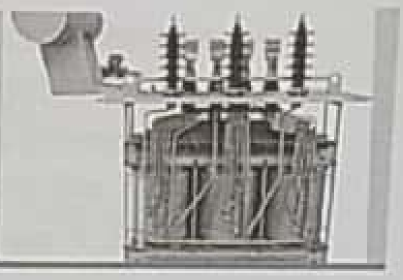


अध्याय

1 विद्युत ऊर्जा के उपयोग

1.1 प्रस्तावना

विद्युत ऊर्जा हमारे जीवन का अनिवार्य हिस्सा है क्योंकि एक बल्ब से लेकर हवाई जहाज चलाने के लिए भी बिजली आवश्यक है। हम प्रतिदिन के दैनिक कार्यों के लिए विद्युत पर निर्भर हैं। विद्युत के प्रयोग के बिना दुनिया की कल्पना करना भी मुश्किल है। मानव सभ्यता के आधुनिकीकरण होने के साथ-साथ विद्युत ऊर्जा मानव जीवन की अपरिहार्य आवश्यकता बन गई है।

1.2 विद्युत की उत्पत्ति

भौतिक रूप से विद्युत ऊर्जा, धारा प्रवाह की अभिव्यक्ति है जो परिपथ में दो बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर से उत्पन्न होती है। यह एक माध्यमिक ऊर्जा स्रोत है जो कोयले, प्राकृतिक गैस, तेल, जल, परमाणु ऊर्जा अथवा अन्य प्राकृतिक स्रोतों के रूपान्तरण से प्राप्त होती है। विद्युत ऊर्जा के अन्य स्रोत अक्षय अथवा गैर-नवीकरणीय हो सकते हैं।

1.3 विद्युत ऊर्जा के उपयोग

दैनिक मानव जीवन में विद्युत के कुछ उल्लेखनीय उपयोग निम्न हैं—

(a) **मनोरंजन हेतु**—आज मनोरंजन के आधुनिक स्रोत जैसे MP3 प्लेयर, टेलीविजन, डीवीडी में फिल्में, सिनेमा हाल बिजली से चलते हैं।

(b) **हेल्थ केयर के क्षेत्र में**—हमे प्रतिदिन चिकित्सा क्षेत्र में हर दिन आधुनिक प्रौद्योगिकियों के संचालन हेतु विद्युत की आवश्यकता है। बिना बिजली के सर्जिकल आपरेशन नहीं किए जा सकते।

(c) **परिवहन हेतु**—दुनिया में एक स्थान से दूसरे स्थान जाने के लिए हर माध्यम चाहे वह रेल, पानी के जहाज या हवाई जहाज कोई भी हो, विद्युत आवश्यक है।

(d) **संचार साधनों हेतु**—संचार उपकरण जैसे कि टेलीफोन, मोबाइल, ट्रांसमीटर, रिसीवर बिना विद्युत संचालित नहीं हो सकते।

(e) **सड़क पर प्रकाश हेतु**—सड़क पर रोशनी हेतु विद्युत का ही प्रयोग होता है।

(f) **इंजीनियरिंग क्षेत्रों में**—इमारतो एवं संरचनाओं के निर्माण के लिए हर कदम पर विद्युत की आवश्यकता होती है। घरो का निर्माण, द्वार स्थापित करने, वेल्डिंग मशीनों को संचालित करने के लिए वर्तमान समय में विद्युत आवश्यक है।

Scanned by CamScanner

(g) **व्यावसायिक कार्यालयों में**—सभी व्यवसायिक गतिविधियों में आजकल हर कार्य हेतु कम्प्यूटर, प्रिन्टर हर चीज के लिए विद्युत की आवश्यकता होती है।

(h) **दैनिक उपभोगों हेतु**—प्रत्येक दिन हम सभी अपने घरों में प्रकाश, पंखों, कूलर, ए०सी०, फ्रिज, टेलीविजन, पानी के पम्पों इत्यादि में विद्युत का प्रयोग करते हैं।

(i) कारखानों में मशीनों के संचालन हेतु।

1.4 विद्युत ऊर्जा के लाभ

विद्युत के मुख्य लाभ निम्नवत हैं—

(a) विद्युत ऊर्जा का संचरण एवं वितरण करना आसान है।

(b) विद्युत ऊर्जा के उपयोग से हम अपने दैनिक कार्यों की गुणवत्ता में प्रदर्शन उत्कृष्ट कर सकते हैं।

(c) विद्युत ऊर्जा, ऊर्जा का सुलभ स्रोत है।

(d) विद्युत ऊर्जा को दूसरे ऊर्जा के प्रकारों में आसानी से रूपांतरित किया जा सकता है।

(e) विद्युत ऊर्जा के कारण मानव जीवन प्रतिदिन उत्तरोत्तर प्रगतिशील है।

(f) विद्युत ऊर्जा साफ शुद्ध ऊर्जा है जो ग्रीन हाऊस गैसों के उत्सर्जन में कोई योगदान नहीं देती है जिसके कारण यह पृथ्वी की ओजोन परत संरक्षित रखती है।

1.5 विद्युत ऊर्जा से हानियाँ

(a) जब कोयले, प्राकृत्तिक गैस, तेल अथवा परमाणु ऊर्जा संयंत्रों से विद्युत शक्ति का उत्पादन होता है, तब ऊर्जा रूपान्तरण में पर्यावरण के लिए हानिकारक गैसो का उत्सर्जन होता है।

(b) विद्युत ऊर्जा के उत्पादन में अधिक बड़े स्थान की आवश्यकता होती है जिससे सैकड़ों प्राकृतिक आवास नष्ट हो सकते हैं।

(c) विद्युत ऊर्जा उत्पादन में काफी मात्रा में पर्यावरणीय अवशिष्ट पैदा होता है।

(d) विद्युत ऊर्जा पर मानव की अति निर्भरता मानव के स्वयं कार्य करने की क्षमता को पंगु करती जा रही है।

(e) विद्युत ऊर्जा का उपयोग सावधानीपूर्वक करना चाहिए। असावधानीपूर्वक विद्युत का उपयोग खतरनाक होता है।

(f) विद्युत ऊर्जा उत्पादन के लिए संयंत्रों की स्थापना में अधिक समय की आवश्यकता होती है।

1.6 विद्युत ऊर्जा के प्रकार

मूल प्रकृति के आधार पर, विद्युत निम्नलिखित दो प्रकार की होती है

(i) स्थैतिक विद्युत (Static electricity)— इसमें इलेक्ट्रान विरामावस्था में होता है। सामान्यत: स्थैतिक विद्युत किसी पदार्थ में आवेशों के असंतुलन से उत्पन्न होती है जैसे किन्हीं दो पदार्थों में घर्षण से उत्पन्न विद्युत। इस प्रकार की विद्युत को हम स्थैतिक विद्युत (Electrostatics) के नाम से पढ़ते हैं।

(ii) गतिक विद्युत (Dynamic electricity)—यह विद्युत इलेक्ट्रान के द्वारा ऊर्जा प्रवाह के द्वारा उत्पन्न होती है। इसमें इलेक्ट्रान चल अवस्था में रहता है।

गतिक विद्युत को उनके उत्पत्ति एवं संचलन के आधार पर पुन: दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(a) प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current – AC)

(b) एकदिशीय धारा (Direct current – DC)

Scanned by CamScanner

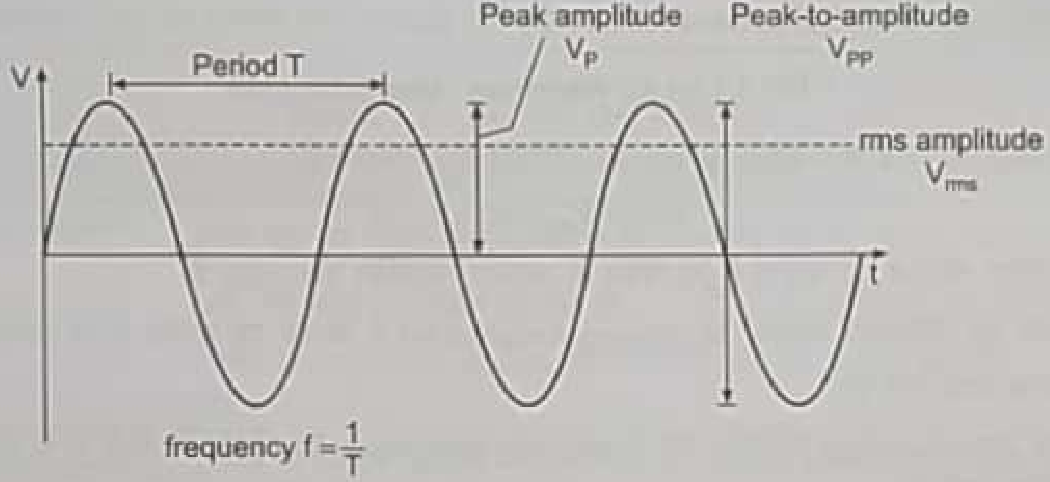
1.6.1 प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current-AC)

प्रत्यावर्ती धारा आवेश का वह प्रवाह है जो समय-समय पर दिशा बदलता रहता है। AC में वोल्टेज तथा धारा का समयिक मान समयानुसार परिवर्तनीय है।

AC को एक विद्युत मशीन, जिसको प्रत्यावर्तक (Alternator) कहते हैं, से उत्पन्न किया जा सकता है।

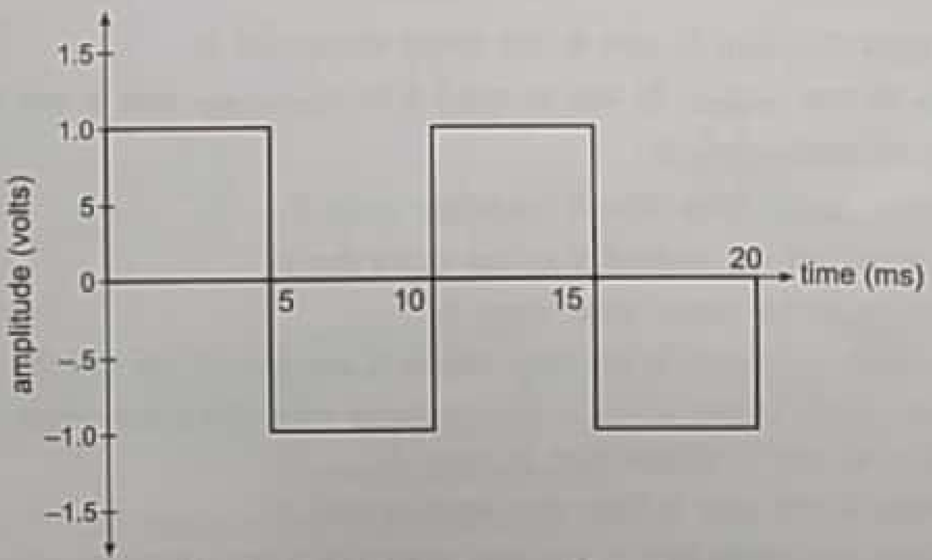
AC तरंग (Waveform)—AC तरंगें किसी भी प्रकार की हो सकती है, Sine तरंग, Triangular तरंग, Square तरंग इत्यादि।

सामान्यत: विद्युत के प्रचलन में Sine Wave का प्रयोग किया जाता है।



चित्र 1.1 (a) AC Wavefrom - Sine wave

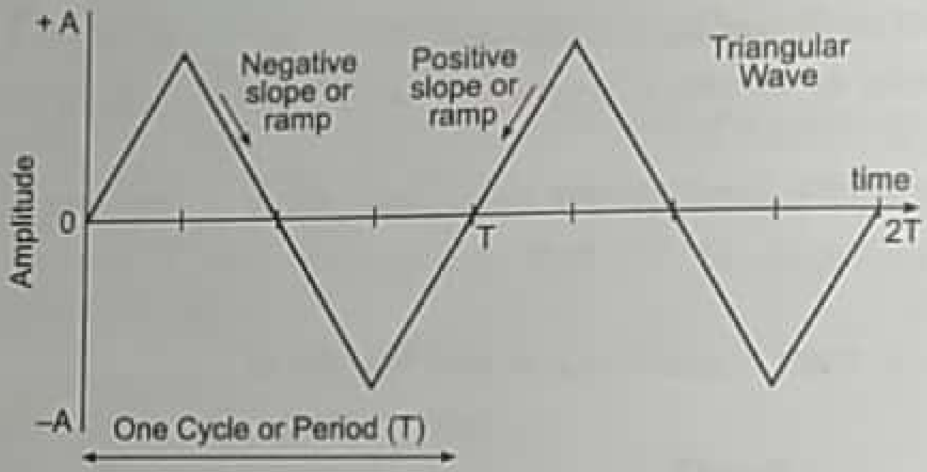
Square तरंग का उपयोग प्राय: डिजिटल एवं स्विचिंग इलेक्ट्रोनिक्स में किया जाता है।



चित्र 1.1 (b) AC Wavefrom - Square wave

Triangular wave का प्रयोग ध्वनि संश्लेषण एवं एम्पलीफायर आदि के परीक्षण में होता है।

Scanned by CamScanner



चित्र 1.1 (c) AC Wavefrom - triangular wave

Sine Wave का विवरण—Sine Wave का गणितीय सूत्र निम्नवत है

$$V(t) = V_m \sin(2\pi ft + \phi)$$

$V(t)$-तात्क्षणिक वोल्टेज को दर्शाता है जो समय के अनुसार परिवर्तित होता रहता है।

V_m -वोल्टेज का अधिकतम आयाम (Maximum Amplitude) है जो कि यह दर्शाता है कि वोल्टेज की किसी भी दिशा में अधिकतम मात्रा क्या है।

Sin ()-यह sine function गणितीय रूप से periodic sine wave का द्योतक है जो 0 V के दोनों तरफ बराबर मात्रा में परिवर्तनीय होती है।

