cdot f$ चक्र प्रति मिनट (उक्त मान रखने पर)

$$= 0 \cdot 04 \times 50 = 2 \qquad \textbf{उत्तर}$$

उदाहरण 2—6-ध्रुव वाली प्रेरण मोटर, जो 50 Hz के प्रदाय से सम्बद्ध (जुड़ी) है और घूर्णक में 5 Hz का विद्युत-वाहक बल है, तो घूर्णक की (i) सर्पी तथा (ii) गति ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है $P = 6$, $f = 50$ Hz, $fr = 5$ Hz.

$S = ?$, $N = ?$

(i) सर्पी $S = \dfrac{fr}{f} = \dfrac{5}{50} = 0 \cdot 1$ Unit **उत्तर**

तुल्यकाली गति $N_s = \dfrac{120 \cdot f}{P}$ चक्र प्रति मिनट (उक्त मान रखने पर)

$$= \frac{120 \times 50}{6} = \frac{6000}{6} = 1000 \text{ r.p.m.}$$

Scanned with CamScanner
174 / 235

(ii) घूर्णक की गति $N = N_s(1-S)$ चक्र प्रति मिनट (उक्त मान रखने पर)

$= 1000\,(1-0{\cdot}1)$ (हल करने पर)

$= 1000\times 0{\cdot}9 = \mathbf{900\ r.p.m.}$ **उत्तर**

उदाहरण 3—एक 6-ध्रुव वाला प्रत्यावर्तक 1000 चक्र प्रति मिनट पर चल रहा है और यह 8-ध्रुव वाली प्रेरण मोटर को विद्युत प्रदान कर रहा है। यदि मोटर की सर्पी 2·5 प्रतिशत हो, तो इसकी वास्तविक गति क्या होगी?

हल—दिया है $P_g = 6,\ N_g = 1000$ r.p.m., $P_m = 8,\ S = 2{\cdot}5\%,\ N = ?$

प्रत्यावर्तक द्वारा मोटर को प्रदत्त विद्युत की आवृत्ति (frequency)

$$f = \frac{N_g P_g}{120} = \frac{1000\times 6}{120} = 50\,\text{Hz}$$

प्रेरण मोटर की तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ चक्र प्रति मिनट} \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= \frac{120\times 50}{8} = \frac{6000}{8} = 750\,\text{r.p.m.}$$

प्रेरण मोटर की वास्तविक गति (real speed)

$N = N_s(1-S)$ चक्र प्रति मिनट (उक्त मान रखने पर)

$= 750(1-0{\cdot}025)$ (हल करने पर)

$= 750\times 0{\cdot}975 = \mathbf{731{\cdot}25\ r.p.m.}$ **उत्तर**

उदाहरण 4—एक 50 Hz, त्रिकला प्रेरण मोटर की गति पूर्णभार पर 960 r.p.m. है, तो ज्ञात कीजिए–

(i) मोटर में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (Number of magnetic poles)

(ii) मोटर की सर्पी या सर्पण आवृत्ति (Slip frequency of a motor)

(iii) घूर्णक के सापेक्ष, घूर्णक के क्षेत्र की गति ***(U.P. 2004, 06)***

हल—दिया है $f = 50$ Hz, $\phi = 3,\ N = 960$ r.p.m, $P = ?,\ fr = ?,\ N_f$ (w.r. to N) $= ?$

चूंकि पूर्णभार पर मोटर की गति 960 r.p.m. है; इसलिए मोटर की निकटतम मानक तुल्यकाली गति 1000 r.p.m. होगी। तब

(i) ध्रुवों की संख्या $P = \dfrac{120\cdot f}{N_s}$ (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{120\times 50}{1000} = \dfrac{6000}{1000} = \mathbf{6}$ **संख्या** **उत्तर**

घूर्णक की सर्पी $S = \dfrac{N_s - N}{N_s}$ मात्रकरहित राशि, (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{1000-960}{1000} = \dfrac{60}{1000} = 0{\cdot}04$ Unit

(ii) सर्पी आवृत्ति $fr = S\cdot f$ हर्ट्ज (उक्त मान रखने पर)

$= 0{\cdot}04\times 50 = \mathbf{2\ Hz.}$ **उत्तर**

(iii) विदित हो कि मोटर का स्थाता (stator) सदैव स्थिर (अचल) रहता है; अर्थात् इसकी गति शून्य होती है और चुम्बकीय क्षेत्र, स्थाता के सापेक्ष सदैव तुल्यकाली गति (1000 r.p.m.) से घूमता है। यहाँ पर घूर्णक (rotor) स्वयं 960 r.p.m. से घूम रहा है; इसलिए घूर्णक का क्षेत्र, घूर्णक के ही सापेक्ष (1000 – 960) = 40 r.p.m. से घूमेगा। **उत्तर**

उदाहरण 5—एक त्रिकला 6-ध्रुव प्रेरण मोटर 60 Hz प्रदाय से सम्बद्ध है। घूर्णक (rotor) में प्रेरित वोल्टता 4 V है, जबकि वह रुका हुआ है। घूर्णक की आवृत्ति व प्रेरित वोल्टता का मान ज्ञात कीजिए, यदि उसकी गति 300 r.p.m. है।

(U.P. 2007)

हल—दिया है $P = 6,\ f = 60$ Hz, $E_1 = 4$V, $fr_1 = f = 60$ Hz, $N = 300$ r.p.m., $fr_2 = ?,\ E_2 = ?$

तुल्यकाली गति $N_s = \dfrac{120\cdot f}{P}$ चक्र प्रति मिनट (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{120\times 60}{6} = 1200$ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)

सर्पी $S = \dfrac{N_s - N}{N_s}$ मात्रकरहित राशि (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{1200-300}{1200} = \dfrac{900}{1200} = \dfrac{3}{4} = 0{\cdot}75$ Unit

(i) घूर्णक की आवृत्ति $fr_2 = S\cdot f$ साइकल प्रति सेकण्ड (उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{3}{4}\times 60 = \mathbf{45\ Hz.}$ **उत्तर**

(ii) चूँकि $E \propto f$ होता है; इसलिए 45 Hz पर घूर्णक में प्रेरित वोल्टता (induced voltage)

$E_2 = \dfrac{fr_2}{fr_1}\times E_1$ वोल्ट (प्रस्तुत सूत्र में उक्त मान रखने पर)

$= \dfrac{45}{60}\times 4 = \mathbf{3}$ **वोल्ट (V)** **उत्तर**

उदाहरण 6—एक त्रिकला, 6-ध्रुव, 400 V, 50 Hz, इंडक्शन मोटर के रोटर का वि० वा० बल 120 पूर्ण चक्र प्रति मिनट करता है। (i) रोटर वि० वा० बल आवृत्ति (frequency), (ii) सर्पी (slip), (iii) घूर्णक की चाल (speed of rotor) ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है $P = 6,\ f = 50$ Hz, $f_r = ?,\ S = ?,\ N = ?$

(i) घूर्णक (rotor) के विद्युत-वाहक बल की आवृत्ति (frequency)

$f_r = \dfrac{120}{60} = \mathbf{2}$ **साइकल्स पर सेकण्ड (C/S)** **उत्तर**

(ii) सर्पण या सर्पी $S = f_r / f = 2/50 = \mathbf{0{\cdot}04}$ **unit** **उत्तर**

(iii) मोटर के घूर्णक की चाल (speed of rotor of the motor)

$N = \dfrac{120\cdot f}{P}(1-S)$ चक्र प्रति मिनट (मान रखने पर)

$= \dfrac{120\times 50}{6}(1-0{\cdot}04) = \mathbf{960\ r.p.m.}$ **उत्तर**

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
175 / 235

14.11. इण्डक्शन मोटर के अंगों का वर्गीकरण (Classification of parts of I.M.)

इण्डक्शन मोटर के अंग

(Parts of an Induction Motor)

- स्थाता अर्थात् स्टेटर (Stator)
  1. स्थाता ढाँचा (Stator frame)
  2. स्थाता क्रोड (Stator core)
  3. स्थाता खाँचा (Stator slot)
  4. स्थाता कुण्डलन (Stator winding)
- घूर्णक अर्थात् रोटर (Rotor)
  - पिंजरी कुण्डलित घूर्णक (Cage Wound Rotor)
    - एकल पिंजरी कुण्डलित घूर्णक (Single Cage Wound Rotor)
    - दुहरा पिंजरी कुण्डलित घूर्णक (Double Cage Wound Rotor)
  - कला कुण्डलित घूर्णक (Phase Wound Rotor)

14.12. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की संरचना (Construction of 3-ϕ I.M.)

अन्य रोटेटिंग मशीनों की भाँति ही त्रिकला प्रेरण मोटर के भी, मूलरूप से निम्नलिखित दो अंग होते हैं—

1. स्थाता अर्थात् स्टेटर (Stator) तथा 2. घूर्णक अर्थात् रोटर (Rotor)।

14.12-1. 'स्टेटर अर्थात् स्थाता' की संरचना (Construction of stator)

थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के स्टेटर की संरचना, थ्री-फेज सिंक्रोनस मशीन के स्टेटर की संरचना के समान ही होती है। इन दोनों मशीनों के स्टेटरों की संरचना इतनी समान होती है कि समान आकार/कला/सम्बन्धन/क्षमता वाली मशीनों के स्टेटरों को परस्पर बदला जा सकता है।

14.12-2. 'रोटर अर्थात् घूर्णक' की संरचना (Construction of a rotor)

मूलरूप से इण्डक्शन मोटर के रोटर निम्नलिखित दो प्रकार (two type) के होते हैं—

1. कला कुण्डलित घूर्णक अर्थात् केज वाउण्ड मोटर (Cage wound rotor)

2. पिंजरी कुण्डलित घूर्णक अर्थात् फेज वाउण्ड रोटर (Phase wound rotor)

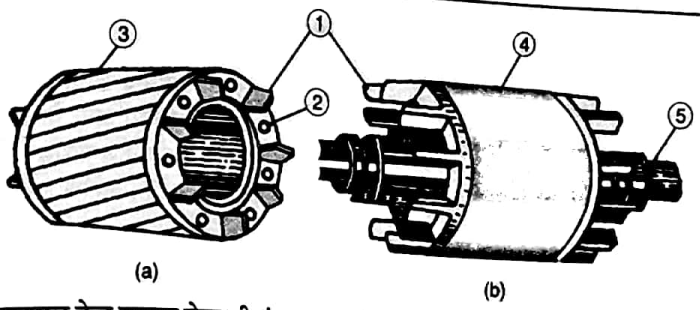
14.13. स्काइरल केज वाउण्ड रोटर की संरचना (Construction)

ये रोटर (घूर्णक) भी निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(i) सिंगल केज वाउण्ड रोटर (Single cage wound rotor)

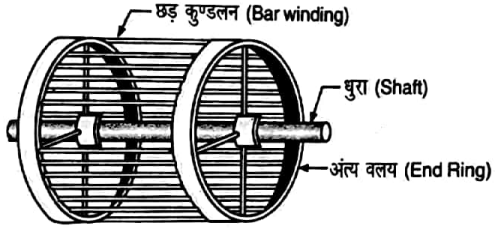
(ii) डबल केज वाउण्ड रोटर (Double cage wound rotor)

(i) सिंगल केज वाउण्ड रोटर की संरचना (Construction)—चित्र 14.3 व 14.4 में प्रदर्शित यह विद्युत-चालक धातु, जैसे कॉपर, ऐलुमिनियम आदि अथवा मिश्र धातु, जैसे ब्रास, ब्रोन्ज आदि की मोटी छड़ों का एकल पर्त में पिंजरी प्ररूपी (cage type), बन्द खाँचा कुण्डलन (closed slot winding) का बना होता है; इसलिए इसे पिंजरी कुण्डलित घूर्णक (cage wound rotor) भी कहते हैं। इसके रोटर का कोर भी अन्य वैद्युत मशीनों के रोटर-कोर की भाँति ही स्लोट कटी हुई तथा 'विद्युतरोधी



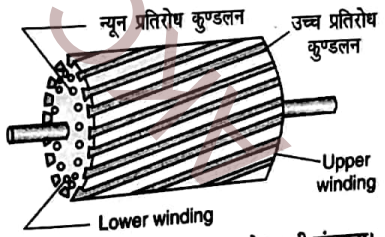
चित्र 14.3–स्काइरल केज वाउण्ड रोटर की संरचना–1. शीतलन पंखड़ियाँ (cooling fins) 2. छड़ (rods or bars) 3. तिरछी छड़ों वाला रोटर, 4. सीधी छड़ों वाला रोटर 5. धुरा (shaft)।

पतली वार्निश से लेपित (coated) की हुई लेमिनेशनों (stampings) का बना होता है। इस रोटर के कोर में प्राय: बन्द खाँचे होते हैं, जिनमें धातु की मोटी छड़ों को पिरोया जाता है और इन छड़ों के दोनों सिरों पर धातु के दो अंत्य वलयों (end rings) को लगाकर, लघुपथित कर दिया जाता है; इसलिए इसे बन्द खाँचे वाली छड़ कुण्डलन (closed slots bar winding) कहते हैं। इस बार वाइंडिंग के लिए किसी प्रकार के विद्युतरोधी पदार्थ की आवश्यकता नहीं होती है। इस प्रकार यह सुदृढ़ व सुसंगठित बना होता है।



चित्र 14.4–घूर्णक का पिंजरा (cage of the rotor)।

(ii) डबल केज वाउण्ड रोटर की संरचना (Construction)—चित्र 14.5 में प्रदर्शित, इस रोटर की उक्त सिंगल केज वाउण्ड रोटर की भाँति ही दो पृथक्-पृथक् कुण्डलनें होती हैं; इसलिए इसे डबल केज वाउण्ड रोटर कहते हैं। इस रोटर में नीचे तथा ऊपर दुहरे खाँचे (double slots) होते हैं। शाफ्ट से निकट वाले खाँचों (slots) को आन्तरिक खाँचे कहते हैं। ये पूर्णत: बन्द खाँचे होते हैं। इनमें होने वाली केज वाइंडिंग को रोटर की आन्तरिक पिंजरी कुण्डलन कहते हैं। यह मोटी छड़ों की कुण्डलन होती है; इसलिए इसे न्यून प्रतिरोध कुण्डलन भी कहते हैं। मोटर के प्रवर्तन (starting) के समय पर अर्थात् रोटर-धारा की उच्च फ्रीक्वेंसि (50 Hz) पर इसका रीऑक्टॉन्स ($2\pi fL$) उच्च होता है; परन्तु मोटर के धावन (running) के समय पर अर्थात् रोटर-धारा का न्यून आवृत्ति (2 c/s) पर इसका प्रतिघात ($2\pi fL$) न्यून होता है। इनर केज वाइंडिंग पूर्णतया लोह क्रोड से घिरी रहती है; इसलिए इसका प्रतिघात (reactance) उच्च आवृत्ति पर उच्च होता है।



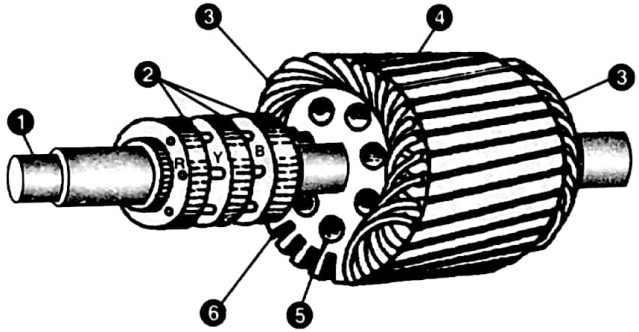
चित्र 14.5–डबल केज वाउण्ड रोटर की संरचना।

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
176 / 235

शाफ्ट से दूर वाले खाँचों को बाह्य खाँचे कहते हैं। ये अर्द्ध बन्द खाँचे होते हैं। इनमें होने वाली केज कुण्डलन को रोटर की ऊपरी पिंजरी कुण्डलन कहते हैं। यह अपेक्षाकृत पतली छड़ों की कुण्डलन होती है; इसलिए इसे उच्च प्रतिरोध कुण्डलन भी कहते हैं। अपर केज वाइंडिंग, लोह क्रोड से पूर्णत: घिरी हुई नहीं होती है चूँकि यह अर्द्धबन्द खाँचों में स्थापित होती है; इसलिए इसका प्रतिघात (X) अपेक्षाकृत कम होता है। मोटर के आरम्भिक समय में अधिकतम धारा अपर केज वाइंडिंग से ही प्रवाहित होती है, जिसका प्रतिरोध उच्च होता है, इसलिए इस मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण सिंगल केज वाइंडिंग मोटर की अपेक्षा, उच्च होता है। मोटर के धावी समय में अधिकतम धारा इनर केज वाइंडिंग ही से प्रवाहित होती है; क्योंकि इसका प्रतिरोध न्यून होता है और न्यून रोटर-धारा की आवृत्ति पर इसका प्रतिघात (X) भी कम होता है।

14.14. कला कुण्डलित घूर्णक की संरचना (Construction of phase wound rotor)

चित्र 14.6 में प्रदर्शित इस प्रकार के रोटर की संरचना, शाफ्ट पर स्लिप रिंग्स आरोपण के साथ की जाती है; इसलिए इसे स्लिप रिंग्स टाइप रोटर भी कहते हैं। फेज वाउण्ड रोटर के क्रोड की संरचना, डी० सी० मोटर के रोटर-कोर के समान होती है, जिसमें ओपन अथवा सेमी-ओपन स्लोटें बनी होती हैं। इन स्लोटों में स्टेटर-वाइंडिंग के समान ही पतले तारों की कॉइल वाइंडिंग की जाती है। रोटर-वाइंडिंग में पोल-संख्या स्टेटर-वाइंडिंग की पोल-संख्या के बराबर (तुल्य) ही रखी जाती है। इस प्रकार मोटर के रोटर तथा स्टेटर पर पोलों की संख्या समान होती है। स्टेटर पर प्राय: त्रिकला डेल्टा सम्बद्ध वाइंडिंग की जाती है, जबकि रोटर पर त्रिकला स्टार सम्बद्ध वाइंडिंग की जाती है, जिसके प्रत्येक सिरे को शाफ्ट पर आरोपित प्रत्येक स्लिप रिंग से जोड़ा जाता है, जो कार्बन-ब्रशों द्वारा स्टार कनेक्टिड स्टार्टिंग रिजिस्टॉन्स से सम्बद्ध रहती है।



चित्र 14.6–फेज वाउण्ड रोटर या स्लिप रिंग्स टाइप रोटर

1. धुरा (shaft), 2. सर्पी वलयें (slip rings), 3. तार कुण्डलन (wire winding), 4. तिरछे घूर्णक खाँचे (skewed rotor slots), 5. वायु वाहिनियाँ (air ducts), 6. खाँचा (slots) तथा दाँत (teeth)।

रोटर पर पतले तारों की कॉइल वाइंडिंग होती है। इसका प्रतिरोध उच्च होता है; इसलिए इस मोटर का स्टार्टिंग टॉर्क, उक्त दोनों प्रकार के केज वाउण्ड रोटर टाइप मोटरों की अपेक्षा अधिक होता है।

प्राय: स्लिप रिंगों के द्वारा, रोटर-सर्किट में स्टार्टर-रिजिस्टॉन्स जुड़ जाने के कारण स्टार्टिंग टॉर्क और अधिक बढ़ जाता है; इसलिए स्लिप रिंग टाइप इण्डक्शन मोटर का प्रयोग उच्च स्टार्टिंग टॉर्क वाले कार्यों में होता है।

14.15. प्रेरण मोटरों के प्रवर्तक (Starters of induction motors)

प्रवर्तक एक वैद्युत युक्ति है, जो मोटर के आरम्भिक काल में प्रदायी वोल्टता को नियन्त्रित करके, सभी प्रकार से सुरक्षा प्रदान करता है। प्रवर्तक कई प्रकार के होते हैं; परन्तु उनका मूल सिद्धान्त लगभग एकसमान होता है। आधुनिक प्रवर्तकों के साथ मोटर की सुरक्षा युक्तियों (safety devices) का प्रयोग भी होता है। विविध प्ररूपों तथा भिन्न-भिन्न क्षमता की इण्डक्शन मोटरों को स्टार्ट करने के लिए प्रयुक्त स्टार्टर्स निम्नांकित प्रकार के होते हैं—

(i) डाइरेक्ट ऑन लाइन स्टार्टर (direct on line starter), (ii) स्टार-डेल्टा स्टार्टर (star-delta starter)
(iii) लाइन रिजिस्टॉन्स स्टार्टर (line resistance starter), (iv) लाइन रीऑक्टॉन्स स्टार्टर (line reactance starter)
(v) ऑटो-ट्रांसफॉर्मर स्टार्टर (auto-transformer starter), (vi) रोटर रिजिस्टॉन्स स्टार्टर (rotor resistance starter)।

14.16. 'प्रवर्तक या आरम्भक' का कार्य (Function of starter)

प्रवर्तक का मुख्य कार्य, आरम्भक में मोटर की प्रदायी वोल्टता को नियन्त्रित करना है अर्थात् कम करना है और जब मोटर का रोटर, घूमना प्रारम्भ (start) कर दे, तब प्रदायी वोल्टता को शनै:-शनै: विधिवत् बढ़ाते हुए, अन्त में पूर्ण वोल्टता प्रदान करना है। यह सभी प्रवर्तकों का सामान्य सिद्धान्त है। इसके अतिरिक्त प्रवर्तक से संलग्न रक्षण युक्तियों द्वारा धारा को नियन्त्रित करके, मोटर को सुरक्षा प्रदान करना है।

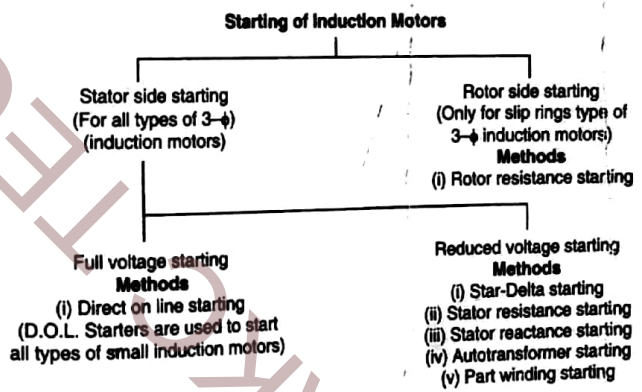
14.17. आरम्भिक काल में मोटर द्वारा उच्च वैद्युत धारा लेने के कारण (Causes)

मोटर को प्रवर्त (start) करते समय, अति आरम्भ में जब घूर्णक (rotor) स्वयं गति शून्य अवस्था में होता है, तब घूर्णक का परिपथ लघुपथित होने के कारण, ट्रांसफॉर्मर की लघुपथित द्वितीयक कुण्डलन की तरह कार्य करता है। फलत: घूर्णक अत्यधिक धारा लेता है। दूसरे अति आरम्भ ($t = 0^+$) में प्रदायी वोल्टता का विरोध करने के लिए विरोधी विद्युत-वाहक बल का मान शून्य ($E_b = 0$) होता है। फलत: मोटर द्वारा पूर्ण वोल्टता धारण की जाती है; इसलिए मोटर अत्यधिक धारा लेती है। बाद में जब मोटर चलने (घूमने) लगती है, तब विरोधी विद्युत-वाहक बल ($E_b = K\phi N$) उत्पन्न होता है, जो धारा को कम कर देता है।

14.18. 'प्रवर्तक या आरम्भक' की आवश्यकता (Need of starter)

प्राय: थ्री फेज इण्डक्शन मोटरें उच्च क्षमता (integral horse power) की होती हैं, जो प्रवर्तन के समय, प्रदाय से अत्यधिक आरम्भिक धारा (पूर्णभार धारा की 5 से 7 गुनी धारा) लेती हैं, जबकि इनका आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) अपेक्षाकृत कम (पूर्णभार बलाघूर्ण का 1·5 से 2·5 गुना) विकसित होता है। फलत: फ्यूज के गलत निर्धारण पर मोटर की वाइंडिंग जलकर, नष्ट हो सकती है। **दूसरे** अत्यधिक धारा के कारण, प्रदाय प्रणाली की वितरण प्रणाली में लाइन वोल्टतापात अधिक बढ़ जाता है। फलत: प्रदाय प्रणाली का वोल्टता नियमन (voltage regulation) प्रभावित होता है। **तीसरे** असन्तोषप्रद वोल्टता नियमन से वितरण प्रणाली से संलग्न अन्य उपस्करों के प्रचालन पर अच्छा प्रभाव नहीं पड़ता अर्थात् उपस्करों का कार्य-निष्पादन (performance) खराब हो जाता है। **चौथे** वितरण प्रणाली का स्थायित्व (stability) भी विचलित (disturb) होता है। इन्हीं उक्त सभी कारणों से इण्डक्शन मोटरों को स्टार्ट करने के लिए स्टार्टर की आवश्यकता होती है।

14.19. इण्डक्शन मोटरों का 'प्रवर्तन या आरम्भन' (Starting of induction motors)



14.20. प्रेरण मोटरों के लिए प्रयुक्त 'प्रवर्तकों या आरम्भकों' के प्ररूप (Type starters of used for induction motors)

इण्डक्शन मोटरों को प्रवर्त (start) करने के लिए निम्नलिखित प्रवर्तकों का प्रयोग किया जाता है—

(i) प्रत्यक्ष प्रदाय वाला प्रवर्तक या आरम्भक (Direct on line starter)

TECHNICAL PUBLICATION
Scanned with CamScanner
177 / 235

(ii) तारा-त्रिभुज प्रवर्तक या आरम्भक (Star-delta starter)

(iii) स्वपरिणामित्र प्रवर्तक या आरम्भक (Autotransformer starter)

(iv) स्थाता प्रतिरोधक प्रवर्तक या आरम्भक (Stator resistor starter)

(v) स्थाता प्रतिघातक प्रवर्तक या आरम्भक (Stator reactor starter)

(vi) कुण्डलन प्रवर्तक या आरम्भक (Part Winding starter)

(vii) वोल्टता नियन्त्रण प्रवर्तक या आरम्भक (Voltage control starter)

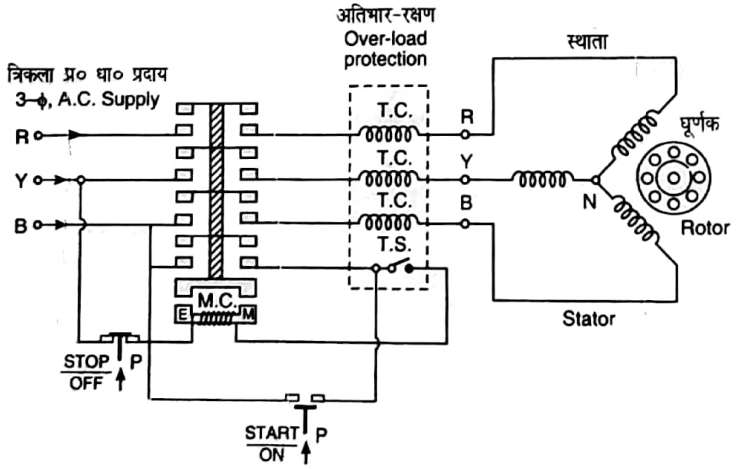
(viii) घूर्णक प्रतिरोधक प्रवर्तक या आरम्भक (Rotor resistor starter is only for slip rings type induction motor *i.e.*, phase wound rotor type induction motor)

14.20.1. प्रत्यक्ष प्रदाय वाला 'प्रवर्तक या आरम्भक' (Direct on line starter)

चित्र 14.7 में अतिभार रक्षण युक्तिमय एक थ्री-फेज पुश-बटन टाइप डाइरेक्ट ऑनलाइन स्टॉर्टर के सम्बन्धनों को थ्री-फेज स्काइरल केज इण्डक्शन मोटर के साथ दर्शाया गया है। इस स्टार्टर को पुश-बटन स्टार्टर, फुल वोल्टेज स्टार्टर, स्पेशियल स्विच स्टार्टर आदि कई नामों से जाना जाता है। इसका प्रयोग (use) उच्च घूर्णक-प्रतिरोध (high rotor resistance) रखने वाली 5 अश्वशक्ति (h.p.) तक की मोटर के लिए होता है।

इस स्टार्टर द्वारा वोल्टता तथा धारा, दोनों में से किसी का भी नियन्त्रण नहीं होता है। इससे मोटर को केवल अतिभार रक्षण (over load protection) प्रदान होता है।

इस स्टार्टर में दो पुश-बटन स्विच होते हैं। **प्रथम** हरे रंग का "स्टार्ट अर्थात् ऑन" स्विच होता है, जो नॉर्मलि ओपन रहता है। यह स्विच मोटर को स्टार्ट करने के लिए होता है। इसको दबाने से स्टार्टर के ओपन कॉंटैक्ट्स क्लोज्ड हो जाते हैं और परिपथ, चुम्बकीय कुण्डली द्वारा पूर्ण हो जाता है। फलत: चुम्बकीय कुण्डली (m.c.) चुम्बकित हो जाती है और मोटर स्टार्ट हो जाती है।



चित्र 14.7–रक्षण युक्तियों सहित डाइरेक्ट ऑन लाइन स्टार्टर का सम्बन्धन आरेख

द्वितीय लाल रंग का "स्टोप अर्थात् ऑफ" स्विच होता है, जो नॉर्मलि क्लोज्ड रहता है। यह स्विच मोटर को स्तब्ध (गति-शून्य) करने के लिए होता है। इसको दबाने से स्टार्टर के कॉंटैक्ट्स ओपन हो जाते हैं और चुम्बकीय कुण्डली (m.c.) का विद्युत-परिपथ, भंग (break) हो जाता है। फलत: चुम्बकीय कुण्डली (m.c.) विचुम्बकित होकर, परिपथ को प्रदाय से पृथक् कर देती है और चलती हुई मोटर रुक जाती है।

(a) निवोल्टता कुण्डली अथवा न्यून वोल्टता कुण्डली (No volt coil or low voltage coil)

यह लोह क्रोड की परिनलिका (soleniod of iron core) पर लिपटी हुई एक कुण्डली होती है, जो प्रदायी वोल्टता की उपस्थिति में अपने निकटवर्ती मृदु लोह के आर्मेचर को आकर्षण द्वारा पकड़े (hold) रखती है; परन्तु यह निवोल्टता अथवा न्यून वोल्टता की अवस्था में क्रमश: विचुम्बकीय तथा न्यून चुम्बकित होकर, अपने निकटवर्ती आर्मेचर को आकर्षण द्वारा पकड़े रहने में समर्थ नहीं होती है। फलत: परिपथ भंग हो जाता है और मोटर का चलना बन्द हो जाता है।

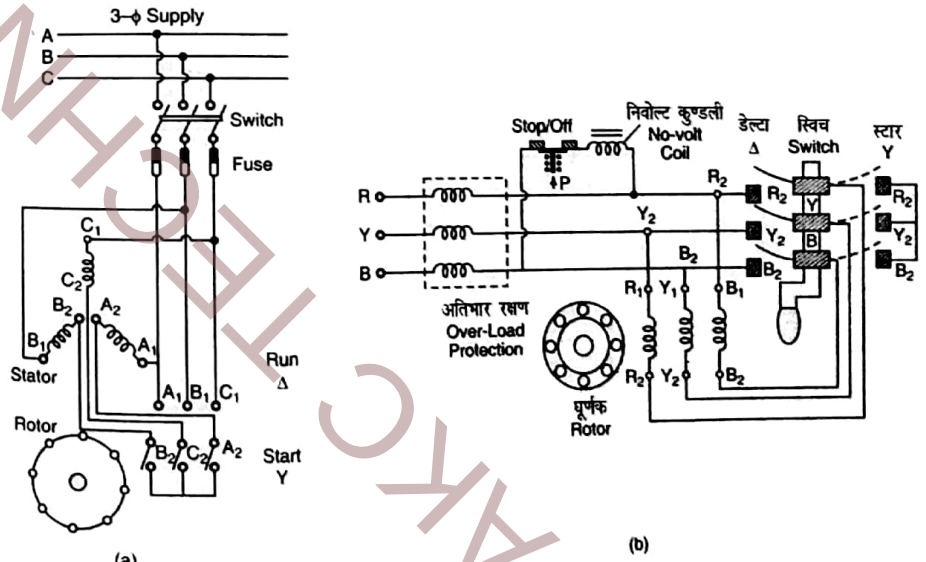
(b) अतिभार रक्षण अर्थात् ओवर लोड प्रोटेक्शन (Over load protection)

इसमें द्विधात्विक पत्तियों (bimetallic strips) के ऊपर तापक कुण्डलियों (heating coils) को लपेटकर बनाया गया एक तापीय स्विच (thermal switch) होता है, जो नॉर्मलि क्लोज्ड रहता है; परन्तु मोटर के अतिभार तथा अतिधारा प्रदोष (over load and over current fault) की अवस्था में जब धारा का मान, निर्धारित धारा के मान से अधिक हो जाता है, तब तापक कुण्डलियों के ताप से तप्त होकर, द्वि-धात्विक पत्ती मुड़ जाती है अर्थात् तापन स्विच खुल जाता है। इससे परिपथ भंग (break) हो जाता है और चुम्बकीय कुण्डली (m.c.) विचुम्बकित होकर, मृदु लौह के आर्मेचर को मुक्त (free) कर देती है। फलत: त्रिध्रुवीय स्विच (three pole switch) स्प्रिंग द्वारा ऊपर की ओर खींच (उठा) लिया जाता है और विद्युत-प्रदाय के ऑफ होते ही मोटर का चलना, बन्द हो जाता है।

टिप्पणी (Note)—(i) लघुपथ प्रदोष के विरुद्ध सुरक्षा हेतु मोटर के प्रदायी परिपथ में फ्यूज का उपयोग होता है; क्योंकि इसका प्रचालन अपेक्षाकृत शीघ्र होता है। (ii) मोटर के प्रदायी परिपथ में प्रयुक्त फ्यूज की निर्धारण क्षमता (rating capacity) उसकी आरम्भिक धारा पर निर्भर करती है।

14.20.2. 'स्टार-डेल्टा अर्थात् तारा-त्रिभुज' प्रवर्तक ('Star-Delta' starter)

चित्र 14.8 (a) व (b) में स्टार-डेल्टा स्टार्टर के सम्बन्धनों को थ्री-फेज केज टाइप इण्डक्शन मोटर के साथ दर्शाया गया है। इस स्टार्टर का प्रयोग 5 से 20 अश्वशक्ति (horse-power) तक की मोटरों के लिए किया जा सकता है।



(a) रक्षण युक्तियों रहित तारा-त्रिभुज प्रवर्तक सम्बन्धन आरेख, (b) रक्षण युक्तियों सहित स्टार-डेल्टा स्टार्टर सम्बन्धन आरेख

चित्र 14.8–'स्टार-डेल्टा' स्टार्टर का सम्बन्धन ओरख (Connection diagram)।

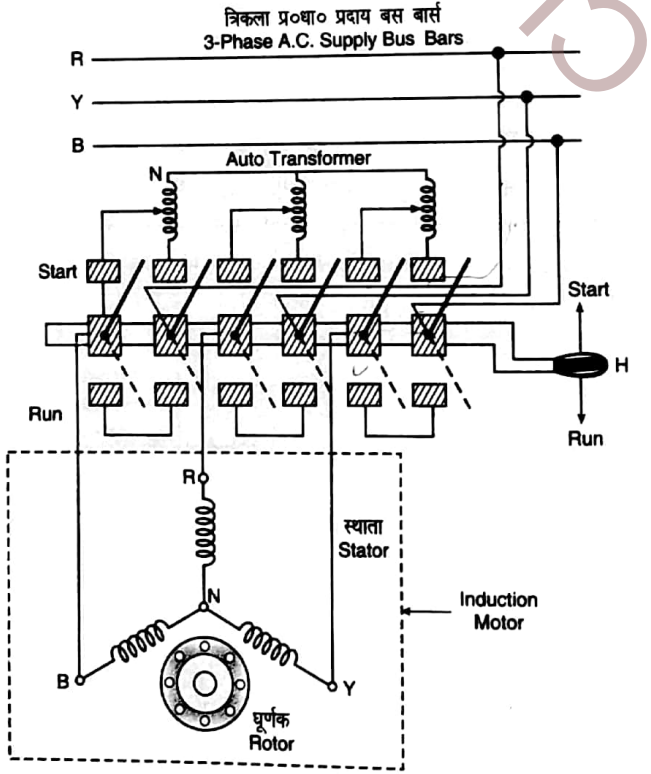
Scanned with CamScanner
178 / 235
AKC TECHNICAL CLASSES

इसमें सर्वप्रथम स्विच की सहायता से मोटर की स्टेटर-वाइंडिंग को स्टार में जोड़ा जाता है, जो मोटर की स्टेटर-वाइंडिंग को न्यून कला वोल्टता ($V/\sqrt{3}$) प्रदान करती है। जब मोटर स्टार्ट हो जाती है, तब पुन: स्विच की सहायता से मोटर की स्टेटर-वाइंडिंग को डेल्टा में जोड़ दिया जाता है, जो मोटर की स्टेटर-वाइंडिंग को पूर्ण लाइन वोल्टता (V) प्रदान करती है। इस प्रकार स्टार्टिंग में मोटर को कम वोल्टता प्राप्त होती है और मोटर सफलतापूर्वक स्टार्ट होती है।

स्टार-डेल्टा स्टार्टर द्वारा स्टार्ट की जाने वाली इण्डक्शन मोटर की अभिकल्पना विशेष प्रकार से की जाती है, ताकि उसकी स्टेटर-वाइंडिंग, स्टार्टिंग पीरियड के दरम्यान, प्रथम स्टार सम्बन्धन, तत्पश्चात् डेल्टा सम्बन्धन की असामान्य वोल्टता के झटके (jerk) पर टिक सके।

14.20.3. ऑटोट्रांसफार्मर स्टार्टर अर्थात् स्वपरिणामित्र प्रवर्तक (Autotransformer starter)

चित्र 14.9 में प्रदर्शित ऑटोट्राँसफॉर्मर स्टार्टर को थ्री-फेज केज टाइप इण्डक्शन मोटर के साथ जोड़ा गया है। इण्डक्शन मोटर की स्टार्टिंग की यह विधि उक्त वर्णित प्राइमरी रिजिस्टॉन्स स्टार्टिंग विधि का ही एक विकसित रूप है, जिससे स्टार तथा डेल्टा सम्बद्ध स्टेटर-वाइंडिंग वाली अर्थात् दोनों प्रकार की थ्री-फेज इण्डक्शन मोटरों की स्टार्टिंग सफलतापूर्वक सम्भव है। इस विधि का प्रयोग प्राय: 20 अश्वशक्ति (horse power) से अधिक क्षमता वाली मोटर के लिये होता है।



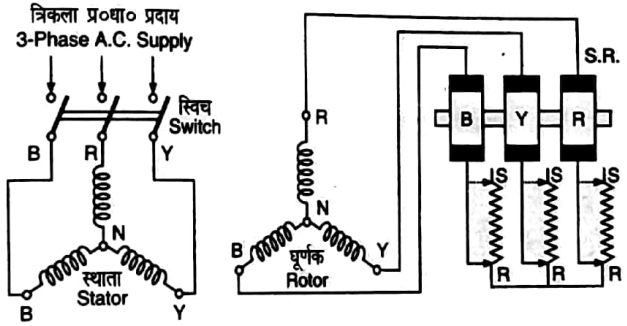
चित्र 14.9–ऑटोट्रांसफॉर्मर का सम्बन्धन आरेख।

सर्वप्रथम स्टार्टर स्विच की सहायता से मोटर के सम्बन्धन सिरों (terminals) को ऑटोट्रांसफॉर्मर के आरम्भिक सिरों (starting terminals) से जोड़ा जाता है, ताकि ऑटोट्रांसफॉर्मर की सहायता से मोटर की स्टेटर वाइंडिंग को न्यून वोल्टता प्राप्त हो और मोटर स्टार्ट हो जाये। जब मोटर, स्टार्ट हो जाती है, तब ऑटोट्रांसफॉर्मर की सहायता से सप्लाई वोल्टता को क्रमश:

शनै:-शनै: बढ़ाकर, पूर्ण वोल्टता प्रदान की जाती है। अन्त में पुन: स्टार्टिंग स्विच की सहायता से मोटर के सम्बन्धन सिरों को प्रत्यक्ष लाइन वोल्टता के धावन सिरों (running terminals) से जोड़ दिया जाता है।

14.21. घूर्णक प्रतिरोध प्रवर्तक (Rotor Resistance Starter)

चित्र 14.10 में प्रदर्शित रोटर रिजिस्टॉन्स स्टार्टर के तीन परिवर्तनीय प्रतिरोधों को थ्री-स्पिल रिंग्स द्वारा स्टार कनेक्टिड फेज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के रोटर के साथ श्रेणी में जोड़ा गया है। इस स्टार्टर का सम्बन्धन (प्रयोग) स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के रोटर के साथ सम्भव नहीं है; क्योंकि उसमें स्लिप रिंग्स नहीं होती हैं। इस स्टार्टर का सम्बन्धन (प्रयोग) केवल स्लिप-रिंग्स रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के साथ ही सम्भव है। इसलिये इसे स्लिप-रिंग मोटर स्टार्टर भी कहते हैं। यह स्टार्टर परिवर्तनीय प्रतिरोध के सिद्धान्त से रोटर-सर्किट में धारा का नियन्त्रण करता है।



चित्र 14.10–रोटर रिजिस्टॉन्स स्टार्टर का सम्बन्धन ओरख।

सर्वप्रथम रोटर-सर्किट के श्रेणी में स्टार्टर के सम्पूर्ण प्रतिरोध को स्लिप रिंग्स द्वारा जोड़ा जाता है, ताकि रोटर-वाइंडिंग में प्रेरित धारा का मान कम से कम हो और बलाघूर्ण अधिक से अधिक हो। विदित हो कि रोटर-धारा का मान रोटर-प्रतिरोध के विलोमानुपाती होता है और रोटर-बलाघूर्ण का मान रोटर-प्रतिरोध के समानुपाती होता है। जब मोटर स्टार्ट हो, तब रोटर के परिपथ से स्टार्टर-रिजिस्टॉन्स को क्रमश: धीरे-धीरे कम करते हैं और अन्त में सम्पूर्ण प्रतिरोध को परिपथ से बाहर कर देते हैं, अर्थात् हटा देते हैं। इस प्रकार मोटर, स्टार्ट हो जाती है।

इण्डक्शन मोटर में बलाघूर्ण (TORQUE)

14.22. परिचय (Introduction)

अन्य मोटरों की भाँति, इण्डक्शन मोटर में भी बल का आघूर्ण अर्थात् बलाघूर्ण (torque) विकसित होता है। यह बलाघूर्ण, मोटर के विभिन्न कारकों (factors) पर निर्भर करता है। इस शीर्षक में बलाघूर्ण को प्रभावित करने वाले भिन्न-भिन्न कारकों (factors) पर प्रकाश डाला गया है।

(A) 'गतिशून्य या स्तब्ध' अवस्था में इण्डक्शन मोटर का अध्ययन (Study of induction motor under stand-still condition)

स्तब्ध अवस्था का तात्पर्य, गति की शून्य अवस्था से है, जो मोटर के आरम्भिक काल में क्षणमात्र के लिए उपलब्ध होती है। इस समय मोटर की गति का मान शून्य ($N=0$) होता है और स्लिप का मान एकांक ($S=1$) होता है। इस अवस्था में मोटर की विभिन्न चर राशियों का मान अग्र प्रकार से ज्ञात किया जाता है।

Scanned with CamScanner
179 / 235

14.23. 'रोटर अर्थात् घूर्णक' में प्रेरित विद्युत-वाहक बल का परिकलन (Calculation of induced e.m.f. in a rotor)

स्तब्ध अवस्था में इण्डक्शन मोटर, लघुपथित परिणामित्र की तरह कार्य करती है; इसलिए मोटर के रोटर में प्रति कला प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced e.m.f.)