2π-एक स्थिरांक है जो आवृत्ति (frequency) को Hz से radian में परिवर्तित करता है।

f –sine wave की आवृत्ति है जिसकी इकाई हर्टज (Hertz) है।

t –समय एक स्वतंत्र Variable है। समय के साथ वोल्टेज बदलता रहता है।

ϕ –sine wave की कला (phase) है। कला यह दर्शाती है कि Waveform समय के साथ कितनी अवस्था दूर है। भारत में विद्युत धारा की आवृत्ति 50Hz है।

AC के अनुप्रयोग—AC के दैनिक जीवन में निम्नलिखित उपयोग हैं—

(1) भारत में सभी घरों तथा कार्यालयों में AC का उपयोग होता है।

(2) AC का उत्पादन एवं संचारण कराना आसान है।

(3) उच्च वोल्टेज (> 110 kV) के लिए विद्युत संचारण में कम ऊर्जा की हानि होती है।

(4) AC को आसानी से उच्च वोल्टेज से निम्न वाल्टेज या इसके विपरित निम्न वोल्टेज से उच्च वोल्टेज पर ट्रांसफार्मर की मदद से परिवर्तित किया जा सकता है।

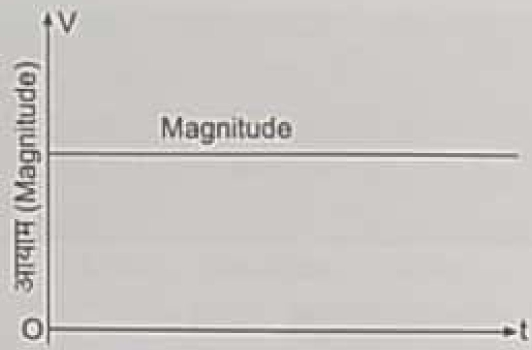
(5) AC विद्युत से सभी प्रकार के विद्युत मोटर चलाये ता सकते हैं।

(6) AC विद्युत धारा प्रवाहित करने से कम ऊष्मा उत्पन्न होती है जिससे विद्युत की हानि भी कम होती है।

1.6.2 एकदिशीय धारा (Direct current)

DC ऊर्जा वाहकों (इलेक्ट्रानों) का एक दिशा में प्रवाह है। DC में वोल्टेज की दिशा नहीं बदलती, DC को बैटरी, या फोटोवोल्टिक सेलों से उत्पन्न किया जा सकता है।

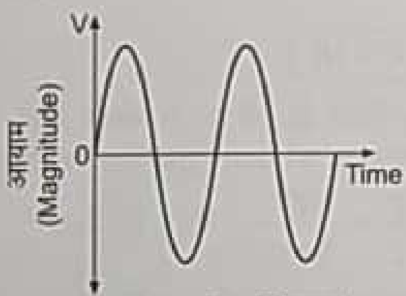
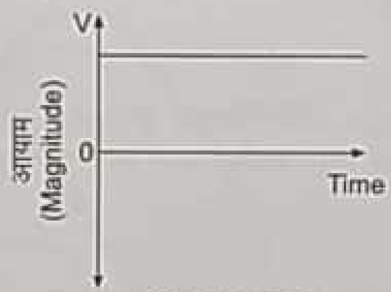
Scanned by CamScanner



चित्र 1.2 DC Waveform

DC के उपयोग—DC का उपयोग निम्न वोल्टता की युक्तियों जैसे बैटरी चार्जिंग, आटोमोबाइल, सोलर पैनल आदि में किया जाता है।

Table 1.1 : AC तथा DC में अंतर

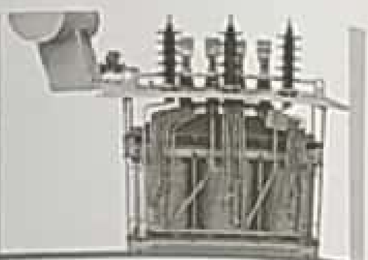
क्र०सं०	कारण	AC	DC
1.	ऊर्जा का संचरण	लंबी दूरी का विद्युत संचरण आसान है।	लंबी दूरी का संचरण करना कठिन कार्य है।
2.	आवृत्ति	AC की भारत में आवृत्ति 50 Hz है।	DC की आवृत्ति 0 Hz होती है।
3.	दिशा	समय के अनुसार AC की दिशा परिवर्तनशील है।	DC एक दिशीय होती है।
4.	आयाम (Magnitude)	समय के अनुसार आयाम बदलता रहता है।	आयाम हमेशा एक ही रहता है।
5.	उत्पत्ति	AC जनरेटर या ग्रिड	बैटरी अथवा सेल
6.	शक्ति गुणांक	0 से 1	हमेशा 1
7.	तरंग का प्रकार	 Alternating Current	 Direct Current

प्रश्नावली

1. विद्युत ऊर्जा क्या है? इसके विभिन्न अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए।
2. विद्युत ऊर्जा से हमे क्या लाभ एवं हानियाँ है?
3. टिप्पणी कीजिए कि विद्युत ऊर्जा, ऊर्जा से भिन्न स्रोतों से कैसे उत्कृट है।
4. प्रत्यावर्ती धारा AC क्या है, तरंग सहित समझाइये।
5. AC तरंग का वर्जन, गणितीय सूत्र समझाते हुए कीजिए।
6. AC तथा DC में अंतर स्पष्ट कीजिए।

❑

Scanned by CamScanner



अध्याय

2 मूल विद्युत मात्राएँ

2.1 मूल विद्युत शब्दावलियाँ - विद्युत धारा, वोल्टेज, विद्युत शक्ति एवं विद्युत ऊर्जा

1. विद्युत धारा—विद्युत आवेश (इलेक्ट्रॉन्स) के प्रवाह की दर को विद्युत धारा कहते हैं। इसे I या i प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त किया जाता है। इसकी दिशा, इलेक्ट्रॉन प्रवाह की दिशा के विपरीत होती है।

$$i = \frac{q}{t} = \frac{\text{आवेश}}{\text{समय}}$$

एस॰ आई॰ प्रणाली में धारा का मात्रक ऐम्पियर है, इसे A से व्यक्त करते हैं। "किसी परिपथ में एक सेकण्ड में प्रवाहित इकाई कूलाम आवेश की मात्रा, 1 ऐम्पियर कहलाती हैं।"

2. वोल्टेज—इलेक्ट्रॉन्स द्वारा उत्पन्न दबाव को वोल्टता (वोल्टेज) कहते हैं। इसे V या v प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। वोल्टेज ही किसी परिपथ में इलेक्ट्रॉन्स को गति प्रदान करता है अर्थात परिपथ में धारा प्रवाह का कारक स्रोत है।

$$\boxed{V = IR}$$

एस॰ आई॰ प्रणाली में वोल्टता का मात्रक वोल्ट है। इसे V से व्यक्त करते हैं। एक ओहम् के प्रतिरोध में एक ऐम्पियर धारा प्रवाहित करने के लिए आवश्यक वोल्टता की मात्रा, एक वोल्ट कहलाती है।

$$V = \frac{W}{q} = \frac{\text{जूल}}{\text{कूलाम}} = \text{वोल्ट (Volt)}$$

3. विद्युत शक्ति अथवा विद्युत क्षमता (Electrical Power)

विद्युत ऊर्जा की समय दर ही विद्युत शक्ति होती है। किसी विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति, प्रयुक्त वोल्टता तथा प्रवाहित धारा के गुणन के बराबर होता है।

$$P = \frac{\text{विद्युत ऊर्जा}}{\text{समय}} = \frac{VIt}{t} = VI \text{ (Watt)}$$

विद्युत शक्ति का अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक वाट (जूल प्रति सेकण्ड) है। एक सेकेण्ड में एक जूल की ऊर्जा का व्यय एक एक वॉट कहलाता है।

4. विद्युत ऊर्जा—

किसी विद्युत परिपथ में ऊर्जा व्यय, वोल्टता, धारा तथा समय का गुणनफल होती है। अर्थात्

$$\text{विद्युत ऊर्जा} = \text{वोल्टता } (V) \times \text{धारा } (I) \times \text{समय } (t)$$
$$= VI \times t$$

Scanned by CamScanner

$$= \text{विद्युत शक्ति} \times \text{समय}$$
$$= \text{वॉट} \times \text{समय} = \text{जूल}$$

विद्युत ऊर्जा का मात्रक जूल या वॉट सेकेण्ड होता है। परन्तु विद्युत ऊर्जा का व्यय मापने के लिए प्रयुक्त ऊर्जामापी में ऊर्जा किलो वॉट आवर में मापी जाती है। एक किलोवॉट विद्युत लोड द्वारा एक घण्टे में ली गई विद्युत ऊर्जा की मात्रा एक किलो वॉट आवर (kWh) कहलाती है।

$$1\,kWh = 1000\ Watt \times 1\ hour$$
$$= 1000 \times 3600\ Watt\text{-}second$$
$$= 36 \times 10^5\ Watt\text{-}second$$
$$= 36 \times 10^5\ \text{जूल}$$

2.2 वोल्टता एवं धारा का मापन

वोल्टेज एवं विद्युत धारा मापन मुख्यत: निम्न मापन यंत्रों द्वारा किया जाता है।

A. परमानेन्ट मेग्नेट मूविंग क्वाइल ऐमीटर तथा वोल्टमीटर (Permanent Magnet Moving Coil Ammeter and Voltmeter)—केवल DC वोल्टेज एवं धारा मापन हेतु

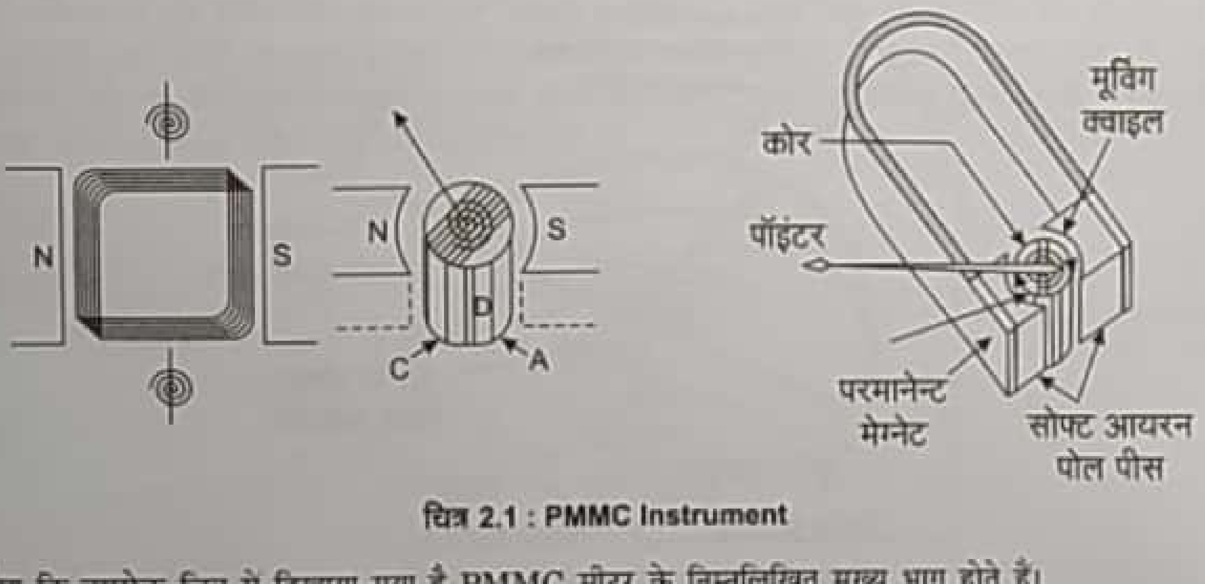
B. चललौह ऐमीटर तथा वोल्टमीटर (Moving Iron Voltmeter and Ammeter)

C. डायनेमोमीटर ऐमीटर तथा वोल्टमीटर (Dynamometer Ammeter and Voltmeter)

2.2.1 परमानेन्ट मैगनेट मूविंग क्वाइल ऐमीटर एवं वोल्टमीटर (PMMC Ammeter and Voltmeter)

कार्य सिद्धान्त—चुम्बकीय क्षेत्र में रखी किसी कुण्डली में यदि धारा प्रवाहित की जाती है तो उस कुण्डली पर एक बल कार्य करता है जो उसे किसी निश्चित दिशा में घुमाता है। PMMC मीटर इसी कार्य सिद्धान्त पर कार्य करता है।

संरचना :



चित्र 2.1 : PMMC Instrument

जैसा कि उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है PMMC मीटर के निम्नलिखित मुख्य भाग होते हैं।

(i) परमानेन्ट मैगनेट

(ii) मूविंग कुण्डली; जोकि ऐल्यूमीनियम के आयताकार कोर पर लिपटी होती है।

(iii) कंट्रोल प्रक्रम—स्प्रिंग

(iv) डेम्पिंग, भंवर धारा डेम्पिंग

Scanned by CamScanner

(v) पॉइंटर एवं स्केल

(vi) बियरिंग (Bearing)

नोट—PMMC मीटर केवल D.C. के लिए कार्य करता है।

विशेषताएँ

(1) अति सुग्राही इंस्ट्रूमेंट है।

(2) इसका आन्तरिक प्रतिरोध कम होता है। अतः इसमें विद्युत शक्ति व्यय कम होता है।

(3) इसकी माप की सीमा बढ़ाई जा सकती है।

(4) इसका स्केल अनुपातिक (Uniform) होता है।

हानियाँ

(1) इसका उपयोग AC के लिए नहीं किया जा सकता।

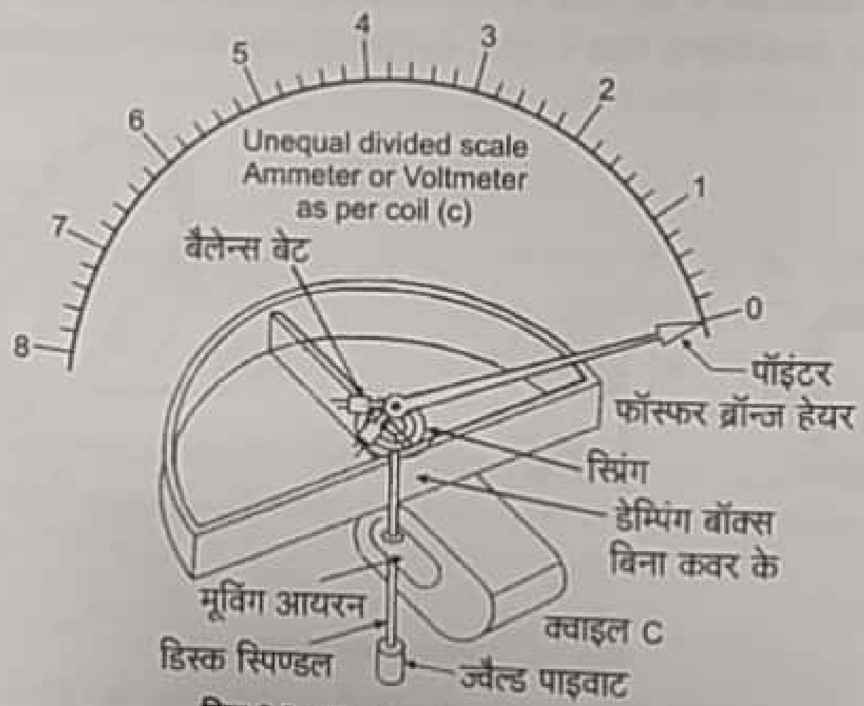
(2) बहुत अधिक धारा नहीं मापी जा सकती।

2.2.2 मूविंग आयरन ऐमीटर तथा वोल्टमीटर इंस्ट्रूमेन्ट (MI Type Ammeter and Voltmeter)

मूविंग आयरन इंस्ट्रूमेंट मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं—

(1) अट्रेक्शन टाइप मूविंग आयरन इंस्ट्रूमेंट।

(2) रिपल्शन टाइप मूविंग आयरन इंस्ट्रूमेंट।



चित्र 2.2 : Moving Iron Instrument

कार्यप्रणाली (Working)—जब किसी कुण्डली में धारा प्रवाहित की जाती है तो यह एक विद्युत चुम्बक (Electro-magnet) की तरह कार्य करती है जो आयरन डिस्क को अट्रेक्ट करती है। क्योंकि आयरन डिस्क की बनावट अण्डाकार होती है और वह अपने केन्द्र से परे एक सिरे पर स्पिण्डल से जुड़ी होती है। अतः डिस्क का बड़ा भाग कुण्डली की ओर घूम जाता है। स्पिण्डल से जुड़ा पाईंटर स्केल के ऊपर घूमता है जोकि धारा का मान दर्शाता है।

Scanned by CamScanner

विशेषताएँ–

(1) यह इंस्ट्रूमेन्ट AC तथा DC दोनो तरह की धाराओं के लिए समान रूप से कार्य करता है।

(2) PMMC इंस्ट्रूमेंट की अपेक्षा इसका मूल्य कम होता है।

(3) इसकी संरचना टिकाऊ होती है।

(4) इससे अधिक मान की धारा आसानी से मापी जा सकती है।

हानियाँ–

(1) इस इंस्ट्रूमेंट का स्केल अनुपातिक नहीं होता है।

$$\theta \propto I^2$$

(2) इंस्ट्रूमेंट में ग्रेविटी कंट्रोल सिस्टम प्रयोग किये जाने के कारण रीडिंग में फ्रिक्शन एरर विद्यमान होती है।

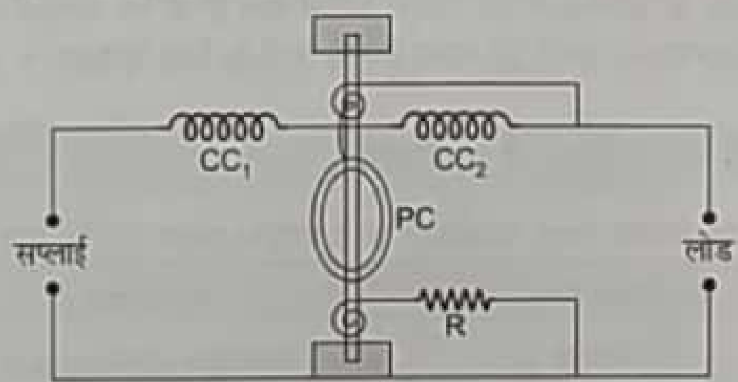
(3) Stray magnetic field के कारण रीडिंग में त्रुटि विद्यमान हो सकती है।

(4) यह इंस्ट्रूमेंट वोल्टमीटर के रूप में अधिक यथार्थ नहीं होता है।

2.3 शक्ति मापी यंत्र

किसी विद्युत परिपथ में ऊर्जा मापन सामान्यत: डायनेमोमीटर वॉटमीटर से किया जाता है।

डायनेमोमीटर वॉटमीटर—यह वॉटमीटर में AC तथा DC दोनों प्रकार के विद्युत परिपथों मे प्रयोग होता है। इस वॉटमीटर में दो करन्ट क्वाइल CC_1 तथा CC_2 होती है, जो कॉपर के मोटे इनेमल्ड तारों की बनी होती है। दोनो कुण्डलियाँ लोड के सीरीज मे जुड़ी होती है। इस यंत्र में एक चल कुण्डली भी होती है। यह पतले कॉपर के इनेमल्ड तार की बनी होती है। इसे प्रेशर क्वाइल (Pressure coil) कहते हैं। यह कुंडली एक स्पिंडल पर इस प्रकार फिट की जाती है कि यह आसानी से घूम सके। प्रेशर कुण्डली को सप्लाई से जोड़ते हैं। इसमें धारा तथा वोल्टेज एक ही फेज में रहते है। प्रेशर कुण्डली तथा करन्ट कुण्डली परस्पर मेग्नेट क्रिया द्वारा प्रेशर कुण्डली में आघूर्ण उत्पन्न करते हैं। यह आघूर्ण स्पिण्डल में जुड़ी सुई को स्केल पर घुमाते हैं। इसके घूमने का आघूर्ण, धारा तथा वोल्टेज के गुणन के अनुपात में होता है। इस प्रकार मापी गई शक्ति परिपथ की औसत शक्ति होती है।



चित्र 2.3 : Dynamometer Wattmeter

विशेषताएँ

(1) इस यंत्र का उपयोग DC तथा AC दोनो पर किया जा सकता है।

(2) आवृत्ति परिवर्तन से इस यंत्र की मापन मात्रा में गलती आ जाती है।

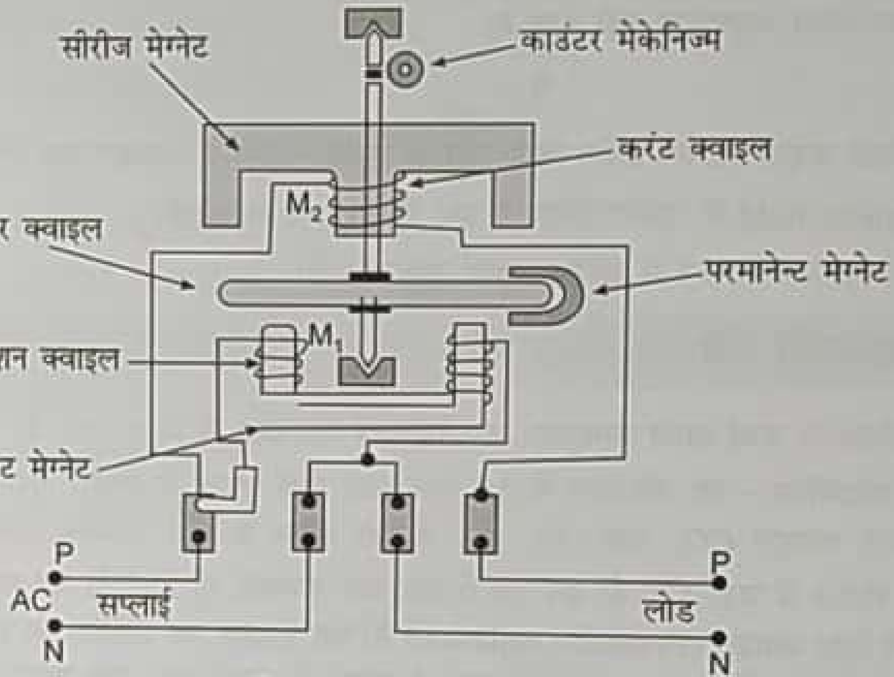
(3) इस यंत्र का स्केल अनुपातिक होता है।

Scanned by CamScanner

2.4 ऊर्जामापी यंत्र (Energy Meter)

इस यंत्र को AC सप्लाई एवं लोड के मध्य स्थापित किया जाता है। इसमें 'U' आकृति का एक इलेक्ट्रोमेग्नेट होता है जिसे प्रेशर कुण्डली से ऊर्जित किया जाता है। प्रेशर कुण्डली, पतले इनैमल्ड कॉपर तार के ज्यादा टर्न वाली कुण्डली होती है। इसे सप्लाई के पैरलल क्रम में जोड़ा जाता है, इसलिए इस इलेक्ट्रोमेग्नेट को 'Shunt Magnet' भी कहते हैं।

इस ऊर्जामापी में एक दूसरा इलेक्ट्रोमेग्नेट 'E' आकृति का होता है जिसे करन्ट कुण्डली से ऊर्जित करते हैं। करन्ट कुण्डली मोटे इनैमल्ड कॉपर के कम टर्न भी कुण्डली होती है। इसे सप्लाई के सीरीज में जोड़ा जाता है, इसलिए इस इलेक्ट्रोमेग्नेट 'Series Magnet' को भी कहते हैं।



चित्र 2.4 : Energy Meter

करन्ट कुण्डली, लोड धारा के अनुक्रमानुपाती चुम्बकत्व उत्पन्न करता है तथा प्रेशर कुण्डली, सप्लाई वोल्टेज के अनुक्रमानुपाती चुम्बकत्व उत्पन्न करता है दोनों मैगनेट के मध्य स्थित ऐल्युमिनियम डिस्क में उत्पन्न भंवर धारायें तथा उक्त चुम्बकीय क्षेत्रों की क्रिया के फलस्वरूप एक आघूर्ण उत्पन्न होता है जो इस ऐल्युमिनियम डिस्क को घूर्णित करती हैं। डिस्क तथा उससे जुड़े स्पिण्डल के घूर्णनों की संख्या रिकार्ड करने के लिए स्पिण्डल के ऊपरी सिरे पर एक रिकार्डिंग प्रणाली लगी होती है।

2.5 विद्युत यंत्रों का परिपथ में संयोजन

जैसे कि हम जानते है कि विभिन्न विद्युत मात्राओं के लिए उपयुक्त मापक यंत्र निम्नवत् है—

विद्युत मात्रा	मापक यंत्र
वोल्टता	वोल्टमीटर (Voltmeter)
विद्युत धारा	ऐमीटर (Ammeter)
विद्युत शक्ति	वॉटमीटर (Wattmeter)
विद्युत ऊर्जा	ऊर्जामापी (Energy meter)

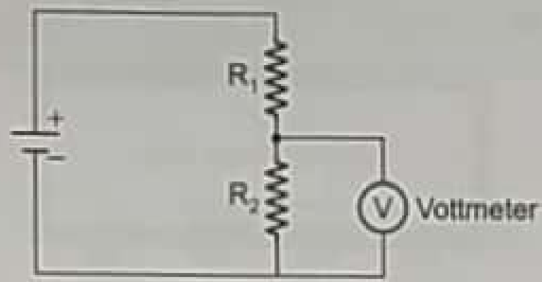
इन मापन यंत्रों का किसी विद्युत परिपथ में संयोजन निम्न प्रकार किया जाता है।

Scanned by CamScanner

2.5.1 वोल्टमीटर का परिपथ में संयोजन

वोल्टमीटर का उपयोग विद्युत परिपथों में वोल्टेज मापने के लिए किया जाता है।

वोल्टमीटर को परिपथ में सदैव उस लोड के समानान्तर (Parallel) में जोड़ा जाता है जिसके वोल्टेज का मापन किया जाना है।

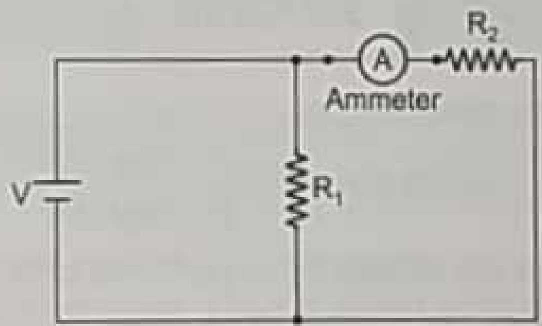


चित्र 2.5 : Voltmeter को परिपथ में संयोजित करना

उपरोक्त चित्र में यदि हमें R_2 प्रतिरोध का वोल्टेज मापना है तो चित्रानुसार R_2 के Parallel में वोल्टमीटर संयोजित करना पड़ेगा।

2.5.2 ऐमीटर का परिपथ संयोजन

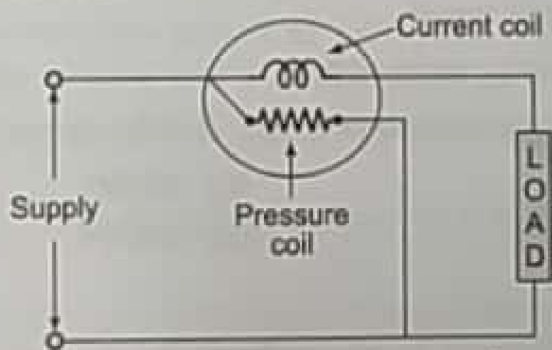
ऐमीटर का प्रयोग किसी परिपथ में धारा मापने के लिए किया जाता है। ऐमीटर का प्रयोग परिपथ में सदैव उस लोड में सीरीज (Series) में किया जाना चाहिए, जिसमें धारा प्रवाह मापना है।