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 = KE_1 \qquad (\text{Where } K = N_2 / N_1)$$

यहाँ पर—

E_1 = वोल्ट मात्रक में स्थाता की प्रति कला प्रेरित विद्युत-वाहक बल (per phase induced e.m.f. of stator)

E_2 = वोल्ट मात्रक में घूर्णक की प्रति कला प्रेरित विद्युत-वाहक बल (per phase induced e.m.f. of rotor)

N_1 = स्थाता (stator) पर प्रति कला वर्तों की संख्या (number of turns per phase)

N_2 = घूर्णक (rotor) पर प्रति कला वर्तों की संख्या (number of turns per phase)

K = रूपान्तरण अनुपात (transformation ratio)

$$K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} \text{ (unitless quantity)} \qquad \text{...सूत्र}$$

14.24. रोटर अर्थात् घूर्णक की प्रतिबाधा का परिकलन (Calculation of impedance of a rotor)

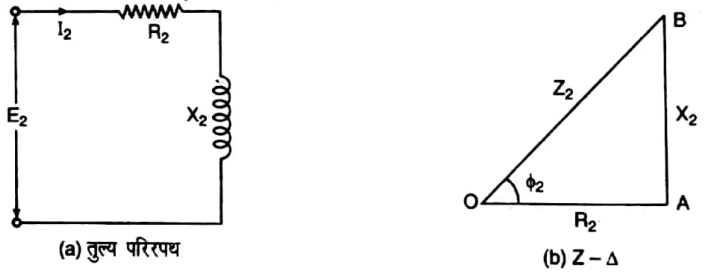
चित्र 14.11 के अनुसार, मोटर की स्तब्ध अवस्था में माना कि—

R_2 = ओह्म मात्रक में घूर्णक का प्रति कला प्रतिरोध (per phase resistance)

X_2 = ओह्म मात्रक में घूर्णक का प्रति कला प्रतिघात (per phase reactance)

Z_2 = ओह्म मात्रक में घूर्णक की प्रति कला प्रतिबाधा (per phase impedance of a rotor)

$= (R_2^2 + X_2^2)^{1/2}$ अर्थात् $\sqrt{(R_2^2 + X_2^2)}$ ओह्म (मात्रक)



(a) तुल्य परिपथ (b) Z – Δ

चित्र 14.11–स्तब्ध अवस्था में घूर्णक का तुल्य परिपथ तथा प्रतिबाधा त्रिभुज के आरेख।

14.25. घूर्णक में प्रेरित धारा का परिकलन (Calculation of induced current in a rotor)

मोटर की स्तब्ध ($N = 0$) अवस्था पर घूर्णक में प्रतिकला प्रेरित धारा (per phase induced current)

$$I_2 = \frac{\text{घूर्णक का वि० वा० बल (e. m. f. of rotor)}}{\text{घूर्णक की प्रतिबाधा (impedance of rotor)}} \qquad \text{...सूत्र}$$

$$= \frac{E_2}{Z_2} \quad \text{अर्थात्} \quad \frac{E_2}{\sqrt{(R_2^2 + X_2^2)}} \text{ ऐम्पियर (मात्रक)}$$

14.26. घूर्णक के शक्तिगुणक का परिकलन (Calculation of power factor of a rotor)

मोटर की स्तब्ध ($N = 0$) अवस्था में घूर्णक का प्रतिकला शक्तिगुणक (per phase power factor)

$$\cos\phi = \frac{\text{घूर्णक का प्रतिरोध (resistance of rotor)}}{\text{घूर्णक की प्रतिबाधा (impedance of rotor)}} \qquad \text{...सूत्र}$$

$$= \frac{R_2}{Z_2} \quad \text{अथवा} \quad \frac{R_2}{\sqrt{(R_2^2 + X_2^2)}} \text{ (मात्रकरहित राशि)}$$

14.27. इण्डक्शन मोटर में घूर्णक के बलाघूर्ण तथा शक्तिगुणक में सम्बन्ध (Relation between torque and power factor of the rotor in I.M.)

विदित है कि डी० सी० मोटर में बलाघूर्ण (T) का मान प्रति पोल-फ्लक्स (ϕ) तथा आर्मेचर-करेन्ट (I_a) के गुणनफल के समानुपाती होता है, जैसा कि निम्नलिखित सम्बन्ध से स्पष्ट है—

$$T \propto \phi I_a \qquad \text{... (in case of d.c. motor)}$$

इसी प्रकार इण्डक्शन मोटर में भी बलाघूर्ण (T) का मान प्रति स्टेटर-पोल-फ्लक्स (ϕ) तथा रोटर-करेन्ट के कार्यकारी घटक ($I_2 \cos\phi_2$) के गुणनफल के समानुपाती होता है, जैसा कि निम्नलिखित सम्बन्ध से स्पष्ट है—

$$T \propto \phi I_2 \cos\phi_2 \qquad \text{(in case of a induction motor)}$$

$$T = K\phi I_2 \cos\phi_2 \qquad \text{...सूत्र}$$

यहाँ पर K एक समानुपाती स्थिरांक (proportionality constant) है, जिसका मान मोटर की अभिकल्पना (design) पर निर्भर करता है।

(i) प्रथम स्थिति (First case)—यदि इण्डक्शन मोटर का रोटर अप्रेरणिक हो, अर्थात् शुद्ध प्रतिरोधी हो, तो रोटर के कलाकोण का मान शून्य ($\phi_2 = 0$) होगा। फलतः रोटर का शक्तिगुणक का मान एकांक ($\cos\phi_2 = 1$) होगा; इसलिए मोटर का बलाघूर्ण (torque)

$$T = K\phi I_2 \qquad \text{(maximum)}$$

(ii) द्वितीय स्थिति (Second case)—यदि इण्डक्शन मोटर का रोटर अप्रतिरोधी हो अर्थात् शुद्ध प्रेरणिक हो, तो रोटर के कलाकोण का मान समकोण ($\phi_2 = 90°$) होगा। फलतः रोटर के शक्तिगुणक का मान शून्य ($\cos\phi_2 = 0$) होगा; इसलिए रोटर का बलाघूर्ण (torque)

$$T = 0 \qquad \text{(minimum)}$$

14.28. इण्डक्शन मोटर में घूर्णक के बलाघूर्ण तथा प्रेरित वैद्युत शक्ति में सम्बन्ध (Relation between torque and induced electric power of the rotor)

विदित है कि इण्डक्शन मोटर के रोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (E_2) का मान प्रत्यक्ष स्टेटर-फ्लक्स (ϕ) के समानुपाती होता है। अर्थात् $E_2 \propto \phi$ अथवा $E_2 = K_1\phi$; इसलिए $\phi = E_2 / K_1$ होगा। इस मान को उक्त बलाघूर्ण के सूत्र में रखने पर—

$$T = \left(\frac{K}{K_1}\right) E_2 I_2 \cos\phi_2 \qquad (\text{Where } K \text{ and } K_1 \text{ are constants})$$

$$T = K_2 E_2 I_2 \cos\phi_2 \qquad \left(\text{Where constant } K_2 = \frac{K}{K_1}\right)$$

$$T \propto E_2 I_2 \cos\phi_2$$

$$T \propto P_2 \qquad (\text{Where } P_2 = E_2 I_2 \cos\phi_2)$$

Torque ∝ Induced electric power in rotor

MKCHEMICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
180 / 235

14.29. इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (Starting torque of I.M.)

स्तब्ध अवस्था में इण्डक्शन मोटर के अन्दर विकसित बलाघूर्ण ही आरम्भिक बलाघूर्ण होता है। इसे न्यूटन-मीटर मात्रक में T_s प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$T_s = K_2 E_2 I_2 \cos\phi_2 \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)} \quad \text{...सूत्र}$$

उपर्युक्त सूत्र में I_2 तथा $\cos\phi_2$ का मान रखने पर

$$T_s = K_2 E_2 \times \frac{E_2}{Z_2} \times \frac{R_2}{Z_2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$T_s = \frac{K_2 E_2^2 R_2}{Z_2^2} \text{ न्यूटन-मीटर} \quad \text{...सूत्र}$$

14.30. इण्डक्शन मोटर के आरम्भिक बलाघूर्ण तथा प्रदायी वोल्टता में सम्बन्ध (Relation between starting torque and supply voltage of I.M.)

चूँकि $E_2 \propto \phi \propto I \propto V$ प्रदायी वोल्टता

इसलिए $E_2 = K_3 V$ (Where K_3 is constant)

उपर्युक्त आरम्भिक बलाघूर्ण के सूत्र में E_2 का मान रखने पर

$$T_s = \frac{K_2 K_3^2 V^2 R_2}{Z_2^2} \quad \text{...सूत्र}$$

$$T_s = \frac{K_4 V^2 R_2}{Z_2^2} \quad \text{(Where constant: } K_4 = K_2 K_3^2\text{)}$$

अर्थात् $T_s \propto \frac{V^2 R_2}{Z_2^2}$ ...आरम्भिक बलाघूर्ण सम्बन्ध

14.31. इण्डक्शन मोटर के आरम्भिक बलाघूर्ण की निर्भरता (Dependency of starting torque)

उपर्युक्त व्युत्पन्न सम्बन्ध से स्पष्ट है, कि आरम्भिक बलाघूर्ण निम्नांकित कारकों पर निर्भर करता है—

(i) प्रदायी वोल्टता (Supply voltage)—आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s), प्रदायी वोल्टता के वर्ग (V^2) के प्रत्यक्ष समानुपाती होता है। अर्थात् $T_s \propto V^2$.

इस प्रकार प्रदायी वोल्टता (V) के प्रति आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s) अति संवेदनशील (sensitive) होता है। अर्थात् प्रदायी वोल्टता (V) में सूक्ष्म परिवर्तन से ही आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s) में अत्यधिक परिवर्तन हो जाता है। इस परिघटना का प्रयोग मोटर के प्रवर्तन तथा गति नियन्त्रण में किया जाता है; परन्तु इससे मोटर की कार्य-कुशलता (performance) बुरी तरह प्रभावित होती है।

(ii) घूर्णक-प्रतिरोध (Rotor resistance)—आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s), घूर्णक प्रतिरोध (R_2) के प्रत्यक्ष समानुपाती होता है। अर्थात् $T_s \propto R_2$

इस प्रकार मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s), रोटर-रिजिस्टॉन्स (R_2) के बढ़ाने से बढ़ता है और घटाने से घटता है। यही कारण है कि केज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, फेज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण अति उच्च होता है।

14.32. स्काइरल केज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (S.T.)

प्रस्तुत मोटर के रोटर पर छड़ कुण्डलन (bar winding) होने के कारण, इसका घूर्णक प्रतिरोध (R_2) कम होता है; इसलिए इसका आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s) भी न्यून होता है, अर्थात् पूर्णभार वाले बलाघूर्ण (T) का डेढ़ गुना (1·5 times) होता है, जबकि आरम्भिक धारा (I_s) अति उच्च होती है, अर्थात् पूर्णभार वाली धारा (I) की 5 से 7 गुनी होती है। इस प्रकार इस मोटर का प्रति ऐम्पियर आरम्भिक बलाघूर्ण अति न्यून होता है; इसलिए इसे अति उच्च भार पर प्रवर्त (start) नहीं किया जा सकता है। इसके लिए 'डबल स्काइरल केज अथवा डीप स्काइरल केज' रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का प्रयोग (use) किया जाता है।

14.33. फेज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (Starting torque)

प्रस्तुत मोटर के रोटर पर कुण्डली कुण्डलन (coil winding) होने के कारण, इसका घूर्णक-प्रतिरोध (R_2) अधिक होता है; इसलिए इसका आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s) भी उच्च होता है। दूसरे इस मोटर के रोटर-सर्किट में स्लिप रिंग्स द्वारा स्टार सम्बद्ध अतिरिक्त बाह्य प्रतिरोध भी जोड़ा जा सकता है। इस प्रकार रोटर-सर्किट के प्रतिरोध को आरम्भिक बलाघूर्ण तथा गति की आवश्यकता अनुसार बढ़ाकर, व्यवस्थित किया जा सकता है। इसलिए इस मोटर का प्रयोग (use) प्राय: अति उच्च भार के विरुद्ध किया जाता है।

14.34. अधिकतम आरम्भिक बलाघूर्ण के लिए प्रतिबन्ध अथवा शर्त (Condition for maximum starting torque)

इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)

$$T_s = \frac{K_4 V^2 R_2}{Z_2^2} \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)} \quad \text{...सूत्र}$$

चूँकि मोटर की प्रदायी वोल्टता (V) प्राय: स्थिर रखी जाती है; इसलिए उपर्युक्त सूत्र में $K_4 V = K_5$ स्थिरांक तथा $Z_2^2 = (R_2^2 + X_2^2)$ रखने पर प्राप्त सूत्र निम्नलिखित होगा—

$$T_s = \frac{K_5 R_2}{R_2^2 + X_2^2} \quad \text{(Where constant } K_5 = K_4 V^2\text{)}$$

चूँकि उच्चतम आरम्भिक बलाघूर्ण के लिए प्रतिबन्ध $\frac{dT_s}{dR_2} = 0$ शून्य होता है;

इसलिए $$\frac{dT_s}{dR_2} = K_5 \left\{ \frac{1 \cdot (R_2^2 + X_2^2) - 2R_2 \cdot R_2}{(R_2^2 + X_2^2)^2} \right\} = 0$$

(हल करने पर)

$$R_2^2 + X_2^2 - 2R_2^2 = 0$$

(वर्गमूल लेने पर)

$$R_2^2 = X_2^2$$

$$R_2 = X_2$$

प्रतिबन्धी सम्बन्ध (conditional relation)

Rotor Resistance = Rotor Reactance

MKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

14.35. इण्डक्शन मोटर का उच्चतम आरम्भिक बलाघूर्ण (Maximum starting torque)

इण्डक्शन मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)

$$T_s = \frac{K_5 \cdot R_2}{R_2^2 + X_2^2}$$ (At constant supply voltage)

उपर्युक्त सूत्र में $R_2 = X_2$ रखने पर प्राप्त अधिकतम आरम्भिक बलाघूर्ण

$$T_m = \frac{K_5}{2X_2}$$ (At constant supply voltage)

14.36. इण्डक्शन मोटर के "आरम्भिक तथा अधिकतम" बलाघूर्णों का अनुपात (Ratio of "starting and maximum" torques of induction motor)

स्थिर प्रदायी वोल्टता पर व्युत्पन्न उक्त दोनों सूत्रों को परस्पर विभाजित (divided) करने पर

$$\frac{T_s}{T_m} = \left\{\frac{K_5 \cdot R_2}{R_2^2 + X_2^2} \times \frac{2X_2}{K_5}\right\}$$ (हल करने पर)

$$\frac{T_s}{T_m} = \frac{2R_2 \cdot X_2}{R_2^2 + X_2^2}$$ (बलाघूर्णों का अनुपाती सूत्र)

'अंश तथा हर' दोनों में X_2^2 का भाग देने पर प्राप्त सूत्र

$$\frac{T_s}{T_m} = \frac{2(R_2 / X_2)}{(R_2 / X_2)^2 + 1}$$

$$= \frac{2a}{a^2 + 1}$$ ...अनुपाती सूत्र

Where $a = \frac{R_2}{X_2}$ अर्थात् $\frac{\text{प्रति फेज रोटर-रिजस्टॉन्स}}{\text{स्तब्ध स्थिति में प्रति फेज रोटर-रीआक्टॉन्स}}$

(B) "धावी" अवस्था के अन्तर्गत इण्डक्शन मोटर का अध्ययन (Study of induction motor under running condition)

(i) स्तब्ध अवस्था पर जब स्लिप =1 (एकांक) तथा गति = 0 (शून्यांक) हो।

चित्र 14.12 के अनुसार, माना कि—

f = स्तब्ध अवस्था में घूर्णक-धारा की आवृत्ति (frequency of rotor-current)
= हर्ट्ज मात्रक में प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (frequency of supply voltage)

E_2 = स्तब्ध अवस्था में प्रतिकला घूर्णक का वि० वा० बल (per phase rotor e.m.f.)

X_2 = स्तब्ध अवस्था में प्रतिकला घूर्णक का प्रतिघात (per phase rotor-reactance)

(ii) धावी अवस्था पर, जब स्लिप = S तथा गति = N हो।

माना कि—

f_r = धावी अवस्था में रोटर-करेन्ट की फ्रीक्वेंसि = $S \cdot f$

E_r = धावी अवस्था में रोटर-ई० एम० एफ० प्रति फेज = $S \cdot E_2$

X_r = धावी अवस्था में रोटर-रीऑक्टॉन्स प्रति फेज = $S \cdot X_2$

$$X_r = 2\pi f_r L_2 = 2\pi SfL_2 = S(2\pi fL_2) = SX_2$$

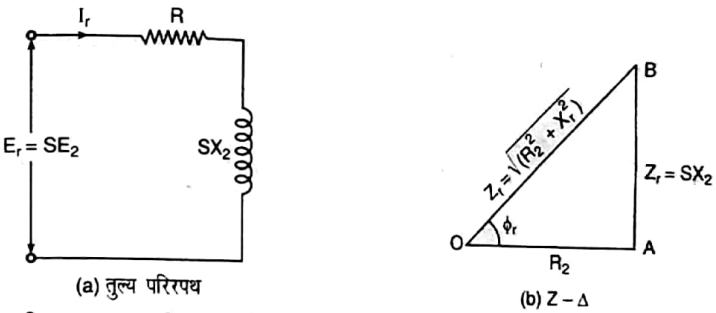
R_2 = सदैव स्थिर रहने वाला प्रतिकला घूर्णक-प्रतिरोध (per phase rotor resistance)

Z_r = धावी अवस्था में प्रतिकला घूर्णक-प्रतिबाधा (per phase rotor impedance)

$$Z_r = \sqrt{(R_2^2 + X_r^2)} = \sqrt{\{R_2^2 + (SX_2)^2\}}$$

I_r = धावी अवस्था में प्रतिकला घूर्णक-धारा (per phase rotor current)

$$= \frac{E_r}{Z_r} = \frac{S \cdot E_2}{\sqrt{\{R_2^2 + (SX_2)^2\}}}$$



चित्र 14.12–धावी अवस्था में घूर्णक का तुल्य परिपथ तथा प्रतिबाधा-त्रिभुज के आरेख।

$\cos\phi_r$ = धावी अवस्था में रोटर का शक्तिगुणक (power factor)

$$= \frac{R_2}{Z_r} = \frac{R_2}{\sqrt{\{R_2^2 + (SX_2)^2\}}}$$

ϕ_r = धावी अवस्था में E_r तथा I_r के मध्य कलाकोण (phase angle)

$$= \tan^{-1}\frac{X_r}{R_2} = \tan^{-1}\left(\frac{SX_2}{R_2}\right)$$

14.37. रोटर अर्थात् घूर्णक के बलाघूर्ण तथा शक्तिगुणक में सम्बन्ध (Relation between the torque and power factor of the rotor)

धावी अवस्था (running condition) में घूर्णक-बलाघूर्ण (rotor torque)

Torque ∝ Stator flux × Active component of rotor current.

$$T_r \propto \phi \times I_r \cos\phi_r$$ ...सम्बन्ध

$$T_r = K\phi I_r \cos\phi_r$$ न्यूटर-मीटर ...सूत्र

अत: रोटर के शक्तिगुणक ($\cos\phi_r$) के बढ़ने से मोटर के रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (T_r) बढ़ता है, जैसा कि उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है।

14.38. रोटर अर्थात् घूर्णक के बलाघूर्ण तथा प्रेरित विद्युत-शक्ति में सम्बन्ध (Relation between the electric-torque and induced power)

धावी अवस्था (running condition) में घूर्णक-बलाघूर्ण (rotor torque)

$$T_r = K\phi I_r \cos\phi_r$$ न्यूटन-मीटर ...सूत्र

चूँकि $E_2 \propto \phi$ अर्थात् $E_2 = K_1\phi$

इसलिए $\phi = E_2 / K_1$

MAKAUT TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner

उपर्युक्त बलाघूर्ण के सूत्र में मॉग्नेटिक फ्लक्स ϕ का मान रखने पर—

$$T_r = (K / K_1) E_2 I_r \cos\phi_r \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad (\text{put } k/k_1 = k_2)$$

$$T_r = K_2 E_2 I_r \cos\phi_r \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

$$T_r \propto E_2 I_r \cos\phi_r \qquad \text{...सम्बन्ध}$$

$$T_r \propto P_r \text{ (rotor induced power)}$$

निष्कर्ष (conclusion)—रोटर में प्रेरित वैद्युत शक्ति (P_r) के बढ़ने से मोटर के रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (T_r) बढ़ता है, जैसा कि उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है।

14.39. इण्डक्शन मोटर का धावी बलाघूर्ण (Running torque of induction motor)

धावी अवस्था में इण्डक्शन मोटर के रोटर पर लगने वाला बलाघूर्ण (torque)—

$$T_r = K_2 E_2 \cos\phi_r \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

उपर्युक्त सूत्र में I_r तथा $\cot\phi_r$ का मान रखने पर प्राप्त सूत्र (formula)

$$T_r = K_2 E_2 \times \frac{E_r}{Z_r} \times \frac{R_2}{Z_r} \qquad (\because E_r = SE^2)$$

$$\therefore \quad T_r = \frac{K_2 S E_2^2 R_2}{Z_r^2} \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

टिप्पणी (Note) : If $S = 1$, then $T_r = T_s$ (same as stand-still condition.)

14.40. इण्डक्शन मोटर के धावी बलाघूर्ण तथा प्रदायी वोल्टता में सम्बन्ध (Relation between running torque and supply voltage of induction motor)

इण्डक्शन मोटर का धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T_r = \frac{K_2 S E_2^2 \cdot R_2}{Z_r^2} \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

चूँकि $E_2 \propto \phi \propto I \propto V$ प्रदायी वोल्टता अर्थात् $E_2 \propto V$ इसलिए $E_2 = K_3 V$ उपर्युक्त सूत्र में E_2 का मान रखने पर

$$T_r = \frac{K_2 K_3^2 S V^2 R_2}{Z_r^2}$$

$$= \frac{K_4 S V^2 R_2}{Z_r^2} \qquad (\text{Where } K_4 = K_2 K_3^2)$$

$$T_r \propto \frac{S V^2 R_2}{Z_r^2} \qquad \text{...सम्बन्ध}$$

14.41. इण्डक्शन मोटर के धावी बलाघूर्ण की निर्भरता (Dependency of running torque)

उक्त सूत्र-सम्बन्ध से धावी बलाघूर्ण निम्नलिखित राशियों (quantities) पर निर्भर करता है—

(i) इण्डक्शन मोटर की स्लिप S पर अर्थात् $T_r \propto S$.

(ii) सप्लाई वोल्टेज के वर्ग V^2 पर अर्थात् $T_r \propto V^2$

(iii) रोटर की वाइंडिंग के रिजिस्टॉन्स R_2 पर अर्थात् $T_r \propto R_2$

14.42. इण्डक्शन मोटर के अधिकतम धावी बलाघूर्ण के लिए 'प्रतिबन्ध अथवा शर्त' (Condition for maximum running torque of induction motor)

इण्डक्शन मोटर में धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T_r = \frac{K_4 S V^2 R_2}{Z_r^2} \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

चूँकि धावी अवस्था में इण्डक्शन मोटर की प्रदायी वोल्टता V स्थिर रहती है; इसलिए उपर्युक्त सूत्र में $K_4 V^2 = K_5$ स्थिरांक (constant) तथा Z_r के मान रखने पर—

$$T_r = \frac{K_5 S R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \text{ न्यूटन-मीटर} \qquad \text{...सूत्र}$$

चूँकि अधिकतम धावी बलाघूर्ण की अवस्था के लिए $dT_r / dR_2 = 0$ होता है, इसलिए

$$\frac{dT_r}{dR_2} = K_5 \left[\frac{S \cdot (R_2^2 + S^2 X_2^2) - 2R_2 S R_2}{(R_2^2 + S^2 X_2^2)^2} \right] = 0$$

$$0 = S R_2^2 + S^3 X_2^2 - 2S R_2^2$$

$$S R_2^2 = S^3 X_2$$

$$R_2^2 = S^2 X_2^2 \qquad \text{अर्थात्} \qquad (SX_2)^2$$

दोनों पक्षों का वर्गमूल (square root) लेने पर प्राप्त सम्बन्ध (relation)

$$R_2 = SX_2 \qquad \text{...प्रतिबन्धी सम्बन्ध (conditional relation)}$$

14.43. इण्डक्शन मोटर का अधिकतम धावी बलाघूर्ण (Maximum running torque)

इण्डक्शन मोटर का धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T_r = \frac{K_5 S R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \qquad \text{(स्थिर प्रदायी वोल्टता पर सूत्र)}$$

उक्त सूत्र में $R_2 = SX_2$ रखने पर प्राप्त अधिकतम धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T_m = \frac{K_5}{2X_2} \qquad \text{(स्थिर प्रदायी वोल्टता पर सूत्र)}$$

14.44. इण्डक्शन मोटर के धावी बलाघूर्ण (T_r) तथा अधिकतम बलाघूर्ण (T_m) का अनुपात (Ratio)

$$\frac{T_r}{T_m} = \frac{K_5 S R_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \times \frac{2X_2}{K_5} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \frac{2S R_2 X_2}{R_2^2 + S^2 X_2^2} \qquad \text{...अनुपाती सूत्र}$$

उक्त अनुपाती सूत्र के अंश तथा हर में X_2^2 का भाग देने पर

$$\frac{T_r}{T_m} = \frac{2S R_2 / X_2}{(R_2 / X_2)^2 + S^2}$$

उक्त अनुपाती सूत्र में $R_2 / X_2 = a$ रखने पर प्राप्त अनुपाती सूत्र (ratio fomula)

$$\frac{T_r}{T_m} = \frac{2a \cdot S}{a^2 + S^2} \qquad \text{...अनुपाती सूत्र}$$

Scanned with CamScanner
183 / 235
RKS TECHNICAL CLASSES

टिप्पणी (Note)—उक्त अनुपाती सूत्र में $S = 1$ तथा $T_r = T_s$ रखने पर

$$\frac{T_s}{T_m} = \frac{2a}{a^2+1}$$ (same as in stand-still condition)

14.45. सर्पी-बलाघूर्ण तथा गति-बलाघूर्ण वक्रें (Slip-torque and speed-torque curves)

चित्र 14.13 में त्रिकला, फेज वाउण्ड रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के रोटर-रिजिस्टॉन्स R_2 पर स्लिप-टॉर्क कर्व तथा स्पीड-टॉर्क कर्व को दर्शाया गया है, जिसमें स्लिप तथा स्पीड को क्षैतिज अक्ष (x-axis) पर लिया गया है और बलाघूर्ण (torque) को ऊर्ध्वाधर अक्ष (y-axis) पर लिया गया है।

विदित है कि जब इण्डक्शन मोटर की स्पीड N बढ़ती है, तब स्लिप S घटती है और जब स्पीड N घटती है, तब स्लिप S बढ़ती है; इसलिए स्पीड तथा स्लिप को क्षैतिज अक्ष (x-axis) पर एक-दूसरे के विपरीत दिशा में दर्शाया गया है।

सर्पी-बलाघूर्ण वक्र (S-T Curve)—गतिमान अवस्था में इण्डक्शन मोटर का बलाघूर्ण (torque)

$$T = \frac{K \cdot \phi \cdot S \cdot E_2 \cdot R_2}{\{R_2^2 + (SX_2)^2\}}$$ ...मूल सूत्र

विदित है कि स्थिर प्रदायी वोल्टता V की अवस्था में E_2 तथा ϕ का मान स्थिर रहता है। अर्थात् $E \propto \phi \propto I \propto V$ (constant)

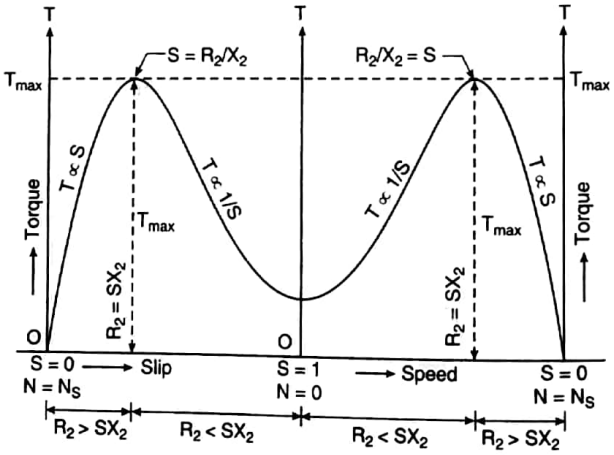
इसलिए $$T = \frac{K_1 \cdot S \cdot R_2}{R_2^2 + (SX_2)^2}$$ (Where $K_1 = K\phi E_2$)

जब मोटर की नॉर्मल स्पीड (N), सिन्क्रोनस स्पीड (N_s) के लगभग होती है, तब स्लिप (S) न्यून होती है। इस प्रकार स्लिप के वर्ग (S^2) का मान अति न्यून होगा; इसलिए पद R_2^2 की अपेक्षा, पद $(SX_2)^2$ को नगण्य करने पर मोटर का घावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T = \left(\frac{K_1 \cdot S \cdot R_2}{R_2^2}\right) = \left(\frac{K_1 \cdot S}{R_2}\right)$$ (K_1 is constant)

इसलिए $$T \propto (S / R_2)$$ ...परिणामी सम्बन्ध

उक्त सम्बन्ध से स्पष्ट है कि $S = 0$ पर $T = 0$ होगा; इसलिए वक्र मूल बिन्दु 0 से प्रारम्भ होगा। जब $T = 0$ होता है, तब $N = N_s$ होता है, जैसा कि वक्र (ग्राफ) से स्पष्ट है।



चित्र 14.13–स्लिप-टार्क कर्व एवं स्पीड-टार्क कर्व का प्रदर्शन।

यदि रोटर-रिजिस्टॉन्स R_2 स्थिर हो, तो टॉर्क $T \propto S$ होगा। यह सम्बन्ध एक सरल रेखा को व्यक्त (represent) करता है; इसलिए स्लिप S के न्यून मानों के लिए कर्व एक सरल रेखा के रूप में होगा, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।

अब जैसे-जैसे मोटर पर भार बढ़ता जाता है; वैसे-वैसे स्पीड घटती जाती है और स्लिप बढ़ती जाती है। जब स्लिप का मान बढ़कर, रोटर-रिजिस्टॉन्स तथा रोटर-रिऑक्टॉन्स के अनुपात के तुल्य ($S = R_2 / X_2$) पहुँचता है, तब टॉर्क अधिकतम हो जाता है। इसे पुल-आउट टॉर्क अथवा ब्रेक डाउन टॉर्क (pull-out torque or break-down torque) कहते हैं; क्योंकि इससे आगे टॉर्क का बढ़ना बन्द हो जाता है और टॉर्क का घटना प्रारम्भ हो जाता है।

अब यदि मोटर पर आगे भार बढ़ाया जाये, तो स्पीड के घटने से स्लिप अधिक बढ़ जाती है। फलतः SX_2 की अपेक्षा R_2 का मान नगण्य हो जाता है, तब मोटर का घावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T = \frac{K_2 S}{(SX_2)^2}$$

$$= \frac{K_2}{SX_2^2}$$ (हल करने पर) (Where K_2 is constant)

$$T \propto \left(\frac{1}{SX_2^2}\right)$$ ...परिणामी सम्बन्ध

यदि रोटर-रीऑक्टॉन्स X_2 स्थिर हो, तो टॉर्क $T \propto 1/S$ होगा। इससे यह ज्ञात होता है कि स्लिप के बढ़ने से टॉर्क घटेगा। इस प्रकार स्लिप-टॉर्क कर्व आयताकार अतिपरवलय (rectangular hyperbola) होगा।

यदि मोटर पर भार को बढ़ाते ही जायें, तो स्लिप बढ़ती ही जायेगी और अन्त में मोटर रुक जायेगी, तब स्लिप का मान एकांक ($S = 1$) होगा।

इण्डक्शन मोटर का गति नियन्त्रण (SPEED CONTROL OF I.M.)

14.46. परिचय (Introduction)

आजकल तकनीकी कार्यों को करने के लिए कलों (मशीनों) का प्रयोग (use) अधिक होता है। इसलिए आधुनिक युग को कलयुग कहते हैं, अर्थात् मशीनों का युग कहते हैं। प्रत्येक तकनीकी कार्य के लिए एक निश्चित गति की आवश्यकता होती है; इसलिए मशीनों की गति को नियन्त्रित करना आवश्यक होता है। विभिन्न प्रकार की मोटरों के लिए गति नियन्त्रण की भिन्न-भिन्न विधियों को अपनाया जाता है। यहाँ पर केवल इण्डक्शन मोटर में प्रयुक्त गति नियन्त्रण की विधियों का वर्णन किया गया है।

14.47. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर का गति नियन्त्रण (Speed control of T.P.I.M.)

यद्यपि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की गति अभिलक्षण, डी० सी० शंट मोटर की तरह ही लगभग स्थिर होती है; परन्तु डी० सी० शंट मोटर का गति नियन्त्रण, क्षेत्र नियामक (field regulator) द्वारा उच्च दक्षता तथा श्रेष्ठ गति नियमन के साथ विस्तृत परास में होता है, जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर का गति नियन्त्रण, न्यून दक्षता तथा असन्तुष्ट गति नियमन के साथ संकुचित परास में होता है; इसलिए ए० सी० मोटरों की अपेक्षा, डी० सी० मोटरें गति नियन्त्रण के दृष्टिकोण से अति श्रेष्ठ होती हैं।

14.48. इण्डक्शन मोटर के गति समीकरण की व्युत्पत्ति (Derivation of speed control of an induction motor)

∵ इण्डक्शन मोटर की सर्पी अर्थात् स्लिप (slip)

$$S = \frac{N_s - N}{N_s}$$ मात्रकरहित राशि ...सर्पी सूत्र (i)

∴ इण्डक्शन मोटर की गति अर्थात् स्पीड (speed)

$$N = N_s(1-S)$$ रोटेशन पर मिनट (r.p.m.) गति सूत्र

Scanned with CamScanner
184 / 235

(ii) मोटर की तुल्यकाली गति (synchronous speed)

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \text{ रोटेशन पर मिनट (r.p.m.)} \quad \text{...तुल्यकाली गति सूत्र (iii)}$$

सूत्र (ii) में सूत्र (iii) से N_s का मान रखने पर इण्डक्शन मोटर की गति (speed)

$$N = \frac{120 \cdot f}{P}(1 - S) \text{ रोटेशन पर मिनट (r.p.m.)} \quad \text{...वांछनीय गति सूत्र (iv)}$$

14.49. इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रण के कारक (Factor of speed control)

उक्त गति सूत्र (iv) के अनुसार, इण्डक्शन मोटर की गति निम्नलिखित तीन कारकों (factors) पर निर्भर करती है—

(i) प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (Frequency of supply voltage)—प्रदायी वोल्टता की आवृत्ति (f) के घटने से मोटर की गति (N) घटती है और आवृत्ति (f) के बढ़ने से गति (N) बढ़ती है; क्योंकि $N \propto f$.

(ii) मोटर में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (No. of magnetic poles on the stator of a motor)—मोटर में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या (P) के घटने से मोटर की गति (N) बढ़ती है और ध्रुवों की संख्या (P) के बढ़ने से गति (N) घटती है; क्योंकि $N \propto 1/P$.

(iii) मोटर की सर्पी (Slip of the motor)—मोटर की सर्पी (S) के घटने से गति (N) बढ़ती है और सर्पी (S) के बढ़ने से गति (N) घटती है; क्योंकि $N \propto (1 - S)$ अर्थात् $N \propto 1/S$ (लगभग)।

इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रण के लिए उक्त कारकों में से, कम से कम किसी एक कारक का नियन्त्रित होना नितान्त आवश्यक है। मोटर की गति नियन्त्रण सम्बन्धी विभिन्न विधियाँ इन्हीं कारकों पर आधारित हैं, जिन्हें यहाँ पर विवरित किया गया है।

14.50. इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रण सम्बन्धी विधियाँ (Methods of speed control)

इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रण हेतु प्रयुक्त प्रमुख विधियाँ (main method) निम्नलिखित हैं—

(i) आवृत्ति परिवर्तनीय विधि (Frequency changing method)

(ii) ध्रुव परिवर्तनीय विधि (Pole changing method)

(iii) सर्पी परिवर्तनीय विधि (Slip changing method)

(a) प्रयुक्त वोल्टता नियन्त्रण विधि (Applied voltage control method)

(b) घूर्णक-प्रतिरोध नियन्त्रण विधि (Rotor resistance control method)

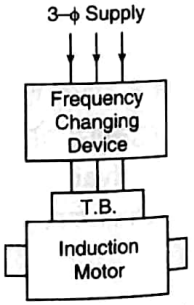
(c) घूर्णक-वि० वा० बल नियन्त्रण विधि (Rotor e.m.f. control method)

(d) 'कैस्केड अर्थात्'सोपानी नियन्त्रण विधि (Cascade control method)

14.51. आवृत्ति परिवर्तनीय विधि (Frequency changing method)

चित्र 14.14 के अनुसार, इस विधि में प्रदायी वोल्टता (V) की आवृत्ति (f) को आवृत्ति परिवर्तक युक्ति (frequency changing device) द्वारा परिवर्तित करके, मोटर की गति को नियन्त्रित किया जाता है। प्रदायी आवृत्ति (f) के घटने तथा बढ़ने के अनुसार ही, मोटर की गति (N) भी क्रमश: घटती तथा बढ़ती है; क्योंकि $N \propto f$.

अतिरिक्त उपस्करों की उच्च कीमत, परिपथ की जटिलता तथा सम्पूर्ण प्रणाली की न्यून दक्षता के कारण, इस विधि का प्रयोग (use), उद्योग तथा संकर्षण सम्बन्धी कार्यों में नहीं होता है, एकमात्र कुछ विशिष्ट कार्यों के लिए ही उपयुक्त (suitable) समझा जाता है, जैसे जलपोत का नोदन (ship-propulsion) आदि।



चित्र 14.14–गति नियन्त्रण की आवृत्ति परिवर्तन सम्बन्धी विधि का खण्ड आरेख (block diagram)।

इस विधि के लिए परिवर्तित आवृत्ति को रोटरी कनवर्टर द्वारा 0·5 से 9 चक्र प्रति सेकण्ड (c/s) तक तथा सिलिकन कन्ट्रोल रेक्टिफायर द्वारा 0 से 150 चक्र प्रति सेकण्ड (Hz) तक प्राप्त किया जाता है।

14.52. चुम्बकीय ध्रुव परिवर्तनीय विधि (Magnetic pole changing method)

चित्र 14.15 में प्रदर्शित, इस विधि के अन्तर्गत, प्राथमिक कुण्डलन (stator winding) के सिरों को बहु-नियन्त्रण स्विचों की सहायता से परस्पर बदलकर, सम्बद्ध करने से कुण्डलन में वैद्युत धारा की दिशा बदल जाती है। फलत: स्थाता कुण्डलन में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या परिवर्तित हो जाती है। इन 4 तथा 8 पोलों से क्रमश: उच्च तथा न्यून दो निश्चित गतियाँ प्राप्त होती हैं; क्योंकि $N \propto 1/P$

$$N \propto \frac{1}{P} \quad \text{...सम्बन्ध}$$

अनुप्रयोग (Application)—इस विधि का प्रयोग यन्त्र, औजार (मशीन-टूल), ड्रिलिंग मशीन, कनवेयर, कन्ट्रोलिंग फेन तथा रीजनरेटिव ब्रेकिंग के साथ लिफ्ट में भी होता है।

लाभ (Advantage)—इस विधि के प्रमुख लाभ (main advantages) निम्नलिखित हैं—

(i) यह एक सरल व सुगम विधि (simple and easy method) है।

(ii) इससे श्रेष्ठ गति नियमन (better speed regulation) प्राप्त होता है।

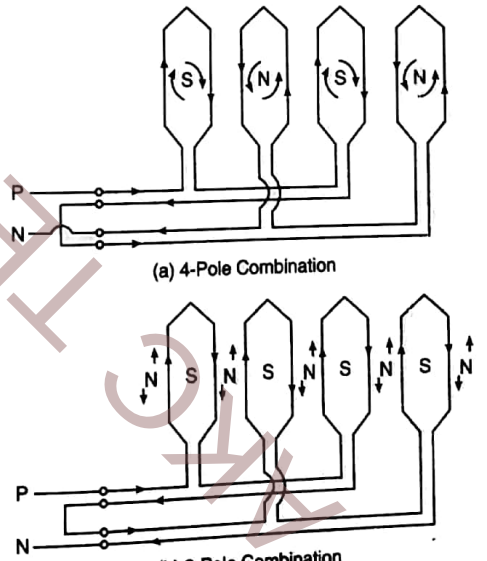
(iii) इसमें मोटर तथा प्रणाली की दक्षता उच्च बनी रहती है।

कमियाँ (Drawbacks)—इस विधि में प्रमुख कमियाँ (main drawbacks) निम्नलिखित हैं—

(i) इस विधि का प्रयोग, स्लिपरिंग टाइप इण्डक्शन मोटर के फेज वाउण्ड रोटर के लिए सम्भव नहीं है; क्योंकि इस मोटर में स्टेटर के साथ-साथ रोटर पर भी मॉग्नेटिक पोलों की संख्या बदलकर, समान करना सम्भव नहीं है।

(ii) इसका प्रयोग (use), स्लिपरिंग रहित प्रेरण मोटर के केज वाउण्ड रोटर के लिए ही केवल सम्भव है; क्योंकि केज वाउण्ड रोटर में स्थाता कुण्डलन (stator winding) के अनुसार, ही चुम्बकीय ध्रुव प्रेरित हो जाते हैं।

(iii) इसमें स्टेटर पर चुम्बकीय ध्रुव परिवर्तनीय कुण्डलन तथा स्विचिंग आदि की विशेष अभिकल्पना करनी पड़ती है।



चित्र 14.15–गति नियन्त्रण की चुम्बकीय ध्रुव परिवर्तनीय विधि।

TECHNICAL GURUS
Scanned with CamScanner
185 / 235

(iv) इसमें बहु-नियन्त्रण स्विचों (multi-control switches) की आवश्यकता होती है।

(v) इसमें अभिकल्पना तथा स्विचिंग के कारण, जटिलतायें अधिक हैं।

(vi) इसमें मोटर की क्रमिक गति (gradual speed) प्राप्त नहीं होती है।

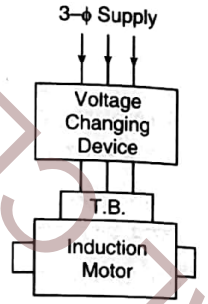
(vii) इसमें अधिक से अधिक केवल चार स्थिर गतियाँ (four contant speeds) प्राप्त होती हैं।

(viii) इसमें चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या बदलने से मोटर की तुल्यकाली गति बदल जाती है; क्योंकि $N_s = 120f/P$.

(ix) इसमें इण्डक्शन मोटर को प्रेरण जनित्र (induction generator) की तरह कार्य (work) करना पड़ता है।

14.53. प्रयुक्त वोल्टता विधि द्वारा (By applied voltage method)

चित्र 14.16 के अनुसार, इस विधि में प्रदायी वोल्टता (supply voltage) को वोल्टता परिवर्तक युक्ति (voltage changing device) द्वारा परिवर्तित करके, मोटर की गति को नियन्त्रित किया जाता है। प्रदायी वोल्टता को कम करने से मोटर अतिभारित (over loaded) हो जाती है; क्योंकि मोटर का निविष्ट (input) कम हो जाता है। फलतः मोटर का निर्गत (output) भी घट जाता है। अर्थात् बलाघूर्ण (T) के साथ-साथ गति (N) भी घट जाती है; क्योंकि मोटर का निर्गत H.P. $= 2\pi NT/60$ अर्थात् H.P. $\propto NT$.



चित्र 14.16–गति नियन्त्रण की वोल्टता परिवर्तन सम्बन्धी विधि का खण्ड आरेख (block diagram)।

(i) प्रथम अवधारणा (First concept)

चूँकि मोटर का निर्गत = मोटर का निविष्ट × दक्षता (मान रखने पर)

$$\frac{2\pi NT}{60} = \sqrt{3}\cdot VI\cdot\cos\phi\times\eta$$

चूँकि स्थिर भार पर मोटर का 'शक्तिगुणक ($\cos\phi$) तथा दक्षता (η)' दोनों ही स्थिर (constant) रहते हैं।

इसलिए $NT \propto VI$

अर्थात् $N \propto V$ (Less approximate)

(ii) द्वितीय अवधारणा (Second concept)

चूँकि इण्डक्शन मोटर का धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T = \frac{K_4V^2R_2}{Z_r^2} = KSV^2 \qquad (\text{Where } K = K_4R_2/Z_r^2)$$

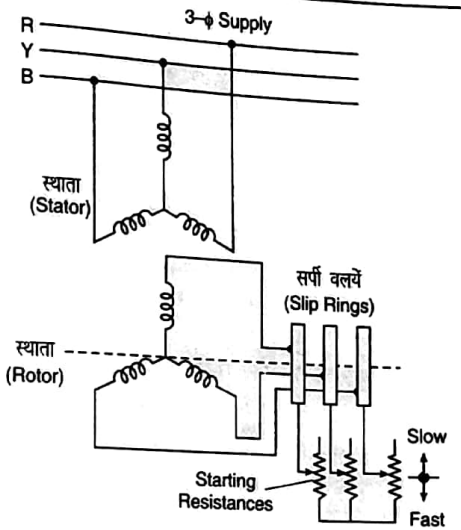
इसलिए सर्पी $$S = \frac{T}{KV^2} = \frac{K_1}{V^2} \qquad (\text{Where constant } K_1 = T/K)$$

मानक सूत्र $N = N_s(1-S)$ में उक्त $S = K_1/V^2$ मान रखने पर

$$N = N_s\left(1-\frac{K_1}{V^2}\right) \qquad (\text{Where } N_s \text{ is constant})$$

अर्थात् $N \propto \left(1-\frac{K_1}{V^2}\right)$ ...सम्बन्ध

तब $V\uparrow \Rightarrow \frac{K_1}{V^2}\downarrow \Rightarrow \left(1-\frac{K_1}{V^2}\right)\uparrow \Rightarrow N\uparrow$.



चित्र 14.17–घूर्णक प्रतिरोध विधि द्वारा गति नियन्त्रण सम्बन्धी परिपथ आरेख।

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto V$ (variable) अर्थात् प्रयुक्त वोल्टता (V) को बढ़ाने से मोटर की गति (N) बढ़ती है और इसका विपर्यय (vice-versa)।

लाभ (Advantages)—गति नियन्त्रण की वोल्टता परिवर्तनीय विधि, अति सरल व सुगम है। इसकी प्रारम्भिक तथा अनुरक्षण कीमत भी अति कम है; परन्तु इसकी दक्षता कम होने के कारण, इसका प्रयोग एकमात्र प्रायः लघु आकार (small size) की न्यून क्षमता (low capacity) वाली सिंगल फेज इण्डक्शन मोटरों के गति नियन्त्रण हेतु होता है।

अलाभ (Disadvantages)—स्थिर भार पर वोल्टता को कम करने से मोटर की 'गति (N) तथा बलाघूर्ण (T)' दोनों ही घट जाते हैं; इसलिए मोटर का निर्गत ($2\pi NT$) भी घट जाता है और मोटर की दक्षता घटकर, कम हो जाती है। फलतः मोटर शीघ्रता से अतिभारित (over loaded) हो जाती है; इसलिए इस विधि का प्रयोग, औद्योगिक क्षेत्र में विशाल आकार (big size) की उच्च क्षमता (high capacity) वाली मोटरों के लिए नहीं किया जा सकता है।

14.54. घूर्णक प्रतिरोध विधि द्वारा (By rotor resistance method)

चित्र 14.17 के अनुसार, इस विधि में इण्डक्शन मोटर के घूर्णक-परिपथ (rotor circuit) में सर्पी वलयों (slip rings) द्वारा परिवर्तनशील बाहरी प्रतिरोध को जोड़ा जाता है और इस प्रतिरोध को परिवर्तित करके, मोटर की गति को नियन्त्रित किया जाता है, जैसा कि निम्नांकित विवरण से स्पष्ट है—

(i) प्रथम अवधारणा (First concept)

चूँकि इण्डक्शन मोटर का धावी बलाघूर्ण (running torque)

$$T = \frac{k_4SV^2R_2}{Z_r^2} = KR_2 \qquad (\text{Where constant } K = k_4SV^2/Z_r^2)$$

चूँकि इण्डक्शन मोटर का निर्गत (output)

$$P_0 = \frac{2\pi NT}{60} = K_1NT \qquad (\text{Where constant } K_1 = 2\pi/60)$$

इसलिए $$N = \frac{P_0}{K_1T} = \frac{K_2}{T} \qquad (\text{Where constant } K_2 = P_0/K_1)$$

Scanned with CamScanner
186 / 235

उक्त सूत्र में $T = KR_2$ मान रखने पर प्राप्त सूत्र

$$N = \frac{K_2}{KR_2} = \frac{K_3}{R_2} \quad \text{अर्थात्} \quad N \propto \frac{1}{R_2} \quad (\text{Where } K_3 = K_2 / K_1)$$

(ii) द्वितीय अवधारणा (Second concept)

चूँकि इण्डक्शन मोटर की सर्पी अर्थात् स्लिप (slip)

$$S = \frac{\text{घूर्णक की ताम्र हानियाँ } (I_2^2 R_2)}{\text{मोटर का निवेष्ट (Input)}} \quad \text{...मानक सूत्र}$$

इसलिए सर्पी '$S \propto R_2$' घूर्णक का प्रतिरोध (resisance of a rotor)

अथवा $S \propto R_2$ अर्थात् $S = KR_2$

मानक सूत्र $N = N_s(1-S)$ में उपर्युक्त S का मान रखने पर

$$N = N_s(1-KR_2) \quad \text{अर्थात्} \quad N \propto (1-KR_2)$$

तब $$R_2 \uparrow \Rightarrow KR_2 \uparrow \Rightarrow (1-KR_2) \downarrow \Rightarrow N \downarrow$$

निष्कर्ष (Conclusion)—$N \propto 1/R_2$ अर्थात् घूर्णक (rotor) के प्रतिरोध R_2 को बढ़ाने से इण्डक्शन मोटर की गति N घटती है।

कमियाँ (Drawbacks)—इण्डक्शन मोटर के घूर्णक-प्रतिरोध विधि द्वारा गति नियन्त्रण अर्थात् रियोस्टैटी गति नियन्त्रण में प्रमुख कमियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) इस विधि को केज टाइप इण्डक्शन मोटर के लिए प्रयुक्त नहीं किया जा सकता; केवल स्लिपरिंग टाइप इण्डक्शन मोटर के लिए ही सम्भव है।

(ii) इसमें गति नियन्त्रण की संकुचित परास (narrow range) रहती है; क्योंकि गति के घटने के साथ-साथ मोटर की प्रचालन दक्षता भी घटती है।

(iii) यह विधि डी० सी० शन्ट मोटर की रियोस्टैटी विधि के समान होने के कारण, इससे मोटर की सामान्य निर्धारित गति (normal rated speed) से ऊपर की गतियों को प्राप्त नहीं किया जा सकता है।

(iv) न्यून गति पर असंतुष्ट गति नियन्त्रण (unsatisfactory speed control) होता है।

(v) ऊर्जा-हानि अधिक होने के कारण, इस विधि का प्रयोग, अधिक समय के लिए नहीं किया जा सकता है।

लाभ (Advantages)—गति नियन्त्रण की रियोस्टैटी विधि के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

(i) यह विधि सरल एवं अधिक सुविधामय (convenient) है।

(ii) गति नियन्त्रण की इस विधि से स्लिपरिंग टाइप इण्डक्शन मोटर का प्रवर्तन (starting) भी सम्भव है।

14.55. घूर्णक-विद्युत-वाहक बल के नियन्त्रण द्वारा (By the control of a rotor e.m.f.)

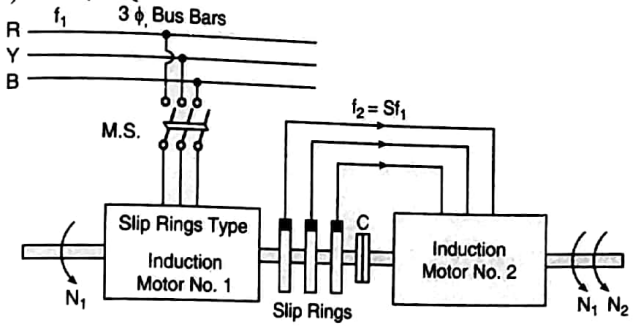
इस विधि के अन्तर्गत, इण्डक्शन मोटर के घूर्णक-परिपथ में स्लिप रिंग्स द्वारा सर्पी आवृत्ति (slip frequency) पर बाह्य प्रेरित विद्युत-वाहक बल प्रवेशित किया जाता है। यदि प्रवेशित विद्युत-वाहक बल (injected e.m.f.) घूर्णक के विद्युत-वाहक बल (E_2) से सहयोग (co-operation) करता है, तो घूर्णक में धारा (I_2) का मान बढ़ जाता है, जो मोटर-घूर्णक पर उच्च बलाघूर्ण (T) उत्पादित कर, मोटर के घूर्णक की गति (N) को बढ़ा देता है। यदि प्रवेशित वि० वा० बल घूर्णक के वि० वा० बल (E_2) का विरोध (opposition) करता है, तो मोटर की गति घट जाती है; क्योंकि—

$$\text{Torque } T \propto E_2 I_2 \cos\phi_2 \text{ of rotor circuit}$$

गति नियन्त्रण की इस विधि में यद्यपि मोटर की प्रचालन दक्षता तथा मोटर की गति नियमन दोनों ही यथोचित बने रहते हैं; परन्तु प्रणाली की प्रारम्भिक कीमत तथा अनुरक्षण कीमत अधिक बढ़ जाती है; क्योंकि सर्पी आवृत्ति (slip frequency) पर प्रवेशित वि० वा० बल (injected e.m.f.) को उत्पन्न करने के लिए अतिरिक्त सहायक यन्त्रों की आवश्यकता होती है। इस विधि का प्रयोग, स्टील मिल में उच्च अश्व-शक्ति (h.p.) की, बड़े आकार वाली थ्री फेज इण्डक्शन मोटरों के लिए होता है।

14.56. 'सोपानी या प्रपात' नियन्त्रण विधि द्वारा (By cascade control method)

चित्र 14.18 में प्रदर्शित, इस विधि के अन्तर्गत यान्त्रिक रूप से युग्मित दो त्रिकला इण्डक्शन-मोटरें होती हैं। इनमें से एक अनिवार्य स्लिपरिंग टाइप इण्डक्शन मोटर, प्रदायी स्रोत से जुड़ी रहती है। इसके रोटर का निर्गत, स्लिपरिंग्स द्वारा द्वितीय मोटर के स्टेटर में प्रवेशित किया जाता है। इस प्रकार प्रथम मोटर का कुल निर्गत, द्वितीय मोटर का कुल निविष्ट होता है। दोनों मोटरें यान्त्रिक रूप से युग्मित होने के कारण, समान गति पर चलती हैं। इस प्रकार इस विधि से निम्नलिखित चार तुल्यकाली गतियाँ (synchronous speeds) प्राप्त होती हैं—



चित्र 14.18–गति नियन्त्रण का सोपानी सम्बधन आरेख।

$$N_s = \frac{120 f_1}{P_1} \quad \text{...व्यक्तिगत तुल्यकाली गति समीकरण (i)}$$

$$N_s = \frac{120 f_1}{P_2} \quad \text{...व्यक्तिगत तुल्यकाली गति समीकरण (ii)}$$

$$N_s = \frac{120 f_1}{P_1 + P_2} \quad \text{...सामूहिक सहयोगी तुल्यकाली गति समीकरण (iii)}$$

$$N_s = \frac{120 f_1}{P_1 - P_2} \quad \text{...सामूहिक असहयोगी तुल्यकाली गति समीकरण (iv)}$$

14.57. तुल्यकाली गति के सूत्रों की व्युत्पत्ति अर्थात् डेरिवेशन (Derivation of formulae of a synchronous speed)

माना कि दोनों मोटरों के मूल कारक (basic factors) निम्नलिखित हैं—

क्रम संख्या	कारक (Factors)	मोटर M_1 के आँकड़े	मोटर M_2 के आँकड़े
1.	स्टेटर-पोल (P)	P_1	P_2
2.	मोटर-स्लिप (S)	S_1	S_2
3.	प्रयुक्त आवृत्ति (f)	f_1	$f_2 = S_1 f_1$
4.	तुल्यकाली गति (N_s)	$N_{s_1} = \frac{120 f_1}{P_1}$	$N_{s_2} = \frac{120 f_2}{P_2} = \frac{120 S_1 f_1}{P_2}$
5.	रोटर-गति (N)	$N_1 = (1-S_1)N_{s_1}$ $N_1 = (1-S_1)\frac{120 f_1}{P_1}$	$N_2 = (1-S_2)N_{s_2}$ $N_2 = (1-S_2)\frac{120 S_1 f_1}{P_2}$

Scanned with CamScanner
187 / 235
PAC THE TECHNICAL CLASSES

चूँकि दोनों मोटरों के रोटर, यान्त्रिक रूप से युग्मित हैं; इसलिए दोनों मोटरों की गति (N_1 तथा N_2) समान होगी। अर्थात् $N_1 = N_2$ (सहयोगी स्थिति में)

$$\because \quad \frac{(1-S_1)120f_1}{P_1} = \frac{(1-S_2)\cdot 120S_1 f_1}{P_2}$$

$$\frac{(1-S_1)}{P_1} = \frac{(1-S_2)S_1}{P_2}$$

$$P_2 - S_1P_2 = S_1P_1 - S_1S_2P_1$$

चूँकि S_1 तथा S_2 का मान न्यून होने के कारण, गुणनफल S_1S_2 का मान और अधिक न्यून होगा; इसलिए कारक $S_1S_2P_1$ को नगण्य करने पर—

$$P_2 = S_1(P_1 + P_2)$$

$$\therefore \quad S_1 = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \qquad \text{...(ii)}$$

सूत्र (ii) से S_1 का मान गति-सूत्र N_{s_2} में रखने पर

$$N_{S_2} = \frac{120S_1 f_1}{P_2} = \frac{120P_2 f_1}{P_2(P_1+P_2)}$$

$$= \frac{120f_1}{P_1+P_2} \qquad \text{...सहयोगी सामूहिक गति समीकरण (iii)}$$

यदि दोनों मोटरों की गति विपरीत दिशा में हो; तब $N_1 = -N_2$ होगा—

$$\therefore \quad S_1 = \frac{P_2}{P_2 - P_1}$$

इस अवस्था में संयुक्त गति (combined speed)

$$N_{s_2} = \frac{120S_1 f_1}{P_2} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{120\times P_2 \times f_1}{P_2 \times (P_2 - P_1)} \qquad \text{(हल करने पर)}$$

$$N_{s_2} = \frac{120f_1}{P_2 - P_1} \qquad \text{...असहयोगी सामूहिक गति समीकरण (iv)}$$

उदाहरण : दो $3-\phi$, 50 Hz, 400 V, इण्डक्शन मोटरों में चुम्बकीय ध्रुवों की संख्या क्रमशः 4 तथा 6 है। सोपानी सम्बन्धन द्वारा प्राप्त इन मोटरों की सम्भव तुल्यकाली गतियाँ ज्ञात कीजिए।

हल : सोपानी सम्बन्धन के अन्तर्गत निम्नलिखित चार तुल्यकाली गतियाँ प्राप्त होती हैं—

$$N_{s_1} = \frac{120f}{P_1} = \frac{120\times 50}{4} = \mathbf{1500\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

$$N_{s_2} = \frac{120f}{P_2} = \frac{120\times 50}{6} = \mathbf{1000\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

$$N_{s_3} = \frac{120f}{P_1+P_2} = \frac{120\times 50}{10} = \mathbf{600\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

$$N_{s_4} = \frac{120f}{P_1-P_2} = \frac{120\times 50}{2} = \mathbf{3000\ r.p.m.} \qquad \text{उत्तर}$$

14.58. सादा पिन्जरी प्रेरण मोटर के सामान्य गुणधर्म तथा अनुप्रयोग (General properties and applications of plain squirrel cage induction motor)

(i) साइज अर्थात् क्षमता (Capacity)—300 HP. एवं 11 kV तक

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण—न्यून (कम आरम्भिक वोल्टता के कारण) : $\{T_s = (1\cdot5 \text{ to } 2\cdot5)\,T\}$; लगभग

(iii) आरम्भिक धारा (Starting Current)—पूर्णभार की छः गुनी ($I_s = 6I$) लगभग

(iv) आरम्भिक व्यवस्था—सुगम; (y/Δ—स्विच या ऑटोट्रांसफॉर्मर स्टार्टर द्वारा स्वः आरम्भित)

(v) गति-भार अभिलक्षण (speed-load characteristic)—पार्श्व अभिलक्षण (लगभग स्थिर गति)

(vi) गति (speed)—निर्भार से पूर्णभार तक लगभग स्थिर गति (about constant speed)

(vii) प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque)—अति उच्च (क्योंकि $T \propto V^2$)

(viii) अतिभार क्षमता (over load capacity)—उच्च (high)

(ix) दक्षता (efficiency)—अपेक्षाकृत उच्च (87 से 89 प्रतिशत तक)

(x) विपरीत गति (opposite speed)—प्रदायी वोल्टता के किन्हीं दो कला तारों की ध्रुवता को आपस में बदलने (mutual inter change) से प्राप्त होती है।

(xi) शक्तिगुणक (power factor)—(a) 0·75 से 0·9 तक सदैव पश्चगामी (always lagging)

(b) निर्भार से पूर्णभार तक लगभग समान शक्तिगुणक (same power factor)

(xii) अनुरक्षण कीमत (Maintenance cost)—न्यूनतम (क्योंकि केज रोटर, ब्रश व स्लिप रिंग्स रहित होता है।)

(xiii) आपेक्षिक कीमत (Relative cost)—एकांक (unit relative cost)

(xiv) अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use), त्रिकला प्र० धा० प्रदायी वोल्टता पर गति नियन्त्रण रहित न्यून आरम्भिक बलाघूर्ण के लघु उद्योगों, अर्थात् न्यून तथा मध्यम भार के कार्यों में होता है; जैसे (i) लघु उद्योगों (ii) लेथ (iii) ड्रिल (iv) ग्राइन्डर (v) चक्र आरा (vi) लाइन शाफ्ट (vii) पोलिशर (viii) वुड प्लेनर (ix) फेन एवं ब्लोवर (x) कम्प्रेशर (xi) वाटर पम्प (xii) ट्यूबवैल आदि।

14.59. दोहरी पिंजरी प्ररूपी प्रेरण मोटर के सामान्य गुणधर्म तथा अनुप्रयोग (General properties and applications of D.S.C.T.I.M.)

(i) साइज अर्थात् क्षमता (Capacity)—110HP एवं 11kV तक

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (Starting torque)—उच्च; ($T_s = 2\cdot5T$)

(iii) आरिम्भक धारा (Starting torque)—पूर्णभार धारा की 4 से 6 गुनी $\{I_s = (4 \text{ to } 6)\,I\}$

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (Starting arrangement)—सुगम; (स्टार्टर द्वारा स्वः आरम्भित)

(v) गति-भार अभिलक्षण (Speed-load characteristic)—पार्श्व अभिलक्षण; (लगभग स्थिर गति)

(vi) गति अभिलक्षण (Speed characteristic)—निर्भार से पूर्णभार तक लगभग स्थिर गति

(vii) प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque)—अति उच्च (very high)

(viii) अतिभार क्षमता (over load capacity)—उच्च (high)

(ix) दक्षता (efficiency)—अपेक्षाकृत उच्च (87 से 89 प्रतिशत तक)

(x) विपरीत गति—प्रदायी वोल्टता के किन्हीं दो कला तारों की ध्रुवता को आपस में बदलने से प्राप्त होती है।

(xi) शक्तिगुणक—0·75 से 0·9 सदैव पश्चगामी (निर्भार पर मध्यम तथा भार पर उच्च शक्तिगुणक)

(xii) अनुरक्षण कीमत (Maintenance cost)—न्यूनतम (minimum)

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
188 / 235

(xiii) आपेक्षिक कीमत (Relative cost)—डेढ़ गुना (1·5 times)

(xiv) अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use), त्रिकला प्र० धा० प्रदायी वोल्टता पर गति नियन्त्रण रहित, आवश्यक उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण पर अधिक शक्ति के उद्योगों तथा भारी-भरकम कार्यों में होता है; जैसे—(i) क्रैशर (ii) बड़ी क्रेनें (iii) कनवेयर (iv) कम्प्रेशर (v) बोरिंग मिल (vi) टैक्सटाइल मिल (vii) लकड़ी पर कार्य करने वाले उपस्कर (viii) दीर्घ रेफ्रिजरेटर (ix) बड़ी पन्च मशीनें (x) बड़ी लेथ मशीनें आदि।

14.60. कला कुण्डलित घूर्णक प्ररूपी प्रेरण मोटर के सामान्य गुणधर्म तथा अनुप्रयोग (General properties and applications of phase wound rotor type I.M.)

(i) साइज अर्थात् क्षमता (capacity)—1000 HP एवं 11 kV तक

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—उच्च ($T_s = 2T$)

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)—पूर्णभार-धारा की दो गुनी ($I_s = 2I$)

(iv) आरम्भिक व्यवस्था—जटिल; (रोटर-रिजिस्टॉन्स स्टार्टर द्वारा)

(v) गति-भार अभिलक्षण—लगभग स्थिर गति (approximate constant speed)

(vi) गति अर्थात् स्पीड—निर्भार से पूर्णभार तक लगभग स्थिर (approximate constant)

(vii) प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque)—अति उच्च (very high) $\left(T_0 \propto \frac{SV^2R_2}{Z_r^2}\right)$

यहाँ S = सर्पी अर्थात् स्लिप (slip)

V = प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता (supply voltage)

R_2 = घूर्णक-प्रतिरोध (rotor resistance)

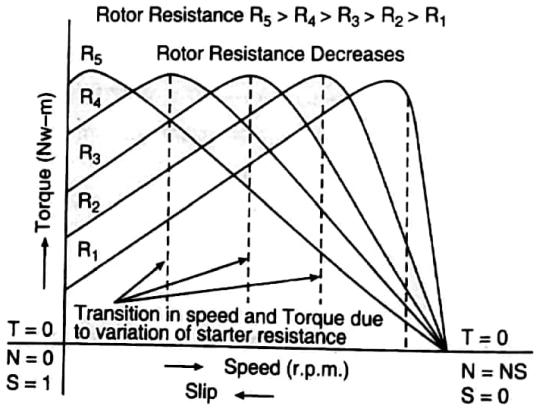
Z_r = घूर्णक-प्रतिबाधा (rotor impedance)

(viii) अतिभार क्षमता (over load capacity)—उच्च (high)

(ix) दक्षता (efficiency)—अपेक्षाकृत न्यून (82 to 85)%

(x) विपरीत गति (opposite speed)—प्रदायी वोल्टता के किन्हीं दो कला तारों की ध्रुवता को आपस में बदलकर प्राप्त होती है।

(xi) शक्तिगुणक (power factor)—0·75 से 0·9 तक, सदैव पश्चगामी शक्तिगुणक (निर्भार पर न्यून तथा उच्च भार पर उच्च शक्तिगुणक)



चित्र 14.19–फेज वाउण्ड रोटर टाइप थ्री-फैज इण्डक्शन मोटर की गति-बलाघूर्ण (S-T) अभिलक्षण।

(xii) अनुरक्षण कीमत (Maintenance cost)—न्यून (low maintenance cost)

(xiii) आपेक्षिक कीमत (Relative cost)—डेढ़ गुनी (1·5 times relative cost)

(xiv) अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use), त्रिकलीय प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता पर उपयुक्त गति नियन्त्रण, उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण, अधिक शक्ति वाले उद्योगों, अर्थात् भारी भार-कार्यों में, भार पर आरम्भन के लिए होता है; जैसे—(i) लिफ्ट एवं क्रेन (ii) हायस्ट एवं हाउलेज (iii) खानों में भारी कार्य (iv) मोटर जेनरेटर सेट (v) लाइन शाफ्ट (vi) पम्प (vii) कम्प्रेसर (viii) वाइंडिंग मशीन (ix) आरा मशीन (x) स्मोक एक्जास्टर (xi) प्रिन्टिंग-प्रेस (xii) रोलिंग मिल में सोपानी गति नियन्त्रण के साथ (xiii) कोलियरी वाइण्डर सोपानी गति नियन्त्रण के साथ।

'सिंगल केज, डबल केज व फेज वाउण्ड रोटर टाइप', इण्डक्शन मोटरों का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	सिंगल केज मोटर	डबल केज मोटर	फेज वाउण्ड मोटर
1.	स्थाता की संरचना (construction of stator)	समान (similar)	एकसमान (uniform)	एकरूप (identical)
2.	घूर्णक की संरचना (construction of rotor)	सादा (simple)	जटिल (complicated)	अति जटिल
3.	रोटर पर स्लिप रिंग्स की उपस्थिति	नहीं होती (no)	नहीं होती (no)	होती है (yes)
4.	रोटर में रिजिस्टॉन्स का जुड़ना या बढ़ना	असम्भव	असम्भव (impossible)	सम्भव (possible)
5.	रोटर के पक्ष से मोटर की स्टार्टिंग	असम्भव	असम्भव (impossible)	सम्भव (possible)
6.	रोटर के पक्ष से मोटर की स्पीड कन्ट्रोल	असम्भव	असम्भव (impossible)	सम्भव (possible)
7.	रोटर के खाँचों का प्ररूप	क्लोज्ड स्लॉट्स	क्लोज्ड स्लॉट्स	सेमी क्लोज्ड स्लॉट
8.	रोटर की कुण्डलन का प्ररूप (type of rotor wdg.)	इकहरी रॉड वाइंडिंग	दोहरी रॉड वाइंडिंग	क्वॉयल वाइंडिंग
9.	रोटर की कुण्डलन का टिकाऊपन	अत्यधिक	अधिक (more)	कम (less)
10.	रोटर की कुण्डलन का प्रतिरोध	अति कम	कम (less)	अधिक (more)
11.	रोटर का शक्तिगुणक	अति कम	कम (less)	अधिक (more)
12.	रोटर में प्रेरित वैद्युत शक्ति	कम (less)	अधिक (more)	अत्यधिक
13.	रोटर में विकसित यान्त्रिक शक्ति	सामान्य (normal)	अधिक (more)	अत्यधिक
14.	मोटर में विकसित बलाघूर्ण	सामान्य (normal)	अधिक (more)	अत्यधिक
15.	मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण	सामान्य (normal)	अधिक (more)	अत्यधिक
16.	मोटर का धावी बलाघूर्ण	अधिक (more)	अत्यधिक	सामान्य
17.	निर्धारित गति (rated speed)	अत्यधिक	अधिक (more)	कम (less)

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
189 / 235

18.	निर्धारित सर्पी गति (slip speed)	अतिकम	कम (less)	अधिक (more)
19.	गति स्थायित्व (speed stability)	सामान्य (normal)	अधिक (more)	कम (less)
20.	निर्धारित सर्पी (rated slip)	अतिकम	कम (less)	अधिक (more)
21.	निर्भार सर्पी (no-load slip)	अतिकम	कम (less)	अधिक (more)
22.	भार के बढ़ने पर गति की अवस्था	कम घटना	अतिकम घटना	अत्यधिक घटना
23.	अतिभार क्षमता	अधिक (much)	अत्यधिक	कम (less)
24.	मोटर का निष्पादन	सामान्य (normal)	श्रेष्ठ/उत्तम	अतिश्रेष्ठ/सर्वोत्तम
25.	मोटर की दक्षता (efficiency)	सामान्य (normal)	अधिक (more)	अत्यधिक
26.	सुरक्षा गुणक (safety factor)	अत्यधिक/अति उच्च	अधिक/उच्च	कम/न्यून (low)
27.	देखरेख एवं अनुरक्षण	अतिकम	कम (less)	अधिक (more)
28.	प्रारम्भिक लागत (initial cost)	अतिकम	कम (less)	अधिक (more)
29.	अनुप्रयोग (applications)	इसका प्रयोग न्यून बलाघूर्ण की स्थिति में आवासों, कार्यशालाओं व लघु उद्योगों के गति नियन्त्रण रहित लघु कार्यों के लिये होता है; जैसे पम्प, फैन, लेथ मशीन, ड्रिल मशीन, प्रिन्टिंग प्रैस, आटा चक्की आदि।	इसका प्रयोग उच्च धावी बलाघूर्ण की स्थिति में भारी-भरकम कार्यों के लिये अधिक होता है; जैसे आरा मशीन, सिविल कंस्ट्रक्शन वर्क मशीनों आदि।	इसका प्रयोग उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण की स्थिति में भारी भरकम कार्यों के लिये अधिक होता है; जैसे लिफ्ट एण्ड क्रेन, होइस्ट एण्ड हाउलेज, ट्रेन, ट्राम व ट्रॉली आदि।

(A) ट्रांसफॉर्मर एवं इण्डक्शन मोटर की समानताओं (Similarities) सम्बन्धी तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक	तुलनात्मक घटक (Comparative factors)	परिणामित्र (Transformer)	प्रेरण मोटर (Induction motor)
1.	यन्त्र का प्ररूप	शुद्ध प्रत्यावर्तीधारा यन्त्र	प्योर ऑल्टरनेटिंग मशीन
2.	प्रदायी-पक्ष कुण्डलन	प्राथमिक कुण्डलन (primary wdg.)	स्थाता-कुण्डलन
3.	भार-पक्ष-कुण्डलन (load side winding)	द्वितीयक कुण्डलन (secondary wdg.)	घूर्णक-कुण्डलन (rotor winding)
4.	कार्य-सिद्धान्त (working principle)	प्रेरण सिद्धान्त (induction principle)	प्रेरण सिद्धान्त (induction principle)
5.	प्राकृतिक शीतलन का प्राविधान	सभी लघु परिणामित्रों में होता है।	सभी लघु प्रेरण मोटरों में होता है।
6.	वायु शीतलन का प्राविधान	संयुक्त रूप में होता है।	सभी दीर्घ प्रेरण मोटरों में होता है।

7.	प्रदायी कुण्डलन हानियाँ	प्राथमिक कुण्डलन हानियाँ (p.w.l.)	स्थाता-कुण्डलन हानियाँ (s.w.l.)
8.	वैद्युत तुल्य परिपथ (e.e.c.)	प्रेरण मोटर जैसा (like an i.m.)	परिणामित्र जैसा (like a t/f)
9.	कलीय आरेख (p.d)	प्रेरण मोटर जैसा (like an i.m.)	परिणामित्र जैसा (like a t/f)
10.	परीक्षण का प्ररूप (type)	निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं :	निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं :
	(a) प्रथम परीक्षण का नाम (name of first test)	खुलापथ परीक्षण (open-circuit test)	निर्भार परीक्षण (no-load test)
	(b) द्वितीय परीक्षण का नाम (name of second test)	लघुपथ परीक्षण (short-circuit test)	रोक घूर्णक परीक्षण (block rotor test)

(B) ट्रांसफॉर्मर एवं इण्डक्शन मोटर की असमानताओं (Differences) सम्बन्धी तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक	तुलनात्मक कारक (Comparative factors)	परिणामित्र (Transformer)	प्रेरण मोटर (Induction motor)
1.	यन्त्र का प्ररूप (type of m/c)	स्थैतिक यन्त्र (static machine)	घूर्णी यन्त्र (rotating machine)
2.	संरचना (Construction)	अति सरल (very simple)	अपेक्षाकृत जटिल (complicated)
3.	बाहरी आवरण (external cover)	टैंक (tank)	योक (yoke) या बॉडी (body)
4.	कुण्डलन संस्थापन	अंगों पर (on limbs)	खाँचों में (in slots)
5.	अंशनिष्कासन का प्राविधान	बड़े परिणामित्रों में होता है।	नहीं होता (not at all)
6.	प्रमाप अथवा आकार (size)	अपेक्षाकृत दीर्घ (big)	अपेक्षाकृत लघु (small)
7.	वजन अथवा भार (weight)	अपेक्षाकृत अधिक (more)	अपेक्षाकृत कम (less)
8.	तेल शीतलन का प्राविधान	होता है (न्यूनतम क्षमता = 10 kVA)	नहीं होता (no provision at all)
9.	जल शीतलन का प्राविधान	होता है (न्यूनतम क्षमता = 10 MVA)	नहीं होता (no provision at all)
10.	प्रवर्तक की आवश्यकता (necessity of starter)	नहीं होती (not at all)	उच्च क्षमता वाली मोटरों के लिए होती है।
11.	बलाघूर्ण का उत्पादन	नहीं होता (not at all)	होता है अर्थात् हाँ (yes)
12.	चाल अथवा गति (speed)	शून्य गति अर्थात् गतिरहित	सदैव तुल्यकाली गति से कम
13.	बेयरिंग की आवश्यकता	नहीं होती (not at all)	होती है अर्थात् हाँ (yes)
14.	गति नियन्त्रण की आवश्यकता	नहीं होती (not at all)	होती है अर्थात् हाँ (yes)
15.	निर्गत का प्ररूप (type of output)	वैद्युत शक्ति (electrical power)	यान्त्रिक शक्ति (mec. power)
16.	आवृत्ति (f) में परिवर्तन	नहीं होता (not at all)	होता है अर्थात् हाँ (yes)
17.	नियमन का प्ररूप (type of regulation)	वोल्टता नियमन (voltage regulation)	गति नियमन (speed regulation)

Scanned with CamScanner
190 / 235

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. क्या कारण है कि विश्व में इण्डक्शन मोटरों का प्रयोग (use) सर्वाधिक होता है?
2. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रण की विभिन्न विधियों की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2006)*
3. 'स्काइरल केज एवं फेज वाउण्ड' रोटर टाइप इण्डक्शन मोटरों में अन्तर समझाइए। *(U.P. 2005)*
4. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर को प्रवर्त (start) करने के लिए कौन-सी विधियाँ हैं? उनको समझाइए। *(U.P. 2004)*
5. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर को प्रवर्त (चालू) करने के लिए प्रवर्तक (starter) की आवश्यकता क्यों होती है? *(U.P. 2004, 07)*
6. स्टार-डेल्टा स्टार्टर का परिपथ आरेख बनाइए तथा उसका कार्य समझाइए। *(U.P. 2006)*
7. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के लिए सर्पी-बलाघूर्ण ($S-T$) अभिलक्षण खींचिए और समझाइए। *(U.P. 2004)*
8. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की गति नियन्त्रित करने वाली किन्हीं दो विधियों का वर्णन कीजिए।
9. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की कार्य-विधि (working method) समझाइए। *(U.P. 2002)*
10. एक त्रिकला प्रेरण मोटर के कार्य-सिद्धान्त को समझाइए तथा सर्पण (slip) की परिभाषा दीजिए। *(U.P. 2010)*
11. त्रिकला प्रेरण मोटर के लिए प्रयुक्त स्टार-डेल्टा प्रवर्तक की संरचना तथा कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2006, 07, 10)*
12. प्रेरण मोटरों में सर्पी से आप क्या समझते हैं? संरचना तथा उपयोगों के आधार पर सर्पी वलय प्ररूपी तथा पिंजरी प्ररूपी प्रेरण मोटरों की तुलना कीजिए। *(U.P. 2012)*
13. त्रिकला प्रेरण मोटर को चलाने की विधियों का उल्लेख कीजिए तथा स्टार-डेल्टा स्टार्टर का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2012)*
14. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर में स्टार-डेल्टा स्टार्टर की व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2006)*
15. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर का सर्पी-बलाघूर्ण ($S-T$) अभिलक्षण खींचिए।
16. त्रिकला प्रेरण मोटर में प्रयुक्त होने वाले दो प्रकार के रोटर क्या हैं? इनमें से कौन एक अधिक आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) की आवश्यकता के लिए उपयुक्त है?
17. एक मल्टिफेज इण्डक्शन मोटर के प्रचालन सिद्धान्त को समझाइए। स्पष्ट कीजिये कि एक इण्डक्शन मोटर, सिन्क्रोनस स्पीड पर क्यों नहीं चल सकती है?
18. त्रिकला प्रेरण मोटर के प्रवर्तन में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के प्रवर्तकों की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2003)*
19. त्रिकला प्रेरण मोटर की गति-बलाघूर्ण अभिलाक्षणिक वक्र पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। *(U.P. 2003)*
20. इण्डक्शन मोटरों के प्ररूप (types) लिखिए। *(U.P. 2007)*
21. एक थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के लिए स्टार-डेल्टा स्टार्टर का सम्बन्धन आरेख खींचिये। इसकी कार्य-विधि का वर्णन कीजिये तथा इसके अनुप्रयोग लिखिये। *(U.P. 2007)*
22. एक बहुकला प्रेरण मोटर की रचनात्मक विवरणों (details) का वर्णन कीजिए। क्रोड (core), पटलित (laminated) क्यों होता है?
23. थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के स्लिप की परिभाषा कीजिये। त्रिकला प्रेरण मोटर स्व-प्रवर्तित (self-started) क्यों होती हैं?
24. एक इण्डक्शन मोटर में टॉर्क किस प्रकार उत्पन्न होता है? समझाइये। क्या यह मोटर तुल्यकाली गति पर चल सकती है? अपने उत्तर के समर्थन में कारण लिखिये।
25. त्रिकला पिंजरी प्रेरण मोटरों की प्रवर्तन विधियों के नाम लिखिये। 'स्टार/डेल्टा' प्रवर्तक विधि को सम्बन्धन आरेख की सहायता से समझाइये। *(U.P. 2005)*
26. एक त्रिकला प्रेरण मोटर के कार्य-सिद्धान्त (woriking principle) को संक्षेप में समझाइये। *(U.P. 2003, 07)*
27. त्रिकला पिंजरी प्रेरण मोटर की संरचना तथा कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिये।

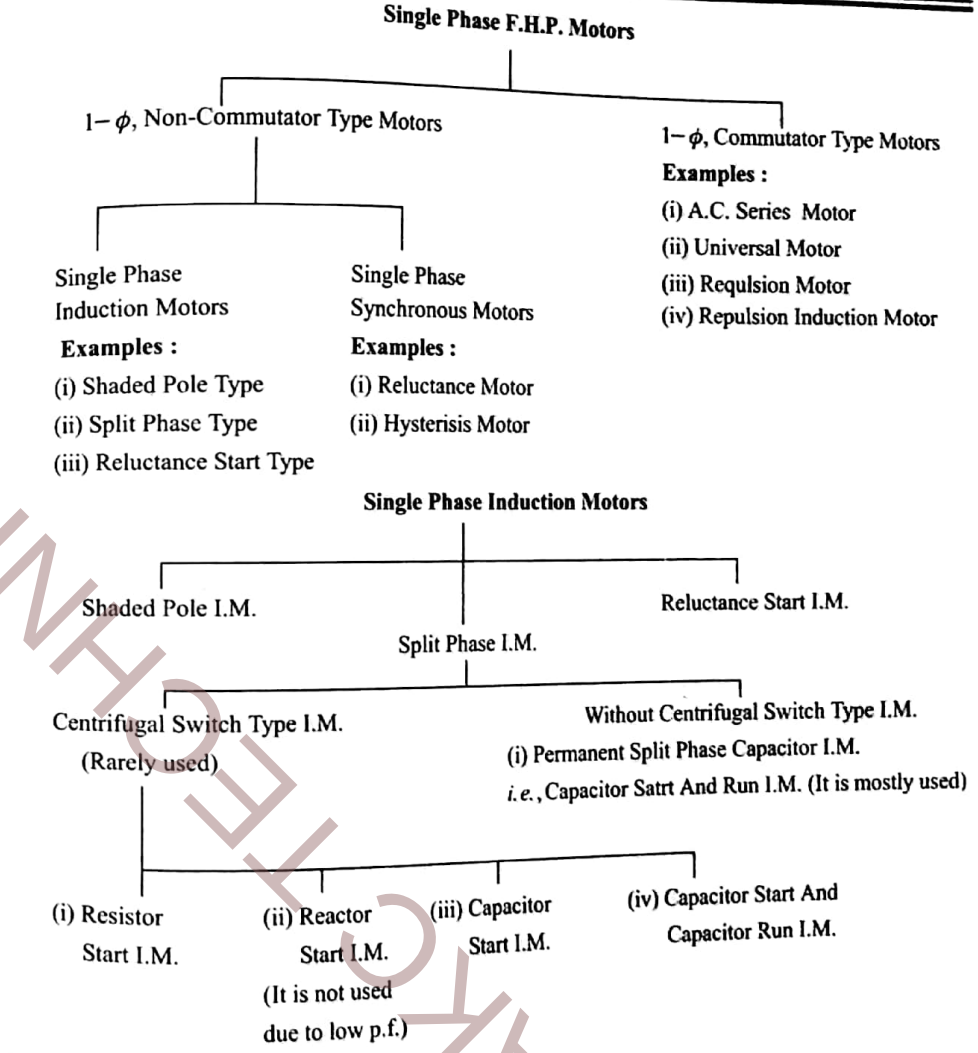
AKG THOMSON PRESS
Scanned with CamScanner
191 / 235

28. पिंजरी प्रेरण तथा सर्पी वलयी प्ररूपी प्रेरण मोटरों की रचनात्मक विभेदों का विवेचन कीजिये। उनके लाभ तथा अलाभ दीजिये। *(U.P. 2004)*
29. त्रिकला प्रेरण मोटर के प्रमुख भागों के नाम लिखिए तथा उसके कार्य-सिद्धान्त को समझाइए।
30. एक श्री-फेज इण्डक्शन मोटर का टॉर्क-स्लिप अभिलक्षण खींचिए। *(U.P. 2003)*
31. इण्डक्शन मोटर को चालू करने के लिए स्टार्टर क्यों प्रयोग किए जाते हैं? स्टार-डेल्टा स्टार्टर का परिपथ आरेख खींचिए तथा कार्य समझाइए। *(U.P. 2004)*
32. फेज वाउण्ड एवं केज वाउण्ड, टाइप इण्डक्शन मोटरों की संरचना में अन्तर बताइए।
33. दोनों (कला तथा पिंजरी) प्रकार के त्रिकला प्रेरण मोटरों की बलाघूर्ण-चाल ($T-N$) अभिलक्षण वक्रों को प्राप्त कीजिये तथा उनका आरेख खींचिये।
34. श्री-फेज इण्डक्शन मोटरों की चाल नियन्त्रण की विभिन्न विधियों के नाम लिखिये। उनमें से किसी एक को विस्तार से समझाइये। *(U.P. 2007)*
35. एक त्रिकला प्रेरण मोटर के कार्य-सिद्धान्त को समझाइये। इस मोटर का उद्योगों में क्या अनप्रयोग है?
36. त्रि-कला प्रेरण मोटर का बलाघूर्ण-सर्पण वक्र खींचिये व इसकी व्याख्या कीजिए। *(U.P. 2015)*

गणनात्मक प्रश्न

1. एक 50 Hz, 6-पोल का प्रेरण मोटर फुल लोड पर 950 r.p.m. चाल से चलता है। प्रतिशत स्लिप ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 5 प्रतिशत]
2. एक 8-पोल, 50 Hz की इण्डक्शन मोटर फुल लोड पर 720 r.p.m. चाल पर चल रही है। प्रतिशत स्लिप ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 4 प्रतिशत]
3. एक 6-पोल का ऑल्टरनेटर 1000 r.p.m. पर घूमता है और 8-पोल की किसी इण्डक्शन मोटर को सप्लाई करता है। मोटर की वास्तविक चाल निकालिये। मोटर की स्लिप 2·5% है।
   [**उत्तर** : 731·25 r.p.m.]
4. एक 8-पोल का ऑल्टरनेटर 750 r.p.m. पर घूमता है और 6-पोल की किसी इण्डक्शन मोटर को सप्लाई करता है। मोटर की फुल लोड स्लिप 3 प्रतिशत है। मोटर की फुल लोड स्पीड ज्ञात कीजिये और इसके मोटर में प्रेरित विद्युत-वाहक बल की आवृत्ति (frequency) भी ज्ञात कीजिए।
   [**उत्तर** : 1·5 Hz, 970 r.p.m.]