चित्र 2.6 : Ammemeter का परिपथ में संयोजन

उपरोक्त चित्र में R_2 प्रतिरोध में धारा मापने के लिए R_2 के series मे ऐमीटर जोड़ा गया है।

2.5.3 वॉटमीटर का परिपथ में संयोजन



चित्र 2.7 : Wattmeter का परिपथ में संयोजन

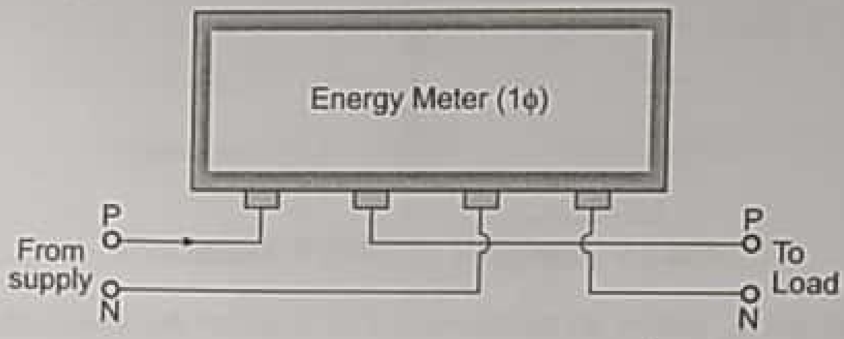
वॉटमीटर का उपयोग किसी विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति मापने के लिए किया जाता है।

Scanned by CamScanner

वॉटमीटर में दो कुण्डली होती है, करन्ट कुण्डली तथा प्रेशर कुण्डली शक्ति मापन के लिए वॉटमीटर की करन्ट कुण्डली को परिपथ में सदैव लोड के series में तथा प्रेशर कुण्डली को सदैव लोड के parallel में जोड़ा जाना चाहिए।

2.5.4 ऊर्जामापी का परिपथ में संयोजन

ऊर्जामापी का उपयोग, किसी विद्युत परिपथ में विद्युत ऊर्जा का व्यय मापने के लिए किया जाता है। ऊर्जामापी का परिपथ में संयोजन निम्न चित्रानुसार किया जाता है।



चित्र 2.8 : Energy Meter का परिपथ में संयोजन

प्रश्नावली

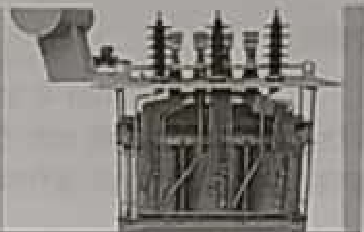
1. निम्न को उनके मात्रकों के साथ परिभाषित कीजिए :
   (A) वोल्टता
   (B) विद्युत धारा
   (C) विद्युत शक्ति
   (D) विद्युत ऊर्जा
2. किसी परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा को मापन हेतु उपर्युक्त यंत्र की सचित्र व्याख्या कीजिए।
3. विद्युत शक्ति के मापन हेतु उपर्युक्त यंत्र की सचित्र व्याख्या कीजिए।
4. निम्नलिखित विद्युत यंत्रों की विशेषताएं बताइये—
   (A) चल लौह ऐमीटर
   (B) डायनेमोमीटर
   (C) ऊर्जामापी
   (D) PMMC वोल्टमीटर
5. PMMC यंत्रों का कार्य सिद्धान्त समझाएं।
6. एक फेज ऊर्जामापी यंत्र की सचित्र व्याख्या कीजिए।
7. निम्नलिखित विद्युत यंत्रों के किसी परिपथ में किस प्रकार जोड़ते हैं? उपयुक्त चित्र सहित समझाएँ—
   (A) वोल्टमीटर
   (B) ऐमीटर
   (C) वॉटमीटर
   (D) ऊर्जामापी

Scanned by CamScanner

अध्याय

3

ए०सी० का मूल सिद्धान्त



3.1 परिचय (Introduction)

1831 में फैराडे ने खोज की कि विद्युत का उत्पादन चुम्बकत्व के प्रयोग से सम्भव है। इसके लिए फैराडे को निम्न तीन साधारण से प्रयोग किये (i) किसी परिपथ में धारा प्रवाहित हो सकती है यदि उसके समीप रखे परिपथ में बहने वाली धारा के मान में परिवर्तन किया जाये। (ii) किसी बन्द परिपथ में धारा प्रवाहित होती है यदि इस परिपथ के निकट किसी चुम्बक को लेकर आते है। (iii) किसी बन्द परिपथ मे धारा प्रवाहित होती है यदि यह बन्द परिपथ किसी चुम्बक के निकट घुमाया जाये।

3.2 फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction)

फैराडे के नियमानुसार किसी कुण्डली या परिपथ में प्रेरित विद्युत वाहक बल (EMF)

(i) उस कुण्डली से ग्रन्थित फ्लक्स (Flux) के परिवर्तन दर के अनुक्रमानुपाती होता है।

(ii) उस कुण्डली में उपस्थित फेरों की संख्या (No. of Turns) के भी अनुक्रमानुपाती होता है।

उपरोक्त दोनों नियमों को एक साथ गणीतीय रूप में निम्न प्रकार लिखा जा सकता है।

$$\text{वि०वा०ब०} \quad \boxed{e = -N\frac{d\phi}{dt}} \quad \text{वोल्ट}$$

उपरोक्त समीकरण मे ऋणात्मक चिन्ह लेन्ज के नियम को प्रदर्शित करता है जिसके अनुसार प्रेरित धारा की दिशा सदैव ऐसी होती है कि यह उस कारण का विरोध करती है जिससे यह प्रेरित हुई है।

- याद रखे कि विद्युत जनित्र एवं विद्युत मोटर की कार्यविधि फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम पर आधारित है।
- परिणामित्र (Transformer) की प्राथमिक एवं द्वितीयक कुण्डलियों में वि०वा०ब० का प्रेरण फैराडे के नियमानुसार ही होता है।

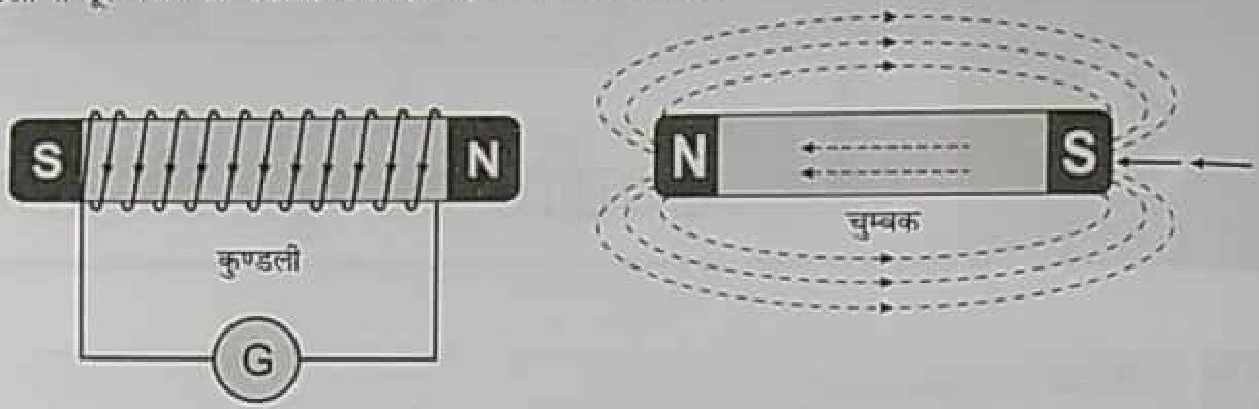
3.3 लेन्ज का नियम (Lenz's Law)

लेन्ज के नियमानुसार किसी कुण्डली या परिपथ में प्रेरित वि०वा०बल या धारा की दिशा सदैव ऐसी होती है कि यह उस कारण का विरोध करती है जिससे यह उत्पन्न हुई है।

Scanned by CamScanner

प्रयोग

जैसा कि उपरोक्त चित्र में दर्शाया गया है कि यदि किसी चुम्बक को एक कुण्डली के समीप लाया जाता है तो उसमे प्रेरित धारा की दिशा ऐसी होती है कि कुण्डली में प्रेरित ध्रुव चुम्बक के ध्रुव को प्रतिकर्षित करते हैं। अर्थात् चुम्बक को कुण्डली से दूर भेजने की कोशिश करते हैं। यही लेन्ज का नियम है।



चित्र 3.1 : लेन्ज के नियम का प्रदर्शन

❖ लेन्ज के नियम के अनुसार ही विद्युत मोटर में बैक emf एवं विद्युत जनित्र में विद्युत चुम्बकीय बल-आघूर्ण पैदा होता है जो कि मोटर मे इनपुट वोल्टेज तथा जनित्र में इनपुट यांत्रिक बलआघूर्ण का क्रमशः विरोध करते हैं।

उदाहरण 1. 200 फेरों की एक कुण्डली से ग्रन्थिक फ्लक्स 200 mwb है। यदि फ्लक्स 0.2 second में 200 mwb से घटकर शून्य रह जाता है तो कुण्डली में प्रेरित वि०वा०बल की गणना कीजिये।

$$N = 200$$
$$\phi_1 = 200 \text{ mwb} = 200 \times 10^{-3} \text{ mwb}$$
$$\phi_2 = 0 \text{ wb}$$
$$t_1 = 0 \text{ sec}$$
$$t_2 = 0.2 \text{ sec}$$

फैराडे के नियमानुसार

$$e = -N\frac{d\phi}{dt}$$
$$= \frac{-N[\phi_2 - \phi_1]}{(t_2 - t_1)}$$
$$= \frac{-200(0 - 200 \times 10^{-3})}{(0.2 - 0)}$$
$$= \frac{200 \times 200 \times 10^{-3}}{0.2} = 200 \text{ वोल्ट}$$

उदाहरण 2. एक ट्यूब लाईट की चोक में प्रेरित वि०वा०ब० की गणना करो, यदि चोक में परिवर्तित फ्लक्स 500 mwb / sec. है तथा चोक में फेरों की संख्या 2000 है।

$$N = 2000$$
$$\frac{d\phi}{dt} = 55 \times 10^{-3} \text{ wb/sec.}$$
$$e = -N\frac{d\phi}{dt} = -2000 \times 55 \times 10^{-3}$$
$$\boxed{e = -200 \text{ वोल्ट}}$$

Scanned by CamScanner

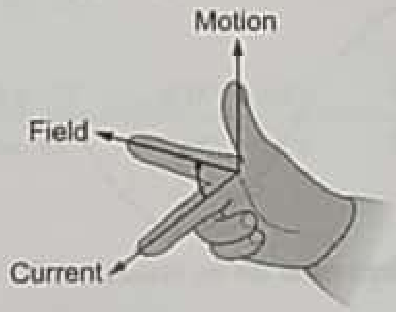
3.4 फ्लेमिंग के नियम (Fleming's Law)

फ्लेमिंग के बांये हाथ का नियम (Fleming's left Hand Rule)

चित्र 3.2 (a) : फ्लेमिंग के बायें हाथ (Left Hand) के नियम का प्रदर्शन

- फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियमानुसार यदि बायें हाथ की प्रथम तीन अंगुलियों को एक-दूसरे के लम्बवत् फैलाया जाये और तर्जनी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में हो तथा माध्यमा चालक में बहने वाली धारा की दिशा में हो तो उस चालक पर लगने वाला बल अंगूठे की दिशा में होगा।
- फ्लेमिंग का बायें हाथ का नियम विद्युत मोटर को घूमने की दिशा निकालने के काम आता है।

फ्लेमिंग के दायें हाथ का नियम (Fleming's Right Hand Rule)



चित्र 3.2 (b) : फ्लेमिंग के बायें हाथ (Right Hand) का नियम

- फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियमानुसार, यदि दायें हाथ की प्रथम तीन अंगुलियों को एक-दूसरे के लम्बवत् फैलाया जाये और तर्जनी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में हो तथा अँगूठा चालक पर लगने वाले बल की दिशा में हो तो चालक में बहने वाली धारा मध्यमा की दिशा में होगी।
- फ्लेमिंग के दायें हाथ का नियम विद्युत जनित्र में चालक में बहने वाली धारा की दिशा निकालने के काम आता है।

3.5 ए.सी. परिपथों के सिद्धान्त (Principles of AC Circcuits)

प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल की उत्पत्ति (Generation of Alternating emf)

जैसा कि चित्र 3.3 में दिखाया गया है जब किसी बहु फेरों वाली कुण्डली को चुम्बकीय क्षेत्र में कोणीय वेग $\omega = 2\pi n$ rad / sec. से घुमाया जाता है जबकि चुम्बकीय फ्लक्स N ध्रुव से S ध्रुव की ओर गमन कर रहा है, तो कुण्डली के एक तरफ (coil side) में प्रेरित वि०वा०ब० किसी क्षण $\theta = \omega t$ पर निम्न प्रकार होगा—

$$e = Blv \sin\theta$$

$B \rightarrow$ चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व $\omega b / m^2$

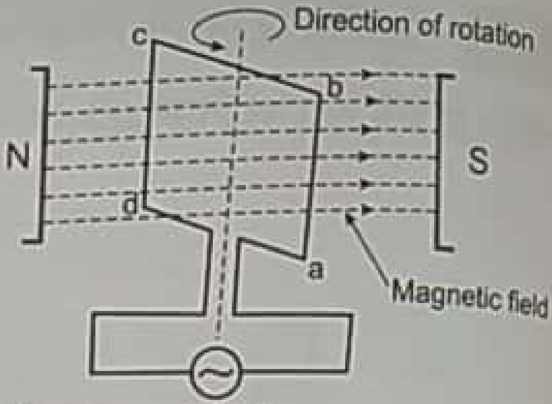
$l \rightarrow$ कुण्डली की लम्बाई (m)