15 एकलकला प्रेरण मोटरें
[SINGLE PHASE INDUCTION MOTORS]



15.1. परिचय (Introduction)

यद्यपि श्री-फेज इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक रोटेटिंग मशीनों की अपेक्षा, सिंगल-फेज इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक रोटेटिंग मशीनों का कार्य निष्पादन (performance) अधिक श्रेष्ठ नहीं होता, फिर भी घरेलू तथा औद्योगिक क्षेत्र (domestic and industrial fields) में सिंगल फेज इलेक्ट्रोमॉग्नेटिक रोटेटिंग मशीन का अभिनय (role) महत्त्वपूर्ण है।

AKOTECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

पिछले अध्यायों में डी० सी० तथा थ्री-फेज इन्टिग्रल हॉर्स-पावर वाली मोटरों का वर्णन किया गया है, जिनका प्रयोग (use) औद्योगिक क्षेत्र (industrial field) के अन्तर्गत बड़े कार्यों में होता है। इस अध्याय में केवल सिंगल-फेज फ्रेक्शनल हॉर्स-पावर वाली मोटरों का वर्णन किया गया है, जिनका प्रयोग 'घरेलू तथा औद्योगिक' क्षेत्रों में लघु कार्यों के लिए होता है।

15.2. सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की संरचना (Construction)

यद्यपि सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की मूल संरचना, थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर के लगभग समान होती है; परन्तु कुछ पहलू (aspects) ऐसे अवश्य हैं, जो सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की संरचना को थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की संरचना से पृथक् करते हैं। इन्हीं मुख्य तुलनात्मक पहलुओं को यहाँ पर स्पष्ट किया गया है, जो निम्न प्रकार हैं—

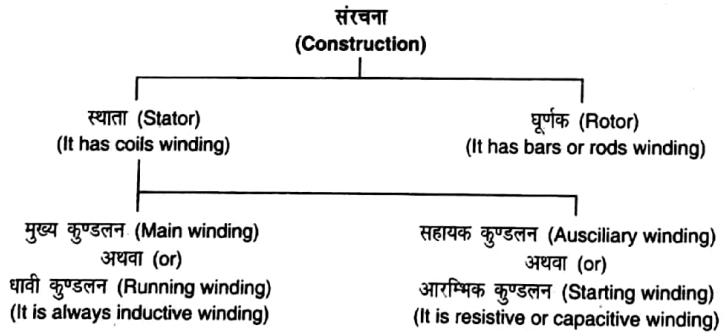
(i) सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर का रोटर, प्राय: स्काइरल केज टाइप होता है, जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर का रोटर, स्काइरल केज टाइप होने के अतिरिक्त, कुछ मोटरों का रोटर, फेज वाउण्ड टाइप भी होता है।

(ii) सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर के स्टेटर पर केवल एक अथवा दो (main and auxiliary) सिंगल-फेज वाइण्डिंग्स होती हैं, जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर में स्टेटर पर तीन पृथक्-पृथक् कुण्डलियों की थ्री-फेज वाइण्डिंग्स होती हैं।

(iii) कुछ सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की स्टेटर वाइण्डिंग में अपकेन्द्री स्विच (centrifugal switch) लगा होता है, जो मोटर के स्टार्ट हो जाने के बाद, उसकी स्टार्टिंग वाइण्डिंग अर्थात् ऑक्सिलियरी वाइण्डिंग को प्रदायी वोल्टता से पृथक् कर देता है, जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर में ऐसा कुछ नहीं होता है।

(iv) सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की स्टेटर वाइण्डिंग से केवल दो अथवा चार सिरे (terminals or leads) बाहर निकलकर, टर्मिनल बॉक्स में आते हैं, जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की स्टेटर वाइण्डिंग से छः सिरे (six terminals) बाहर निकलकर, टर्मिनल बॉक्स पर आते हैं।

(v) सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की सरंचना प्राय: आंशिक अश्व-शक्ति क्षमता (fractional horse power capacity) में की जाती है, जिसे स्मॉल मोटर का नाम दिया जाता है; जबकि थ्री-फेज इण्डक्शन मोटर की संरचना पूर्ण अश्व-शक्ति क्षमता (integral horse-power capacity) में की जाती है, जिसे लॉर्ज मोटर का नाम दिया जाता है।



15.3. सिंगल फेज मोटरों में घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र का उत्पादन या जनन (Production of rotating magnetic field in single phase motors)

एकलकला मोटर की स्थाता-कुण्डलन को, जब ज्यावक्रीय एकलकला प्रत्यावर्ती प्रदायी वोल्टता (v) प्रदान की जाती है, तो उसमें प्रत्यावर्तीधारा (i) प्रवाहित होती है। इससे प्रत्यावर्तीफ्लक्स (ϕ) उत्पन्न होता है; क्योंकि $\phi \propto i \propto v$ होता है। इस प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र (alternating magnetic field) की प्रकृति, स्पंदनीय (pulsating) होती है; इसलिए इसे स्पंदनीय चुम्बकीय क्षेत्र (pulsating magnetic field) भी कहते हैं। इससे प्रत्यावर्ती अर्थात् स्पंदनीय बलाघूर्ण (pulsating torque) उत्पन्न होता है। इसका प्रारम्भिक मान शून्य होता है; इसलिए यह मोटर को प्रवर्त (start) करने में असमर्थ होता है। मोटर को

केवल घूर्णी बलाघूर्ण ही प्रवर्त कर सकता है; इसलिए यदि मोटर के रोटर को किसी भी दिशा में बाह्य स्रोत से घुमा दिया जाए, तो रोटर उसी दिशा में सतत् घूमने लगता है। ऐसा इसलिए होता है कि रोटर को घुमाने से रोटर के अन्दर घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, जो घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) उत्पन्न कर देता है। इसकी व्याख्या निम्नांकित दो चुम्बकीय क्षेत्रों के सिद्धान्तों द्वारा भी की जा सकती है—

(i) द्विक्षेत्र परिक्रामी सिद्धान्त (Double field revolving theory)

(ii) क्रुश क्षेत्र सिद्धान्त अर्थात् क्रोस फील्ड थ्योरी (Cross field theory)

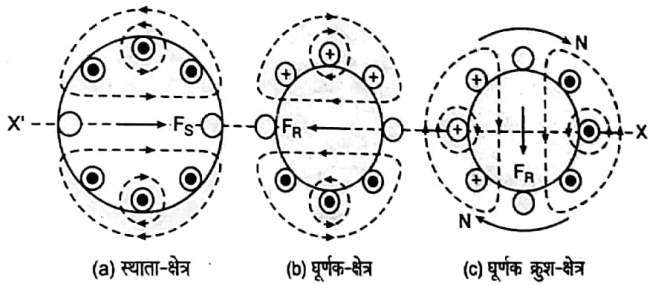
15.4. क्रुश क्षेत्र सिद्धान्त (Cross field theory)

ए० सी० सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में विकसित बलाघूर्ण (developed torque)

$$T = KF_sF_R \sin\delta \text{ न्यूटन मीटर} \quad \text{...सूत्र}$$

यहाँ पर K = समानुपाती स्थिरांक है और δ = परिणामी स्थाता-क्षेत्र (F_S) तथा परिणामी घूर्णक-क्षेत्र (F_R) के बीच का कोण (angle) है।

चित्र 15.1 (a) में स्टेटर की वाइंडिंग में प्रवाहित धारा से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र तथा इसके परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 15.1–रोटर क्रोस फील्ड थ्योरी सम्बन्धी आरेख (diagram)।

चित्र 15.1 (b) में स्तब्ध अवस्था (standstill condition) पर रोटर की वाइंडिंग में परिणामित्र क्रिया (transformer action) द्वारा प्रेरित स्थैतिक विद्युत-वाहक बल के कारण प्रवाहित धारा से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र तथा इसके परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित किया गया है, जो स्टेटर के परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के विपरीत है। इस प्रकार इन दोनों परिणामी चुम्बकीय क्षेत्रों के बीच का कोण 180 अंश है। इस स्थिति में मोटर के अन्दर बलाघूर्ण (torque $\propto \sin\delta$) उत्पन्न नहीं होता और मोटर, प्रवर्त (start) नहीं होती।

चित्र 15.1 (c) के अनुसार, अब यदि रोटर को किसी बाह्य बल-स्रोत द्वारा दक्षिणावर्त दिशा (clockwise direction) में थोड़ा-सा घुमा दिया जाए, तो रोटर द्वारा स्टेटर-फील्ड को काटा जाएगा। फलत: रोटर की वाइंडिंग में एक-अन्य गतिक विद्युत-वाहक बल उत्पन्न हो जाएगा, जो पूर्व परिणामित्र क्रिया द्वारा प्रेरित स्थैतिक विद्युत-वाहक बल से भिन्न होगा। इसकी दिशा को दक्षिण हस्त-नियम (r.h.r.) द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इस गतिक विद्युत-वाहक बल के कारण, रोटर वाइंडिंग में प्रवाहित धारा से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र तथा इसके परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र को चित्र 15.1 (c) में दर्शाया गया है, जो स्टेटर के परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् है। इसे घूर्णक का क्रुश चुम्बकीय क्षेत्र कहते हैं। इसी के कारण, रोटर पर अधिकतम बलाघूर्ण (torque $\propto \sin\delta$) लागू होता है और रोटर सतत् घूमने लगता है।

15.5. द्वि-परिक्रमण क्षेत्र-सिद्धान्त (Double revolving field theory)

विदित है कि व्यावहारिक रूप से सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर स्वचालित (self-started) नहीं है और जिस दिशा में मोटर के रोटर को थोड़ा-सा घुमा दिया जाए; उसी दिशा में वह अपनी पूर्ण गति से घूमने लगता है। इससे हम अग्रलिखित निष्कर्षों पर पहुँचते हैं—

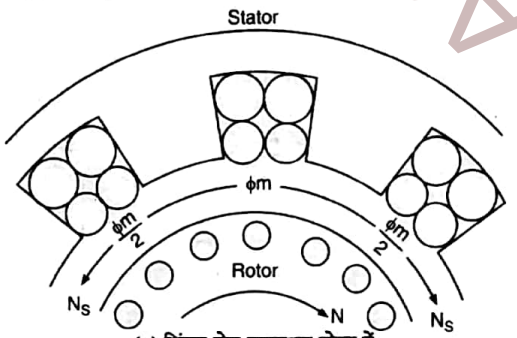
Scanned with CamScanner
193 / 235

(i) मोटर में आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque) नहीं होता; क्योंकि मोटर स्वचालित (self-operated) अर्थात् स्वप्रवर्त (self-started) नहीं होती है।

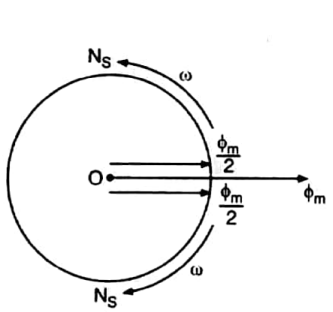
(ii) मोटर में घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) होता है; क्योंकि मोटर अपनी पूर्ण गति पर सतत् घूमती रहती है।

(iii) मोटर में घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) दोनों दिशाओं में समान रूप से होता है; क्योंकि मोटर दोनों दिशाओं (clockwise and anticlockwise direction) में समान रूप से घूमती है।

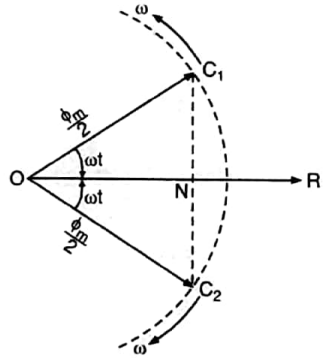
परिक्रामी क्षेत्र-सिद्धान्त (r.f.t.) के अनुसार, सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की स्टेटर वाइंडिंग में धारा के कारण, उत्पन्न प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र (alternating magnetic field) को दो समान घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) के घटकों (components) में विभाजित किया जा सकता है, जिनमें प्रत्येक का आयाम (magnitude) प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र (a.m.f.) के आयाम का आधा होता है, जो एक-दूसरे के विपरीत दिशाओं में समान तुल्यकाली गति (N_s) से समान रूप से घूमते हैं, जैसा कि चित्र 15.2 से स्पष्ट है।



(a) सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में स्थाता का विभक्त चुम्बकीय क्षेत्र



(b) सदिशारेख (t = 0⁺)



(c) सदिशारेख (t = t)

चित्र 15.2–एकलकला चुम्बकीय क्षेत्र का द्वि-परिक्रामी क्षेत्र सिद्धान्त सम्बन्धी सदिश आरेख।

उक्त सिद्धान्त के अनुसार, माना कि $\phi_m / 2$ आयाम के दो एकरूप घटक OC_1 व OC_2 तुल्यकाली कोणीय वेग (ω) से एक-दूसरे की विपरीत दिशा में घूम रहे हैं और X-अक्ष से शून्य समय पर आरम्भ होकर, t समय तक ωt कोणीय दूरी तय करते हैं, जैसा कि चित्र 15.2 (c) से स्पष्ट है। तब इन दोनों घटकों का परिणामी क्षेत्र (resultant-field)

$$OR = \{(OC_1)^2 + (OC_2)^2 + 2 \times OC_1 \times OC_2 \times \cos 2\omega t\}^{1/2} \quad \text{(मान रखने पर)}$$

$$\phi = \left\{\left(\frac{\phi m}{2}\right)^2 + \left(\frac{\phi m}{2}\right)^2 + 2 \times \frac{\phi m}{2} \times \frac{\phi m}{2} \times \cos 2\omega t\right\}^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \left(\frac{\phi m^2}{4} + \frac{\phi m^2}{4} + \frac{\phi m^2}{2} \cos 2\omega t\right)^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \left(\frac{\phi m^2}{2} + \frac{\phi m^2}{2} \cos 2\omega t\right)^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \left(\frac{\phi m^2}{2} (1 + \cos 2\omega t)\right)^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$= \left(\frac{\phi m^2}{2} \times 2\cos^2 \omega t\right)^{1/2} \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$\phi = \phi_m \cos \omega t \quad \text{...वांछनीय सूत्र (i)}$$

वैकल्पिक विधि (Alternating method)

चित्र 15.2 (c) के अनुसार, कुल क्षैतिजिक चुम्बकीय क्षेत्र (total horizontal m.f.)

$$OR = ON + NR \quad \text{(सदिश आरेख द्वारा मान रखने पर)}$$

$$\phi_H = \frac{\phi_m}{2} \cos \omega t + \frac{\phi_m}{2} \cos \omega t = \phi_m \cos \omega t \quad \text{...सूत्र (a)}$$

चित्र 15.2 (c) के अनुसार कुल ऊर्ध्वाधर चुम्बकीय क्षेत्र (total vertical m.f.)

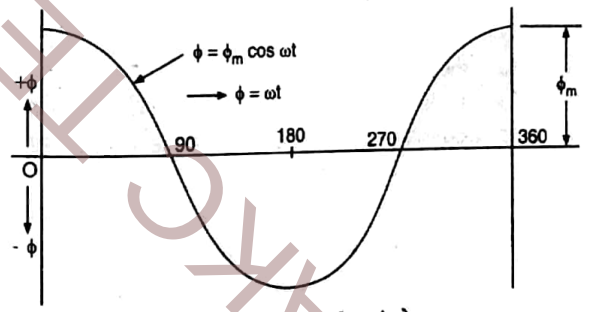
$$\phi_V = \frac{\phi_m}{2} \sin \omega t - \frac{\phi_m}{2} \sin \omega t = 0 \text{ (zero)} \quad \text{...सूत्र (b)}$$

उक्त दोनों चुम्बकीय क्षेत्रों का परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र (Resultant magnetic field)

$$\phi = (\phi_H^2 + \phi_V^2)^{1/2} \quad \text{(उक्त मान रखने पर)}$$

$$= \{(\phi_m \cos \omega t)^2 + (\text{zero})^2\}^{1/2}$$

$$= \phi_m \cos \omega t \quad \text{...सूत्र (i)}$$



चित्र 15.3–कोज्यावक्रीय तरंगारेख।

उक्त समीकरण (i) प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र का एक कोज्यावक्रीय समीकरण है, जिसका वक्र (ग्राफ) चित्र 15.3 में दर्शाया गया है।

MADE TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
194 / 235

इयूलर-सूत्रों के अनुसार (according to Euler's formulae)

$$\cos \omega t + j \sin \omega t = e^{j\omega t} \quad \text{...सूत्र (ii)}$$

$$\cos \omega t - j \sin \omega t = e^{-j\omega t} \quad \text{...सूत्र (iii)}$$

उक्त दोनों (ii) व (iii) सूत्रों को परस्पर जोड़ने पर प्राप्त सूत्र (formula)

$$2\cos \omega t = e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}$$

अर्थात्

$$\cos \omega t = \frac{1}{2}(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}) \quad \text{...सूत्र (iv)}$$

उक्त सूत्र (iv) का मान सूत्र (i) मे रखने पर प्राप्त सूत्र (fomula)

$$\phi = \frac{\phi_m}{2}(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t})$$

$$= \frac{\phi_m}{2} e^{j\omega t} + \frac{\phi_m}{2} e^{-j\omega t} \quad \text{...सूत्र (v)}$$

I.M.F. = Anticlockwise M.F. + clockwise M.F.

तात्क्षणिक चु० क्षे० = वामावर्त चु० क्षेत्र + दक्षिणावर्त चु० क्षेत्र

इस प्रकार फैरारी के सिद्धान्तानुसार, एकलकला प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के अधिकतम मान (ϕ_m) को दो समान घटकों में विभक्त किया (बाँटा) जा सकता है, जिसमें प्रत्येक का आयाम, प्रत्यावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के आयाम का आधा होता है। ये दोनों अर्द्ध-चुम्बकीय क्षेत्र समान तुल्यकाली गति (N_s) से विपरीत दिशाओं मे सतत् परिक्रमण (revolve) करते हैं; जैसा कि चित्र 15.2 से स्पष्ट है।

यहाँ पर $\frac{1}{2}\phi_m e^{+j\omega t}$ वामावर्त चुम्बकीय क्षेत्र है, जो मोटर मे वामावर्त बलाघूर्ण उत्पन्न करता है और $\frac{1}{2}\phi_m e^{-j\omega t}$ दक्षिणावर्त चुम्बकीय क्षेत्र है, जो मोटर मे दक्षिणावर्त बलाघूर्ण उत्पन्न करता है। इन दोनों बलाघूर्णों तथा इनके परिणामी बलाघूर्ण के वक्रों को सर्पी (slip) की विस्तृत परास ($S = 0$ to 2) के सापेक्ष, चित्र 15.4 में दर्शाया गया है।

परिणामी सर्पी-बलाघूर्ण वक्र (S-T curve) से स्पष्ट है कि आरम्भ में इकाई सर्पी ($S = 1$) पर बलाघूर्ण का मान शून्य है; इसलिए मोटर स्वचालित (self start) नही होगी।

अब यदि मोटर के रोटर को किसी भी दिशा मे बाह्य बल-स्रोत से घुमा दिया जाए, तो उसी दिशा में रोटर की सर्पी क्रमशः घटती जाती है और बलाघूर्ण बढ़ता जाता है। फलतः मोटर की गति उसी दिशा में सतत् बढ़ती जाएगी और मोटर घूमने (चलने) लगेगी।

अग्रगामी घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (forward r.m.f.) द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण को त्वरक बलाघूर्ण (accelerating torque) कहते हैं और विरोधी घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (backward r.m.f.) द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण को आरोधी बलाघूर्ण (braking torque) कहते हैं। किसी निश्चित सर्पी अथवा बलाघूर्ण पर परिणामी बलाघूर्ण का मान उक्त दोनों बलाघूर्णों के मानों का अन्तर (difference) होता है। इस प्रकार हम निम्नवर्णित निष्कर्षों पर पहुँचते हैं—

(i) आरम्भ में इकाई सर्पी ($S = 1$) पर परिणामी बलाघूर्ण का मान शून्य ($T = 0$) होता है; इसलिए मोटर स्वप्रवर्त (self start) नहीं होती; परन्तु जिस दिशा मे रोटर को घुमा दिया जाता है, उसी दिशा में रोटर सतत घूमने लगता है।

(ii) दोनों दिशाओं (directions) में रोटर पर बलाघूर्ण (T) समान रूप से लागू होता है; इसलिए दोनों दिशाओं में रोटर समान स्थितियों (conditions) मे प्रचालित (operate) होता है।

(iii) किसी भी दिशा में मोटर का सन्तोषजनक प्रचालन, उसके प्रवर्त (start) करने के विन्यास पर निर्भर करता है।

15.6. एकलकला प्रेरण मोटर में 'सर्पण या सर्पी' का परिकलन (Calculation of slip in single phase induction motor)

चित्र 15.2 (a) के अनुसार, माना कि सिंगल फेज-इण्डक्शन मोटर का रोटर, N गति से दक्षिणावर्त दिशा (clockwise direction) में घूमता है।

(i) दक्षिणावर्ती तुल्यकाली गति के सापेक्ष, अग्र 'सर्पण या सर्पी' का परिकलन (Calculation of forward slip with respect to clockwise synchronous speed)

Forward slip $$S_f = \frac{N_s - N}{N_s} \quad \text{...अग्र सर्पी सूत्र (i)}$$

(a) घूर्णक की स्तब्ध अवस्था पर (At standstill condition of a rotor)

When $N = 0$ Then $S_f = 1$ and $T_f = T_s$

(b) **घूर्णक की धावी अवस्था पर** (At running condition of a rotor)

When $N = N_s$ Then $S_f = 0$ and $T_f = 0$ (zero)

When $N = -N_s$ Then $S_f = 2$ and $T_f = +$ Minimum

(ii) वामावर्ती तुल्यकाली गति के सापेक्ष, पश्च सर्पी का परिकलन (Calculation of backward slip with respect to anticlockwise synchronous speed)

Backward slip $$S_b = \frac{-N_s - N}{-N_s} = \frac{N_s + N}{N_s} \quad \text{...पश्च सर्पी सूत्र (i)}$$

अथवा $$S_b = \frac{N_s - (-N)}{N_s} = \frac{N_s + N}{N_s} \quad \text{...पश्च सर्पी सूत्र (ii)}$$

(a) घूर्णक की स्तब्ध अवस्था पर (At standstill condition of a rotor)

When $N = 0$ Then $S_b = 1$ and $T_b = T_s$

(b) घूर्णक की धावी अवस्था पर (At running condition of a rotor)

When $N = N_s$ Then $S_b = 2$ and $T_b = -$ Minimum

When $N = -N_s$ Then $S_b = 0$ and $T_b = 0$ (zero)

(iii) अग्र सर्पी तथा पश्च सर्पी में सम्बन्ध (Relation between forward slip and backward slip)

Backward slip $$S_b = \frac{N_s + N}{N_s} \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

$$S_b = \frac{2N_s - (N_s - N)}{N_s} \quad \text{(भाग देने पर)}$$

$$S_b = 2 - \left(\frac{N_s - N}{N_s}\right) = 2 - S_f \quad \text{(व्यवस्थित करने पर)}$$

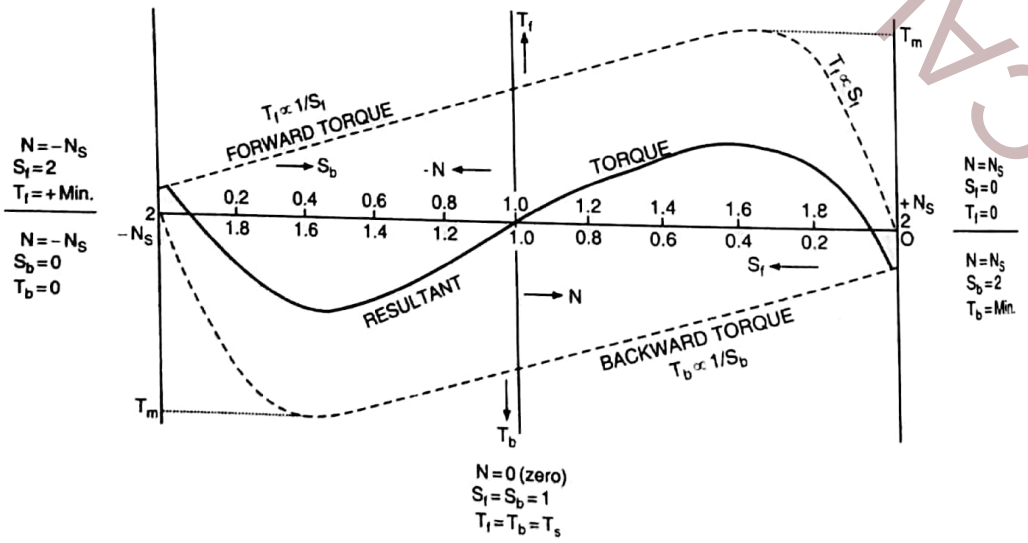
$$\boxed{S_f + S_b = 2} \quad \text{...सम्बन्ध सूत्र (iii)}$$

Scanned with CamScanner
195 / 235
TECHNICAL CLASSES

घूर्णक की विभिन्न गतियों पर सर्पी तथा बलाघूर्ण के मान सम्बन्धी तालिका (S-T. Table)

S.N.	Speed of Rotor	Clockwise direction or Forward direction		Anticlockwise direction or Backward direction	
		Slip	Torque	Slip	Torque
1.	N	S_f	T_f	$2-S_f$	T_b
2.	0	1	T_s	1	T_s
3.	$+N_s$	0	0	2	− min
4.	$-N_s$	2	+ min	0	0

चित्र 15.4 में विपरीत दिशाओं में घूमने वाले उक्त दोनों घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्रों द्वारा उत्पन्न बलाघूर्णों के वक्रों तथा उनके परिणामी बलाघूर्ण वक्र को सर्पी की विस्तृत परास ($S = 0$ to 2) के सापेक्ष प्रदर्शित किया गया है। परिणामी सर्पी-बलाघूर्ण ($S-T$) वक्र से स्पष्ट है कि आरम्भ में इकाई सर्पी ($S = 1$) पर बलाघूर्ण का मान शून्य ($T = 0$) है; इसलिए मोटर स्वचालित (self start) नहीं होगी। यदि मोटर के रोटर को किसी भी दिशा में बाह्य बल-स्रोत से घुमा दिया जाए, तो उसी दिशा में रोटर की सर्पी (S) घटती जाती है और बलाघूर्ण (T) बढ़ता जाता है। फलतः मोटर की गति (N) उसी दिशा में सतत बढ़ती जाएगी और मोटर घूमने (चलने) लगेगी।



चित्र 15.4–सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर के स्लिप-टार्क अभिलक्षण, जो यह दर्शाते हैं कि मोटर स्वप्रवर्तित (self started) नहीं है।

अग्रगामी घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (forward r.m.f.) द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण को त्वरक बलाघूर्ण (accelerating torque) कहते हैं और पश्चगामी घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (backward r.m.f.) द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण को अरोधी बलाघूर्ण (braking torque) कहते हैं। किसी निश्चित स्लिप अथवा टॉर्क पर परिणामी बलाघूर्ण का मान उक्त दोनों बलाघूर्णों के मानों का अन्तर होता है। इस प्रकार हम अग्रलिखित निष्कर्षों पर पहुँचते हैं–

(i) आरम्भ में इकाई सर्पी ($S = 1$) पर परिणामी बलाघूर्ण का मान शून्य ($T = 0$) होता है; इसलिए मोटर स्वचालित (self start) नहीं होगी; परन्तु जिस दिशा में घूर्णक (rotor) को घुमा दिया जाए, उसी दिशा में घूर्णक, सतत घूमने लगेगा।

(ii) दोनों दिशाओं में घूर्णक पर बलाघूर्ण समान रूप से लागू होता है; इसलिए घूर्णक दोनों दिशाओं में समान स्थिति में प्रचालित होगा।

(iii) किसी भी दिशा में मोटर का सन्तोषजनक प्रचालन, उसके प्रवर्त (start) करने के विन्यास पर निर्भर करता है।

15.7. घूर्णक-धारा की आवृत्ति का परिकलन (Calculation of frequency of rotor current)

(i) दक्षिणावर्त चुम्बकीय क्षेत्र के साथ (With clockwise magnetic field)

सर्पी गति $(N_s - 0) \propto f$ अर्थात् $N_s = K \cdot f$ ...सूत्र (i)

सर्पी गति $(N_s - N) \propto f'$ अर्थात् $(N_s - N) = K \cdot f'$ ...सूत्र (ii)

उपर्युक्त मान (ii) को सूत्र (i) से विभाजित (divide) करने पर प्राप्त अनुपात

$$\frac{N_s - N}{N_s} = \frac{f'}{f}$$

$$S = \frac{f'}{f}$$

$$f' = Sf \quad \text{...सूत्र (iii)}$$

(ii) वामावर्त चुम्बकीय क्षेत्र के साथ (With anticlockwise magnetic field)

$(N_s - 0) \propto f$ अर्थात् $N_s = Kf$ ...सूत्र (iv)

$\{N_s - (-N)\} \propto f''$ अर्थात् $(N_s + N) = Kf''$ ...सूत्र (v)

$\{(2N_s - N_s) + N\} = Kf''$ (व्यवस्थित करने पर)

$\{(2N_s - (N_s - N) = Kf''$ ...सूत्र (vi)

सूत्र (vi) को सूत्र (iv) से विभाजित (divide) करने पर प्राप्त अनुपात (ratio)

$$\frac{2N_s - (N_s - N)}{N_s} = \frac{f''}{f}$$

$$\left\{2 - \left(\frac{N_s - N}{N_s}\right)\right\} = \frac{f''}{f}$$

$$(2 - S)f = f'' \quad \text{...सूत्र (vii)}$$

(iii) आवृत्ति अनुपात (Frequency ratio)

सूत्र (vii) को सूत्र (iii) से विभाजित (divide) करने पर प्राप्त अनुपात (ratio)

$$\frac{(2-S)}{S} = \frac{f''}{f} \quad \text{...सूत्र (viii)}$$

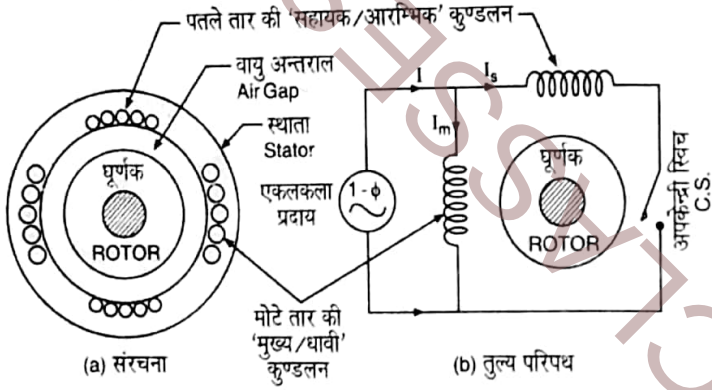
15.8. एकलकला प्रेरण मोटर का 'स्वारम्भी अथवा स्व-प्रवर्ती' बनाना (Making self-starting of the single phase induction motor)

उपर्युक्त विवरण से स्पष्ट है कि सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर स्वप्रवर्तित (self-started) नहीं है। इस कमी को दूर करने के लिए इसे स्वप्रवर्ती बनाया जाता है। इसके लिए इसे प्रवर्तन काल के दौरान (during the starting period), अस्थायी रूप से द्विकला मोटर बनाया जाता है। इस उद्देश्य की पूर्ति हेतु, इसके स्थाता पर मुख्य कुण्डलन (main winding) अर्थात् धावी

Scanned with CamScanner
196 / 235
TECHNICAL EXPRESS

कुण्डलन (running winding) के साथ एक अतिरिक्त कुण्डलन स्थापित की जाती है, जिसे सहायक कुण्डलन (auxiliary winding) अर्थात् आरम्भिक कुण्डलन (starting winding) कहते हैं। ये दोनों कुण्डलनें स्थाता पर नब्बे अंश (90°) पर स्थापित की जाती हैं और दोनों कुण्डलनों को समान्तर में जोड़कर एकलकला प्रदायी वोल्टता प्रदान की जाती है, जैसा कि चित्र 15.5 से स्पष्ट है।

'मुख्य तथा सहायक' दोनों कुण्डलनों को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि इनमें प्रवाहित होने वाली धाराओं के



चित्र 15.5–स्वारम्भी एकलकला प्रेरण मोटर की संरचना तथा वैद्युत तुल्य परिपथ।

मध्य कलान्तर (phase difference) अत्यधिक हो। [आदर्श रूप में इस कलान्तर का मान नब्बे अंश ($\delta = 90°$) होता है] इस प्रकार यह एकलकला मोटर, द्विकला-मोटर की तरह कार्य करती है और इसमें दोनों कुण्डलनों की धाराओं द्वारा द्विकला घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (2–ϕ, r.m.f.) उत्पन्न होता है, जो घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) उत्पन्न कर, मोटर को स्वप्रवर्तित बनाता है।

15.9. एकलकला प्रेरण मोटर को 'स्वारम्भी या स्वप्रवर्ती' बनाने की विधियाँ (Methods of making self-starting of a single phase induction motor)

सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर को निम्नलिखित विधियों द्वारा स्वप्रवर्ती बनाया जाता है—

(i) छादित ध्रुव विधि द्वारा (By shaded pole method)

(ii) विभक्त कला विधि द्वारा (By split phase method)

(a) प्रतिरोधक विभक्त कला विधि द्वारा (By resistor split phase method)

(b) प्रतिघातक विभक्त कला विधि द्वारा (By reactor split phase method)

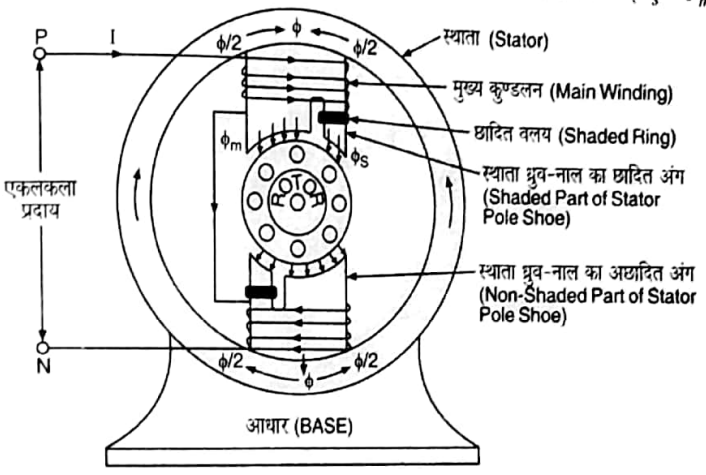
(c) संधारित्र विभक्त कला विधि द्वारा (By capacitor split phase method)

15.10. सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर का प्रवर्तन अथवा आरम्भन (Starting of single phase induction motor)

प्राय: सिंगल-फेज़ इण्डक्शन मोटर, आंशिक अश्व-शक्ति (fractional h.p.) मोटर होती है, अर्थात् अतिलघु क्षमता की मोटर होती है, जो प्रवर्तन के समय पर प्रदायी स्रोत से अतिकम धारा लेती है। **दूसरे** इसकी स्टेटर-वाइण्डिग बारीक वायर-कॉइल की होती है, जिसका प्रतिरोध अत्यधिक होता है। **तीसरे** इसके अन्दर प्रयुक्त रोटर प्राय: स्काइरल केज प्ररूपी होता है, जिस पर लघुपिथत (short-circuited) बार-वाइण्डिग स्थापित रहती है, जो उच्च धारा के लिए अभिकल्पित (designed) होता है। अर्थात् रोटर सब तरह के खतरे का मुकाबला कर सकता है; इसलिए इसके प्रवर्तन हेतु कोई किसी प्रकार के स्टार्टर की आवश्यकता नहीं होती है। अर्थात् वह डाइरेक्ट ऑन लाइन स्टार्ट होती है, जिसे पूर्ण वोल्टता आरम्भिक विधि (full voltage starting method) कहते हैं।

15.11. छादित ध्रुव प्रेरण मोटर (Shaded pole induction motor)

चित्र 15.6 में प्रदर्शित, छादित ध्रुव प्ररूपी एकलकला प्रेरण मोटर के अन्तर्गत दो कुण्डलनें होती हैं। **प्रथम**—स्थाता के मुख्य ध्रुवों पर मुख्य कुण्डलन (main winding), जिसे प्राथमिक कुण्डलन (primary winding) भी कहते हैं। इसे एकलकला प्रदायी स्रोत से जोड़कर, विद्युत प्रदान की जाती है। फलत: इसमें मुख्य पोल-फ्लक्स ϕ_m उत्पन्न होते हैं। **द्वितीय**—स्टेटर के प्रत्येक विभाजित पोल-शू के एक भाग पर छादित (shaded) सहायक कुण्डलन (auxiliary winding), जिसे आरम्भिक कुण्डलन (starting winding) भी कह सकते हैं। यह कुण्डलन न्यून प्रतिरोध का एक ताम्र-छल्ला (copper ring) होता है, जो लघुपथित द्वितीयक कुण्डलन का कार्य करता है। स्टेटर-पोल-शू का वह भाग, जो ताम्र-कुण्डलन से छादित रहता है, छादित ध्रुव (shaded pole) कहलाता है और इससे छादित पोल-फ्लक्स ϕ_s उत्पन्न होते हैं। फ्लक्स ϕ_m की अपेक्षा, फ्लक्स ϕ_s का प्रेरकत्व उच्च होता है; इसलिए ϕ_s तथा ϕ_m दोनों फ्लक्सों के बीच मॉग्नेटिक फेज डिफरेन्स $\delta = (\theta_s - \theta_m)$ होता है। फलत:



चित्र 15.6–शेडड पोल टाइप सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर।

परिक्रामी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) उत्पन्न होता है, जो रोटर पर वाँछित आरम्भिक बलाघूर्ण ($T_s \propto \phi_m \phi_s \sin\delta$) लागू करता है, इससे मोटर का रोटर घूमने लगता है। आरम्भिक बलाघूर्ण का सूत्र (formula of starting torque)—

$$T_s = K \phi_m \phi_s \sin\delta$$

सामान्य गुणधर्म (General properties)

(i) क्षमता (capacity)—आंशिक अश्व-शक्ति, 1/20 HP तक (10 to 40 watt)।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—न्यून तथा असमान ($T_s = 0{\cdot}6T$)।

(iii) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)—स्वारम्भित (self started)।

(iv) गति-भार अभिलक्षण (speed-load cha.)—शन्ट अभिलक्षण।

(v) गति नियन्त्रण (speed control)—एकमात्र वोल्टता नियन्त्रण द्वारा।

(vi) विपरीत गति (opposite speed)—सम्भव नहीं (not possible)।

(vii) शक्तिगुणक (power factor)—न्यून (low power factor)।

(viii) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—कम (less)।

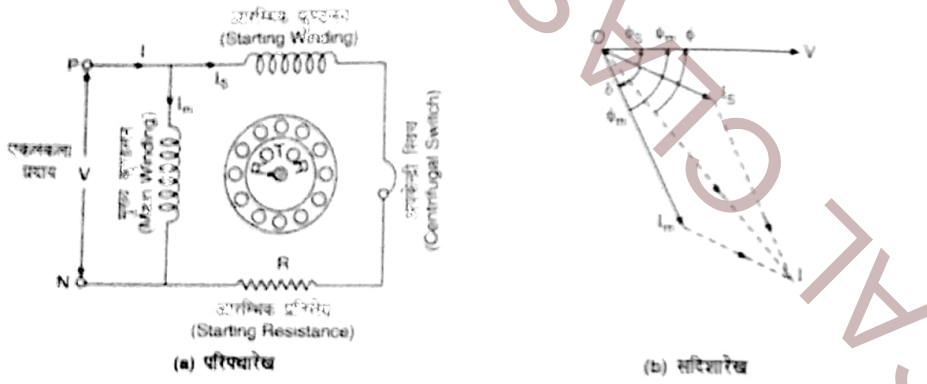
(ix) आपेक्षिक कीमत (relative cost)—कम (less)।

Scanned with CamScanner
197 / 235
TECHNICAL CLASSES

अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग, एकलकला प्रदायी वोल्टता पर अनिम्न बलाघूर्ण के लघु कार्यों में होता है, जैसे (i) छोटे पंखे, (ii) हेयर ड्रायर, (iii) ब्लोअर, (iv) यूनिट हीटर, (v) डेण्टल कन्ट्रोलर, (vi) इन्स्ट्रूमेन्ट, (vii) खिलौने, (viii) फोनोग्राफ आदि।

15.12. प्रतिरोध प्रवर्त प्रेरण मोटर (Resistor start induction motor)

चित्र 15.7 में प्रदर्शित, प्रतिरोध प्रवर्त इण्डक्शन मोटर के अन्दर स्थाता पर दो कुण्डलने होती हैं। **प्रथम**—मुख्य कुण्डलन (main winding), जो एकलकला प्रदाय से प्रत्यक्ष सम्बद्ध रहती है। **द्वितीय**—आरम्भिक कुण्डलन (starting winding), जो आरम्भिक प्रतिरोध (starting resistor) तथा अपकेन्द्री स्विच (centrifugal switch) सहित एकलकला प्रदाय के आरपार, मुख्य कुण्डलन के समान्तर में सम्बद्ध रहती है। इस मोटर में स्थाता की आरम्भिक कुण्डलन का प्रतिरोध बढ़ाकर



(a) परिपथारेख (b) सदिशारेख

चित्र 15.7–रजिस्टर स्टार्ट टाइप सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर।

कला विभाजन (phase splitting) किया जाता है; जिससे आरम्भिक कुण्डलन की धारा (I_s) तथा मुख्य कुण्डलन की धारा (I_m) में कलान्तर ($\delta = (\delta_m - \phi_s)$) उत्पन्न हो जाता है, जैसा कि सदिश आरेख से स्पष्ट है। फलतः घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (r.m.f.) उत्पन्न होता है, जो मोटर के घूर्णक पर आरम्भिक बलाघूर्ण ($T_s = KI_m I_s \sin\delta$) लागू करता है और घूर्णक घूमने लगता है। तत्पश्चात् जैसे ही मोटर की गति, पूर्ण गति के निकट 70% to 80% of full speed पहुँचती है, वैसे ही आरम्भिक स्विच प्रचालित होकर, आरम्भिक प्रतिरोध सहित आरम्भिक कुण्डलन को अलग (cut off) कर देता है और मोटर, तीव्र गति से लगातार चलती रहती है। इस प्रकार मोटर की धावी अवस्था (running condition) में स्थाता का सहायक परिपथ (आरम्भिक कुण्डलन, प्रतिरोध अपकेन्द्री स्विच आदि) असम्बद्ध (disconnected) अर्थात् पृथक् (isolate) रहता है और मोटर केवल मुख्य परिपथ द्वारा ही चलती रहती है।

महत्त्वपूर्ण टिप्पणी (Important notes)

(i) प्रायः कुण्डली कुण्डलन के निर्माण में पतले तार का उपयोग करके ही, आरम्भिक कुण्डलन के प्रतिरोध को बढ़ाया जाता है, जैसा कि पूर्व चित्र 15.5 में दर्शाया गया है।

(ii) चित्र 15.7 (a) के परिपथ आरेख में प्रतिरोध के स्थान पर संधारित्र (capacitor) को लगा करके, संधारित्र प्रवर्त प्रेरण मोटर (capacitor start induction motor) की संरचना अर्थात् अभिकल्पना की जाती है।

(iii) मोटर को विपरीत दिशा में घुमाने के लिए किसी एक कुण्डलन की ध्रुवता बदली जाती है; दोनों कुण्डलनों की नहीं; अर्थात् किसी एक कुण्डलन के सम्बन्धनों को परस्पर परिवर्तित किया जाता है।

सामान्य गुणधर्म (General properties)—

(i) क्षमता (Capacity)—1/20 H.P. से $\frac{1}{2}$ H.P. तक आंशिक अश्व-शक्ति।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting toruqe)—न्यून ($T_s = 0{\cdot}8T$)।

(iii) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)—सहायक कुण्डलन तथा अपकेन्द्री स्विच द्वारा।

(iv) गति-भार अभिलक्षण (speed load characteristics)—पार्श्व अभिलक्षण (shunt characteristics)।

(v) गति नियन्त्रण (speed control)—एकमात्र वोल्टता नियन्त्रण द्वारा।

(vi) विपरीत गति (opposite speed)—स्टेटर की मुख्य या सहायक कुण्डलन (दोनों में से किसी एक) के सिरों की ध्रुवता को आपस में बदलने से विपरीत गति प्राप्त होती है।

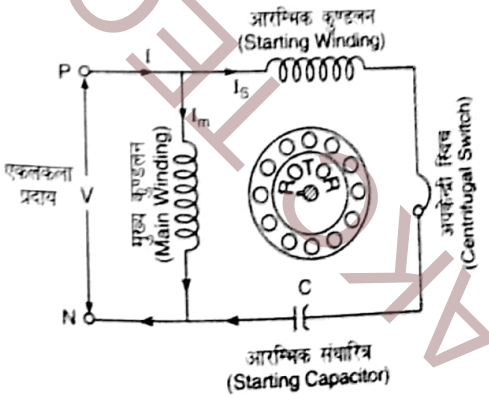
(vii) शक्तिगुणक (power factor)—मध्यम (medium)।

(viii) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—कम (low)।

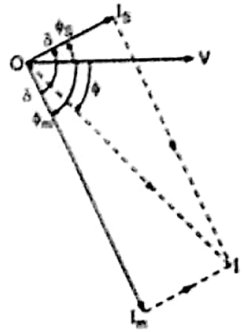
अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use) एकल कला प्रदायी वोल्टता पर, न्यून आरम्भिक बलाघूर्ण तथा स्थिर गति (800 से 4000 r.p.m. तक) के गति नियन्त्रण रहित, लघु कार्यों में होता है; जैसे (i) छोटी लैथ मशीन, (ii) प्राइण्डर, (iii) घरेलू वर्कशाप के औजार, (iv) लघु अपकेन्द्री पम्प, (v) सैलर ड्रेनर पम्प, (vi) ब्लोअर, (vii) टेबिल फैन, (viii) धुलाई की मशीन, (ix) डुप्लिकेटिंग मशीन, (x) रेफ्रिजरेटर, (xi) आयरनिंग मशीन, (xii) आइस बर्नर, (xiii) यूनिट हीटर आदि।

15.13. संधारित्र प्रवर्त प्रेरण मोटर (Capacitor start induction motor)

चित्र 15.8 में प्रदर्शित, प्रेरण मोटर में प्रतिरोध के स्थान पर स्टेटर की आरम्भिक कुण्डलन (starting-winding) के श्रेणी में अपकेन्द्री स्विच के साथ आरम्भिक संधारित्र (starting capacitor) सम्बद्ध रहता है; इसलिए इसे संधारित्र प्रवर्त प्रेरण मोटर कहते हैं। स्टेटर के सहायक परिपथ में सम्बद्ध आरम्भिक संधारित्र के कारण, ही इस मोटर में कला-विभाजन (phase splitting) स्थापित होता है, जो मुख्य परिपथ की मुख्य कुण्डलन-धारा (I_m) तथा सहायक परिपथ की आरम्भिक कुण्डलन-धारा (I_s) में कलान्तर ($\delta = \phi_m + \phi_s$) उत्पन्न कर देता है, जैसा कि सदिशारेख से स्पष्ट है। फलतः मोटर में घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (r.m.f.) उत्पन्न हो जाता है, जो मोटर के रोटर पर आरम्भिक बलाघूर्ण ($T_s = KI_m I_s \sin\delta$) लागू करता है और रोटर घूमने लगता है। तत्पश्चात् रोटर की गति के कारण, उत्पादित अपकेन्द्री बल से अपकेन्द्री स्विच प्रचालित होकर, स्थाता के सहायक परिपथ (आरम्भिक कुण्डलन संधारित्र, स्विच आदि) को अलग (cut off) कर देता है और मुख्य परिपथ ज्यों का त्यों कायम रहने के कारण, मोटर लगातार चलती रहती है।



(a) परिपथारेख



(b) सदिशारेख

चित्र 15.8–संधारित्र प्रवर्त एकलकला प्रेरण मोटर।

AKTU TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
198 / 235

टिप्पणी (Note)—यदि मोटर में अपकेन्द्री स्विच का प्रयोग न किया जाये, तो सहायक परिपथ, मोटर की गति अवस्था में भी स्थायी रूप से जुड़ा रहेगा। ऐसी अवस्था में वह स्थायी संधारित्र प्ररूपी प्रेरण मोटर (permanent capacitor type induction motor) कहलायेगी, जिसका प्रयोग प्राय: आजकल छत के पंखों (ceiling fans) में होता है।

सामान्य गुणधर्म (General Properties)—

(i) क्षमता (Capacity)–1/8 HP से 1 HP तक।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—उच्च ($T_s = 1{\cdot}5T$)।

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)—पूर्णभार धारा की दो गुनी ($I_s = 2I$)।

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangemnt)-स्वचालित अपकेन्द्री स्विच द्वारा।

(v) गति-भार अभिलक्षण (speed load characteristics)—पार्श्व अभिलक्षण (shunt characteristics)।

(vi) गति या चाल (speed)—स्थिर गति (constant speed)।

(vii) गति नियन्त्रण (speed control)—एकमात्र वोल्टता नियन्त्रण द्वारा।

(viii) विपरीत गति (opposite speed)—स्टेटर की मुख्य कुण्डलन अथवा सहायक कुण्डलन (दोनों में से किसी एक) के सिरों की ध्रुवता को आपस में बदलने से विपरीत गति प्राप्त होती है।

(ix) शक्तिगुणक (power factor)—उच्च; 0·7 से 0·9 तक; सदैव पश्चगामी (always logging)।

(x) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—न्यून (low)।

(xi) आपेक्षिक कीमत (relative cost)—1·5 यूनिट (unit)।

अनुप्रयोग (Applications)—औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use), एकलकला प्र० धा० प्रदायी वोल्टता पर स्थिर गति, उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण के लघु कार्यों में होता है; जैसे—(i) गैसोलीन पम्प, (ii) स्मॉल एयर कम्प्रेसर्स, (iii) एयर कण्डिशनर्स, (iv) रेफ्रिजरेटर, (v) वैक्यूम क्लीनर्स, (vi) वाशिंग मशीन्स, (vii) पोर्टेबल हॉइस्ट, (viii) स्टोकर्स, (ix) छत के पंखे (ceiling fans) आदि।

टिप्पणी (Note)—कॉपॉसिटर स्टार्ट इण्डक्शन मोटर का स्टार्टिंग टॉर्क, रिजिस्टर स्टार्ट इण्डक्शन मोटर की अपेक्षा, लगभग 2·5 गुना तथा फुललोड-टॉर्क का 3·5 से 4·5 गुना होता है।

15.14. संधारित्र 'प्रवर्त तथा धावी' प्रेरण मोटर
(Capacitor 'start and run' induction motor)

कॉपॉसिटर 'स्टार्ट एवं रन' इण्डक्शन मोटरें निम्नांकित दो प्रकार की होती हैं—

(i) द्विमान संधारित्र प्ररूपी प्रेरण मोटर (Two value capacitor type induction motor)

(ii) एकलमान संधारित्र प्ररूपी प्रेरण मोटर (Single value capacitor type induction motor)

चित्र 15.9 (a) व (b) के अनुसार यहाँ पर—

SH = घूर्णक का धुरा अर्थात् शाफ्ट (Shaft of the rotor)

R = घूर्णक अर्थात् रोटर (Rotor)

$R.W.$ = घूर्णक-कुण्डलन (Rotor Winding)

$S.M.W.$ = स्थाता-मुख्य कुण्डलन (Stator Main Winding)

$S.S.W.$ = स्थाता-आरम्भिक कुण्डलन (Stator Starting Winding)

C_S = आरम्भिक संधारित्र (Starting Capacitor)

C_R = धावी संधारित्र (Running Capacitor)

C_{SR} = आरम्भिक धावी संधारित्र (Starting-Running Capacitor)

P = मोटर के स्थाता-परिपथ का कला सिरा (Phase terminal)

N = मोटर के स्थाता-परिपथ का उदासीन सिरा (Neutral terminal)

I_s = ऐम्पियर मात्रक में आरम्भिक कुण्डलन द्वारा ली गई धारा (current)

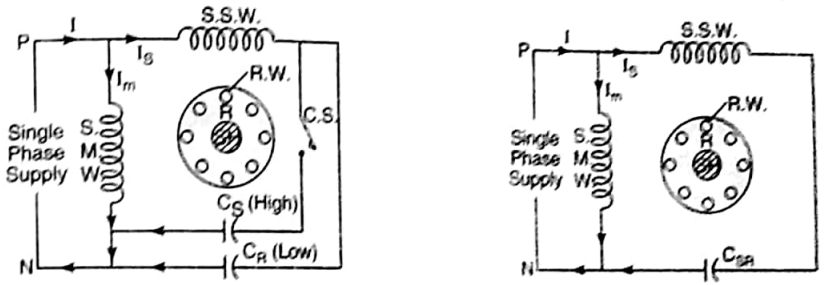
I_m = ऐम्पियर मात्रक में मुख्य कुण्डलन द्वारा ली गई धारा (current)

I = ऐम्पियर मात्रक में मोटर द्वारा प्रदायी स्रोत से ली गई कुल धारा

अर्थात् $\vec{I} = (\vec{I_m} + \vec{I_s})$ ऐम्पियर ...सूत्र

चित्र 15.9 (a) में द्विमान संधारित्र 'प्रवर्त व धावी प्रेरण' मोटर का वैद्युत तुल्य परिपथ आरेख दर्शाया गया है। यह स्थायी कला विभक्त संधारित्र मोटर (permanent phase split motor) तथा संधारित्र प्रवर्त मोटर (capacitor start motor) का संयोग (combination) है। इसमें एक संधारित्र C_R स्थाता के सहायक (आरम्भिक) परिपथ में सदैव स्थायी रूप से मोटर की धावी अवस्था में भी सम्बद्ध (connected) रहता है; इसलिए इसे धावी संधारित्र (running capacitor) कहते हैं। दूसरा संधारित्र C_s मोटर की धावी अवस्था में अपकेन्द्री स्विच द्वारा स्थाता के सहायक (आरम्भिक) परिपथ से पृथक् (cut off) कर दिया जाता है; इसलिए इसे आरम्भिक संधारित्र (starting capacitor) कहते हैं। यह मोटर उच्च शक्तिगुणक, उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण, उच्च धावी बलाघूर्ण, उच्च अतिभार क्षमता, उच्च दक्षता, शान्त प्रचालन आदि शुभ गुणों से सम्पन्न होती है।

चित्र 15.9 (b) में एकलमान संधारित्र व धावी प्रेरण मोटर का वैद्युत तुल्य परिपथ आरेख दर्शाया गया है, जो चित्र 15.9



(a) Two Values Capacitor Type (b) Single Value Capacitor Type

चित्र 15.9–कॉपॉसिटर 'स्टार्ट एण्ड रन' सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर का सर्किट डायग्राम।

(a) में प्रदर्शित परिपथ आरेख वाली मोटर ही का एक संशोधित रूप अर्थात् विकसित रूप (developed form) है। इसे स्थायी विभक्त कला संधारित्र मोटर (permanent split phase capacitor motor) अथवा स्थायी संधारित्र मोटर (permanent capacitor motor) भी कहते हैं। इसका सर्वांगीय निष्पादन (over all performance) उत्कृष्ट (excellent) है; इसलिए आजकल विश्व में इस मोटर का प्रयोग (use) व्यापक रूप से हो रहा है।

सामान्य गुणधर्म (General properties)—

(i) क्षमता (capacity)—1/8 HP से 1/4 HP या 1 HP।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—उच्च; ($T_s = 1{\cdot}5T$)।

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)—पूर्णभार धारा की दो गुनी ($I_s = 2I$)।

(iv) प्रचालक बलाघूर्ण (operating torque)—उच्च तथा प्रशान्त।

(v) गति-भार अभिलक्षण (speed-load characteristics)—पार्श्व अभिलक्षण (shunt characteristics)।

(vi) गति या चाल (speed)—स्थिर एवं ध्वनि रहित गति।

(vii) गति नियन्त्रण (speed control)—एकमात्र वोल्टता नियन्त्रण द्वारा।

(viii) विपरीत गति—स्थाता (stator) की मुख्य अथवा सहायक कुण्डलन (दोनों में से किसी एक) के सिरों की ध्रुवता को आपस में बदलने से विपरीत गति प्राप्त होती है।

Scanned with CamScanner
199 / 235

सारांश (SUMMARY)

1. एकलकला भिन्नात्मक अश्व शक्ति मोटरें (single phase fractional horse power motors) मूलरूप से निम्नलिखित दो प्रकार की होती हैं—
   (i) एकलकला दिक्परिवर्तक प्ररूपी मोटरें (1-φ commutator type motors)
   (ii) एकलकला नैरदिक्परिवर्तक प्ररूपी मोटरें (1-φ noncommutator type motors)
      (a) एकलकला तुल्यकाली मोटरें (1-φ synchronous motors)
      (b) एकलकला प्रेरण मोटरें (1-φ induction motors)
2. ए० सी० सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर में विकसित बलाघूर्ण (developed torque)
   $T = KF_s F_r \sin\delta$ न्यूटन-मीटर (N-m) ...सूत्र
3. द्वि-परिक्रमण क्षेत्र-सिद्धान्त के अनुसार, तात्क्षणिक चुम्बकीय क्षेत्र (instantaneous magnetic field) = वामावर्त चुम्बकीय क्षेत्र + दक्षिणावर्त चुम्बकीय क्षेत्र
   I.M.F. = Anticlockwise M.F. + Clockwise M.F.
4. अग्रसर्पी (forward slip), $S_f = \frac{N_s - N}{N_s}$ ...सूत्र
5. पश्चसर्पी (backward slip), $S_b = \frac{N_s + N}{N_s}$ ...सूत्र
6. 'अग्र तथा पश्च' सर्पियों में सम्बन्धता (relationship between lead and lag slips)
   $S_f + S_b = 2\text{(two)}$ ...सूत्र
7. दक्षिणावर्त चुम्बकीय क्षेत्र के साथ घूर्णक-धारा की आवृत्ति (freqeuency)
   $f' = S \cdot f$ ...सूत्र
8. वामावर्ती चुम्बकीय क्षेत्र के साथ घूर्णक-धारा की आवृत्ति (frequency)
   $f'' = (2-S) \cdot f$ ...सूत्र
9. उक्त दोनों आवृत्तियों का अनुपात (ratio of frequencies)
   $\frac{f''}{f'} = \frac{2-S}{S}$ ...सूत्र

प्रश्नावली

सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (*I.T.S.*)

1. अन्य मोटरों की तरह ही सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में स्थाता (stator) तथा घूर्णक (rotor) दो अंग (parts) होते हैं।
2. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर के स्थाता (stator) पर निम्नलिखित दो प्रकार की कुण्डलनें (windings) होती हैं—
   (i) मुख्य कुण्डलन (main winding), जिसे धावी कुण्डलन (running winding) भी कहते हैं।
   (ii) सहायक कुण्डलन (auxiliary winding), जिसे आरम्भन कुण्डलन (starting winding) भी कहते हैं।
3. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर का घूर्णक (rotor) प्राय: पिंजरी कुण्डलित प्रकार (cage wound type) का होता है।
4. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर की स्थाता कुण्डलनों (stator windings) को एकलकला प्र० धा० प्रदाय से सम्बद्ध किया जाता है।
5. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर की मुख्य कुण्डलन (m.w.) अधिक प्रेरणिक (more inductive) होती है, जबकि सहायक कुण्डलन (a.w.) अधिक प्रतिरोधी (more resistive) होती है।
6. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में दोनों कुण्डलनें, परस्पर एक-दूसरे से लगभग नब्बे अंश (90°) पर चुम्बकीय क्षेत्रों (magnetic field) को उत्पन्न करती हैं।

7. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में 'स्टेटर एवं रोटर' द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्रों की अन्त:क्रिया (inter action) से बलाघूर्ण (torque) उत्पन्न होता है।
8. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर, 'डबल रिवोल्विंग फील्ड थ्योरी' के सिद्धान्त (principle) पर कार्यान्वित या प्रचालित (operate) होती है।
9. विभक्तकला प्ररूपी प्रेरण मोटर (split phase type induction motors) के घूमने की दिशा को विपरीत (reverse) करने के लिए, स्टेटर या रोटर (दोनों में से किसी एक) की कुण्डलन के सिरों (terminals of the winding) की ध्रुवता (polarity) को परस्पर बदला जाता है।
10. एकलकला प्रेरण मोटर (simgle phase induction motor) स्वचालित (self started) नहीं होती है, जबकि बहुकला प्रेरण मोटर (multi-phase induction motor) स्वचालित होती है।
11. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर में स्पन्दनीय या प्रत्यावर्ती (pulsating or alternating) चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है, जो 'स्पंदनीय या प्रत्यावर्ती' बलाघूर्ण (torque) उत्पन्न करता है, जबकि बहुकला प्रेरण मोटर में घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (r.m.f.) उत्पन्न होता है, जो घूर्णी बलाघूर्ण (rotating torque) उत्पन्न करता है।
12. घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (rotating magnetic field) सदैव तुल्यकाली गति (synchronous speed) पर घूमता है।
13. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर को प्राय: लघु कार्यों (smoll works) के लिए प्रयोग (use) किया जाता है।
14. आजकल स्थायी संधारित्र प्ररूपी एकलकला प्रेरण मोटरों (parmanent capacitor type 1-φ induction motors) का प्रयोग (use) अधिक होता है।
15. अन्य सिंगल फेज इण्डक्शन मोटरों की अपेक्षा पर्मानेन्ट कॉपॉसिटर टाइप सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर का शक्तिगुणक (power factor) तथा बलाघूर्ण (torque) श्रेष्ठ (better) होता है। अर्थात् निष्पादन (performance) उत्कृष्ट (best) होता है।
16. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर को स्वचालित (self started) बनाने के लिए, उनमें घूर्णी चुम्बकीय क्षेत्र (r.m.f.) उत्पन्न करना होता है।
17. विभक्तकला प्ररूपी एकलकला प्रेरण मोटरें (split phase type single phase induction motors) स्वचालित (self started) होती हैं।
18. प्राय: स्प्लिट फेज टाइप सिंगल फेज इण्डक्शन मोटरें प्राय: आंशिक अश्व-शक्ति (fractional horse power) वाली होती हैं, जिनका प्रयोग (use) अधिकतर विद्युत-पंखों (electric fans) में होता है।
19. शैडड पोल टाइप सिंगल फेज इण्डक्शन मोटरों का प्रयोग कपड़े धोने वाली मशीनों (washing machines) में अधिक होता है।
20. सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर की मुख्य कुण्डलन (main winding) अधिक प्रेरणिक (more inductive) होने के कारण, सदैव पश्चगामी धारा (lagging current) लेती है।

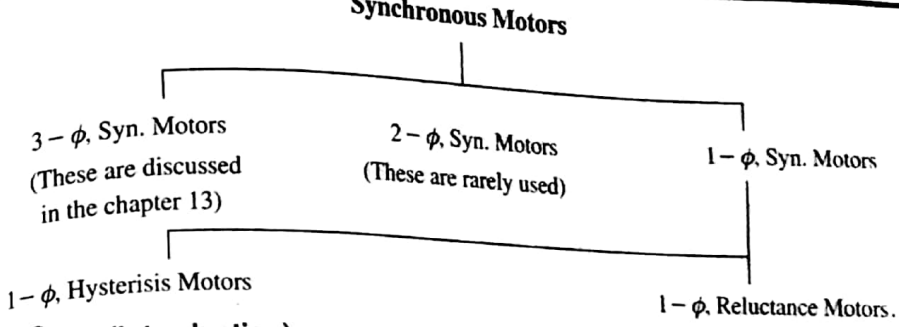
सैद्धान्तिक प्रश्नावली

1. सिंगल-फेज एवं फ्रेक्शनल हॉर्स-पावर इण्डक्शन मोटरों के नामों तथा उनके अनुप्रयोगों को दीजिए। उनमें से किसी एक को विस्तारपूर्वक समझाइए।
2. एक सिंगल-फेज कॉपॉसिटर स्टार्ट इण्डक्शन मोटर के लिए मख्य कुण्डलन, आरम्भिक कुण्डलन, संधारित्र, अपकेन्द्री स्विच तथा प्रदाय के सम्बन्धनों को प्रदर्शित करते हुए सम्बन्धन आरेख खींचिए।
3. सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटरें स्वचालित क्यों नहीं हैं? उन्हें स्वचालित कैसे बनाया जा सकता है? समझाइए। *(U.P. 2012)*
4. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) कॉपॉसिटर स्टार्ट सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर।
   (ii) सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर।
   (iii) विभक्तकला प्रेरण मोटर।

Scanned with CamScanner
200 / 235
AKTU TECHNICAL CLASSES

5. इण्डक्शन मोटर को चालू करने के लिए विशेष प्रकार के प्रवर्तिक प्रबन्ध क्यों किए जाते हैं?
6. सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की घूमने की दिशा को कैसे बदल सकते हैं?
7. एक ध्रुव छादित सिंगल-फेज इण्डक्शन मोटर की रचना तथा कार्य-विधि को समझाइए। इसकी घूर्णी दिशा किस प्रकार विपरीत करोगे?
8. एकलकला प्रेरण मोटर में कोई प्रवर्तिक बलाघूर्ण (starting toruqe) क्यों नहीं होता? समझाइये। एकलकला प्रेरण मोटर के संचालन, कार्य-विधि की विवेचना कीजिए।
9. परिपथ चित्रों की सहायता से एकलकला प्रेरण मोटर की विभिन्न आरम्भिक विधियों (starting methods) का वर्णन कीजिए।
10. विभक्तकला संधारित्र प्रवर्तित एकलकला प्रेरण मोटर की संरचना, निष्पादन तथा कार्यविधि का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2004)*
11. विभक्तकला संधारित्र प्रवर्तित प्रेरण मोटर के कार्य-सिद्धान्त एवं अनुप्रयोग लिखिए।
12. शैडिड पोल मोटर के कार्य-सिद्धान्त एवं अनुप्रयोग लिखिए।
13. एक विभक्तकला संधारित्र प्रवर्तित एकलकला प्रेरण मोटर की संरचना, कार्य तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2006)*
14. प्रत्यावर्तीधारा छत के पंखों में कौन-से मोटर सामान्यत: प्रयोग किए जाते हैं? किसी एक प्रकार के मोटर का प्रचालन सिद्धान्त और गति-नियन्त्रण की विधि का वर्णन कीजिए।
15. एकलकला प्रेरण मोटर में संधारित्र का क्या कार्य है?
16. एक ध्रुव छादित सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर की रचना तथा कार्य-विधि को समझाइये। इसकी घूर्णन दिशा किस प्रकार विपरीत करोगे? *(U.P. 2002)*
17. 'संधारित्र-प्रवर्तन तथा प्रतिष्टम्भ-प्रवर्तन' एकलकला प्रेरण मोटरों में अन्तर की विवेचना कीजिए। *(U.P. 2010)*
18. एकलकला मोटरें स्वचालित क्यो नहीं होतीं? *(U.P. 2012)*
19. शेडिड-पोल मोटर के प्रचालन-सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिये। *(U.P. 2015)*

16 एकलकला तुल्यकाली मोटरें [SINGLE PHASE SYNCHRONOUS MOTORS]



16.1. परिचय (Introduction)

तुल्यकाली गति पर चलने वाली मोटरें, तुल्यकाली मोटरें कहलाती हैं। इनका प्रयोग परम स्थिर गति पर सामान्य बलाघूर्ण के कार्यों में होता है। ये मोटरें, मूलरूप से निम्नांकित तीन प्रकार की होती हैं—

(i) **त्रिकला तुल्यकाली मोटरें**—इनकी विस्तृत व्याख्या अध्याय 13 में की जा चुकी है।

(ii) **द्विकला तुल्यकाली मोटरें**—इनका प्रयोग (use) अतिकम (very less) होता है।

(iii) **एकलकला तुल्यकाली मोटरें**—ये मोटरें निम्नलिखित दो प्रकार की होती हैं—

(a) **सिंगल-फेज हिस्टेरिसिस मोटरें** तथा (b) **सिंगल-फेज रिलक्टॉन्स मोटरें**

उक्त दोनों मोटरों की विस्तृत व्याख्या, इसी अध्याय में की गई है।

हिस्टेरिसिस मोटर (HYSTERISIS MOTOR)

16.2. परिचय (Introduction)

यह एक विशेष प्रकार की सिंगल-फेज, फ्रेक्शनल होर्स-पावर सिन्क्रोनस मोटर होती है, जिसके लिये डी० सी० एक्साइटेशन की आवश्यकता नहीं होती है, जिसमें शैथिल्य या मंदायन के सिद्धान्त (principle of hysterisis) पर यान्त्रिक बलाघूर्ण उत्पन्न होता है। इसकी प्रचालन अभिलक्षणें लगभग सिन्क्रोनस मोटर के समान ही होती है; परन्तु इसकी संरचना लगभग स्पिलिट फेज स्काइरल केज इण्डक्शन मोटर के समान होती है। इसे शैथिल्य मोटर के नाम से भी जाना जाता है।

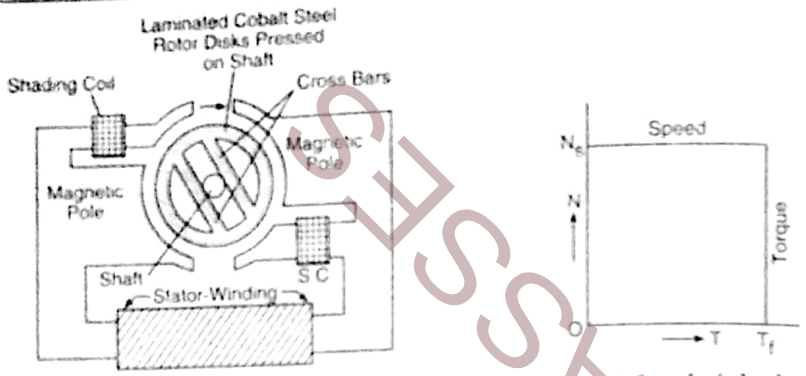
16.3. हिस्टेरिसिस मोटर की संरचना (Construction of hysterisis motor)

(a) **स्टेटर अर्थात् स्थाता** (Stator)—हिस्टेरिसिस मोटर के स्टेटर की संरचना, स्पिलिट फेज इण्डक्शन मोटर के स्टेटर के समान ही निम्नलिखित दो प्रकार (two type) की होती है—

(i) छादित ध्रुव प्ररूपी स्थाता (Shaded pole type stator).

(ii) स्थायी संधारित्र प्ररूपी स्थाता (Permanent capacitor type stator)।

Scanned with CamScanner
201 / 235
MADE BY TECHNOVA CLASSES



चित्र 16.1–General Construction of two pole hysterisis motor starts as a shaded pole induction motor and runs as a synchronous motor.

(b) रोटर अर्थात् घूर्णक (Rotor)—हिस्टेरिसिस मोटर के रोटर की संरचना लगभग स्क्विरल फेज इण्डक्शन मोटर के स्काइरल केज रोटर के समान ही होती है; अन्तर केवल इतना ही है कि इसका रोटर कोर, न्यून विद्युत-हानियों वाले एवं हिस्टेरिसिस हानियों (more hysterisis losses) वाले हार्डेण्ड सिलिकन स्टील जैमिनेशम के स्थान पर अधिक 'शैथिल्य या मंदायन' हानियों (more hysterisis losses) वाले हार्डेण्ड मॉग्नेटिक स्टील अर्थात् स्टील अथवा कोबाल्ट स्टील का लघु आकार में बना होता है, जिसमें कोई किसी प्रकार का स्लॉट, टीथ तथा वाइण्डिंग नहीं होती है। इस प्रकार यह (रोटर) सादा (simple), चिकना (smooth), लघु बेलनाकार (small cylindrical) होता है, जो स्टैण्ड स्टिल स्थिति से सिन्क्रोनस स्पीड तक एकसमान बलाघूर्ण (uniform torque) तथा ध्वनिरहित तुल्यकाली गति (noiseless synchronous speed) उत्पन्न करता है।

16.4. हिस्टेरिसिस मोटर का प्रचालन (Operation of hysterisis motor)

चित्र 16.1 में दो शैडड पोल टाइप हिस्टेरिसिस मोटर को प्रदर्शित किया गया है। इसके रोटर की संरचना, कोबाल्ट स्टील की बहुत-सी चपटी तश्तरियों (flat discs) को शाफ्ट पर प्रेस्ड करके की गई है। इस रोटर असैम्बली को पटलित लोह क्रोड (laminated iron core) से निर्मित स्टेटर के दो शैडड पोलों के मध्य स्थापित किया गया है।

स्टेटर के दोनों शैडड पोलों द्वारा उत्पन्न रोटेटिंग मॉग्नेटिक फील्ड (r. m. f.) के प्रभाव से रोटर सर्किट में विद्युत-धारा प्रेरित होती है, जो मोटर को इण्डक्शन मोटर की तरह से स्टार्ट कर देती है। अब जैसे ही मोटर की गति बढ़ती है, वैसे ही डिस्क रोटर में अधिकाधिक हिस्टेरिसिस लॉप विकसित होने लगते हैं, जो सामान्य मोटर की अपेक्षा, अति उच्च शैथिल्य या मंदायन बलाघूर्ण (hysterisis torque) उत्पन्न करते हैं।

रोटर की दो क्रोस-बार्स की लम्बाई की ओर (along the length) न्यूनतम रिलक्टैंस पाथ कायम रहता है। रोटर में फ्लक्स धारा प्रवाहित होने के कारण, इसमें क्रोस-बार्स अक्ष की ओर दो स्थायी चुम्बकीय ध्रुवों का विकास होता है। कोबाल्ट स्टील की चुम्बकीय धारण-शक्ति (magnetic retentivity) अत्यधिक होती है; इसलिए इसके चुम्बकीय ध्रुव अधिक देर तक अवशिष्ट चुम्बकत्व (residual magnetism) को धारण (ग्रहण) किये रहते हैं। इस प्रकार से बने हुये चुम्बकीय ध्रुव, तब स्टेटर के रोटेटिंग मॉग्नेटिक फील्ड के साथ सिन्क्रोनिज्म में लॉक हो जाते हैं और मोटर, सिन्क्रोनस मोटर की तरह कार्य करने लगती है। रोटर-सर्किट लगातार हिस्टेरिसिस लॉप के रूप में शक्ति को कंजूम करता रहता है और सदैव उच्च शैथिल्य बलाघूर्ण (high hysterisis torque) कायम रहता है। इस प्रकार यह मोटर, अकस्मात तथा अनियमित भार परिवर्तन की अवस्था में भी परम स्थिर गति कायम रख सकती है।

16.5. हिस्टेरिसिस मोटर की विशेषताएँ (Specialities of hysterisis motor)

हिस्टेरिसिस मोटर के प्रमुख लक्षण तथा अभिलक्षण अथवा गुण-धर्म निम्नलिखित हैं—

(i) यह एक यान्त्रिक तथा चुम्बकीय कम्पनों से रहित मोटर है; इसलिये इसके प्रचालन (operation) में कोई किसी प्रकार की ध्वनि उत्पन्न नहीं होती है।

(ii) इसका रोटर, खाँचेरहित (slotless), दाँतेरहित (teethless), कुण्डलनरहित (windingless), सीमित लघु प्रमाप (limited small size), अति सादा (very simple), चिकना (smooth), मजबूत (strong), टिकाऊ (durable), बेलनाकार (cylindrical) होता है।

(iii) इसके बलाघूर्ण का मान, प्रवर्तन (starting) से लेकर तुल्यकाली गति तक, उच्च तथा एकसमान (high and uniform) होता है।

(iv) यह केवल तुल्यकाली गति (synchronous speed) पर ही चलती या घूमती है।

(v) इसके अन्दर उत्पादित शैथिल्य या मंदायन बलाघूर्ण (hysteresis torque), इसके रोटर में होने वाली शैथिल्य या मंदायन हानियों (hysterisis losses) के समानुपाती होता है।

(vi) इसका जड़त्व भार (inertial load) अतिभारी (very heavy) होता है।

(vii) यह अनियमित भार परिवर्तन की स्थिति में भी अपनी परम स्थिर गति (absolute constant speed) को ज्यों की त्यों कायम (maintain) रखती है।

(viii) विद्युत-घड़ियों में प्रयोग (use) होने वाली हिस्टेरिसिस मोटर का इनपुट 2 या 3 वाट्स तथा आउटपुट कुछ ही मिलीवाट्स होता है।

(ix) 1/7 H. P. हिस्टेरिसिस मोटर की दक्षता तथा निष्पादन या कार्य क्षमता (efficiency and performance) लगभग समान साइज की इन्डक्शन मोटर के तुल्य ही होता है।

§ 16.6. हिस्टेरिसिस मोटर के अनुप्रयोग (Applications of hysterisis motor)

प्रस्तुत मोटर का प्रचालन, ध्वनिरहित तथा परम स्थिर गति वाला होने के कारण, इसका प्रयोग ध्वनि उत्पन्नकारी (sound equipments), सामयिक युक्तियों (timing devices) में अधिकतर होता है; जैसे टेप रिकार्डिंग (tape recording), फोनोग्राफ (phonograph), टेलीक्रोन (telechron), घरों में प्रयोग होने वाली विद्युत घड़ियों (electric clocks) आदि के प्रचालन (operation) में होता है।

रिलक्टॉन्स मोटर
(RELUCTANCE MOTORS)

16.7. परिचय (Introduction)

रिलक्टान्स मोटर को प्रतिघटम्भ मोटर भी कहते हैं। यह स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का ही एक विकसित रूप (developed form) है, जिसमें प्रतिघटम्भ (reluctance) के सिद्धान्त पर यान्त्रिक बलाघूर्ण (mechanical torque) उत्पन्न होता है। इसीलिए इसे प्रतिघटम्भ मोटर (reluctance motor) का नाम दिया गया है।

16.8. रिलक्टॉन्स मोटर का वर्गीकरण (Classification of reluctance motor)

विभिन्न कारकों (factors) के अनुसार, रिलक्टॉन्स मोटर को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है—

(A) कला के अनुसार (According to the phase)

(i) सिंगल फेज रिलक्टॉन्स मोटर (Single phase reluctance motor)
  (a) स्प्लिट फेज टाइप रिलक्टॉन्स मोटर (Split phase type reluctance motor)
  (a_1) सेन्ट्रिफ्यूगल स्विच सहित (With centrifugal switch)
  (a_2) सेन्ट्रिफ्यूगल स्विचरहित (Without centrifugal switch)

(ii) मल्टिफेज रिलक्टॉन्स मोटर (Multiphase reluctance motor)
  (a) टू-फेज रिलक्टॉन्स मोटर (Two phase reluctance motor)
  (b) थ्री-फेज रिलक्टॉन्स मोटर (Three phase reluctance motor)

TECHNICAL CLASSES
Scanned with CamScanner
202 / 235

(B) गति या चाल के अनुसार (According to the speed)

गति के अनुसार, रिलक्टॉन्स मोटरें, निम्नांकित तीन प्रकार की होती हैं—

(i) सिन्क्रोनस रिलक्टॉन्स मोटर (Synchronous reluctance motor)।

(ii) इण्डक्शन रिलक्टॉन्स मोटर (Induction reluctance motor)।

(iii) सब-सिन्क्रोनस रिलक्टॉन्स मोटर (Sub-synchronous reluctance motor)।

निर्भार से पूर्णभार तक की अवस्था में रिलक्टॉन्स मोटर प्रायः सिन्क्रोनस स्पीड पर चलती है; तब यह सिन्क्रोनस रिलक्टॉन्स मोटर कहलाती है। भार के बढ़ने पर अर्थात् अतिभार की स्थिति में रिलक्टॉन्स मोटर की गति कुछ घट जाती है; तब यह इण्डक्शन मोटर की तरह अण्डर सिन्क्रोनस स्पीड पर ही चलती है; इसलिए यह इण्डक्शन रिलक्टॉन्स मोटर कहलाती है।

जब किसी रिलक्टॉन्स मोटर में स्टेटर पर बनने वाले इलेक्ट्रिकल पोलों की अपेक्षा, रोटर पर स्थापित सैलिएंट पोलों की संख्या अधिक होती है, तो वह स्थिर औसत गति पर चलती है। यह गति आभासी तुल्यकाली गति (apparent synchronous speed) की सब-गुणक होती है; इसलिए मोटर, सब-सिन्क्रोनस मोटर कहलाती है।

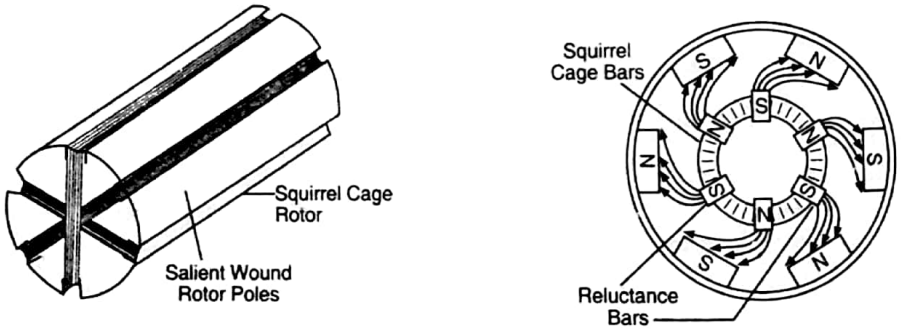
16.9. रिलक्टॉन्स मोटर की संरचना (Construction of reluctance motor)

(a) स्टेटर अर्थात् स्थाता (Stator)—रिलक्टॉन्स मोटर के स्टेटर की बनावट, स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के स्टेटर के समान ही निम्नलिखित तीन प्रकार की होती है—

(i) विभक्तकला प्ररूपी स्थाता (split phase type stator), जिसके साथ एक सेन्ट्रिफ्यूगल स्विच लगा रहता है।

(ii) स्थायी संधारित्र प्ररूपी स्थाता (permanent capacitor type stator), जिसमें सेन्ट्रिफ्यूगल स्विच का प्रयोग (use) नहीं किया जाता है।

(iii) त्रिकला प्ररूपी स्थाता (three phase type stator), जिसका प्रयोग (use) प्रायः समाकलन (पूर्ण) अश्व-शक्ति निर्धारणों (integral horse power ratings) वाली रिलक्टॉन्स मोटरों में होता है।



(a) Rotor of Reluctance Motor

(b) Construction of Reluctance Motor

चित्र 16.2–When the rotor comes up in the speed of the iron reluctance bars magnetized by the field poles and the rotor locks in synchronism with the rotating field. Since there is now no slip, the squirrel-cage bars do not work.