$v \rightarrow$ कुण्डली का स्पर्शरेखीय वेग (m / sec)

$\theta \rightarrow$ कोणीय विस्थापन

एक फेरे में प्रेरित वि०वा०ब० $= 2Blv \sin\theta$

$$e = 2\pi BlbnN \sin\theta \qquad v = \pi bn$$



चित्र 3.3 : प्रत्यावर्ती विद्युत वाहक बल की उत्पत्ति

where

$b \rightarrow$ कुण्डली की चौड़ाई

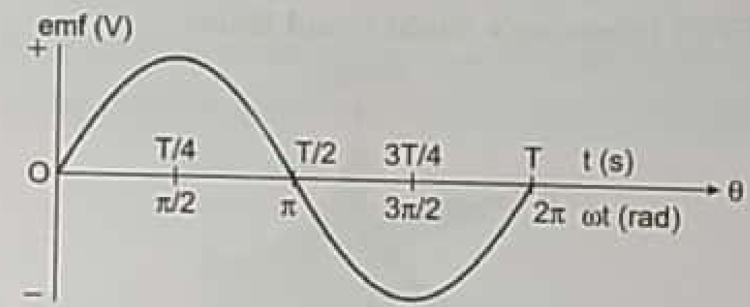
$n \rightarrow$ गति (rps)

$N \rightarrow$ कुल फेरों की संख्या

उपरोक्त समीकरण को निम्न प्रकार लिख सकते हैं—

$$e = E_m \sin\theta$$

उपरोक्त emf को wave form में निम्न प्रकार दिखा सकते हैं।



चित्र 3.4 : विद्युत वाहक बल का Waveform रूप में प्रदर्शन

3.6 महत्त्वपूर्ण परिभाषाएँ (Important Definitions)

(a) क्षणिक मान (Instantaneous Value)

किसी प्रत्यावर्ती राशि का किसी दिये गये क्षण पर मान क्षणिक मान कहलाता है, यह अलग-अलग क्षणों पर भिन्न-भिन्न होता है।

$$e = e_m \sin\omega t$$

$$i = I_m \sin\omega t$$

(b) अधिकतम या शिखर मान मान (Maximum of Peak Value)

किसी प्रत्यावर्ती राशि द्वारा एक पूर्ण चक्र में प्राप्त किये गये सर्वाधिक मानक को उसका अधिकतम या शिखर मान कहते हैं। इसे E_m, V_m, I_m से प्रदर्शित किया जाता है। शिखर मान को दूसरे शब्दों में राशि का आयाम भी कहते हैं।

$$E_m = \sqrt{2}\, E_{rms}$$

$$I_m = \sqrt{2}\, I_{rms}$$

Scanned by CamScanner

(c) औसत मान (Average Value)

प्रत्यावर्ती राशि के सामान्य माध्य मान को औसत मान कहते हैं।

किसी चक्र का औसत मान उस तरंग के अन्दर के क्षेत्रफल तथा उसकी लम्बाई (आवर्तकाल) के अनुपात के बराबर होता है।

किसी प्रत्यावर्ती राशि के औसत मान को हम निम्न प्रकार गणितीय रूप मे दिखाते हैं–

$$\boxed{V_{\text{avg.}} = \frac{1}{T}\int_0^T v \cdot dt}$$

जहां $T \rightarrow$ आवर्तकाल

$v = V_m \sin \omega t$

याद रखें कि सममितीय राशियों (Symmetical quantities) का औसत मान आधी cycle के लिये निकाला जाता है।

$$\boxed{v = V_m \sin \theta}$$

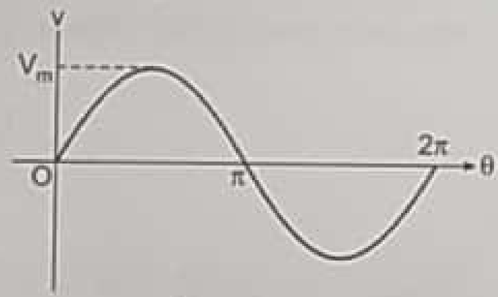
$$V_{\text{avg.}} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin\theta \, d\theta$$

$$= \frac{V_m}{\pi}\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi}$$

$$= -\frac{V_m}{\pi}\left[\cos\pi - \cos 0\right]$$

$$= -\frac{v_m}{\pi}[-1-1] = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$\boxed{V_{\text{avg}} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.637\, V_m}$$



चित्र : 3.4 (b)

नोट :

- दिष्ट धारा अमीटर एवं वोल्ट मीटर हमेशा औसत मान प्रदर्शित करते हैं।
- किसी संधारित्र परिपथ (capacitor circuit) में आवेश को स्थानांतरण (transfer) का मान औसत मान में मापा जाता है।
- शुद्ध प्रत्यावर्ती (Sinusoidal) राशि का औसत मान पूर्ण चक्र के लिए शून्य होता है।

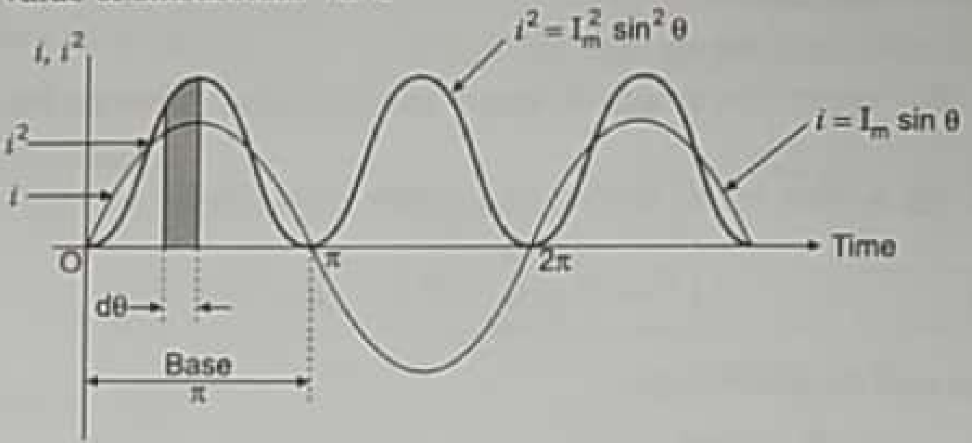
(d) वर्ग माध्य मूल मान (Root Mean Square Value/R.M.S. Value)

- प्रत्यावर्ती राशि के वर्ग के औसत के वर्गमूल मान को वर्ग माध्य मूल मान कहते हैं। इसे प्रभावी मान (effective value), वास्तविक मान (real value) से भी जाना जाता है
  दूसरे शब्दों मे किसी प्रत्यावर्ती धारा का प्रभावी मान उस दिष्ट धारा (dc) के मान के बराबर है जो कि समान समय में किसी प्रतिरोध में समान ऊष्मा उत्पन्न करता है।"

$$\boxed{I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 \cdot d\theta}}$$

Scanned by CamScanner

❖ R.M.S. value of sinsusoidal wave



चित्र 3.5 : Sinusoidal Wave का प्रदर्शन

$$i = I_m \sin\theta$$

$$i^2 = I_m^2 \sin^2\theta$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} i^2 \cdot d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2\theta \cdot d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi}\int_0^{\pi}\left[\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right]d\theta}$$

$$= \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi}\left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right]_0^{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{I_m^2 \cdot \pi}{2\pi}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_m}$$

नोट

❖ घरेलू स्पलाई में 230 V, 50 Hz में 230 Volt r.m.s. value है।

(e) रूप गुणक (Form Factor)

प्रत्यावर्ती वोल्टता तथा धारा के वर्ग माध्य मूल मान तथा औसत मान का अनुपात रूप गुणक कहलाता है।

$$\boxed{K_f = \frac{\text{RMS value}}{\text{Average value}}}$$

$$\boxed{K_f = \frac{0.707\, I_m}{0.637\, I_m} = 1.11}$$

(f) शिखर गुणक (Peak Factor)

प्रत्यावर्ती वोल्टता तथा धारा के अधिकतम मान तथा वर्ग-माध्य-मूल मान का अनुपात शिखर गुणक कहलाता है।

$$K_p = \frac{\text{Max. value}}{\text{RMS value}}$$

Scanned by CamScanner

$$K_p = \frac{I_m}{0.707\, I_m} = 1.414$$

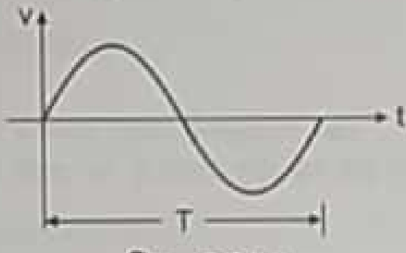
(g) चक्र (Cycle)

किसी राशि के धनात्मक स्पन्द तथा ऋणात्मक स्पन्द के प्रत्येक युगल को उस राशि का एक चक्र कहते हैं।

(h) आवर्तकाल (Periodic Time)

प्रत्यावर्ती राशि द्वारा एक पूर्ण चक्र करने मे लगा समय राशि का आवर्तकाल कहलाता है।

$$T = \frac{1}{f} \text{ sec.}$$



चित्र : 3.5 (a)

(i) आवृत्ति (Frequency)

प्रत्यावर्ती राशि के प्रति सेकेण्ड चक्रों की संख्या आवृत्ति कहलाती है। इसे f से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक हर्ट्स होता है।

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} \text{ Hertz}$$

❖ भारत में Power supply की frequency 50 Hz है।

3.7 प्रत्यावर्ती राशियों का कलीय प्रस्तुतीकरण (फेज व फेज डिफरेन्स) (Phasor Representation of Alternating Quantities-Phase and Phase Difference)

Sinusoidal राशियों का अध्ययन उनके गणितीय रूप के बजाय कलीय रूप (Phasor form) में करना सरल होता है।

(a) कलीय (Phasor) : Phasor एक complex number है जोकि sinusoidal राशियों के आयाम (amplitude) तथा कला (phase) को निरूपित करता है।

कलीय संकेतन (Phasor notation) के द्वारा हम टाईम डोमेन राशियों को सरलता से आवृत्ति डोमेन मे व्यक्त कर सकते है।

$$v(t) = V_m \sin \omega t \rightarrow \text{टाइम डोमेन}$$

$$v(t) = V_m \angle 0° \rightarrow \text{आवृत्ति डोमेन}$$

आवृत्ति डोमेन में राशियो का विश्लेषण करना टाइम डोमेन की अपेक्षा सरल होता है।

(b) कला (Phase) : किसी प्रत्यावर्ती राशि की कला उस राशि की शून्य बिन्दु के सापेक्ष स्थिति को निरूपित करती है।

(c) कलान्तर (Phase Difference) : कलान्तर किन्हीं दो प्रत्यावर्ती राशियो की स्थितियों में अन्तर को व्यक्त करता है। इससे दो राशियों के आगे या पीछे होने की जानकारी प्राप्त होती है।

यदि दो राशियों के बीच कलान्तर 0° है तो दोनों राशियों को एक कला मे कहा जाता है।

Scanned by CamScanner

3.7.1 कलीय आरेखों के रूप में ज्यावक्रीय विद्युत राशियों का निरूपण (Representation of Sinusoidal Electrical Quantities in Form of Phasor Diagram)

(a) समकला सम्बन्ध : इस सम्बन्ध में दोनों ज्यावक्रीय राशियाँ एक साथ अपने अपने अधिकतम मान को प्राप्त होती हैं; इस स्थिति में कला कोण (ϕ) शून्य होता है। अत: शक्ति गुणांक इकाई [$\cos \phi = 1$] होता है।

$$\begin{bmatrix} v = V_m \sin \omega t \\ i = I_m \sin \omega t \end{bmatrix}$$

(b) पश्चगामी कला सम्बन्ध : इस सम्बन्ध में वोल्टता तरंग अपने उच्चतम मान को धारा से पहले प्राप्त करती है या हम यह कह सकते हैं कि इसमें धारा तरंग अपने अधिकतम मान को वोल्टता तरंग के बाद प्राप्त करती है।

$$\begin{bmatrix} V = V_m \sin \omega t \\ i = I_m \sin (\omega t - \phi) \end{bmatrix}$$

इस सम्बन्ध में कला कोण $\phi°$ होता है तथा शक्ति गुणक पश्चगामी शक्ति गुणक कहलाता है।

(c) अग्रगामी कला सम्बन्ध : इस सम्बन्ध में धारा तरंग अपने अधिकतम मान को वोल्टता तरंग से पहले प्राप्त करती है। इस सम्बन्ध मे शक्ति गुणक अग्रगामी शक्ति गुणक कहलाता है।

$$v = V_m \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin (\omega t + \phi)$$

उदाहरण 3. एक प्रत्यावर्ती धारा का समीकरण $i = 43 \cdot 43 \sin 627 t$ है, ज्ञात कीजिए–

1. अधिकतम मान
2. आवृत्ति
3. वर्ग-माध्य-मूल मान
4. औसत मान
5. रूप गुणांक

हल :

$$i = 43 \cdot 43 \sin 627 t \qquad ...(1)$$

मानक समीकरण

$$i = I_m \sin \omega t \qquad ...(2)$$

समी॰ (1) व समी॰ (2) की तुलना करने पर

(1) अधिकतम मान

$$I_m = 43 \cdot 43 \text{ Ampere}$$

Scanned by CamScanner

(2) $\omega = 627$

$2\pi f = 627 \Rightarrow$ $$f = \frac{627}{2\pi}$$

$$\boxed{f = 99.75 \text{ Hz}}$$

(3) $$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{43.43}{\sqrt{2}} = \boxed{30.7 \text{ Amp}}$$

(4) $$I_{avg.} = \frac{2I_M}{\pi} = \frac{2 \times 43.43}{\pi} = 27.63 \text{ Amp}$$

(5) $$\text{रूप गुणांक} = \frac{I_{rms}}{I_{avg.}} = \frac{30.7}{27.63} = 1.11$$

उदाहरण 4. 127.2 वोल्ट औसत मान वाली ज्यावक्रीय वोल्टता तरंग का रूप गुणक ज्ञात कीजिए।

हल : $$V_{avg.} = 127.2 \text{ volt}$$

$$V_{avg.} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$\Rightarrow$ $$V_m = \frac{\pi \cdot V_{avg.}}{2} = \frac{\pi \times 127.2}{2}$$

$\Rightarrow$ $$V_m = 200 \text{ volt}$$

अब $$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{200}{\sqrt{2}} = 141.4 \text{ volt}$$

अब रूप गुणक $$k_f = \frac{V_{rms}}{V_{avg.}} = \frac{141.4}{127.2} = 1.11$$ उत्तर

उदाहरण 5. 50 हर्ट्ज 20 ऐम्पियर वर्ग-माध्य-मूल की ज्यावक्रीय धारा का समीकरण तथा उक्त धारा की दिष्टकारी अर्द्धतरंग का औसत मान एवं प्रभावी मान ज्ञात कीजिए।

हल : (i) $$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_m = \sqrt{2} \cdot I_{rms}$$

$\Rightarrow$ $$I_m = \sqrt{2} \times 20$$

$$I_m = 28.28 \text{ Amp.}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50$$

ज्यावक्रीय धारा $$\omega = 314.3$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$\boxed{i = 28.28 \sin 314.3t}$$

(ii) दिष्टकारित अर्द्धतरंग का औसत मान

$$I_{avg.} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{28.28}{\pi} = 8.993 \text{ Amp.}$$

प्रभावी मान $$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{28.28}{2} = 14.14 \text{ Amp.}$$

Scanned by CamScanner

उदाहरण 6. एक तार में 10 ऐम्पियर की दिष्ट धारा तथा 10 ऐम्पियर के शिखर मान की ज्यावक्रीय प्रत्यावर्ती धारा एक साथ एक ही समय में प्रवाहित हो रही है। तार में परिणामी धारा का वर्ग-माध्य-मूल मान ज्ञात करो।

हल :

$$I_{DC} = 10 \text{ Amp.}$$

$$I_m = 10 \text{ Amp.}$$

$$I_{rms\ \text{परिणामी}} = \sqrt{(I_{DC})^2 + \left(\frac{I_{m1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{I_{m2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \ldots\ldots}$$

$$= \sqrt{(10)^2 + \left(\frac{10}{\sqrt{2}}\right)^2}$$

$$= \sqrt{150}$$

$$= \mathbf{12 \cdot 2} \textbf{ ऐम्पियर}$$

उत्तर

उदाहरण 7. 50 चक्र प्रति सेकण्ड वाली प्रत्यावर्ती धारा का अधिकतम मान 205 Amp है। जब धारा शून्य है तथा धनात्मक हो रही हो तब से

(i) $\frac{1}{200}$ सेकण्ड के पश्चात् तात्क्षणिक मान क्या होगा ?

(ii) धारा का 100 Amp तात्क्षणिक मान पहली बार कितनी देर में हो जायेगा ?

हल :

$$f = 50 \text{ Hz}, I_m = 205 \text{ Amp}$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$\Rightarrow$
$$i = 205 \sin 2\pi \times 50t$$

$\Rightarrow$
$$i = 205 \sin 100\pi t$$

(i) $\frac{1}{200}$ सेकण्ड बाद तात्क्षणिक मान

$$i = 205 \sin \frac{100\pi}{200} \times \frac{180}{\pi}$$

$$i = 205 \sin 90^\circ$$

$$= \mathbf{205 \text{ Amp}}$$

(ii)

$$I_m = 205$$

$$100 = 205 \sin\left(100\pi t + \frac{180}{\pi}\right)$$

$$\sin(18000t) = \frac{100}{205} = 0 \cdot 488$$

$$18000t = \sin^{-1}(0 \cdot 488)$$

$$18000t = 29 \cdot 2$$

$$t = \frac{29 \cdot 2}{18000}$$

$$= \mathbf{1 \cdot 6 \text{ ms}}$$

Scanned by CamScanner

उदाहरण 8. 300 च० प्र० मि० की गति से चल रहे एक प्रत्यावर्तक में 20 चुम्बकीय ध्रुव तथा अधिकतम धारा मान 120 Amp है तो (i) धारा की आवृत्ति (ii) धारा का परिमाण धनात्मक होने की स्थिति से पूर्व होने के क्षण से समय का मापन करते हुए धारा के तात्क्षणिक मान का समीकरा तथा (अ) $\frac{1}{300}$ सेकण्ड उपरान्त धारा का तात्क्षणिक मान एवं (ब) प्रथम बार धारा मान 96 Amp होने में लिया गया समय ज्ञात कीजिए।

हल :

$$N = 300 \text{ R.P.M.}$$

$\Rightarrow$

$$P = 20$$

$$I_m = 120 \text{ A}$$

(i) धारा की आवृत्ति :

$$N = \frac{120 f}{P}$$

$\Rightarrow$

$$f = \frac{P \cdot N}{120} = \frac{20 \times 300}{120}$$

$$\boxed{f = 50 \text{ Hz}}$$

(ii)

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3 \cdot 14 \times 50$$

$$= 314 \text{ रेडियन प्रति सेकण्ड}$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$i = 120 \sin 314 t \text{ Amp.}$$

(अ)

$$t = \frac{1}{360} \text{ सेकण्ड}$$

$$i = 120 \sin \left(\frac{314}{360} \times \frac{180}{\pi}\right)^\circ$$

$$= 120 \sin 50^\circ$$

$$\boxed{i = 91 \cdot 92 \text{ volt}}$$

(ब)

$$i = 120 \sin 314 t$$

$$96 = 120 \sin 314 t$$

$$\sin 314 t = \frac{96}{120} = 0 \cdot 8$$

$$314 t = \sin^{-1}(0 \cdot 8)$$

$$= 53^\circ \cdot 8'$$

$$= 53 \cdot 133^\circ$$

$$= \frac{53 \cdot 133 \times \pi}{180} \text{ रेडियन}$$

$$t = \frac{53 \cdot 133 \times 3 \cdot 14}{180 \times 180}$$

$$t = 0 \cdot 002952 \text{ सेकण्ड}$$

Scanned by CamScanner

उदाहरण 9. ज्यावक्रीय धारा तथा वोल्टता तरंगों में कलान्तर ज्ञात कीजिए यदि धारा तथा वोल्टता की समीकरण निम्न प्रकार है–

$$i = I_m \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$v = V_m \sin(\omega t - 60^\circ)$$

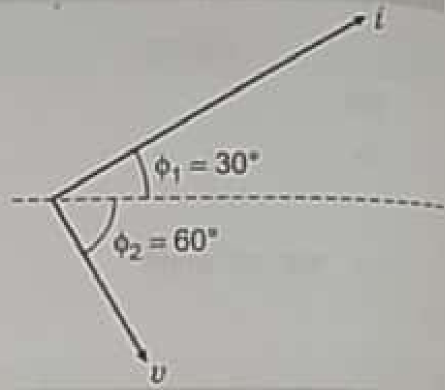
हल : कला वक्र बनाने पर

कला वक्र से स्पष्ट होता है कि i तथा v के बीच का कोण

$$= \phi_1 + \phi_2$$

$$= 30 + 60$$

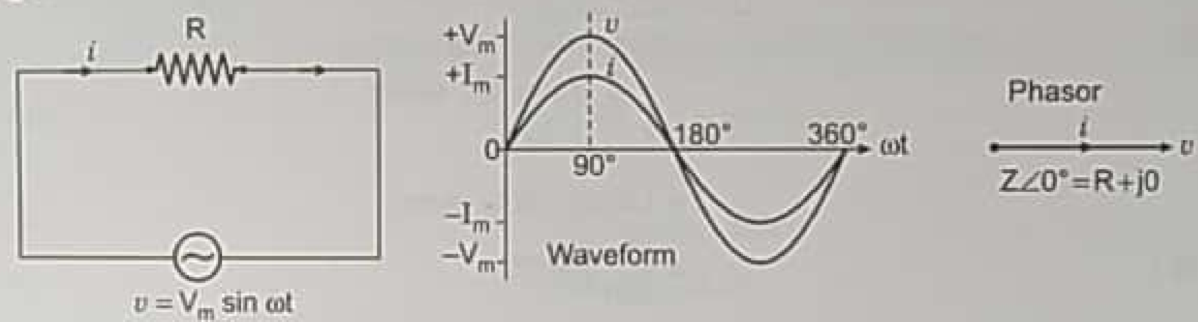
$$= 90^\circ$$



अत: i तथा v में कलान्तर $= 90^\circ$ **उत्तर**

3.8 ए०सी० सर्किट का रेजिस्टेन्स, इन्डक्शन एवं कैपेसिटेंस

3.8.1 शुद्ध प्रतिरोधी परिपथ (AC Through Purely Resistine Circuit)



चित्र 3.6 : (a) शुद्ध प्रतिरोध से AC गुजरने पर प्रभाव का प्रदर्शन

माना वोल्टता समीकरण को निम्न प्रकार दिखाया गया है—

$$v = V_m \sin \omega t \quad ...(1)$$

$$v = i \cdot R$$

$$\Rightarrow \quad i = \frac{v}{R} = \frac{V_m \sin \omega t}{R}$$

तथा $$\frac{V_m}{R} = I_m$$

इसलिए $$\boxed{i = I_m \sin \omega t} \quad ...(2)$$

समीकरण (1) व (2) की तुलना करने पर हम देखते है कि प्रत्यावर्ती वोल्टता तथा धारा एक ही कला में हैं।

शक्ति (Power)

तात्क्षणिक शक्ति

$$P = v \cdot i$$

$$= V_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t$$

$$P = V_m I_m \sin^2 \omega t$$

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

Scanned by CamScanner

$$P = \frac{V_m I_m}{2} - \frac{V_m I_m}{2}\cos 2\omega t$$

औसत शक्ति

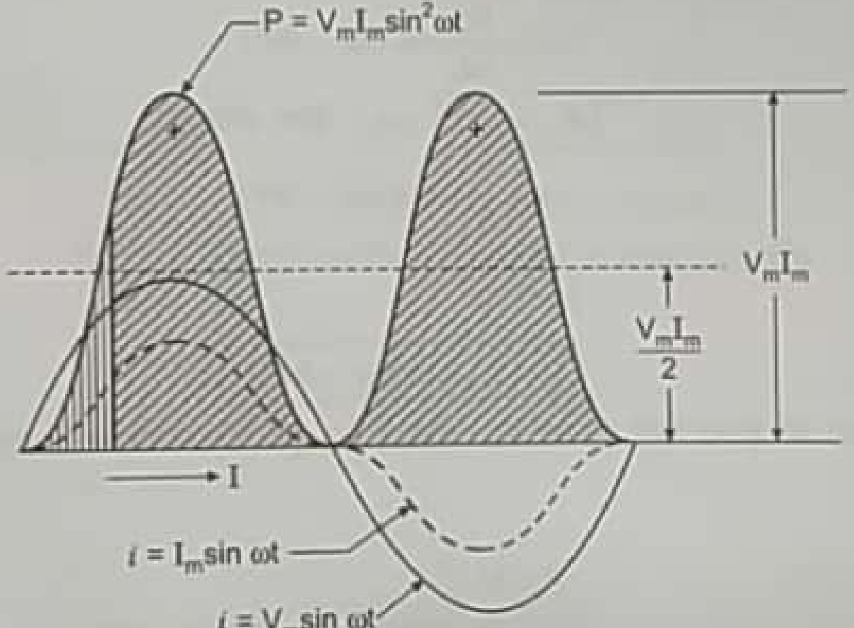
$$P_{avg.} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} P \cdot d\omega t$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} \cdot d\omega t - \int_0^{2\pi} \frac{V_m I_m}{2}\cos 2\omega t\, d\omega t\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{V_m I_m}{2}[2\pi - 0] - 0\right]$$

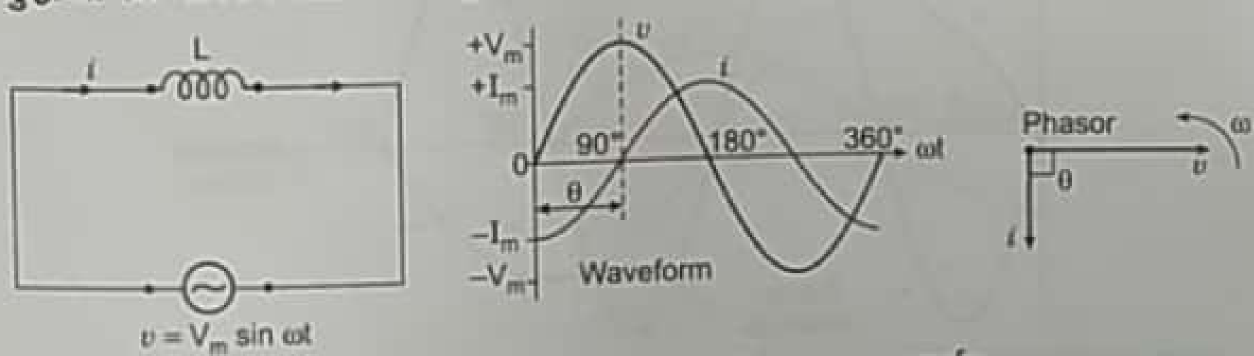
$$= \frac{V_m I_m}{2\pi \cdot 2} 2\pi = \frac{V_m \cdot I_m}{2} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{P_{avg.} = V_{rms} \cdot I_{rms}}$$



चित्र 3.6 : (b) शुद्ध प्रतिरोध से AC गुजरने पर Power, Voltage और Current का ग्राफीय प्रदर्शन

3.8.2 शुद्ध प्रेणिक परिपथ (AC through Purely Inductive Circuit)