(b) रोटर अर्थात् घूर्णक (Rotor)—सिंगल फेज फ्रेक्शनल होर्स-पॉवर वाली रिलक्टॉन्स मोटर में एक विशेष प्रकार के मॉग्नेटिक स्काइरल केज टाइप रोटर का प्रयोग होता है। इस विशेष प्रकार के रोटर को लौकिक (पूर्व प्रचलित) स्काइरल केज रोटर में विशेष प्रकार के खाँचे (grooves) काटकर बनाया जाता है। इन खाँचों (slots) को मृदु लौह के वायु प्रक्षेपित ध्रुवों (wind salient poles of soft iron) की तरह प्रयोग किया जाता है। इनकी संख्या स्टेटर पर बनने वाले इलेक्ट्रिक पोल्स की संख्या के बराबर होती है। इस प्रकार यह सम्पूर्ण व्यवस्था मोटर को स्वःआरम्भित (self-started) उसी तरह बनाती है, जिस प्रकार पोल-शूज पर स्थापित डेम्पर वाइण्डिंग, सिन्क्रोनस मोटर को स्व:आरम्भित बनाती है।

टिप्पणी (Note)—सिंगल फेज रिलक्टॉन्स मोटर के स्काइरल केज रोटर की यह चुम्बकीय संरचना असममित (asymmetrical) होती है। इसे सममित स्काइरल केज रोटर के कुछ खाँचों (slots) तथा कुछ दाँतों (teeth) को हटाकर भी, बनाया जा सकता है, जैसा कि चित्र 16.2 से स्पष्ट है। इस प्रकार इस स्काइरल केज रोटर के रिलक्टॉन्स द्वारा स्टेटर के फ्लक्सों को परिवर्तनीय मॉग्नेटिक रिलक्टॉन्स पाथ प्रदान किया जाता है।

16.10. रिलक्टॉन्स मोटर का कार्य-सिद्धान्त (Working principle of reluctance motor)

रिलक्टॉन्स मोटर, एक स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर की तरह से प्रवर्त (start) होती है। जैसे-जैसे इसकी गति तुल्यकाली गति के निकट पहुँचती जाती है; वैसे-वैसे रोटर पर स्थापित सोफ्ट आयरन-पोल की स्लिप क्रमशः कम होती चली जाती है। इस प्रचालन में एक स्थिति ऐसी भी आती है, जिस पर रोटेटिंग मॉग्नेटिक फील्ड तथा रोटर-स्पीड में पारस्परिक अन्तर इतना कम रह जाता है कि स्टेटर के पोल्स द्वारा रोटर के पोल्स चुम्बकित हो जाते हैं; तब रोटर, स्टेटर के रोटेटिंग मॉग्नेटिक फील्ड का पदानुगामी (locks into step) हो जाता है। इस अवस्था में रोटर, सिन्क्रोनस स्पीड पर घूमने लगता है।

16.11. रिलक्टॉन्स मोटर की विशेषतायें (Specialities of reluctance motor)

रिलक्टॉन्स मोटर के प्रमुख लक्षण/अभिलक्षण/गुणधर्म आदि निम्नलिखित (following) हैं—

(i) क्षमता (capacity)—आंशिक अश्व-शक्ति (fraction horse power)।

(ii) बाह्य खिंचाव बलाघूर्ण (pull out torque)—2 to 2.5 p. u. तक $[T_s = (2 \text{ to } 2{\cdot}5)T_f]$

(iii) अन्तः खिंचाव बलाघूर्ण (pull in torque)—0.9 to 1.2 p. u. तक $[T_R = (0.9 \text{ to } 1{\cdot}2)T_f]$

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)—स्वप्रवर्तन (self starting)

(v) गति-भार अभिलक्षण (speed load characteristic)—पार्श्व प्ररूपी अर्थात् तुल्यकाली गति।

(vi) गति नियन्त्रण (speed control)—परम स्थिर गति के कारण सम्भव नहीं।

(vii) विपरीत गति (opposite speed)—इण्डक्शन मोटर की तरह ही प्राप्त होती है।

(viii) शक्तिगुणक (power factor)—न्यून (0.6 to 0.8 तक); परन्तु स्थायी रूप से सिन्क्रोनस ऑपरेशन के समय शक्तिगुणक का मान 0·8 रहता है।

(ix) ताम्र हानियाँ (copper losses)—स्थिर तुल्यकाली गति के भार पर, रोटर में ताम्र हानियाँ शून्य होती हैं।

(x) निर्गत (output)—न्यून (low)।

(xi) दक्षता (efficiently)—न्यून (70 से 80 प्रतिशत तक)।

(xii) प्रतिष्टम्भ अनुपात (reluctance ratio)—3 से 6 तक।

(xiii) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—कम (less)।

(xiv) आपेक्षिक कीमत (relative cost)—कम (less)।

टिप्पणी (Note)—इसके अतिरिक्त रिलक्टॉन्स मोटरें सस्ती (cheap), दृढ़ांग (robust), टिकाऊ (durable), विश्वसनीय (reliable), सिन्क्रोनस तथा अण्डर सिन्क्रोनस स्पीड पर चलने वाली होती हैं।

16.12. रिलक्टॉन्स मोटर के अनुप्रयोग (Applications of reluctance motor)

इस मोटर का प्रयोग (use) निम्नलिखित कार्यों (following works) में होता है—

(i) न्यूक्लियर रिएक्टर में कन्ट्रोल रोड की स्थिति स्थापन (position setting) के लिए।

(ii) टेक्सटाइल मशीनों को तुल्यकाली गति (synchronous speed) पर चलाने के लिए।

Scanned with CamScanner
203 / 235
TOKO TEKNIK CLASSES

(iii) रेक्टिफायर, इनवर्टर यूनिटों की नियन्त्रित स्विचन क्रिया द्वारा परिवर्तनीय आवृत्ति प्रदाय (variable frequency supplies) प्राप्त करने के लिए।

(iv) इस मोटर का प्रयोग, चालन (drive) की तरह स्थिति-स्थापना (position-setting), गति नियन्त्रण (speed control) अथवा इन दोनों के संयोग (combination) के लिए होता है।

16.13. 'एकलकला तथा बहुकला' प्र० धा० मोटरों का तुलनात्मक अध्ययन
(Comparative study of single phase and multiphase a. c. motors)

क्र० सं०	तुलनात्मक कारक (factors)	सिंगल फेज मोटर	मल्टि-फेज मोटर
1.	संरचना (Construction)	सरल (simple)	जटिल (complicate)
2.	प्रमाप (Size)	लघु (small)	दीर्घ (big)
3.	अश्व-शक्ति (H.P.)	फ्रेक्शनल	इन्टिग्रल
4.	भार (Weight)	कम (less)	अधिक (more)
5.	आयतन (Volume)	कम (less)	अधिक (more)
6.	आवश्यक वरिम (Space)	कम (less)	अधिक (more)
7.	कला (Phase)	एकलकला (s. ph.)	अधिक कला (m. ph.)
8.	कुण्डलन (Winding)	एकलकला (s. ph.)	बहुकला (m. ph.)
9.	प्रदाय (Supply)	एकलकला (s. ph.)	बहुकला (m. ph.)
10.	कुण्डली कुण्डलन	एकलकुण्डली (s.c.)	बहुकुण्डली (m.c.)
11.	आरम्भिक बलाघूर्ण	शून्य (zero)	उच्च (high)
12.	धावी बलाघूर्ण (R.T.)	सामान्य (normal)	उच्च (high)
13.	प्रवर्तन (Starting)	स्वप्रवर्तनहीन	स्वप्रवर्तित
14.	अतिभार क्षमता (O.L.C.)	कम (less)	अधिक (more)
15.	चालन या प्रवर्त (Start)	स्वचालनरहित	स्वचालित
16.	गति नियमन (S.R.)	निर्बल (poor)	सबल (rich)
17.	गति नियन्त्रण (S.C.)	सुगम (easy)	कठिन (difficult)
18.	दक्षता (Efficiency)	न्यून (low)	उच्च (high)
19.	शक्तिगुणक (P.F.)	न्यून (low)	उच्च (high)
20.	प्रारम्भिक कीमत (I.C.)	सामान्य (normal)	अधिक (more)
21.	प्रचालन कीमत (O.C.)	कम (less)	अधिक (more)
22.	अनुरक्षण कीमत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)
23.	अनुप्रयोग क्षेत्र (A.F.)	व्यापक	औद्योगिक

AK TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

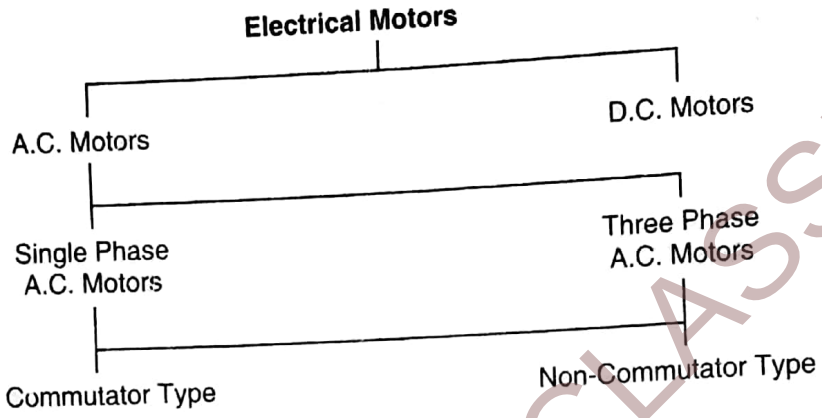
उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी (short note) लिखिए—
   (i) सिंगल-फेज सिन्क्रोनस मोटर
   (ii) सिंगल-फेज हिस्टेरिसिस मोटर *(U.P. 2004)*
   (iii) सिंगल-फेज रिलक्टॉन्स मोटर। *(U.P. 2004)*
2. हिस्टेरिसिस मोटर के कार्य-सिद्धान्त तथा अनुप्रयोग लिखिए। *(U.P. 2000)*
3. सिंगल-फेज हिस्टेरिसिस मोटर की संरचना, कार्य तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2004)*
4. शैथिल्य मोटर (hysterisis motor) को सूक्ष्मता से समझाइए। *(U.P. 2005)*
5. निम्नलिखित मोटरों की संरचना तथा कार्य-सिद्धान्त समझाइए—
   (i) सिंगल-फेज हिस्टेरिसिस मोटर, (ii) सिंगल-फेज रिलक्टॉन्स मोटर *(U.P. 2009)*

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

17 एकलकला दिक्परिवर्तक प्ररूपी मोटरें
[SINGLE PHASE COMMUTATOR TYPE MOTORS]



17.1. परिचय (Introduction)

ए० सी० मोटरों की अपेक्षा, यद्यपि समान क्षमता वाली डी० सी० मोटरों की कीमत अधिक होती है; परन्तु इनका निष्पादन (कार्य-कौशल) अपेक्षाकृत श्रेष्ठ होता है। अमितव्ययता (expensiveness) के दृष्टिकोण से व्यावसायिक स्तर पर दिष्टवर्ती विद्युत (d.c. electricity) का वितरण नही होता; एकमात्र प्रत्यावर्ती विद्युत (a.c. electricity) का ही वितरण होता है, जबकि डी० सी० मोटरों के लिए दिष्टधारा प्रदायी स्रोत (d.c. supply source) का होना नितान्त आवश्यक है। इसलिए डी० सी० मोटरों की अभिकल्पना (design) में समुचित संशोधन (proper improvement) करके इन्हें प्रत्यावर्ती विद्युत से ही चलाया जाता है, जिन्हें दिक्परिवर्तक प्ररूपी प्र० धा० मोटरें (commutator type a.c. motors) कहते हैं। इनकी कार्य-कुशलता (performance), दिक्परिवर्तक रहित प्र० धा० मोटरों (commutatorless a.c. motors) से श्रेष्ठ होती है। प्रस्तुत अध्याय में इन्हीं मोटरों का वर्णन किया गया है।

(A) दिक्परिवर्तक प्ररूपी एकलकला प्र० धा० श्रेणी मोटर (Commutator Type Single Phase A.C. Series Motor)

17.2. परिचय (Intorduction)

प्रस्तुत मोटर, डी० सी० सीरीज मोटर का ही एक विकसित रूप है, जिसमें डी० सी० मोटर की तरह ही स्टेटर वाइण्डिंग को कॉम्मुटेटर एवं ब्रश द्वारा रोटर वाइण्डिंग के श्रेणी में सम्बद्ध किया जाता है। अर्थात् इस मोटर की संरचना तथा वैद्युत परिपथ लगभग डी० सी० सीरीज मोटर के समान ही होते हैं। केवल डी० सी० वोल्टेज के स्थान पर सिंगल-फेज की ए० सी० वोल्टेज की सप्लाई प्रदान की जाती है। इसीलिए इस मोटर को कॉम्मुटेटर टाइप सिंगल फेज ए० सी० सीरीज मोटर का नाम दिया गया है। इस मोटर का बलाघूर्ण भी डी० सी० सीरीज मोटर की तरह ही अति उच्च होने के कारण, इसका प्रयोग भी लिफ्ट, क्रेन, हॉइस्ट, हॉउलेज, ट्रेन, ट्राम, ट्रोली आदि जैसे संकर्षण कार्यों (traction works) में होता है।

17.3. ए० सी० सीरीज मोटर की संरचना (Construction)

यद्यपि ए० सी० सीरीज मोटर की यान्त्रिक संरचना, मूलरूप से लगभग डी० सी० सीरीज मोटर के समरूप (identical) ही होती है; परन्तु फिर भी डी० सी० सीरीज मोटर का प्रयोग ए० सी० सीरीज मोटर की तरह नहीं किया जा सकता; क्योंकि डी० सी० मोटर में समान वोल्टता की सिंगल फेज ए० सी० सप्लाई देने से मोटर की अभिलक्षणें (characteristics), प्रदायी वोल्टता की प्रकृति के अनुसार ही, परिवर्तित हो जाती हैं। फलत: मोटर की कार्य-कुशलता (performance) में अधिक परिवर्तन देखने को मिलता है। अर्थात मोटर का निष्पादन (performance), डी० सी० की अपेक्षा, ए० सी० में असन्तोषप्रद (घटिया) होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

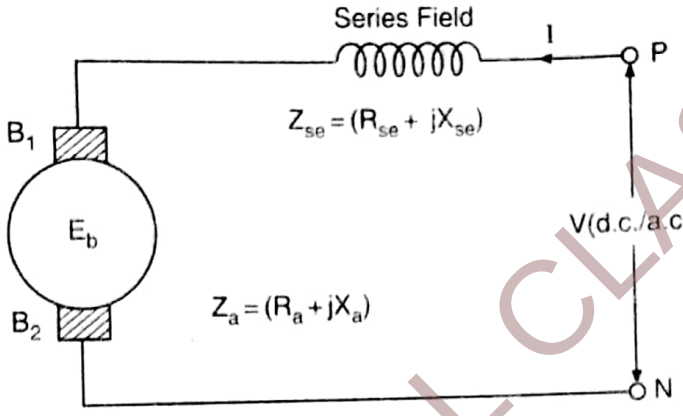
Scanned with CamScanner

यदि किसी प्रकार इन कमियों (drawbacks) को दूर कर दिया जाए, तो यह डी० सी० सीरीज मोटर ही ए० सी० सीरीज मोटर की तरह कार्य करने लगेगी और एक आदर्श ए० सी० सीरीज मोटर कहलायेगी। ए० सी० सीरीज मोटर की अभिकल्पना का विकास (development of design) इसी सिद्धान्तानुसार किया गया है और इसी की विवेचना यहाँ पर आगे की गई है।

17.4. प्र० धा० प्रदाय की अवस्था में दिष्टधारा श्रेणी मोटर के कार्य-कौशल या निष्पादन में परिवर्तन

(Change in the performance of d.c. series motor in the case of d.c. supply)

यदि एक ही डी० सी० सीरीज मोटर को क्रमश: दिष्टवर्ती विद्युत (d.c.) तथा प्रत्यावर्ती विद्युत (a.c.) प्रदान की जाए, तो उनके निष्पादन में निम्नलिखित तुलनात्मक परिवर्तन होंगे—



चित्र 17.1–सीरिज मोटर का वैद्युत तुल्य परिपथारेख।

(a_1) डी० सी० सीरीज मोटर में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

Resistance drop + Back e.m.f. = Applied voltage

$$IR_t + E_b = V \qquad (R_t \text{ का मान रखने पर})$$

$$I(R_a + R_{se}) + E_b = V \qquad \text{...विकसित सूत्र (ia)}$$

(a_2) ए० सी० सीरीज मोटर में वोल्टता समीकरण (voltage equation)

Impedance drop + Back e.m.f. = Applied voltage

$$IZ_t + E_b = V \qquad (Z_t \text{ का मान रखने पर})$$

$$I(R_t + jX_t) + E_b = V \qquad (R_t \text{ व } X_t \text{ के मान रखने पर})$$

$$I\{(R_a + R_{se}) + j(X_a + X_{se})\} + E_b = V \qquad \text{...विकसित सूत्र (iia)}$$

(b_1) डी० सी० सीरीज मोटर में वोल्टतापात (voltage drop)

$$IR_t = (V - E_b) = \text{अपेक्षाकृत कम (less)} \qquad \text{...सूत्र (ib)}$$

(b_2) ए० सी० सीरीज मोटर में वोल्टतापात (voltage drop)

$$IZ_t = (V - E_b) = \text{अपेक्षाकृत अधिक (more)} \qquad \text{...सूत्र (iib)}$$

(c_1) डी० सी० सीरीज मोटर में विरोधी विद्युत-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = (V - IR_t) = \text{अपेक्षाकृत अधिक (more)} \qquad \text{...सूत्र (ic)}$$

(c_2) ए० सी० सीरीज मोटर में विरोधी विद्युज-वाहक बल (back e.m.f.)

$$E_b = (V - IZ_t) = \text{अपेक्षाकृत कम (less)} \qquad \text{...सूत्र (iic)}$$

(d_1) डी० सी० सीरीज मोटर का स्व-शक्तिगुणक (self-power factor)

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1 \text{ (एकांक)} = \text{अपेक्षाकृत अधिक} \qquad \text{...सूत्र (id)}$$

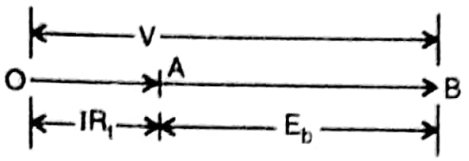
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

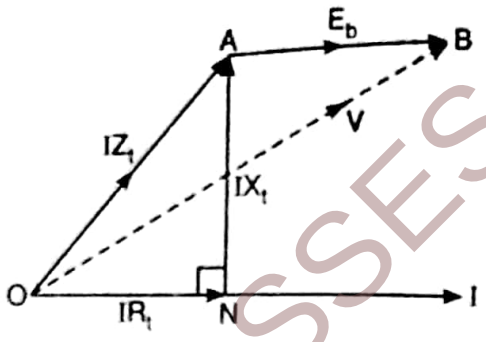
(d_2) ए० सी० सीरीज मोटर का स्व-शक्तिगुणक (self-power factor)

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} \leq 1 \text{ (एक से कम)} = \text{अपेक्षाकृत कम} \qquad \text{...सूत्र (iid)}$$

(e_1) समीकरण (ia) के अनुसार, डी० सी० सीरीज मोटर का सदिशारेख चित्र 17.2 (a) में दर्शाया गया है।



(a) डी०सी० सीरीज मोटर का सदिशारेख।



(b) ए०सी० सीरीज मोटर का सदिशारेख।

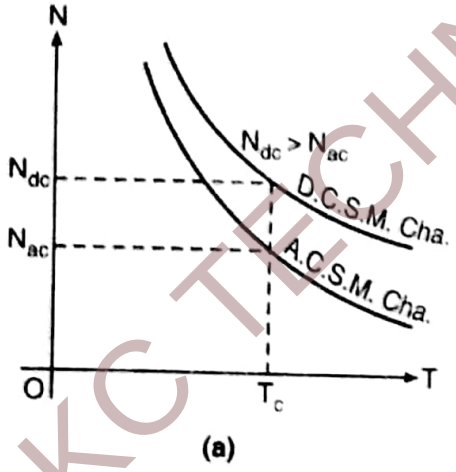
चित्र 17.2–डी० सी० एवं ए० सी० सीरीज मोटरों के सदिशारेख।

(e_2) समीकरण (iia) के अनुसार, ए० सी० सीरीज मोटर का सदिशारेख चित्र 17.2 (b) में दर्शाया गया है।

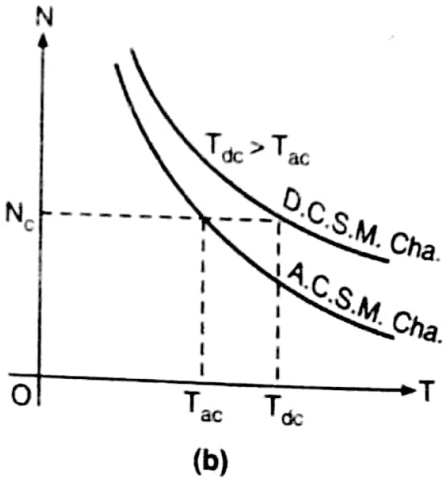
(f_1) स्थिर बलाघूर्ण (T_c) पर डी० सी० सीरीज मोटर की गति (speed)

$$N_{dc} = \frac{E_b}{K\phi} = \frac{V - IR_t}{K\phi} \quad \text{अर्थात्} \quad N_{dc} \propto (V - IR_t) = \text{अधिक}$$

(f_2) स्थिर बलाघूर्ण (T_c) पर ए० सी० सीरीज मोटर की गति (speed)



(a)



(b)

चित्र 17.3–सीरीज मोटरों के गति-बलाघूर्ण अभिलक्षण।

$$N_{ac} = \frac{E_b}{K\phi} = \frac{V - IZ_t}{K\phi} \quad \text{अर्थात्} \quad N_{ac} \propto (V - IZ_t) = \text{कम}$$

(g_1) स्थिर गति (N_c) पर डी० सी० सीरीज मोटर में विकसित बलाघूर्ण (toruqe)

$$T = K\phi I = \text{अपेक्षाकृत अधिक (क्योंकि } \cos\phi = 1) \qquad \text{...सूत्र (ig)}$$

(g_2) स्थिर गति (N_c) पर ए० सी० सीरीज मोटर में विकसित बलाघूर्ण (toruqe)

$$T = K\phi I \cos\phi = \text{अपेक्षाकृत कम (क्योंकि } \cos\phi < 1) \qquad \text{...सूत्र (iig)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

17.5. ए० सी० सीरीज मोटर की तरह डी० सी० सीरीज मोटर का अध्ययन (Study of d.c. series motor as a. c. series motor)

यदि डी० सी० सीरीज मोटर में समान वोल्टता की सिंगल-फेज ए० सी० सप्लाई दी जाए, तो मोटर के अभिलक्षणों (characteristics) में निम्नलिखित परिवर्तनों को परीक्षणों (tests) द्वारा देखा जा सकता है, जिन्हे संशोधित (improve) कर, एक आदर्श सिंगल फेज ए० सी० सीरीज मोटर की संरचना (अभिकल्पना) की जा सकती है—

(i) डी० सी० सीरीज मोटर में समान वोल्टता की सिंगल-फेज ए० सी० सप्लाई देने से मोटर के बलाघूर्ण की दिशा (direction of torque) में कोई परिवर्तन नहीं होता; परन्तु उत्पन्न बलाघूर्ण की प्रकृति तथा परिमाण (nature and magnitude) में विशेष अन्तर होता है। चूँकि ए० सी० की स्थिति मे मोटर के अन्दर स्पंदनीय बलाघूर्ण (pulsating torque) उत्पन्न होता है, जो न्यून होता है, जबकि डी० सी० की स्थिति में मोटर के अन्दर एकसमान स्थायी बलाघूर्ण (uniform stable torque) उत्पन्न होता है, जो अति उच्च होता है। बलाघूर्ण का सूत्र (formula)—

$$T = K\phi I = K \times (-\phi) \times (-I) = K\phi I \quad \text{न्यूटन-मीटर (N-m)}$$

(ii) ए० सी० के कारण, स्थाता (stator) में भँवर-धारा हानियाँ (eddy current losses) अधिक बढ़ जाती हैं।

(iii) क्रोड हानियाँ (core losses) बढ़ जाने के कारण, मोटर की प्रचालन दक्षता (operationg efficiency) घट जाती है।

(iv) आर्मेचर के कॉम्म्युटेटिंग कॉइल मे प्रतिघात वोल्टता (reactance voltage) अर्थात् ट्रांसफॉर्मर वोल्टेज अधिक बढ़ जाने के कारण, कॉम्म्युटेटर पर स्फुलन (sparking) अधिक बढ़ जाती है। सूत्ररूप में प्रतिवर्त परिणामित्र वोल्टता (transformer voltage per turn)

$$V_t = \frac{1 \cdot 11 \phi_m \cdot f \times 10^6}{25} \text{ वोल्ट}$$

(v) ए० सी० परिपथ में प्रतिरोधी वोल्टतापात (IR) के साथ-साथ प्रतिघाती वोल्टतापात (IX) भी होता है; इसलिए मोटर में वोल्टतापात अधिक बढ़ जाता है।

(vi) चूँकि डी० सी० परिपथ के प्रतिरोधी वोल्टतापात (IR) की अपेक्षा, ए० सी० परिपथ का प्रतिबाधी वोल्टतापात (IZ) अत्यधिक होता है; इसलिए मोटर मे विरोधी वि० वा० बल (back e.m.f.) घट जाता है, जैसा कि निम्नांकित सूत्र-सम्बन्ध से स्पष्ट है—

$$(E_b = V - IZ) < (E_b = V - IR)$$

(vii) विरोधी वि० वा० बल घटने के कारण, मोटर की गति (speed) घट जाती है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

$$N = \frac{E_b}{K\phi} = \frac{V - IZ}{K\phi} \text{ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)}$$

(viii) ए० सी० की स्थिति में फील्ड वाइण्डिग का प्रेरकत्व (inductance) अति उच्च होने के कारण, परिपथ की प्रतिबाधा (impedance) तथा कलाकोण (phase angle) का मान अधिक होता है। फलत: परिपथ का शक्तिगुणक घट जाता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$\text{Power Factor} = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{\{R^2 + (\omega L)^2\}}}$$

(ix) मोटर का शक्तिगुणक, आरम्भिक काल (starting period) में अतिन्यून होता है; परन्तु प्रचालन अवस्था (operating condition) में अधिक बढ़ जाता है; इसीलिए मोटर का आरम्भिक बलाघूर्ण (T_s) अतिन्यून होता है और प्रचालन बलाघूर्ण (T_0) अपेक्षाकृत उच्च होता है। इस प्रकार मोटर का शक्तिगुणक ($\cos\phi$), मोटर की चाल (N) के साथ-साथ घटता-बढ़ता रहता है, जैसा कि निम्नलिखित सम्बन्ध से स्पष्ट है—

$$T \propto \cos\phi \propto N$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(x) मोटर के शक्तिगुणक ($\cos\phi$) के घटने के साथ-साथ मोटर का बलाघूर्ण (T) भी घटता है, अर्थात् परिवर्तित होता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$T = K\phi I \cos\phi, \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)}$$

(xi) बलाघूर्ण (T) के घटने के साथ-साथ मोटर का निर्गत (output) भी घटता है अर्थात् परिवर्तित होता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

$$P_m = E_b I_a = \omega T = 2\pi n T = \text{output}$$

(xii) ए० सी० प्रचालन में मोटर की गति अभिलक्षण (speed characterisitics), डी० सी० सीरीज मोटर की तरह ही धारा के प्रतिलोमानुपाती होती है। अर्थात् $N \propto 1/I$

(xiii) ए० सी० प्रचालन में मोटर की बलाघूर्ण अभिलक्षण (torque characteristics), डी० सी० सीरीज मोटर की तरह ही धारा के वर्ग के समानुपाती होती है।

अर्थात् $T \propto I^2$

(xiv) ए० सी० प्रचालन में मोटर की यान्त्रिक अभिलक्षण (N-T characteristics) भी डी० सी० प्रचालन की तरह ही प्रतिलोम अभिलक्षण (inverse characteristics) होती है।

अर्थात् $N \propto 1/T$

17.6. ए० सी० सीरीज मोटर के निर्माण हेतु डी० सी० सीरीज मोटर की अभिकल्पना में संशोधन (Improvement in the design of d.c. series motor)

ए० सी० प्रदायी वोल्टता पर सन्तोषप्रद प्रचालन के लिए डी० सी० सीरीज मोटर में निम्नलिखित संशोधन करके, उपर्युक्त कमियों को दूर किया जाता है—

(i) सीरीज फील्ड का प्रेरकत्व (L) कम करने के लिए प्रत्येक मॉग्नेटिक पोल पर वर्तों (T) की संख्या कम कर दी जाती है। इससे प्रेरणिक प्रतिघात (ωL) तथा मेन पोल-फ्लक्स (ϕ) कम हो जाते हैं। फलत: क्रमश: शक्तिगुणक ($\cos\phi$) तथा गति (N) बढ़ जाती है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

Inductance, $L = T\phi / I \Rightarrow$ Wb-Turn/Amp. = Henry (unit)

Pole Flux, $\phi = \dfrac{\text{Ampere} - \text{Turns}\,(IT)}{\text{Reluctance}\,(S)} = \text{Wb (unit)}$

Power Factor, $\cos\phi = \dfrac{R}{Z} = \dfrac{R}{\sqrt{[(R^2 + (\omega L)^2]}} = \text{constant}$

Speed, $N = \dfrac{\text{Back.e.m.f.}\,(E_b)}{\text{Constant}\,(K) \times \text{Flux}\,(\phi)}$ चक्र प्रति मिनट (r.p.m.)

(ii) मॉग्नेटिक पोलों पर वर्तों (turns) की संख्या को बढ़ाने से यद्यपि फ्लक्स (ϕ) स्वयं घटकर, मोटर की गति (N) को बढ़ा देते हैं; परन्तु इसके साथ-साथ एक निश्चित धारा के मान के लिए बलाघूर्ण (T) का मान घट जाता है; इसलिए बलाघूर्ण (T) की पूर्ति हेतु आर्मेचर पर वर्तों ($Z/2$) की संख्या बढ़ा दी जाती है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

∵ Torque, $T = K\phi I \cos\phi$; (Where $K = PZ / 2\pi A$)

∴ Toruqe, $T = \dfrac{\phi PZ}{2\pi A} \cdot I \cdot \cos\phi$ न्यूटन-मीटर (N-m)

(iii) आर्मेचर पर वर्तों (turns) की संख्या बढ़ाने से आर्मेचर का फ्लक्स (ϕ_a) बढ़ जाता है, जो मुख्य चुम्बकीय क्षेत्र (ϕ_m) को कमजोर बना (कम कर) देता है। अर्थात् मोटर में आर्मेचर रीऑक्शन का मान बढ़ जाता है; इसलिए मोटर के मुख्य चुम्बकीय ध्रुवों पर प्रतिकारन कुण्डलन (compensating winding) कर दी जाती है, जो आर्मेचर के फ्लक्स को पूर्णतया निरस्त (neutralized) कर देती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iv) चुम्बकीय क्षेत्र के प्रेरकत्व (L) का मान कम करने के लिए, इस मोटर की अभिकल्पना न्यून प्रचालन वोल्टता (300 V से 400 V तक) के लिए की जाती है; क्योंकि उच्च होर्स-पावर वाली मोटर के लिए न्यून प्रचालन वोल्टता पर धारा का मान उच्च होता है। फलत: प्रेरकत्व (L) का मान न्यून होता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$\text{Inductance, } L = \frac{\phi T}{I} \Rightarrow \frac{\text{Weber} - \text{Turn}}{\text{Ampere}} = \text{Henry (unit).}$$

इसके विपरीत यदि मोटर की प्रचालन वोल्टता उच्च होती है, तो धारा का मान न्यून होता है। इस स्थिति में मोटर के अन्दर एक निश्चित मान का पोल-फ्लक्स उत्पन्न करने के लिए पोलों पर वर्तों की संख्या बढ़ानी पड़ती है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र-सम्बन्धों से स्पष्ट है—

$$\text{M.M.F.} = \text{Ampere-Turns (IT)}$$
$$= \text{Flux } (\phi) \times \text{Reluctance } (S)$$

(v) आर्मेचर-वाइण्डिग के लघुपथित कुण्डल (short circuited coil) अर्थात् कॉम्मुटेटिंग कॉइल में ट्रांसफॉर्मर वोल्टेज कम करने के लिए, मोटर में मॉग्नेटिक पोलों की संख्या अधिक तथा फ्लक्स प्रति पोल कम रखे जाते हैं। 800 HP से 600 HP की मोटरों में पोलों की संख्या 12 से लेकर 18 तक रखी जाती है। इसके अलावा भी इन मोटरों में दिक्परिवर्तक-स्फुलन (commutator sparking) निम्नलिखित तरीकों से रोकी जाती है—

(a) न्यून आवृत्ति ($16\frac{2}{3}$ या 25 Hz) वाली प्रदायी वोल्टता का उपयोग (use) करके।

(b) कम चौड़ाई (less width) के कार्बन-ब्रशों का उपयोग (use) करके।

(c) सम्पर्क-प्रतिरोध (contact resistance) बढ़ाकर, अर्थात् कठोर कार्बन के ब्रशों का उपयोग (use) करके।

(d) आर्मेचर-कॉइल तथा कॉम्मुटेटर-टेपिंग के मध्य, उच्च प्रतिरोध अवयव (high resistance element) को सम्बद्ध (connect) करके।

(e) प्रतिकारन कुण्डलन (compensating winding) का प्रयोग (use) करके।

(f) मॉग्नेटिक पोलों की संख्या अधिक; परन्तु प्रति पोल-फ्लक्स कम करके।

(g) गति को कम करके, जो मोटर की गति-बलाघूर्ण अभिलक्षण (N-T characteristic) के कारण, स्वत: सम्भव है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्र-सम्बन्ध से स्पष्ट है—

$$\text{Speed } (N) \propto \frac{1}{\text{Torque}(T)}$$

(vi) प्रति पोल-फ्लक्स कम रखने से मोटर में फ्लक्स की मात्रा सीमित ही रहती है; इसलिए फ्लक्स की सुरक्षा तथा उपयोगिता हेतु मोटर में वायु अन्तराल (air gap) कम रखा जाता है। इसके फलत: उच्च शक्तिगुणक भी प्राप्त होता है, जो मोटर के लिए अति उपयोगी तथा आवश्यक है।

(vii) भँवर-धारा हानि (eddy current loss) कम करने के लिए मोटर के सभी चुम्बकीय अंगों को पटलित (laminated) बनाया जाता है।

(viii) औद्योगिक मोटर की गति-बलाघूर्ण अभिलक्षण (N-T. curve) को अति ढालू (steeper) प्राप्त करने के लिए मोटर की अभिकल्पना न्यून फ्लक्स-घनत्व (flux density) के लिए की जाती है।

17.7. एकल कला प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटर के सामान्य गुणधर्म (General properties of single phase a.c. series motor)

(i) साइज या क्षमता (capacity)—3000 HP एवं 300 V तक।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—अति उच्च ($T_s = 3T$)।

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)—पूर्णभार धारा की दोगुनी ($I = 2I$)।

AKS TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)—टेप-ट्रांसफॉर्मर द्वारा।

(v) प्रचालन बलाघूर्ण (operating torque)—भार-धारा के वर्ग का समानुपाती ($T = I^2$) लगभग।

(vi) गति-भार अभिलक्षण (speed-load characteristic)—प्रतिलोमानुपाती अर्थात् श्रेणी अभिलक्षण

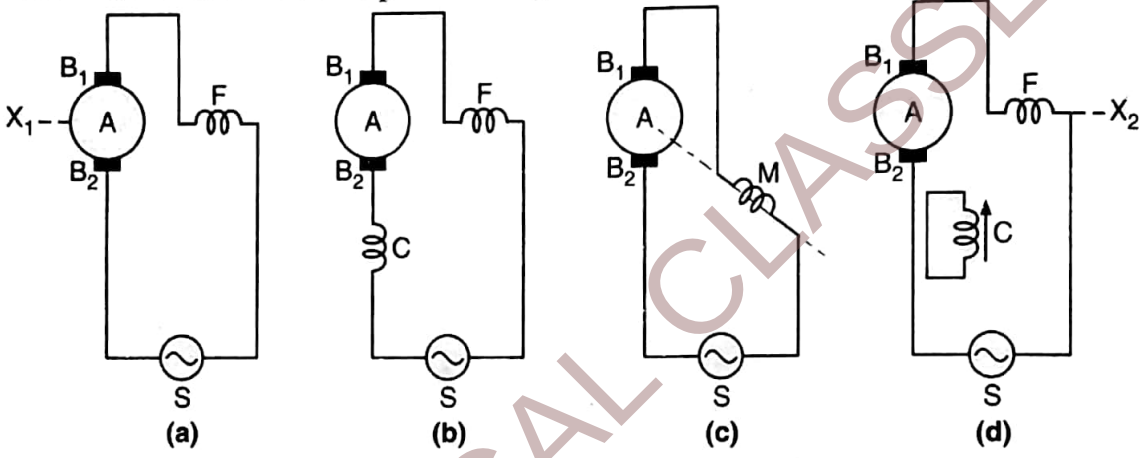
$$\left(N \propto \frac{1}{T} \text{ or } \frac{1}{\text{load}}\right)$$

(a) Simple A.C. Series Motor.

(b) A.C. Series Motor With Compensating Winding.

(c) A.C. Series Motor With Resultant Main Field Winding.

(d) A.C. Series Motor With Separate Compensating Winding.



चित्र 17.4–सिंगल फेज ए०सी० सीरीज मोटर का सर्किट डायग्राम।

(vii) गति (speed)—भार-धारा के प्रतिलोमानुपाती; ($N \propto 1/I$)।

(viii) गति नियन्त्रण (speed control)—ट्रांसफॉर्मर द्वारा पूर्ण गति नियन्त्रण।

(ix) गति नियन्त्रण की परास (range of speed control)—बहुनिश्चित गतियाँ।

(x) विपरीत गति (opposite speed)—आर्मेचर फील्ड या सीरीज फील्ड (दोनों में से किसी एक) के सिरों की ध्रुवता को आपस में बदलने (interchange) से विपरीत गति प्राप्त होती है।

(xi) शक्तिगुणक (power factor)—उच्च; 0·8 से 0·9 तक; सदैव पश्चगामी (always lagging)।

(xii) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—उच्च (high।

(xiii) आपेक्षिक कीमत (relative cost)—2·5 यूनिट (high)।

17.8. प्र० धा० श्रेणी मोटर के अनुप्रयोग (Application of a.c. series motor)

औद्योगिक क्षेत्र में इस मोटर का प्रयोग (use) एकलकला प्र० धा० प्रदायी वोल्टता पर उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण तथा उच्च बलाघूर्ण पर स्थायी गति के लिए किया जाता है; जैसे—

(A) गृह उपयोगी साधित्रों में—(i) रेफ्रिजरेटर (refrigerator), (ii) वैक्यूम क्लीनर्स (vacuum cleaners)।

(B) औद्योगिक साधित्रों में—(i) निर्वात मार्जक अर्थात् वैक्यूम क्लीनर, (ii) रिकार्ड प्लेयर, (iii) एयर कन्डिशनर, (iv) रेलवे संकर्षण कार्यों में उच्च हार्स-पावर (600 HP लगभग) की मोटरें, प्राय: ट्राम-बस तथा ट्रोली-कारों में प्रयोग (use) होती हैं।

टिप्पणी (Note)—(i) इस मोटर के स्टेटर पर श्रेणी में एक कॉम्पेन्सेटिंग वाइण्डिंग स्थापित करने से मोटर के शक्तिगुणक में संशोधन होता है। तब इस मोटर का नाम कॉम्पेन्सेटिड सीरीज मोटर होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) रेलवे संकर्षण कार्यों के लिए इस एकलकला श्रेणी मोटर की विशेष अभिकल्पना, 200 से 600 HP तक, 12 से 18 Poles तक; 100 से 300 V तथा $12\frac{1}{2}$ c/s या 25c/s अथवा $16\frac{2}{3}$ c/s के लिए की जाती है और गति का नियन्त्रणा, टेपचेन्जिंग ट्रांसफॉर्मर द्वारा होता है।

(B) यूनिवर्सल मोटर (Universal Motor)

17.9. परिचय (Introduction)

प्रस्तुत मोटर, पूर्व वर्णित ए० सी० सीरीज मोटर का ही विकसित रूप है; क्योंकि इसमें भी ए० सी० सीरीज मोटर की तरह ही दोनों (स्टेटर एवं रोटर) वाइण्डिगों को कॉम्मुटेटर एवं ब्रश के द्वारा परस्पर श्रेणी में जोड़ा जाता है और इसके गुण भी श्रेणी अभिलक्षणिक होते हैं। इन दोनों मोटरों में अन्तर केवल यह है कि सीरीज मोटर की अभिकल्पना एकमात्र ए० सी० के लिए की जाती है, जबकि इसकी अभिकल्पना ए० सी० तथा डी० सी० दोनों के लिए इस प्रकार की जाती है कि दोनों प्रकार की विद्युतों (a.c./d.c.) पर समान प्रदायी वोल्टता के लिए समान गति तथा समान निर्गत प्राप्त होता है। इस प्रकार इस मोटर को दोनों में से किसी एक प्रकार की विद्युत का उपयोग (use) करके, प्रचालित किया जा सकता है; इसलिए इसे यूनिवर्सल मोटर, सार्वभौमिक मोटर, ए० सी०/डी० सी० मोटर आदि नामों से जाना जाता है। इस मोटर का प्रयोग उच्च बलाघूर्ण के लघु कार्यों में होता है।

17.10. यूनिवर्सल मोटरों का वर्गीकरण (Classification of univeresal motors)

सार्वभौमिक मोटरें (Universal Motors)

$\left(\frac{1}{2}\text{ HP से }\frac{1}{200}\text{ HP तक}\right)$

- संकेन्द्रित क्षेत्र प्ररूपी अप्रतिकारित सार्वभौमिक मोटरें (Concentrated field type non-compensated universal motors)
- वितरित क्षेत्र प्ररूपी प्रतिकारित सार्वभौमिक मोटरें (Distributed field type compensated universal motors)

17.11. यूनिवर्सल मोटर की संरचना (Construction of universal motor)

मोटर के अंग (Parts of Motor)

स्थाता के अंग (Stator Parts)

(i) ढाँचा या योजक (frame or yoke)
(ii) ध्रुव नाल (pole shoe)
(iii) ध्रुव क्रोड (pole core)
(iv) ध्रुव कुण्डलन (pole winding)
(v) अंत्य पट्टें (end plates)
(vi) ब्रशें यन्त्रावली (brush gear)
(vii) कार्बन ब्रशें (carbon brushes)

घूर्णक के अंग (Rotor Parts)

धुरा या शाफ्ट (shaft)
धुरा कुँजी (shaft key)
आर्मेचर क्रोड (core)
आर्मेचर दाँते (teeth)
आर्मेचर खाँचे (slots)
आर्मेचर कुण्डलन (winding)
दिक्परिवर्तक (commutator)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

यूनिवर्सल मोटर की संरचना मूलरूप से डी० सी० सीरीज मोटर के समान ही होती है। भँवर-धारा हानियों को कम करने के लिए इस मोटर में स्टेटर के लौह निर्मित अंगों (योक, पोल-शू, पोल-कोर आदि) को पटलित पत्तियों (laminated strips) का बनाया जाता है। प्राय: सभी लोह-पटलित पत्तियाँ एकल खण्ड (single piece) में होती हैं।

इस मोटर का रोटर भी डी० सी० सीरीज मोटर के आर्मेचर की तरह कुण्डल कुण्डलित प्ररूपी (coil wound type) होता है। भँवर-धारा हानियाँ कम करने के लिए इसका आर्मेचर कोर भी लौहे की एकरूप पटलित पत्तियों (identical laminated strips) का बना होता है, जिसमें खाँचे (slots) सीधे या तिरछे कटे हुए होते हैं। आर्मेचर से सटा (लगा) हुआ है दिक्परिवर्तक (commutator) होता है, जिससे आर्मेचर-वाइण्डिग के सिरे जुड़े हुए होते हैं।

योक के दोनों अंत्यों पर अंत्य पट्टे (end plates) लगी रहती हैं, जिनके केन्द्र पर बेयरिंग स्थापित रहती है। इन पर टिकी हुई शाफ्ट घूमती है। कॉम्मुटेटर की ओर अंत्य पट्ट से ब्रश गियर संलग्न रहता है।

बड़ी यूनिवर्सल मोटर में स्टेटर-वाइण्डिग के साथ श्रेणी में कॉम्पनसेटिंग वाइण्डिग का प्रयोग होता है; परन्तु छोटी यूनिवर्सल मोटर में इस प्रकार की किसी वाइण्डिग का प्रयोग नहीं होता; क्योंकि इसमें दिक्परिवर्तन स्फुलन (commutation sparking) तथा न्यून शक्तिगुणक ($\cos\phi$) की समस्या नहीं होती है।

17.12. यूनिवर्सल मोटर का कार्य-सिद्धान्त (Working Principle of U.M.)

सिंगल फेज ए० सी० सीरीज मोटर के अध्ययन से विदित है कि यदि डी० सी० सीरीज मोटर में समान वोल्टता की ए० सी० सप्लाई दी जाए, तो मोटर पूर्ववत् दिशा में ही घूमती है। इसी प्रकार यूनिवर्सल मोटर में चाहे ए० सी० दी जाए अथवा डी० सी० दी जाए; परन्तु दोनों ही अवस्थाओं में स्टेटर तथा रोटर के फ्लक्सों की पारस्परिक क्रिया (interaction) द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण की दिशा समान होती है; क्योंकि स्टेटर तथा रोटर श्रेणी सम्बद्ध होने के कारण, दोनों में धारा का दिशा-परिवर्तन एक साथ अर्थात् तात्क्षणिक (instantaneously) होता है, जैसा कि निम्नलिखित सूत्रों से स्पष्ट है—

In case of d.c. supply the torque $T = K\phi I$ न्यूटन-मीटर (N-m)

In case of positive pulse of a.c. supply the torque

$$T = K\phi\, I \text{ न्यूटन-मीटर (N-m)}$$

In case of negative pulse of a.c. supply the torque

$$T = K\times(-\phi)\times(-I)$$
$$= K\phi I \text{ न्यूटन-मीटर (same as above)}$$

17.13. यूनिवर्सल मोटर के सामान्य गुणधर्म (General properties of U.M.)

(i) क्षमता (capacity)—$\frac{1}{2}$ HP तक तथा 3,000 से 10,000 r.p.m. तक।

(ii) आरम्भिक बलाघूर्ण (starting torque)—उच्च ($T_s = 3T$)।

(iii) आरम्भिक धारा (starting current)—पूर्णभार-धारा की दोगुनी ($I_s = 2I$)।

(iv) आरम्भिक व्यवस्था (starting arrangement)—स्वारम्भित (self started)।

(v) प्रचालक बलाघूर्ण (operating torque)—भार-धारा के वर्ग का समानुपाती ($T \propto I^2$)।

(vi) गति-भार अभिलक्षण (speed-load characteristics)—प्रतिलोम (inverse)।

$$\left(N \propto \frac{1}{T} \text{ or } \frac{1}{\text{load}}\right) \text{ श्रेणी अभिलक्षण}$$

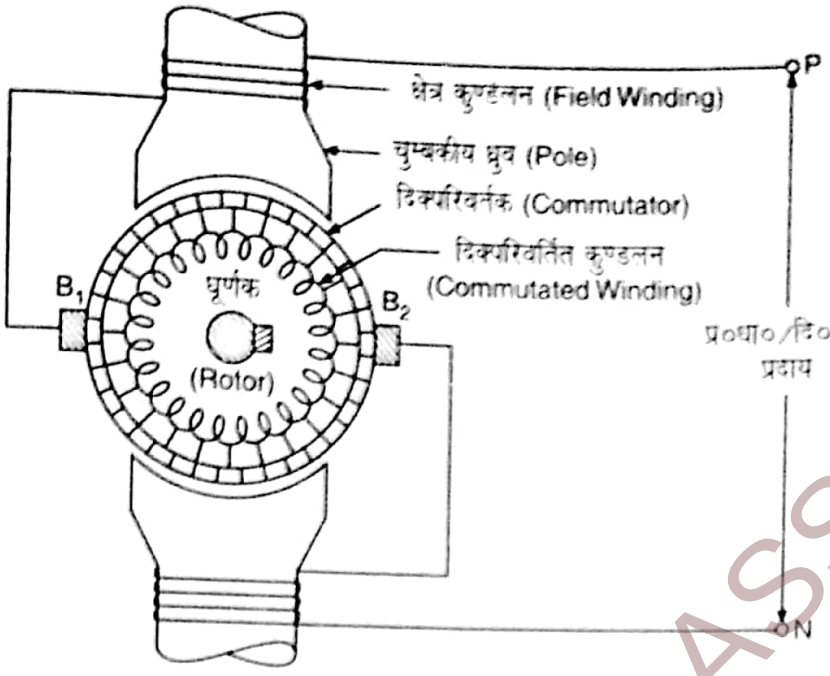
(vii) गति (speed)—भार-धारा के प्रतिलोमानुपाती ($N \propto 1/I$) लगभग।

(viii) गति नियन्त्रण (speed control)—वोल्टता नियन्त्रण द्वारा, जैसे प्रतिरोध नियामक इलेक्ट्रॉनिक रेगुलेटर आदि

(ix) गति नियन्त्रण की परास (range of speed control)—नियामक द्वारा पूर्ण परास पर।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



चित्र 17.5–'सिंगल फेज ए०सी० या द्वि-तार डी० सी०' कॉम्यूटेटर टाइप द्वि-चुम्बकीय ध्रुव प्ररूपी यूनिवर्सल मोटर।

(x) विपरीत गति—आर्मेचर फील्ड अथवा सीरीज फील्ड (दोनो मे से किसी एक) के सिरों की ध्रुवता को आपस में बदलने से विपरीत गति प्राप्त होती है।

(xi) शक्तिगुणक (power factor)—0·8 से 0·9 सदैव पश्चगामी (always lagging)।

(xii) अनुरक्षण कीमत (maintenance cost)—उच्च (high)।

(xiii) आपेक्षिक कीमत (relative cost)—2·5 यूनिट (high)।

17.14. यूनिवर्सल मोटर के अनुप्रयोग (Applications of universal motor)

'व्यावहारिक तथा औद्योगिक' क्षेत्रो मे इस मोटर का प्रयोग (use) ए० सी० अथवा डी० सी० प्रदायी वोल्टता पर, उच्च आरम्भिक बलाघूर्ण गति नियन्त्रण रहित, परिवर्तनीय गति के लघु उद्योगो मे किया जाता है; जैसे (i) सुवाह्य औजारों (portable tools), (ii) सुवाह्य बरमा (portable drill), (iii) गृह चलचित्र प्रक्षेपक (home moving picture projectors), (iv) सिलाई की मशीन, (v) रसोईघर के उपयन्त्र, (vi) फूड मिक्सर, (vii) हेयर ड्रायर्स, (viii) निर्वात मार्जक, (ix) ब्लोअर, (x) लघु पंखे आदि घरेलू यन्त्र तथा उपयन्त्र।

17.15. घरेलू साधित्रों के लिए उपयुक्त अर्थात् उचित मोटर का चयन (Selection of suitable motor for domestic appliances)

तालिका नं० 1

क्रमांक	घरेलू साधित्र	डी० सी० मोटर	सिंगल-फेज ए० सी० मोटर	भार हेतु अभिलक्षण
1.	पंखे (fans)	शन्ट मोटर,	कॉपॉसिटर स्टार्ट	(i) स्थिर भार
(a)	सीलिंग फैन्स	यूनिवर्सल मोटर	इण्डकशन मोटर	(ii) स्थिर गति
(b)	बेबी टेबिल फैन्स	यूनिवर्सल मोटर	शैडिड पोल टाइप	(iii) सामान्य टॉर्क (iv) स्वप्रवर्तित (v) $T_s = 1{\cdot}5T$

AK TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

2. (a)	रसोई साधित्र	सार्वभौमिक मोटर (universal motor)	सार्वभौमिक मोटर (universal motor)	(i) स्थिर भार
(b)	सिलाई की मशीन			(ii) स्थिर गति
(c)	मिक्सी			(iii) शीघ्र प्रवर्तन
(d)	बाल काटने की मशीन			(iv) न्यून बलाघूर्ण
(e)	विद्युत शेयर			
(f)	हेयर ड्रायर्स			
3. (a)	वायु-वातानुकूलक	पार्श्व मोटर (shunt motor)	कॉपॉसिटर स्टार्ट केज टाइप इण्डक्शन मोटर	(i) स्थिर भार (ii) स्थिर गति (iii) मध्यम टॉर्क
(b)	शीतक (cooler)			(iv) स्वप्रवर्तित
(c)	कपड़े धोने की मशीन			(v) $T_s = 2T_R$
4. (a)	विद्युत घड़ी	सम्भव नहीं (Not possible)	तुल्यकालिक मोटर	(i) स्थिर भार
(b)	अभिलेखी यन्त्र			(ii) परम स्थिर गति
(c)	ध्वनि अभिलेखी		स्वारम्भिक व्यवस्था के साथ (synchronous motor with self starting arrangement)	(iii) न्यून टॉर्क
(d)	टेलीप्रिंटर्स			
(e)	नियन्त्रण उपस्कर			
(f)	कालिक युक्तियाँ			
5.	प्रशीतित्र (refrigerator)	सम्भव नहीं (Not possible)	(i) इण्डक्शन मोटर (a) कॉपॉसिटर स्टार्ट व कॉपॉसिटर रन (b) रिपल्सन स्टार्ट (ii) रिपल्सन मोटर (iii) सीरीज मोटर	(i) स्थित गति (ii) उच्च टॉर्क

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

4. सिंगल फेज सीरीज मोटर की अभिलक्षणें (characterisics) भी लगभग डी० सी० सीरीज मोटर के समान (similar) ही होती हैं।
5. श्रेणी मोटर (series motor) का बलाघूर्ण (torque) अति उच्च (very high) होता है।
6. श्रेणी मोटर (series motor) की गति (speed) अतिपरिवर्तनीय (very variable) होती है।
7. श्रेणी मोटर (series motor) की अतिभार क्षमता (over load capacity) सर्वाधिक (maximum) होती है।
8. भार (load) के बढ़ाने पर सिंगल फेज सीरीज मोटर का भार-बलाघूर्ण (load torque) बढ़ता है; परन्तु गति (speed) तथा शक्तिगुणक (power factor), दोनों ही घटते हैं।
9. निर्भार (no load) पर सीरीज मोटर की गति अनन्त (infinite) हो जाती है, जिससे कोई दुर्घटना घट सकती है।
10. अनकम्पेन्सेटिड टाइप सिंगल फेज सीरीज मोटर का गति नियमन (speed regulation) अतिनिर्बल (poorest) होता है।
11. सिंगल फेज सीरीज मोटर में प्रतिकारी कुण्डलन (compensating winding) को आर्मेचर के श्रेणी में सम्बद्ध किया जाता है। इससे मोटर के निष्पादन (performance) में सुधार (improvement) होता है।
12. सिंगल फेज सीरीज मोटरों का प्रयोग अधिकतर संकर्षण (traction) सम्बन्धी दीर्घ कार्यों (large works) में होता है।

यूनिवर्सल मोटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (Important True Statements)

1. यूनिवर्सल मोटर की संरचना (construction) डी० सी० सीरीज मोटर के समान (similar) होती है।
2. यूनिवर्सल मोटर की अभिलक्षणें (characteristics) भी लगभग डी० सी० सीरीज मोटर के समान (similar) ही होती हैं।
3. यूनिवर्सल मोटर, डी० सी० सीरीज मोटर का ही एक विकसित रूप (developed form) है।
4. यूनिवर्सल मोटर को ए० सी०/डी० सी० मोटर भी कहते हैं, क्योंकि यह दोनों वैद्युत प्रदायों (supplier) पर समान रूप से कार्य करती है।
5. लार्ज साइज की यूनिवर्सल मोटर में स्थाता कुण्डलन (stator winding) के साथ श्रेणी में प्रतिकारी कुण्डलन (compensating winding) का प्रयोग (use) होता है।
6. यूनिवर्सल मोटर को दिष्टवर्ती विद्युत (d.c.) दी जाय 'अथवा' प्रत्यावर्ती वैद्युत (a.c.) दी जाय; दोनों ही अवस्थाओं (conditions) में समान दिशा (same direction) में घूमती है।
7. यूनिवर्सल मोटर की अभिकल्पना (design) उच्च गति (above 3000 r.p.m.) के लिए की जाती है।
8. यूनिवर्सल मोटरों का प्रयोग (use), उच्च बलाघूर्ण (high torque) के लघु कार्यों (small works) में होता है।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) सिंगल-फेज सीरीज मोटर
   (ii) यूनिवर्सल मोटर *(U.P. 2004)*
2. यूनिवर्सल मोटर की संरचना तथा कार्य-सिद्धान्त समझाइए। *(U.P. 2003)*
3. सिंगल-फेज ए० सी० सीरीज मोटर को सचित्र समझाइए। *(U.P. 2005)*
4. यूनिवर्सल मोटर की रेटिंग तथा अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए।
5. यूनिवर्सल मोटर के सामान्य गुणधर्मों पर प्रकाश डालिए। *(U.P. 2003)*
6. एक यूनिवर्सल मोटर की संरचना, कार्य-सिद्धान्त तथा अनुप्रयोग लिखिए। *(U.P. 2007)*
7. सार्वत्रिक मोटर के गुण-दोषों को सूचीबद्ध कीजिए। *(U.P. 2003)*
8. एकल कला प्र० धा० श्रेणी मोटर की संरचना तथा कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2011)*
9. सार्वत्रिक मोटर की संरचना, कार्य-विधि व अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2012)*

AKS TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

18 नियन्त्रण मोटरें

[CONTROL MOTORS]

18.1. परिचय (Introduction)

वे सभी मोटरें, जो नियन्त्रण प्रणाली में प्रयोग (use) की जाती हैं, नियन्त्रण मोटरें अथवा कंट्रोल मोटर्स कहलाती हैं; जैसे सिन्क्रोमोटर (synchromotor), सर्वोमोटर (servomotor), स्टैपर मोटर (stepper motor) आदि। ये मोटरें नियंत्रण प्रणाली में स्थिति (position), दिशा (direction), त्रुटि (error), घूर्णी विस्थापन (rotary displacement), रेखीय विस्थापन (linear displacement) आदि प्रक्रियाओं को नियन्त्रित करती हैं। विद्युत की प्रकृति के अनुसार, ये मोटरें निम्नलिखित दो प्रकार की होती हैं—

(i) नियन्त्रण प्रणाली की दिष्टधारा मोटरें (d.c. motors of control system)।

(ii) नियन्त्रण प्रणाली की प्रत्यावर्ती धारा मोटरें (a.c. motors of control system)।

(A) सर्वोमोटर (SERVOMOTOR)

18.2. परिचय (Introduction)

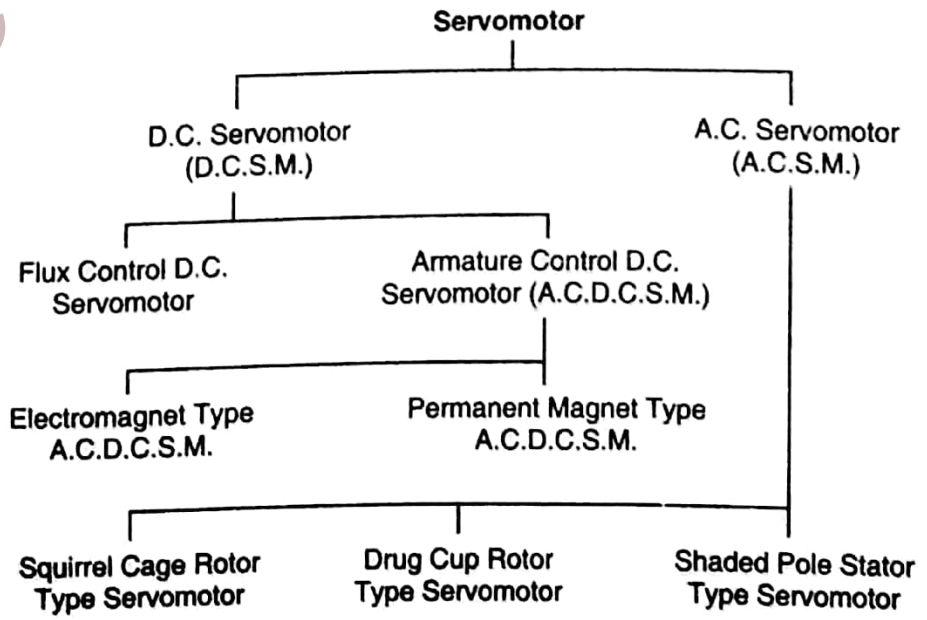
वह मोटर, जो त्रुटि संकेतों (error signals) पर नियंत्रण का कार्य करती है, सर्वोमोटर कहलाती है। प्रायः सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर को ही सर्वोमोटर की तरह प्रयोग (use) किया जाता है। सर्वोमोटर की निम्नलिखित दो अभिलक्षणें प्रमुख हैं—

(i) सर्वोमोटर में विकसित बलाघूर्ण (torque) उसकी प्रयुक्त नियंत्रण वोल्टता (voltage) के लगभग समानुपाती होता है।

(ii) सर्वोमोटर में विकसित बलाघूर्ण की दिशा (direction), उसकी प्रयुक्त नियंत्रण वोल्टता की ध्रुवता (polarity) पर निर्भर करती है।

सर्वोमोटर के लिये प्रयुक्त नियंत्रण वोल्टता, त्रुटि संकेतों पर आधारित होती है। इसे प्रवर्धक (amplifier) द्वारा प्राप्त किया जाता है।

18.3. सर्वोमोटर का वर्गीकरण (Classification of servomotor)



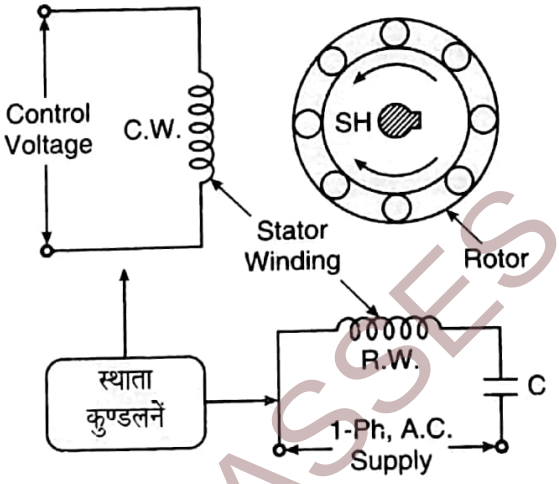
Note : (i) All servomotors have shunt characteristics.

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

18.4. स्काइरल केज रोटर टाइप ए० सी० सर्वोमोटर (S.C.R.T.A.C.S.M)

संरचना (Construction)—चित्र 18·1 में प्रदर्शित सर्वोमोटर सिंगल फेज स्काइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर का ही एक विकसित रूप है। इसके स्टेटर पर R तथा C क्रमशः रिफरेन्स तथा कन्ट्रोल दो वाइंडिंग्स होती हैं, जिनका चुम्बकीय क्षेत्र परस्पर समकोणीय होता है। श्रेणी संधारित्र वाली रिफरेन्स वाइंडिंग में सिंगल फेज ए० सी० सप्लाई दी जाती है और कन्ट्रोल वाइंडिंग में त्रुटि संकेत पर आधारित प्रवर्धित सिंगल फेज ए० सी० कन्ट्रोल वोल्टेज दिया जाता है, जिसे ए० सी० एम्पलीफायर से प्राप्त किया जाता है।



चित्र 18.1–स्काइरल केज रोटर टाइप ए०सी० सर्वोमोटर की संरचना।

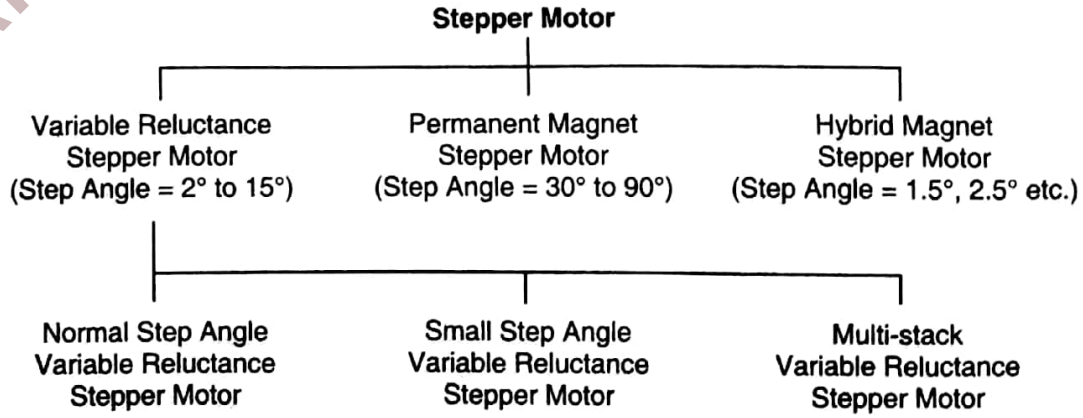
कार्य-सिद्धान्त (Working principle)—चूँकि सर्वोमोटर किसी एक प्रकार की इण्डक्शन मोटर ही होती है; इसलिये यह इण्डक्शन के सिद्धान्त पर ही कार्य करती है। रिफरेन्स वाइंडिंग के ए० सी० एक्साइटेशन पर, जब कन्ट्रोल वाइंडिंग को शून्य त्रुटि संकेत पर प्र० धा० प्रवर्धक (a. c. amplifier) द्वारा नियंत्रण वोल्टता प्राप्त होती है, तब मोटर का रोटर स्थिर (स्तब्ध) रहता है अर्थात् घूमता नहीं है। परन्तु जैसे ही कन्ट्रोल वाइंडिंग को धनात्मक अथवा ऋणात्मक त्रुटि संकेत पर नियन्त्रण वोल्टता प्राप्त होती है; वैसे ही रोटर उसी दिशा में घूमना आरम्भ कर देता है और तब तक घूमता रहता है, जब तक कि त्रुटि व्यवस्थित नहीं हो जाती अर्थात् शून्य नहीं हो जाती। विदित हो कि त्रुटि स्थिति में सर्वोमोटर उस प्रक्रिया को व्यवस्थित करती है, जिसके कारण यह त्रुटि संकेत प्राप्त होता है।

(B) स्टेपर मोटर (STEPPER MOTOR)

18.5. परिचय (Introduction)

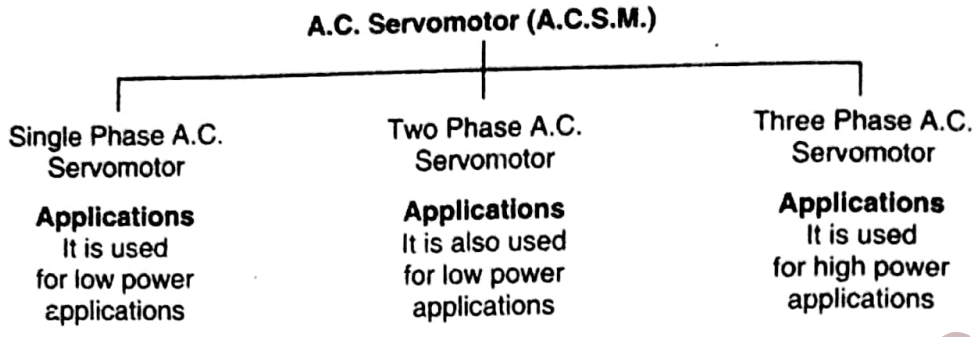
यह लघु आकार की एक नियन्त्रण मोटर है, जिसका प्रचालन नियंत्रित स्पंदों (controlled pulses) तथा अंकीय संकेतों (digital signals) पर होता है। इसकी स्टेटर वाइंडिंग को जब कोई एक नियंत्रित स्पंद दी जाती है, तब इसका रोटर एक निर्धारित लघु कोण पर घूम जाता है, जिसे कोणीय पद (angular step) कहते हैं। इसीलिये इसे स्टेपर मोटर नाम दिया गया है। इस प्रकार कोणीय पदों अर्थात् लघु कोणों में घूमने वाली मोटर को स्टेपर मोटर कहते हैं। इसका प्रयोग (use) डिजिटल इंस्ट्रूमेन्ट्स में होता है; जैसे डिजिटल कम्प्यूटर आदि।

18.6. स्टेपर मोटर का वर्गीकरण (Classification of stepper motor)



AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



6. संरचना (construction) के अनुसार, स्टेपर मोटरें निम्नलिखित तीन प्रकार की होती हैं—
   (i) परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (variable reluctance stepper motor)।
   (ii) स्थायी चुम्बक स्टेपर मोटर (Permanent magnet stepper motor)।
   (iii) संकर स्टेपर मोटर (Hybrid stepper motor), जिसे स्थायी चुम्बक घूर्णक परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (Permanent magnet rotor variable reluctance stepper motor) भी कहते हैं।
7. परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (V.R.S.M.) पुन: निम्नलिखित तीन प्रकार की होती हैं—
   (i) सामान्य पद कोण परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (Normal step angle variable reluctance stepper motor)।
   (ii) लघुपद कोण परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (Small step angle variable reluctance stepper motor)।
   (iii) बहुथप्पी या समरेखीय' परिवर्ती प्रतियास स्टेपर मोटर (Multi-stack variable reluctance stepper motor)।

सर्वोमोटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (I.T.Ss.)

1. सर्वोमोटर सिंगल फेज इण्डक्शन मोटर का ही एक विकसित रूप है, जो एक प्रकार की नियन्त्रण मोटर (control motor) होती है।
2. सर्वोमोटर की अभिकल्पना (design), शीघ्र प्रचालन (quick operation) तथा उच्च गति (high speed) के लिए की जाती है। इसलिए इसका जड़त्व न्यून (low) रखा जाता है।
3. न्यून जड़त्व (low inertia) के कारण, सर्वोमोटर का विपरीत दिशा में चालन (movement) शीघ्रता से होता है।
4. सर्वोमोटर का त्वरण तथा मन्दन (acceleration and retardation) शीघ्रता से (quickly) होता है।
5. सर्वोमोटर का व्यास (diameter) कम तथा लम्बाई (length) अधिक होती है, जो उच्च गति के लिए उपयुक्त (suitable) है।
6. सर्वोमोटर की गति (speed) तथा बलाघूर्ण (torque) उच्च (high) होता है।
7. सर्वोमोटर, शून्य गति से लेकर समस्त न्यून गतियों पर (at all low speeds) उच्च बलाघूर्ण (high torque) उत्पन्न करती है।
8. सर्वोमोटर, स्तम्भ तथा न्यून गति (standstill and low speed) की अवस्था में अतितापित (over heated) नहीं होती है।
9. सर्वोमोटर एक स्थैतिक स्थिति (static position) में रहने के लिए समर्थ (capable) होती है।
10. सर्वोमोटर का प्रयोग (use) प्राय: रडार्स (radars) एवं कम्प्यूटर्स (computers) में व्यापक रूप से होता है।

स्टेपर मोटर सम्बन्धी महत्त्वपूर्ण सत्य कथन (I.T.Ss.)

1. स्टेपर मोटर, सिन्क्रोनस मोटर का ही एक विकसित रूप (developed form) है।
2. स्टेपर मोटर, एक स्थिति नियन्त्रण युक्ति (position control device) है।
3. स्टेपर मोटर, पारम्परिक मोटरों (conventional motors) की तरह सतत (continuous) नहीं घूमती है। अर्थात् स्टेपर मोटर का घूर्णक (rotor) अनिरन्तर गमन (discrete movement) करता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

4. परिपथ के लिए प्रदान की गई प्रत्येक स्पन्द (pulse) के लिए स्टेपर मोटर एक पद (step) चलती है। अर्थात् एक परिशुद्ध कोणीय दूरी (precise angular distance) तय करती है।
5. स्थायी चुम्बक प्ररूपी (permanent magnet type) स्टेपर मोटर उच्चपद कोण (high step angle) की दूरी तय करती है।
6. परिवर्तनीय प्रतियास प्ररूपी (variable reluctance type) स्टेपर मोटर, न्यूनपद कोण (low step angle) की दूरी तय करती है।
7. पर्मानेन्ट मॉग्नेट स्टेपर मोटर के लिए बाह्य उत्तेजन धारा की आवश्यकता नहीं होती है।
8. अन्य स्टेपर मोटरों की अपेक्षा पर्मानेन्ट मॉग्नेट स्टेपर मोटर के लिए कम वैद्युत शक्ति की आवश्यकता होती है।
9. अन्य स्टेपर मोटरों की अपेक्षा, पर्मानेन्ट मॉग्नेट स्टेपर मोटर का जड़त्व (inertia) उच्च (high) होता है।
10. अन्य स्टेपर मोटरों की अपेक्षा, पर्मानेन्ट मॉग्नेट स्टेपर मोटर का त्वरण तथा मन्दन (acceleration and retardation) धीमा (slow) होता है।
11. पर्मानेन्ट मॉग्नेट स्टेपर मोटर के पदकोण की परास (range of step angle) दीर्घ (large) होती है अर्थात् 30° to 90° तक होती है।
12. हॉइब्रिड स्टेपर मोटर, अन्य दोनों स्टेपर मोटरों का संयोग (combination) होती है।

उ० प्र० प्रा० शि० प० परीक्षा के सैद्धान्तिक प्रश्न

1. नियन्त्रण मोटरें क्या हैं? ये कितने प्रकार की होती हैं?
2. सर्वोमोटर क्या है? इसका वर्गीकरण प्रस्तुत कीजिए।
3. स्टेपर मोटर क्या है? यह कितने प्रकार की होती है?
4. निम्नलिखित मोटरों पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए—
   (i) प्रयसी मोटर अर्थात् सर्वोमोटर। ***(U.P. 2004, 06)***
   (ii) पदीय मोटर अर्थात् स्टेपर मोटर।
   (iii) नियन्त्रण मोटरें।
5. सर्वोमोटर की संरचना तथा कार्य-सिद्धान्त समझाइए।
6. स्टेपर मोटर की बनावट तथा कार्य-सिद्धान्त समझाइए।
7. सर्वोमोटर का वर्णन कीजिए तथा इसके उपयोग (use) लिखिए। ***(U.P. 2012)***
8. स्थायी चुम्बक स्टैपर मोटर की संरचना व कार्यविधि की व्याख्या कीजिये। ***(U.P. 2015)***

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

19 प्रयोगात्मक कार्य [PRACTICAL WORK]

19.1. परिचय (Introduction)

जिस प्रकार विज्ञान के विभिन्न विषयों से सम्बन्धित भिन्न-भिन्न प्रयोगशालाएँ होती हैं, ठीक उसी प्रकार अभियान्त्रिकी (तकनीकी) के विभिन्न विषयों से सम्बन्धित भिन्न-भिन्न प्रयोगशालाएँ होती हैं; जैसे—विद्युत-प्रयोगशालाएँ, इलेक्ट्रॉनिकी प्रयोगशालाएँ, यान्त्रिकी प्रयोगशालाएँ आदि। पुन: विद्युत के विभिन्न विषयों के अनुसार विद्युत-प्रयोगशालाएँ तथा कार्यशालाएँ कई प्रकार की होती हैं; जैसे मूल विद्युत-प्रयोगशाला (basic electricity laboratory), विद्युत-यन्त्र प्रयोगशाला (electric machine laboratory), विद्युत मापयन्त्र प्रयोगशाला (electric measuring instrument laboratory), विद्युत-अनुरक्षण प्रयोगशाला (electrical maintenance laboratory), विद्युत-मरम्मतशाला (electrical repairing shop), विद्युत-तारविन्यासशाला (electric wiring shop), विद्युत-वेल्डनशाला (electric welding shop) आदि। प्रयोगशाला में प्रयोग करने वाले विद्यार्थियों को कुछ विशिष्ट विधि-विधानों को अपनाना, कुछ विशेष नियमों का पालन करना, कुछ प्राथमिक पहलुओं पर विचार करना तथा कुछ सामान्य बातों का ध्यान रखना नितान्त आवश्यक होता है, जो निम्न प्रकार हैं—

19.2. महत्त्वपूर्ण निर्देश (Important instructions)

प्रयोगशाला में प्रयोग करने वाले विद्यार्थियों (students) को निम्नलिखित निर्देशों का पालन, कर्त्तव्यनिष्ठ होकर करना चाहिए—

1. प्रयोगात्मक परीक्षा में 'प्रॉक्टिकल नोट बुक (PNB)' के कुछ नम्बर निर्धारित होते हैं; इसलिए प्रॉक्टिकल नोट बुक (PNB) को साफ-सुथरा (neat & clean) रखना चाहिए। इसके लिए 'प्रॉक्टिकल नोट बुक' पर एक टिकाऊ कागज अथवा 'पारदर्शी या रंगीन' प्लास्टिक का आवरण (cover), परीक्षा-समय तक चढ़ाकर रखना चाहिए।
2. प्रयोगकर्त्ताओं को प्रयोग (experiment) करने के लिए, प्रयोगशाला में पूर्ण तैयारी के साथ जाना चाहिए अर्थात् प्रयोग सम्बन्धी जानकारी तथा प्रयोग (experiment) में प्रयोग (use) होने वाले सामान्य साधन व सामग्री के साथ जाना चाहिए।
3. अपने प्रयोग का परिपथ-सम्बन्धन-कार्य, आरम्भ करने से पूर्व, प्रयोग सम्बन्धी परिपथ आरेख (circuit diagram) अपनी 'प्रॉक्टिकल नोट बुक' पर बना लेना चाहिए।
4. 'प्रॉक्टिकल नोट बुक' में प्रयोग सम्बन्धी परिपथ आरेख को रबर-पेन्सिल व ड्राइंग सामग्री की सहायता से, साफ-सुथरा (neat and clean) तथा देखने में सुन्दर-सा बनाना चाहिए।
5. प्रयोगकर्त्ता को 'प्रॉक्टिकल नोट बुक' में प्रयोग को सोच-समझकर, अपनी मौलिक भाषा में लिखना चाहिए अर्थात् स्वनिर्मित वाक्यों में लिखना चाहिए।
6. प्रयोग (experiment) करने तथा लिखने के लिए यथोचित समय दिया जाता है। इसी निर्धारित समय में अपने दोनों कार्यों को पूर्ण कर लेना चाहिए, ताकि अन्य कार्य-कलापों के लिए समुचित समय मिल सके।
7. प्रयोग (experiment) में प्रयुक्त यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि युक्तियों की आवश्यक विशिष्टताएँ अपनी 'प्रॉक्टिकल नोट बुक' (PNB) में अवश्य लिखनी चाहिएँ।
8. 'सिद्धान्त एवं सूत्र' शीर्षक के अन्तर्गत, प्रयुक्त वाटमीटर के गुणन-गुणांक (multiplying factor) वाले परिकलन सूत्र को अवश्य ही अंकित करना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

9. प्रेक्षण सारणी (observation table) से पूर्व, वाटमीटर का गुणन-गुणांक (m.f.) अंकित अवश्य होना चाहिए।
10. प्रयोग (experiment) करते समय, यदि किसी वाटमीटर का संकेतक (pointer), विपरीत दिशा में गमन करता है। अर्थात् संकेतक आगे की ओर न जाकर, पीछे की ओर जाता है, तो उसकी धारा-कुण्डली (current coil) के सिरों को परस्पर परिवर्तित करके, पाठ्यांक लेना चाहिए और इस पाठ्यांक को ऋणात्मक मानना चाहिए।
11. परिपथ को ऊर्जित करने के लिए, वैद्युत प्रदायी स्विच को ऑन (on) करने से पूर्व, अपने प्रयोगशाला-निरीक्षक अर्थात् प्रशिक्षक द्वारा परिपथ-सम्बन्धनों की जाँच अवश्य करा लेनी चाहिए। तभी प्रयोग को आगे प्रवर्त (start) करना चाहिए। यह जानोमाल अर्थात् जान और माल (man and material) की सुरक्षा के दृष्टिकोण से अति आवश्यक है।
12. आवश्यकता पड़ने पर परिपथ में वैद्युत प्रदाय की उपस्थिति अर्थात् धारा-प्रवाह की जांच, गेल्वेनोमीटर (एमीटर या वोल्टमीटर) अथवा कला परीक्षक (phase tester) द्वारा करनी चाहिए।
13. प्रयोगकर्त्ता अर्थात् प्रयोग करने वाले विद्यार्थी को वैद्युत परिपथ मे संलग्न प्रत्येक मापयन्त्र का अल्पतमांक (least count) ज्ञात होना चाहिए।
14. प्रयोग (experiment) करते समय, यदि कोई उपकरण अचानक कार्य करना बन्द कर दे, तो घबराकर, हड़बड़ाना नहीं चाहिए और न हताश (nervous) ही होना चाहिए, अपितु धैर्य धारण करते हुए, सोच-समझकर प्रदोष (fault) के कारण की खोज करके, उसका उपाय करना चाहिए। यदि सफलता न मिले तो प्रयोगशाला के निरीक्षक (प्रशिक्षक) से पूछना चाहिए।
15. जब तक सही जानकारी (ज्ञान) न हो, तब तक प्रयोगशाला के किसी यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण, युक्ति, प्रयुक्ति आदि से व्यर्थ ही में छेड़-छाड़ नहीं करनी चाहिए।
16. यदि गलती से कोई यन्त्र या उपयन्त्र अथवा उपकरण जलकर नष्ट हो जाय, या टूट-फूट जाय अथवा खराब हो जाय, तो इसकी जानकारी प्रयोगशाला के प्रभारी (incharge) को तत्काल ही देनी चाहिए।
17. लेखाचित्र (graph) खींचने के लिए कम से कम पाँच सही पाठ्यांकों (correct readings) का लेना नितांत आवश्यक है।

19.3. सामान्य सावधानियाँ (General precautions)

वैद्युत प्रयोगशाला (electrical laboratory) में प्रयोग करते समय, निम्नलिखित महत्त्वपूर्ण सावधानियाँ अवश्य ही बरतनी चाहिएँ—

1. परिपथ के सभी यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि युक्तियाँ यथोचित स्थान (proper place) पर व्यवस्थित होनी चाहिएँ, ताकि सम्बन्धन करने तथा पाठ्यांक लेने में सुगमता हो।
2. परिपथ के उपकरणों को मेज पर इस प्रकार व्यवस्थित करना चाहिए, जिससे सम्बधक तारों में परस्पर क्रोसिंग एवं ओवरलेपिंग कम से कम हो, ताकि सम्बन्धक तारों के जोड़ (joints of connecting leads) स्पष्ट दिखाई दें और परिपथ देखने में भी सरल व सुन्दर लगे।
3. परिपथ में प्रयुक्त समस्त यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, उपस्कर, उपकरण आदि युक्तियाँ यथोचित विशिष्टताओं (proper specifications) की होनी चाहिएँ। अर्थात् परिपथ में प्रयुक्त सभी मापयन्त्र, यथोचित परास (proper range) के होने चाहिएँ।
4. परिपथ में प्रयुक्त सभी उपकरण, उपयुक्त क्षमता (suitable capacity) के होने चाहिएँ।
5. परिपथ में प्रयुक्त सभी मापयन्त्र, त्रुटिरहित (error less) होने चाहिएँ। इसके लिए सम्बन्धन करने से पूर्व सभी मापयन्त्रों की शून्य-त्रुटि (zero-error) का निरीक्षण कर लेना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

6. सम्बन्धक तारों (connecting wires) के दोनों अंत्यों (both ends) पर से विद्युतरोधन हटाने के बाद, उन्हें रेगमाल पर रगड़कर, स्वच्छ (clean) कर लेना चाहिए।
7. सम्बन्धक तारों (connecting wires) के समस्त जोड़ (joints) कसे (tight) होने चाहिएँ अर्थात् सही-सलामत (right and tight) होने चाहिएँ।
8. वैद्युत परिपथ में प्रयुक्त सरकन प्ररूपी धारा-नियन्त्रक (sliding type current controller) के अचल सिरों (fixed contact) को भी सम्बद्ध (connect) करना चाहिए।
9. विद्युत की प्रकृति के अनुसार ही, परिपथ में मापयन्त्रों का प्रयोग (use) करना चाहिए। अर्थात् प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में प्रत्यावर्तीधारा के मापयन्त्रों और दिष्टधारा परिपथ में दिष्टधारा वाले मापयन्त्रों का प्रयोग (use) करना चाहिये।
10. वैद्युत परिपथ में दिष्टधारा यन्त्रों का प्रयोग (use) करते समय, ध्रुवता (polarity) का विशेष रूप से ध्यान रखना चाहिए।
11. प्रयोग के पाठ्यांक (reading of experiment) लेते समय प्रयोगकर्त्ता के शरीर (body) का कोई भी अंग (part) परिपथ में संलग्न उपकरणों के धात्विक भाग तथा नग्न तार (naked wire) से स्पर्श नहीं करना चाहिए। इस प्रकार पाठ्यांक सावधानीपूर्वक लेना चाहिए; क्योंकि विद्युत क्षमा (excuse) नहीं करती।
12. प्रयोग (experiment) के पाठ्यांक लेने से पूर्व, प्रयोगकर्त्ता को सभी मापयन्त्रों का अल्पतमांक (least count) ज्ञात होना चाहिए।
13. प्रयोग (experiment) के सभी पाठ्यांकों को वस्तु-प्रतिबिम्ब (mirror image) आच्छादन करके लेना चाहिएँ।
14. प्रयोग (experiment) के सभी पाठ्यांक सावधानीपूर्वक कम से कम दशमलव के दो अंक तक सही लेना चाहिएँ।
15. प्रयोग (experiment) के पाठ्यांक लेने के लिए ही वैद्युत परिपथ को ऊर्जित करना चाहिए, ताकि तप्त (गर्म) होकर, मानक प्रतिरोधकों का मान परिवर्तित होकर न बढ़े।
16. वैद्युत परिपथ में धारा को अधिक समय तक प्रवाहित नहीं होने देना चाहिए, अन्यथा उसकी भौतिक परिस्थितियाँ (physical conditions) परिवर्तित हो जायेंगी।
17. प्रयोग (experiment) के सम्पूर्ण परिकलन (गणना) सम्बन्धी कार्यों को अपनी प्रयोग अंकित पुस्तिका (practical note book) में ही करना चाहिए।
18. प्रयोग (experiment) करते समय, वाटमीटर में धारा-कुण्डली (C.C.) तथा दाब-कुण्डली (P.C.) की परासें (ranges) यथोचित (proper) होनी चाहिएँ।
19. वाटमीटर के M तथा C या Com. सिरों (terminals) को लघुपथित (short circuited) कर देना चाहिए।
20. वाटमीटर का पाठ्यांक लेते समय, इसका गुणन-गुणांक (multiplying factor) ज्ञात होना चाहिए।
21. वाटमीटर द्वारा मापित राशि में गुणन-गुणांक (multiplying factor) का गुणा करके ही, पूर्ण पाठ्यांक को सारणी में अंकित करना चाहिए।

प्रयोग संख्या 1 (a)

उद्देश्य (Object)—सिद्ध करना कि एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में किसी मिलान बिन्दु पर धाराओं का सदिश योग (न कि बीजगणितीय योग) शून्य होता है।

To verify in an a.c. circuit the phasor sum (not the algebraic sum) to currents at any junction is zero.