चित्र 3.7 : (a) शुद्ध प्रेरक से AC गुजरने पर प्रभाव का प्रदर्शन

Scanned by CamScanner

शुद्ध प्रेणिक परिपथ ऐसा होता है जिसमें केवल प्रेरकत्व ही होता है। जब किसी शुद्ध प्रेणिक कुण्डली को प्रत्यावर्ती स्रोत से जोड़ा जाता है तो उसमें प्रत्यावर्ती धारा के कारण प्रत्यावर्ती फ्लक्स कुण्डली के साथ ग्रन्थित होता है तब फैराडे के नियामानुसार इस कुण्डली में स्वप्रेरित वि०वा०ब० प्रेरित हो जाता है।

माना प्रयुक्त वोल्टता समीकरण

$$v = V_m \sin \omega t \qquad ...(1)$$

$$c = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{v}{L} \Rightarrow di = \frac{v}{L} \cdot dt$$

$$i = \int \frac{v}{L} dt$$

$$i = \frac{1}{L} \int V_m \sin \omega t \cdot dt$$

$$i = -\frac{V_m}{L \cdot \omega} \cos \omega t$$

$$= -\frac{V_m}{\omega L} \sin (90^\circ - \omega t)$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L} \sin (\omega t - 90^\circ)$$

where $\boxed{X_L = \omega L} \Rightarrow$ प्रेरण प्रतिघात

$$i = \frac{V_m}{X_L} \sin (\omega t - 90^\circ)$$

$$i_m = \frac{V_m}{X_L}$$

$$\boxed{i = I_m \sin (\omega t - 90^\circ)} \qquad ...(2)$$

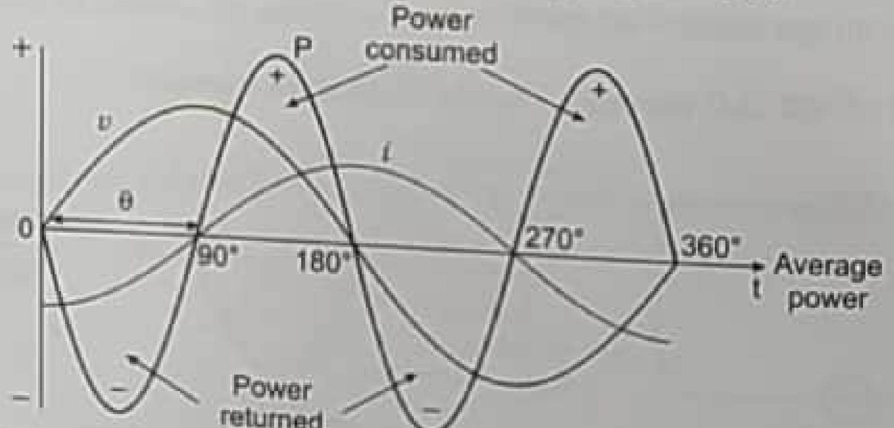
समीकरण (1) व (2) की तुलना करने पर यह स्पष्ट होता है कि शुद्ध प्रेणिक परिपथ में प्रयुक्त वोल्टता धारा से 90° अग्रगामी होती है।

शक्ति (Power)

तात्क्षणिक शक्ति

$$P = V \cdot i$$

$$= V_m \sin \omega t \cdot I_m \sin (\omega t - 90^\circ)$$



चित्र 3.7 : (b) शुद्ध प्रेरक से AC गुजरने पर Power, Voltage और Current का ग्राफीय प्रदर्शन

Scanned by CamScanner

$$= - V_m I_m \sin \omega t \cdot \cos \omega t$$

$$P = -\frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t$$

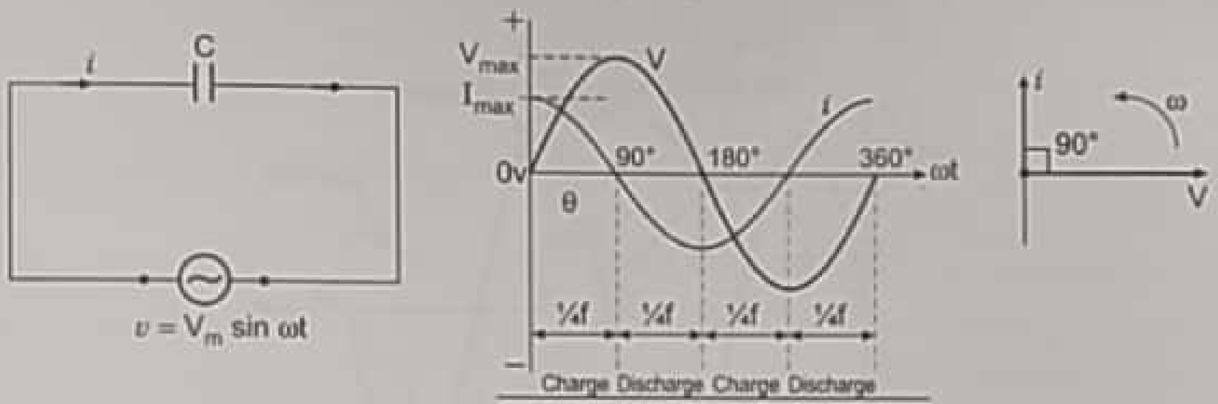
औसत शक्ति

$$P_{\text{avg.}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P \cdot d\omega t$$

$$P = -\frac{V_m I_m}{2} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \cdot d\omega t$$

$$\boxed{P_{\text{avg.}} = 0}$$

3.8.3 शुद्ध संधारित्र परिपथ (AC through Purely Capacitive Circuit)



चित्र 3.8 : (a) शुद्ध संधारित्र से AC गुजरने पर प्रभाव का प्रदर्शन

प्रयुक्त वोल्टता

$$v = V_m \sin \omega t \quad \ldots(1)$$

Current

$$i = C\frac{dV}{dt}$$

$$= C\frac{dV_m}{dt} \sin \omega t$$

$$= C \cdot \omega V_m \cos \omega t$$

$$i = \frac{V_m}{\left(\frac{1}{\omega C}\right)} \cdot \sin (\omega t + 90^\circ)$$

$$i = \frac{V_m}{X_C} \sin (\omega t + 90^\circ)$$

जहां

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad \rightarrow \quad \text{संधारित्र प्रतिघात}$$

$$I_m = \frac{V_m}{X_C}$$

$$\boxed{I = I_m \sin (\omega t + 90^\circ)} \quad \ldots(2)$$

समीकरण (1) व (2) की तुलना करने पर यह स्पष्ट होता है कि शुद्ध संधारित्र परिपथ में धारा वोल्टता से 90° अग्रगामी होती है।

Scanned by CamScanner

शक्ति (Power)

तात्क्षणिक शक्ति

$$P = v \cdot i$$

$$P = v_m \sin \omega t \cdot I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$P = V_m I_m \sin \omega t \cdot \cos \omega t$$

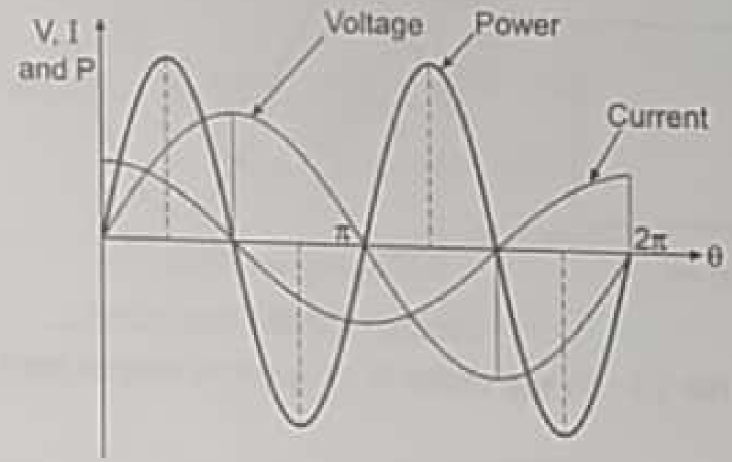
$$P = \frac{V_m I_m}{2} \sin 2\omega t$$

औसत शक्ति

$$P_{avg} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P \cdot d\omega t$$

$$P_{avg} = \frac{1}{2\pi} \frac{V_m I_m}{2} \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \cdot d\omega t$$

$$P_{avg} = 0$$



चित्र 3.8 : (b) शुद्ध संधारित्र से AC गुजरने पर Power, Voltage और Current का ग्राफीय प्रदर्शन

उदाहरण 10. एक 250 वोल्ट, प्रत्यावर्ती धारा परिपथ का प्रतिरोध 50 Ω है, औसत शक्ति निकालो।

हल :

$$I = \frac{V}{R} = \frac{250}{50} = 50 \text{ Amp.}$$

औसत शक्ति $= V \cdot I$

$$= 250 \times 5$$

$$= 1250 \text{ वॉट}$$

उदाहरण 11. किसी परिपथ में 0.01 हेनरी की कुण्डली प्रत्यावर्ती धारा के 210 वोल्ट से जुड़ी है जिसकी आवृत्ति 50 Hz है। कुण्डली में प्रवाहित धारा का मान ज्ञात करो।

हल :

$$X_L = 2\pi f \times L$$

$$= 2 \times 3 \cdot 142 \times 50 \times 0 \cdot 01$$

$$= 3 \cdot 142 \, \Omega.$$

धारा $I_{r.m.s.} = \frac{210}{3 \cdot 142} = 66 \cdot 83$ Amp.

Scanned by CamScanner

उदाहरण 12. एक 230 V 50 चक्र प्रति सेकण्ड आवृत्ति वाली सप्लाई से 60 μF का संधारित्र जोड दिया गया है। ज्ञात करो :

(अ) संधारित्र का प्रतिघात

(ब) संधारित्र में प्रवाहित धारा का वर्ग-माध्य-मूल-मान

(स) अधिकतम धारा का मान

हल :

$$X_C = \frac{1}{\omega.C}\,\Omega$$

$$= \frac{1}{2\cdot\pi f_C\cdot C} = \frac{1}{2\times 3\cdot 14\times 50\times 60\times 10^{-6}}$$

$$= \frac{10^{-6}}{18840} = 53\cdot 07\ \Omega$$

(ब)

$$I_{r.m.s} = \frac{V_{rms}}{X_C}$$

$$= \frac{230}{53\cdot 07} = 4\cdot 33 \text{ Amp.}$$

(स)

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$\therefore$

$$I_m = \sqrt{2}\times I_{rms}$$

$\Rightarrow$

$$I_m = 1\cdot 414\times 4\cdot 33$$

$$= 6\cdot 12 \text{ Amp.}$$

उदाहरण 13. 10 Ω के शुद्ध प्रतिरोध में तात्क्षणिक धारा $I = 14\cdot 14\cos\omega t$ प्रवाहित हो रही है, तो प्रतिरोध में औसत शक्ति P की गणना कीजिए।

हल : प्रत्यावर्ती धारा का समीकरण

$$I = 14\cdot 14\cos\omega t$$

अत:

$$I = I_m\cos\omega t$$

से तुलना करने पर प्रत्यातवर्ती धारा का शिखर मान

$$I_0 = 14\cdot 14 \text{ A.}$$

धारा का वर्ग-माध्य-मूल मान,

$$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{14\cdot 14}{\sqrt{2}}\text{ A.}$$

प्रतिरोध में व्यय शक्ति

$$P = I^2R = \left(\frac{14\cdot 14}{\sqrt{2}}\right)^2\times 10$$

$$= \frac{14\cdot 14\times 14\cdot 14\times 10}{2}$$

Scanned by CamScanner

$$= 999 \cdot 7 \text{ Watt}$$

$$= 1000 \text{ Watt}$$

3.9 AC सर्किट के पावर फैक्टर एवं पावर फैक्टर में सुधार (कैपेसिटेन्स द्वारा)

3.9.1 शक्ति गुणक (Power factor)

किसी प्रत्यावर्ती धारा परिपथ की क्रियात्मक शक्ति (Active Power) तथा आभासी शक्ति (Reactive Power) के अनुपात को शक्ति गुणक या पॉवर फेक्टर कहते हैं।

दूसरे शब्दो में प्रत्यावर्ती वोल्टता तथा धारा के बीच के कोण की कोज्या को परिपथ का शक्ति गुणक कहते हैं।

अर्थात्
$$\text{शक्ति गुणक} = \cos\phi = \frac{\text{क्रियात्मक शक्ति}}{\text{आभासी शक्ति}}$$

$$P \cdot f = \frac{P}{Q} = \frac{VI\cos\phi}{VI} = \cos\phi$$

शुद्ध प्रतिरोध परिपथ का शक्ति गुणक इकाई (Unity) होता है तथा शुद्ध प्रेणिक व शुद्ध संधारित्र परिपथ का शक्ति गुणक शून्य होता है।

3.9.2 न्यून शक्ति गुणक की हानियाँ (Disadvantages of low *P.f.*)

न्यून शक्ति गुणक के कारण निम्नलिखित हानियाँ होती हैं :

(1) न्यून शक्ति गुणक के कारण, विद्युत प्रणाली में धारा का मान बढ़ जाता है

$$P = VI\cos\phi$$

$$\Rightarrow \quad \cos\phi = \frac{P}{V \cdot I}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\cos\phi \propto \frac{1}{I}}$$

(2) धारा का मान बढ़ने से वोल्टता पात (voltage drop) तथा वैद्युत शक्ति हानियाँ बढ़ जाती हैं।

(3) वोल्टता नियमन (Voltage Regulation) तथा प्रणाली की दक्षता क्रमशः निर्बल एवं कम हो जाती है।

(4) शक्तिगुणक के घटनें से वैद्युत ऊर्जा (kWh) की खपत बढ़ जाती है जिससे विद्युत का बिल बढ़ जाता है।

(5) शक्ति गुणक के घटने से वैद्युत तन्त्र में जुड़े यन्त्र, उपयन्त्र उपकरण आदि की कीमत बढ़ जाती है क्योंकि उच्च धारा के लिए मोटे चालकों की आवश्यकता होती है।

3.9.3 शक्ति गुणक संशोधन (Power Factor Improvement)

किसी लोड द्वारा 1 से बहुत कम शक्ति गुणक पर विद्युत शक्ति लेना अच्छा नहीं माना जाता और अधिकतर बिजली आपूर्ति करने वाली कम्पनियाँ इसके लिए कुछ दण्ड का प्रावधान रखती हैं। कम शक्ति गुणक का सीधा सा अर्थ है कि जो काम यूटिलिटी से कम धारा लेकर ही किया जा सकता था उसके लिए अधिक धारा लेनी पड़ेगी। इस अधिक धारा के लेने के कारण ट्रान्समिशन लाइन में शक्ति क्षय बढ़ जाता है तथा ट्रान्सफार्मर, सर्किट ब्रेकर व अन्य चीजें अधिक रेटिंग की लगानी पड़ती हैं। अतः शक्ति गुणक का संशोधन करना आवश्यक हो जाता है। शक्ति गुणक के संशोधन के लिए निम्नलिखित विधियों का प्रयोग किया जाता है।

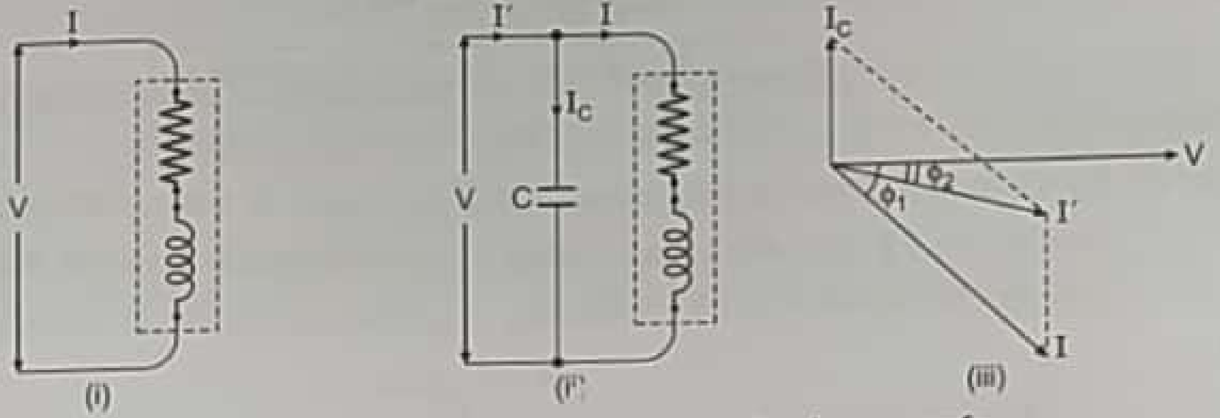
(1) शक्ति गुणक को सुधारने के लिए लोड के समान्तर मे संधारित्र लगाया जाता है।

(2) सिनक्रोनस मोटर को नो लोड पर ओवर इक्साइटेड अवस्था में चलाने पर यह पश्चगामी धारा या पश्चगामी आभासी शक्ति देती है (जैसे संधारित्र देता है), इसे लोड के समान्तर में लगाकर शक्ति गुणक सुधारा जाता है।

Scanned by CamScanner

संधारित्र द्वारा शक्ति गुणक संशोधन (Power Factor Improvement by Capacitor)

जैसा कि हम जानते हैं कि संधारित्र अग्रगामी धारा लेता है या हम कह सकते हैं कि यह पश्चगामी धारा देता है। अत: जब संधारित्र को इंडक्टिव लोड के समान्तर में लगाया जाता है तो शक्ति गुणक $\cos\phi_2$ से बढ़कर $\cos\phi_1$ हो जाता है जैसा कि कला चित्र 3.9 (a) में दिखाया गया है।



चित्र 3.9 : (a) संधारित्र द्वारा Power Factor में संशोधन का प्रदर्शन

कलीय चित्र से

$$I\sin\phi_1 - I'\sin\phi_2 = I_C$$

दोनों ओर V से गुणा करने पर

$$VI\sin\phi_1 - VI'\sin\phi_2 = V\cdot I_C$$

$$Q - Q' = Q_C$$

$\Rightarrow$

$$Q_C = Q - Q'$$

$$Q_C = P\tan\phi_1 - P\tan\phi_2$$

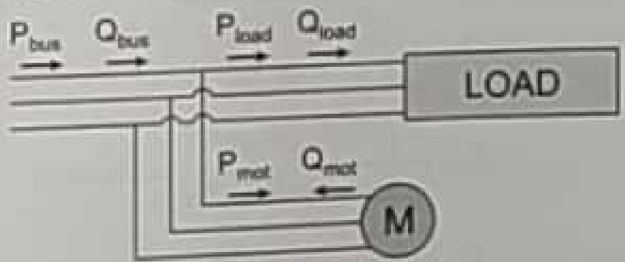
$$\boxed{Q_C = P[\tan\phi_1 - \tan\phi_2]}$$

संधारित्र द्वारा लोड को दी गयी पश्चगामी आभासी शक्ति (Q_C) को उपरोक्त सूत्र द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

तुल्यकाली मोटर द्वारा शक्ति गुणक संशोधन (Power Factor Improvement by Synchronous Motor)

यदि तुल्याकारी मोटर को लोडरहित ओवर इक्साइडिड अवस्था में चलाया जाता है तो यह संधारित्र की भाँति कार्य करता है।

अत: तुल्याकाली मोटर को लोड के समान्तर में लगाकर भी शक्ति गुणक में सुधार किया जा सकता है।



चित्र 3.9 : (b) तुल्यकाली मोटर को लोड के समान्तर में लगाकर Power Factor में सुधार का प्रदर्शन

Scanned by CamScanner

$$P_{bus} = P_{load} + P_{motor}$$

$$Q_{bus} + Q_{motor} = Q_{load}$$

$$Q_{motor} = Q_{load} - Q_{bus}$$

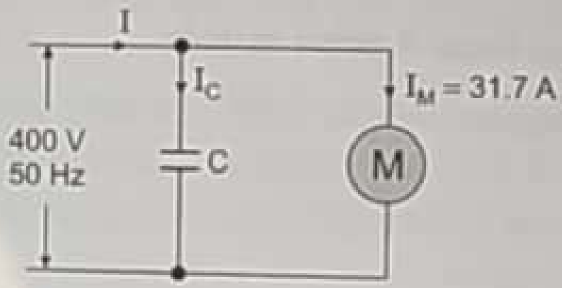
$$Q_{motor} = P_{load} \tan \phi_1 - P_{bus} \tan \phi_2$$

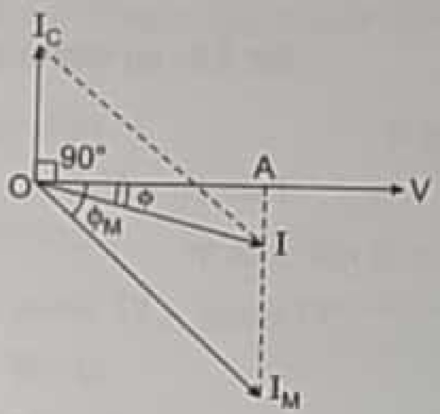
$$\boxed{Q_{motor} = P_{load} \tan \phi_1 - (P_{load} + P_{motor}) \tan \phi_2}$$

उपरोक्त सूत्र से तुल्यकाली मोटर द्वारा दी गयी पश्चगामी आभासी शक्ति प्राप्त की जा सकती है।

उदाहरण 14. एक एककलीय प्रेरण मोटर 400 V, 50 Hz सप्लाई से 31·7 Amp की धारा 0·7 पश्चगामी शक्ति गुणक पर ले रही है। यदि शक्ति गुणक को बढ़ाकर 0.9 पश्चगामी करना हो तो मोटर के समान्तर में लगाये जाने वाले संधारित्र का मान ज्ञात करो।

हल :





$$\cos \phi_1 = 0·7 \Rightarrow \phi_1 = \cos^{-1}(0·7) = 45·57$$

$$\cos \phi_2 = 0·9 \Rightarrow \phi_2 = \cos^{-1}(0·9) = 25·8419$$

$$\tan \phi_1 = \tan 45·57 = \mathbf{1·02}$$

$$\tan \phi_2 = \tan 25·8419 = \mathbf{0.4842}$$

$$P = VI \cos \phi_1 = 400 \times 31·7 \times 0·7$$

$$= \mathbf{8876} \text{ Watt}$$

$$Q_C = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$Q_C = 8876 (1·02 - 0·4842)$$

$$\boxed{Q_C = 4755·76 \text{ VAr}}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C}$$

$\Rightarrow$

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{(400)^2}{4755·76} = 33.64\ \Omega$$

अब

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = 33·64$$

Scanned by CamScanner

$$\Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 33.64}$$

$$= \frac{1}{10564.031}$$

$$= 0.00009466 \text{ F}$$

$$\boxed{C = 94.66\ \mu\text{F}}$$ उत्तर

उदाहरण 15. एक इंडस्ट्री $3-\phi$, 11 kV सप्लाई से 100 kW शक्ति 0·7 शक्ति गुणक पर लेती है। यदि इंडस्ट्री का शक्ति गुणक 0·95 तक बढ़ाया जाता है तो इसके लिए आवश्यक संधारित्र की रेटिंग ज्ञात करो।

हल :

$$\cos\phi_1 = 0.7$$

$$\phi_1 = \cos^{-1}(0.7)$$

$$\Rightarrow \quad \phi_1 = 45.5^\circ$$

और

$$\cos\phi_2 = 0.95$$

$$\phi_2 = \cos^{-1}(0.95)$$

$$\Rightarrow \quad \phi_2 = 18.2^\circ$$

$$Q_C = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

$$= 100(\tan 45.5^\circ - \tan 18.2^\circ)$$

$$\boxed{Q_C = 68.8 \text{ kV Ar}}$$ उत्तर

उदाहरण 16. एक औद्योगिक सब-स्टेशन पर 4 MW का लोड जुड़ा हुआ है। इस सब-स्टेशन के शक्ति गुणक को 0·97 पश्चगामी बनाये रखने के लिये एक 2 MV Ar रेटिंग का संधारित्र लगाया जाता है। यदि किसी कारणवश यह संधारित्र खराब हो जाए तो सब-स्टेशन से जुड़े लोड का शक्ति गुणक घटकर कितना रह जाऐगा ?

हल :

$$P = 4 \text{ MW}$$

$$\cos\phi_2 = 0.97$$

$$\phi_2 = \cos^{-1}(0.97) = 14.06^\circ$$

$$Q_C = 2 \text{ MV Ar}$$

$$Q_C = P[\tan\phi_1 - \tan\phi_2]$$

$$2 = 4[\tan\phi_1 - \tan 14.06^\circ]$$

$$\Rightarrow \quad \tan\phi_1 = 0.7506$$

$$\Rightarrow \quad \phi_1 = 36.89$$

$$\cos\phi_1 = \cos 36.89$$

$$\boxed{\cos\phi_1 = 0.8 \text{ lagging}}$$ उत्तर

Scanned by CamScanner

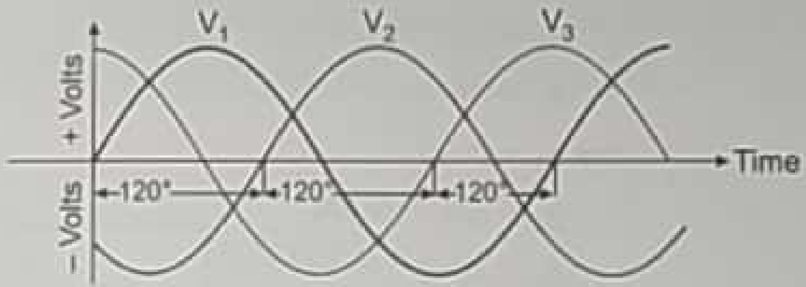
3.10 त्रिकलीय प्रणाली की धारणा - स्टार एवं डेल्टा (Concept of three Phase System – Star and Delta)

यदि विद्युत शक्ति के उत्पादन, संचरण एवं वितरण की बात की जाये, तो एक कलीय प्रणाली की अपेक्षा त्रिकलीय प्रणाली किफायती साबित होती है।

बिजली संयंत्रों (Power Stations) पर तुल्यकाली जनरेटर द्वारा त्रिकलीय शक्ति पैदा की जाती है। इन जनरेटरों में त्रिकलीय आर्मेचर कुण्डलन किया जाता है जो कि एक दूसरे से 120° पर जुड़े होते हैं।

इन आर्मेचर कुण्डलियों में पैदा होने वाले वोल्टेज आयाम तथा आवृत्ति में बराबर होते हैं जबकि ये एक दूसरे से 120° पर होते हैं।

त्रिकलीय तरंग को नीचे दिये गये चित्र द्वारा दर्शाया गया है।



चित्र 3.10 : (a) त्रिकलीय Waveform

3.10.1 त्रिकलीय प्रणाली की विशेषताएँ (Advantages of Three Phase System)

त्रिकलीय प्रणाली की एक कलीय प्रणाली की तुलना में निम्नलिखित विशेषताएं होती हैं—

(1) त्रिकलीय मशीनों का एक कलीय मशीनों की तुलना में आउटपुट लगभग 1.5 गुना ज्यादा होता है।

(2) त्रिकलीय मशीनों की दक्षता तथा शक्ति गुणक एककलीय मशीनों की तुलना में अधिक होता है।

(3) समान आउटपुट के लिए त्रिकलीय मशीनें एककलीय मशीनों की तुलना में सस्ती एवं आकार में छोटी होती हैं।

(4) त्रिकलीय प्रणाली एककलीय प्रणाली की तुलना में भरोसेमंद होती है।

(5) त्रिकलीय जनित्रों को एककलीय जनित्रों की तुलना में समान्तर में जोड़ना सरल होता है।

(6) विद्