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

कीजिए और इसकी मापित धारा I_1 से तुलना कीजिए।

$$I_1 = \sqrt{\{(I_2^2 + I_3^2 + 2I_2 I_3 \cos_3)\}} \text{ ऐम्पियर (A)} \quad \text{...सूत्र (v)}$$

(vi) खींचे गये सदिश आरेखों से सत्यापन कीजिए कि I_2 तथा I_3 का सदिश योग I_1 के बराबर (equal) है।

प्रेक्षण तथा परिणामी तालिका (Observation and result table)

S. No.	V	I_1	I_2	I_3	W	$P = W \times MF$	$\cos\phi = P/VI_3$	$\phi_3 = \cos^{-1}\frac{P}{VI_3}$	$\vec{I_1} = \vec{I_2} + \vec{I_3}$
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1.									
2.									
3.									

परिकलन (Calculation)—उक्त सूत्रों द्वारा परिकलन करके, उपर्युक्त प्रेक्षण तालिका में लिखिए। तत्पश्चात् I_1 के मापित तथा परिकलित मानों की परस्पर तुलना कीजिए, जिन्हें प्रेक्षण तालिका के कॉलम नम्बर क्रमशः III तथा X में दर्शाया गया है।

परिमाण (Result)—प्रेक्षण तालिका के कॉलम नम्बर III व X का अवलोकन कीजिए।

सावधानियाँ (Precautions)—

(i) परिपथ में धारामापियों (ammeters) को उनकी परास के अनुसार, समुचित स्थान पर सम्बद्ध करना चाहिए।

(ii) सभी मापयन्त्रों के पाठ्यांक, उनके अल्पतमांक (least count) को ध्यान में रखते हुए लेना चाहिएँ।

(iii) वाटमीटर का पाठ्यांक लेते समय, उसके गुणन-गुणांक (multiplying factor) का ध्यान रखना चाहिए।

(iv) सभी सम्बन्धन (connections) भली-भाँति कसे (well tight) हुये होने चाहियें।

(v) ऐमीटरों का पाठ्यांक लेते समय, जहाँ तक सम्भव हो भिन्नक पाठ्यांकों (fractional readings) की उपेक्षा (avoid) ही करनी चाहिए।

प्रयोग संख्या 1 (b)

उद्देश्य (Object)—प्रमाणित करना है कि एक प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में किसी सन्धि बिन्दु पर धाराओं का कलीय योग शून्य होता है न कि बीजगणितीय योग।

To verify that in an a.c. circuit, the phaser sum (not the algebraic sum) of currents at any junction is zero.

आवश्यक उपकरण (Required apparatus)—

क्रमांक	उपकरण का नाम	संख्या	विशिष्टतायें (Specifications)
1.	शुद्ध प्रतिरोधक	1	50Ω, 5 A
2.	शुद्ध संधारित्र	1	0·5 μF, 250 V
3.	ए० सी० ऐमीटर	3	M.I.T.I. (0–5A), (0–10A), (0–15A)
4.	ए० सी० वोल्टमीटर	1	M.I.T.I. (0–300 V)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

5.	ऑटोट्रांसफार्मर	1	$1-\phi, 5A, (0-270\ V)$
6.	प्लायर (सँड़सी)	1	15 cm insulated type.
7.	स्क्रूड्राइवर (पेंचकस)	1	15 cm insulated type
8.	इंस्यूलेटिड कनेक्टिंग लीड्स	*L.S.*	P.V.C. 3/22 Cu, 250 V

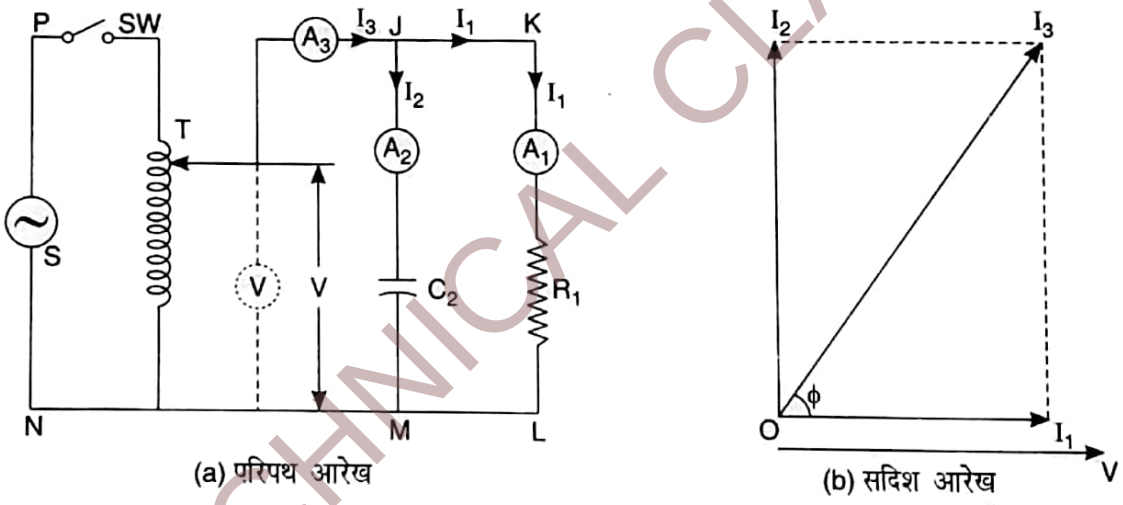
सिद्धान्त तथा प्रयुक्त सूत्र (Theory and used formulae)--माना कि एक प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में किसी सन्धि बिन्दु पर आने वाली प्रत्यावर्ती धाराएँ क्रमश: I_1, I_2, I_3 हैं और सन्धि बिन्दु से जाने वाली धाराएँ क्रमश: I_4 व I_5 हैं। तब इन धाराओं का बीजगणितीय योग शून्य नहीं होगा। अर्थात्—

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 \neq 0$$

परन्तु इन धाराओं का सदिश योग शून्य (zero) होगा। अर्थात्

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 - \vec{I}_4 - \vec{I}_5 = 0 \text{ (Zero)}$$

परिपथ सम्बन्धन आरेख (Circuit connection diagram)—



(a) परिपथ आरेख (b) सदिश आरेख

चित्र 19.2–प्रत्यावर्ती धाराओं के सदिश योग सम्बन्धी परिपथ आरेख व सदिश आरेख।

प्रयोग विधि (Procedure)—

(i) चित्र 19.2 में प्रदर्शित वैद्युत परिपथ आरेख के अनुसार, उपस्कर तथा उपकरणों के सम्बन्धन तैयार कीजिए।

(ii) सप्लाई स्विच S को ऑन करके, ऑटो-ट्रांसफार्मर द्वारा प्रत्यावर्ती वोल्टता को क्रमश: बढ़ाइये।

(iii) किसी निश्चित वोल्टता पर वोल्टमीटर V तथा ऐमीटर्स A_1, A_2 व A_3 के पाठ्यांक लेकर, प्रेक्षण तालिका में लिखिये।

(iv) इसी प्रकार विभिन्न प्रत्यावर्ती वोल्टताओं पर पाठ्यांकों के कम से कम तीन समुच्चय (at least three sets of readings) लेकर, प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

(v) अब समुचित पैमाना मानकर, प्रत्येक पाठ्यांक के समुच्चय (set) से सम्बन्धित सदिश आरेख खींचिये जैसा कि चित्र (b) में दर्शाया गया है।

(vi) तत्पश्चात् प्रत्यावर्ती धारा के परिणामी सदिश I_3 की ऐमीटर A_3 के सम्बन्धित पाठ्यांक से तुलना करके उद्देश्य (object) को प्रमाणित कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

प्रेक्षण तालिका (Observation Table)

क्रमांक	V-Volt	I_1 – Amp	I_2 – Amp	I_3 – Amp	Remark
1 to 3					

परिकलन (Calculation)—परिपथ के सन्धि-बिन्दु 'J' पर प्रत्यावर्ती धाराओं का सदिश योग (vector sum) :

$$\vec{I}_3 - \vec{I}_2 - \vec{I}_1 = 0$$

अथवा $$\vec{I}_3 = \vec{I}_2 + \vec{I}_1$$

अर्थात् $$I_3 = \sqrt{[(I_2^2 + I_1^2)]}$$ (मान रखने पर)

= ..... ऐम्पियर (A) मात्रक

परिपथ के सन्धि-बिन्दु 'J' पर प्रत्यावर्ती धाराओं का बीजगणितीय योग (algebraic sum)

$$I_3 - I_2 - I_1 \neq 0$$ (मान रखने पर)

= ..... ऐम्पियर (A) मात्रक

परिणाम (Result)—सदिश आरेख में परिणामी धारा I_3 का मान, ऐमीटर A_3 के पाठ्यांक के तुल्य (equal) है।

सावधानियाँ (Precautions) :

(i) ऐमीटरों के पाठ्यांक के समुच्चय (set of readings), पृथक्-पृथक् स्थिर वोल्टताओं पर लेने चाहिएँ।

(ii) मापयन्त्रों की शून्य त्रुटि (zero error) को सही (correct) कर लेना चाहिए।

टिप्पणी (Note)—यहाँ पर R_1 एक अप्रेरणिक (non-inductive resistor) तथा C_2 एक अप्रतिरोधक संधारित्र (non-resistance capacitor) है। ऐसा मान लिया गया है, परन्तु व्यावहारिक रूप से सत्य नहीं है।

प्रयोग संख्या 2

उद्देश्य (Object)—धारामापी, वोल्टमापी तथा वाटमापी विधि द्वारा एक एकलकला प्र० धा० $R-L-C$ श्रेणी परिपथ में वैद्युत शक्ति (P) तथा शक्तिगुणांक ($\cos\phi$) का मापना।

To measure power and power factor in a single phase a.c. $R-L-C$, series circuits by ammeter, voltmeter and wattmeter method.

आवश्यक उपकरण (Required apparatus)—

क्र० सं०	उपकरण का नाम (Name)	संख्या	विशिष्टताएँ (Specification)
1.	ए० सी० ऐमीटर (A)	1	M.I.T.I. 0–5 A परास (range)
2.	ए० सी वोल्टमीटर (V)	1	M.I.T.I. 0–300 V परास (range)
3.	ए० सी० वाटमीटर (W)	1	Dynamoter type 0–375 W, C.C. of 2·5 A / 5 A, P.C. of 150 V/300 V/600 V

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

4.	इण्डक्टिव लोड (Load)	1	सिंगल फेज ऑटोट्रांसफार्मर/चोक रीऑक्टर
5.	प्लायर (सँड़सी)	1	15 cm इंस्यूलेटिड टाइप
6.	स्क्रूड्राइवर (पेंचकस)	1	15 cm इंस्यूलेटिड टाइप
7.	कनेक्टिंग लीड	*L.S.*	*P.V.C.* 3/22 Cu, 250 V

सिद्धान्त तथा प्रयुक्त सूत्र (Principle and used formulae)—एक एकल कला प्र० धा० परिपथ में कुल व्यय शक्ति

$$P = VI\cos\phi \text{ वाट (W) मात्रक} \quad \text{...सूत्र (i)}$$

where P = Wattmeter reading × Multiplying factor ...सूत्र (ii)

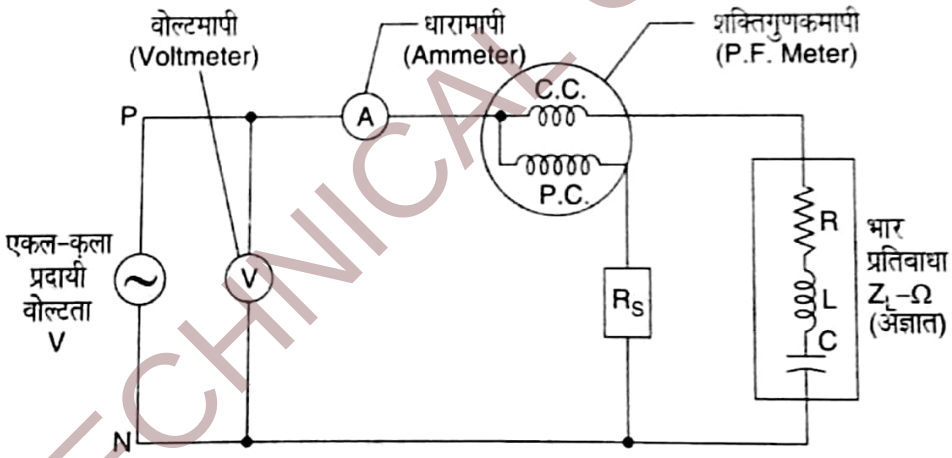
उक्त सूत्र (i) द्वारा शक्तिगुणक (power factor)

$$\cos\phi = P/VI < 1 \text{ (Always)} \quad \text{...सूत्र (iii)}$$

यहाँ पर V, I तथा W क्रमशः वोल्टमीटर, ऐमीटर तथा वाटमीटर के पाठ्यांक हैं। वाटमीटर का गुणन-गुणांक

$$\text{Multiplying factor} = \frac{\text{Range of current coil} \times \text{Range of pressure coil}}{\text{Range of wattmeter}}$$

परिपथ आरेख (Circuit diagram)—



चित्र 19.3–A, V व W की सहायता से शक्तिगुणक मापन सम्बन्धी परिपथ आरेख।

विधि (Procedure)—सर्वप्रथम उक्त चित्र 19.3 में प्रदर्शित परिपथ आरेखानुसार सम्बन्धन बनाइए। इसके बाद सप्लाई ऑन करके, विभिन्न वैद्युत कार्यभारों पर वोल्टमोटर, ऐमीटर तथा वाटमीटर के पृथक्-पृथक् पाठ्यांक लेकर निम्नलिखित प्रेक्षण तालिका में अंकित कीजिए।

प्रेक्षण तथा परिणाम तालिका (Observations and result table)

S.No.	*V* volt	*I* Amp	*W* watt	*M.F.*	$P = W \times M.F.$	$\cos\phi = P/VI$
I	II	III	IV	V	VI	VII
1.						
2.						
3.						

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

परिकलन (Calculation)—उक्त सूत्रों का प्रयोग करके वैद्युत शक्ति (P) तथा शक्तिगुणांक ($\cos\phi$) का परिकलन कीजिए और प्रेक्षण तालिका के कॉलम नम्बर VI तथा VII में रखिये।

परिणाम (Result)—विभिन्न वैद्युत कार्य-भारों पर मापित व परिकलित वैद्युत शक्ति (P) तथा शक्तिगुणाक ($\cos\phi$) का मान, प्रेक्षण तालिका के कॉलम नम्बर VI एवं VII में अंकित है।

सावधानियाँ (Precautions)—

(i) सभी प्रयुक्त मापयन्त्रों को उपयुक्त परास (suitable range) का होना चाहिये।

(ii) मापयन्त्रों का पाठ्यांक लेते समय अल्पतम अंक (least count) का विशेष ध्यान रखना चाहिएँ।

(iii) शक्ति मापन के लिये वाटमीटर के पाठ्यांक में गुणन-गुणांक (m.f.) की गुणा अवश्य ही करनी चाहिए।

(iv) वाटमीटर का पाठ्यांक लेने से पहले ही उसके गुणन-गुणांक (m.f.) का मान ज्ञात होना चाहिये।

(v) वाटमीटर की धारा कुण्डली (c.c.) व दाब कुण्डली (p.c.) की परासो का चयन समुचित होना चाहिए।

(vi) प्रयोग के सम्बन्धनों (connections) को तैयार करने से पहले सम्बन्धित परिपथ आरेख को कागज पर बना लेना चाहिये और भली-भाँति स्वयं जाँच लेना चाहिये।

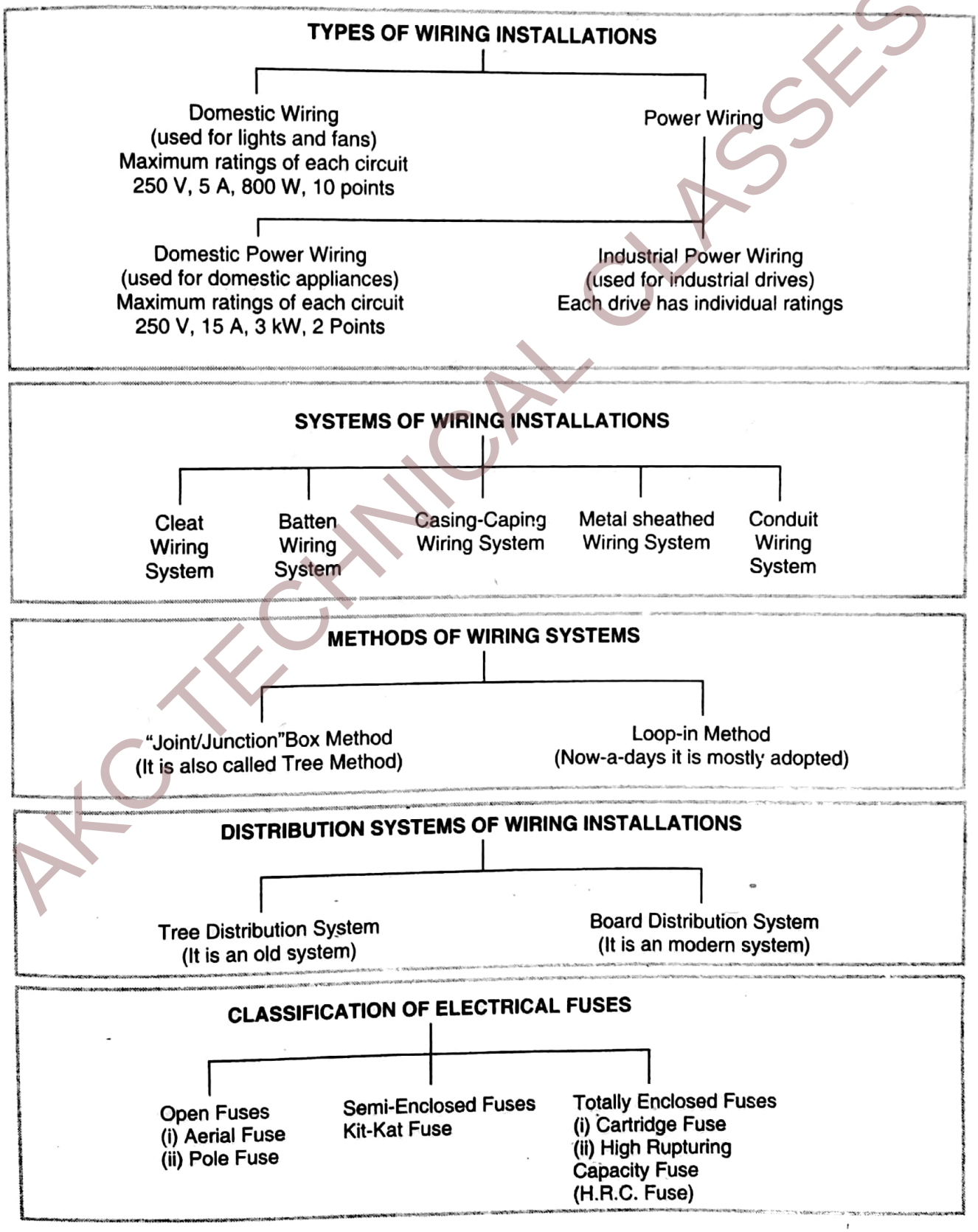
(vii) सप्लाई ऑन (on) करने से पहले अर्थात् परिपथ को ऊर्जित (energised) करने से पहले एक बार पुनः भली-भाँति स्वयं जाँच लेना चाहिये तथा सम्बन्धित अध्यापक से चैक करा लेना चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

20 वैद्युत कार्यशाला
[ELECTRICAL WORKSHOP]

20.1. परिचय (Introduction)



AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

इमारतें (buildings) कई प्रकार की होती हैं; जैसे सरकारी-गैरसरकारी अर्थात् सार्वजनिक-असार्वजनिक, आवासीय-गैरआवासीय, व्यावसायिक-औद्योगिक, संस्थानिक-शैक्षणिक, धार्मिक आदि। प्राय: इन सभी इमारतों में प्रकाश और पंखों (lights and fans) की आवश्यकता होती है, जिसके लिए आजकल वैद्युत (electricity) का होना नितान्त आवश्यक है। बिजली के लिए समुचित तार-विन्यास संस्थापन (proper wiring installation) की आवश्यकता होती है, जिसका प्रयोगात्मक ज्ञान विद्यार्थियों को वैद्युत कार्यशाला की तार-विन्यास शाला (wiring shop) में दिया जाता है।

वह स्थान, जहाँ पर अभियांत्रिकी पदार्थों से वस्तुओं का नवनिर्माण तथा निर्मित वस्तुओं का अनुरक्षण व मरम्मत की जाती है, कार्यशाला, कर्मशाला अथवा वर्कशाप कहलाती है। कार्यशालाएँ कई प्रकार की होती हैं; जैसे वैद्युत कार्यशाला, यांत्रिक कार्यशाला आदि। इसी प्रकार वह स्थान, जहाँ पर वैद्युत सम्बन्धी वस्तुओं का नवनिर्माण तथा निर्मित वस्तुओं की वैद्युत सम्बन्धी अनुरक्षण व मरम्मत की जाती है, वैद्युत कार्यशाला या इलेक्ट्रिकल वर्कशाप कहलाती है। वैद्युत कार्यशालाएँ भी कई प्रकार की होती हैं; जैसे वैद्युत तार-विन्यासशाला, वैद्युत मरम्मतशाला (electrical repairing shop) आदि। वैद्युत तार-विन्यासशाला में वैद्युत तार-विन्यास संस्थापन (electrical wiring installation) सम्बन्धी कार्य होता है, जबकि वैद्युत मरम्मतशाला में वस्तुओं का वैद्युत अनुरक्षण व मरम्मत सम्बन्धी कार्य होता है।

20.2. पारिभाषिक शब्दावली (Defining Terminology)

प्रस्तुत अध्याय के लिए निम्नलिखित परिभाषाएँ लागू होंगी—

1. उपसाधन—किसी संस्थापन में बिजली से चलने वाले सामान से या बिजली लगाने से सम्बन्धित कोई चीज जैसे स्विच, फ्यूज, प्लग, सॉकेट-आउटलेट, लैम्प-होल्डर अथवा सीलिंग-रोज।

2. उपकरण—बिजली के उपकरण। इनके अन्तर्गत वे सभी मशीनें, बिजली से चलने वाले सामान और फिटिंग आती हैं, जिनमें या तो चालक काम में आते हों या वे किसी भाग के रूप में हों।

3. गुच्छे में—दो या दो से अधिक केबल 'गुच्छे में' तब कहे जाते हैं, जब वे किसी तारनाली, वाहिनी या खाँच के भीतर हों या अगर भीतर न हों, तो एक-दूसरे से अलग न किए हुए हों।

4. केबल—इकहरे रोधनयुक्त चालकों (ठोस या लड़दार) के खण्ड अथवा दो या अधिक ऐसे चालकों के खण्ड, जिनमें से हर एक पर अलग रोधन (इंस्यूलेशन) दिया हो और जो साथ-साथ लगे हों। रोधनयुक्त चालकों के चारों ओर उनको चोट आदि से बचाने वाला आवरण हो भी सकता है और नहीं भी।

5. केबल, कवचदार—ऐसा केबल, जिस पर उसके बचाव के लिए धातु का (प्राय: फीते या तार के रूप में) एक कवच जैसा लिपटा हो।

6. केबल, लचकदार—एक या एक से अधिक कोर वाला केबल, जिसमें हर कोई कई तारों के समूह से बना हो, और कोरों और तारों के व्यास इतने कम मोटे हों कि उनमें लचक आ जाए।

7. केबल, सीसे ढका—ऐसा केबल, जिस पर चालकों और उनके रोधन को नमी से बचाने के लिए सीसे का खोल चढ़ाया हुआ हो। यह खोल या तो व्यापारिक शुद्ध सीसे का हो या ऐसे शुद्ध सीसे का हो, जिसमें कड़ापन लाने के लिए कोई और विरल धातु मिला दी गई हो।

8. केबल, धातु-खोलदार—रोधित केबल, जिस पर धातु का खोल चढ़ा हो।

9. केबल, पॉलीथीन रोधित—ऐसा केबल, जिसके चालक अथवा चालकों पर पॉलीथीन यौगिक का रोधन दिया हो।

10. केबल, पी वी सी रोधित—वह केबल, जिसमें चालक या चालकों का रोधन पॉलीविनाइल क्लोराइड का यौगिक हो।

11. केबल, पी वी सी खोलदार—वह केबल, जिसकी कोर या कोरों पर बचाव के लिए पॉलीविनाइल क्लोराइड यौगिक का खोल चढ़ा हो।

12. केबल, सख्त रबड़ के खोल वाले (केबल, टी० आर० एस०)—यह केबल वल्कनीकृत रबड़ द्वारा रोधित एक या कई ऐसे कोरों का बना होता है, जिन पर रबड़ का कसा हुआ खोल चढ़ा होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

13. केबल, ऋतु-सह—इस तरह बना हुआ केबल कि यदि वह खुले में लगाया जाए, तो ताप सम्बन्धी सभी परिवर्तनों को सह सके।

14. सर्किट—बिजली के संवहन के लिए चालक या चालकों का क्रम, जो स्वयं कोई तार-प्रणाली या प्रणाली की शाखा बने।

15. परिपथ वियोजक अर्थात् सर्किट ब्रेकर—ऐसा उपकरण, जो सभी स्थितियों में सर्किट जोड़ने या काटने में समर्थ हो और यदि कुछ और निर्देश न हो, तो उसकी डिजाइन ऐसी हो कि किसी असाधारण स्थिति में बिजली की धारा को अपने आप काट सके।

16. अंतिम उप-परिपथ—एक-मार्गीय वितरण फ्यूज बोर्ड से निकलने वाला यह परिपथ (circuit), जिसका उद्देश्य एक या कई पॉइंटों पर बिजली से चलने वाले साधनों को बिजली पहुँचाना होता है और जिसमें एक-मार्गीय बोर्ड के पश्चात् कोई दूसरा वितरण फ्यूज बोर्ड नहीं आता। बोर्ड के उस खास मार्ग से निकली सभी "शाखाएँ और एक्सटेंशन" अंतिम उप-परिपथ के ही अन्तर्गत हैं।

17. क्लीट—रोधनयुक्त और न जलने वाली वस्तु का बना हुआ एक गुटका, जो आमतौर पर रोधित केबलों को थामने के काम आता है।

18. चालक, एरियल—ऐसा चालक, जो रोधकों द्वारा जमीन के ऊपर थामा हुआ हो और जिस पर मौसम का प्रभाव पड़ता हो।

टिप्पणी (Note)—एरियल चालक निम्नलिखित चार श्रेणियों के माने गए हैं—

(क) खुले एरियल चालक (open arial conductors),

(ख) ढके एरियल चालक (covered arial conductors),

(ग) रोधित एरियल चालक (insulated arial conductors) तथा

(घ) ऋतुसह न्यूट्रल स्क्रीन्ड केबल (weather proof screened cable).

19. खुला चालक—वह चालक, जिस पर रोधक पदार्थ न चढ़ा हो।

20. भूयोजित चालक—ऐसा चालक, जिसको अर्थ से अलग करने के लिए कोई प्रबन्ध न हो।

21. रोधित चालक—वह चालक, जो ऐसी किस्म (kind) और मोटाई वाले रोधक पदार्थ से ढका हो कि उससे कोई खतरा न रहे।

22. चालक, केबल या कोर का—बिजली के संवहन वाला भाग, जो एक तार या कई ऐसे तारों को मिलाकर बना हो, जो एक-दूसरे को छूते हुए हों या समानान्तर रूप से जुड़े हों।

23. सम्बन्धक या संयोजक अथवा जोड़—रोधक पदार्थ में लिपटा एक शिकंजा, जिससे किसी एक केबल या लचकदार तार के चालक को दूसरे केबल या लचकदार तार के चालक से जोड़ा जाए।

24. सम्बन्धक बक्स या जोड़ बक्स—एक बक्स, जिसके भीतर संस्थापन के केबल-चालकों के जोड़ रखे जाते हैं और जो तार-संस्थापन का एक अंग होता है।

25. सम्बन्धक, बिजली के सुवाह्य सामान के लिए—प्लग और सॉकेट का एक जोड़ा, जो बिजली के किसी सुवाह्य सामान या लचकदार तार में लगाए जाने के लिए हो।

26. उपभोक्ता सिरे अर्थात् कंजूमर टरमिनल—उपभोक्ता के मकान की सीमा के भीतर लगे बिजली के चालकों के वे सिरे (टरमिनल्स), जो उसके अपने होते हैं और जिनसे उसे सर्विस लाइन से बिजली दी जाती है।

27. कॉर्ड, लचकदार—वह लचकदार केबल, जिसमें लगे चालक बहुत पतले हों। आपस में बँटे लगे हुए दो लचकदार कॉर्डों को जुड़वाँ लचकदार कॉर्ड कहते हैं।

28. केबल का कोर—किसी केबल का रोधन सहित एक अकेला चालक तार, जिस पर इसमें उसके बचाव के लिए लगा हुआ कोई खोल शामिल नहीं होता।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(हिन्दी अनुवाद)

नोट–सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

1. निम्न से दो भागों के उत्तर दीजिए— (2×5=10)
   (अ) एक कलीय प्रत्यावर्ती परिपथ हेतु औसत शक्ति का समीकरण निकालिये।
   (ब) एक RLC श्रेणी परिपथ में अनुनाद आवृत्ति के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।
   (स) एक परिपथ में 5Ω का प्रतिरोध, 10mH की प्रेरकत्व तथा 1000μF का धारित्र श्रेणी में संयोजित है। 230 वोल्ट, 50 हर्ट्ज के प्रदाय से वह कितनी शक्ति तथा धारा लेगा?
2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— (2×5=10)
   (अ) त्रिकला प्रेरण मोटर के सिद्धान्त को समझाइये, तथा सर्पण एवं तुल्यकाली गति को समझाइये।
   (ब) त्रिफेज परिपथ में शक्ति नापने की दो वाटमीटर विधि का वर्णन कीजिए।
   (स) त्रिकला शक्ति प्रदाय में, दो वाटमीटर विधि द्वारा विद्युत शक्ति मापने पर प्रत्येक का पाठ्यांक क्रमशः 3000 W और 1000 W है, तो परिपथ की वैद्युत शक्ति तथा शक्तिगुणक ज्ञात कीजिए।
3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— (2×5=10)
   (अ) डी० सी० मोटर के बैक E.M.F. से आप क्या समझते हैं? विस्तार से समझाइये।
   (ब) डी० सी० श्रेणी एवं शन्ट मोटरों के निम्नलिखित अभिलक्षणों को खींचिए एवं समझाइये—
      (i) गति अभिलक्षणें
      (ii) बलाघूर्ण अभिलक्षणें।
   (स) डी० सी० मोटर का कार्य-सिद्धान्त समझाइये।
4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— (2×5=10)
   (अ) परिणामित्र के विद्युतवाहक बल (E.M.F.) के व्यंजक की ब्युत्पत्ति कीजिए।
   (ब) परिणामित्र में होने वाली हानियाँ क्या हैं? ताम्र हानियों की आप कैसे गणना करेंगे?
   (स) उपयंत्र परिणामित्र (Instrument transformer) क्या है? विस्तार से समझाइये।
5. किन्हीं दो पर टिप्पणी कीजिए— (2×5=10)
   (अ) डी० सी० मोटर का प्रवर्तक
   (ब) स्टेपर मोटर
   (स) सिन्क्रोनस मोटर के अनुप्रयोग
   (द) पिच फैक्टर।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(हिन्दी अनुवाद)

नोट : सभी प्रश्नों के उत्तर दें।

1. किन्ही दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 1

(अ) पैरेलल रेसोनेन्स को समझाइए। Q-फैक्टर की परिभाषा लिखिए तथा इसका महत्त्व बताइए।

(ब) इंडक्टिव और कैपेसिटिव प्रतिघातों की व्याख्या कीजिए तथा इनका आवृत्ति परिवर्तन के साथ ग्राफ बनाइए।

(स) एक 200 V, 50 Hz प्रेरणिक परिपथ 30° की लैग पर 10 A धारा लेता है। प्रतिरोध, प्रतिघात तथा प्रेरकत्व गणना कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 1

(अ) दिष्टधारा जनित्र के विद्युत वाहक बल (EMF) के समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए।

(ब) दिष्ट मशीनों में इन्टरपोलों पर विस्तार से टिप्पणी कीजिए।

(स) दिष्ट मोटर को स्टार्ट करने हेतु स्टार्टर की आवश्यकता क्यों पड़ती है? विभिन्न स्टार्टिंग विधियों का उल्लेख कीजि

3. निम्न से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 1

(अ) ट्रांसफार्मर के कार्य-सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। इसे दिष्ट परिपथ में क्यों प्रयोग नहीं कर सकते हैं?

(ब) ऑटो-ट्रांसफार्मर पर विस्तार से टिप्पणी कीजिए।

(स) ट्रांसफार्मर के वोल्टेज रेगुलेशन तथा दक्षता की परिभाषा दीजिए। लोड पर ट्रांसफार्मर का सदिश आरेख खींचि

4. निम्नांकित से किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए— [3 × 4 = 1

(अ) स्टार एवं डेल्टा कनेक्शन का वर्णन कीजिए। डेल्टा कनेक्शन में विद्युत धारा एवं विभव के फेज व लाइन मानों बीच सम्बन्धों को व्युत्पन्न कीजिए।

(ब) सक्रिय व प्रतिघाती शक्तियों को परिभाषित करिए तथा इनमें आपसी सम्बन्ध को लिखिए।

(स) आरेख के साथ त्रिफेज प्रेरण मोटर की कार्य विधि समझाइए।

(द) ट्रांसफार्मर में होने वाली हानियों का सविस्तार वर्णन कीजिए।

5. निम्न से किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए— [4 × 2 =

(अ) दिष्ट मोटर में बैक EMF समझाइए।

(ब) ऑल्टरनेटर क्या होता है? इसकी घूर्णन गति व आवृत्ति में सम्बन्ध लिखिए।

(स) ट्रांसफार्मर का शॉर्ट सर्किट टेस्ट का संक्षेप वर्णन कीजिए।

(द) सर्वो मोटर क्या होते हैं?

(इ) एकल एवं त्रिफेजी प्रदाय (supply) की तुलना कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(हिन्दी अनुवाद)

नोट : सभी प्रश्न हल कीजिये।

1. निम्न में से **किन्हीं दो** भागों के उत्तर दीजिये— **[2 × 5 = 10]**

(अ) डी०सी० जंनरेटर की संरचना व कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिये। इसके वि०वा०बल का समीकरण लिखिये तथा इसमें प्रयुक्त पदों के अर्थ बताइये।

(ब) ट्रांसफॉर्मर में हानियों के कारणों की विवेचना कीजिये। इनके मापन का संक्षेप में वर्णन कीजिये।

(स) डी०सी० श्रेणी व डी०सी० शन्ट मोटरों के अभिलक्षणों की विवेचना कीजिये। इनके अनुप्रयोग भी बताइये।

2. निम्न में से **किन्हीं दो** भागों के उत्तर दीजिये— **[2 × 5 = 10]**

(अ) 3-ϕ डेल्टा संयोजन के लिये फेज तथा लाईन धाराओं व वोल्टताओं के मानों में सम्बन्ध लिखिये। त्रिकला परिपथों में शक्ति का व्यंजक लिखिये।

(ब) एक त्रिकलीय संतुलित भार के लिये कुल इनपुट शक्ति के व्यंजकों की निम्न पदों में व्युत्पत्ति कीजिये—

(i) कला-वोल्टता, कला-धारा एवं शक्ति-गुणक

(ii) लाईन-वोल्टता, लाईन-धारा एवं शक्ति-गुणक

(स) श्रेणी व पार्श्व परिपथों में अनुनाद से क्या आशय है? अनुनाद की स्थिति में शक्ति-गुणक मान क्या होता है? अनुनाद के व्यवहारिक अनुप्रयोग लिखिये।

3. निम्न में से **किन्हीं दो** भागों के उत्तर दीजिये— **[2 × 5 = 10]**

(अ) आल्टरनेटर का प्रेरकीय भार पर वेक्टर आरेख खींचिये, इसमें विभिन्न वोल्टता-पातों को अंकित कीजिये। आल्टरनेटर के वोल्टता-नियमन के व्यंजक को ज्ञात कीजिये।

(ब) संक्षेप में निम्न के प्रचालन-सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिये—

(i) विभक्त-फेज मोटर

(ii) यूनीवर्सल मोटर

(स) 3-ϕ इन्डक्शन मोटर के स्टार्टर की व्याख्या कीजिये।

4. निम्न में से **किन्हीं दो** भागों के उत्तर दीजिये— **[2 × 4 = 8]**

(अ) डी०सी० मशीन्स के स्टार्टर की व्याख्या कीजिये।

(ब) विभिन्न डी०सी० मोटरों के विद्युत परिपथों तथा अभिलक्षणों को दर्शाइये।

(स) आल्टरनेटरों के सन्दर्भ में निम्न की व्याख्या कीजिये—

(i) आर्मेचर लपेटन गुणक

(ii) पिच-गुणक

इनके गणितीय व्यंजक लिखिये।

5. निम्न में से **किन्हीं तीन** पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये— **[3 × 4 = 12]**

(अ) तुल्यकाली कन्डेंसर।

(ब) सर्वो मोटर।

(स) ऑटो ट्रांसफॉर्मर।

(द) स्थिर वोल्टता ट्रांसफॉर्मर।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner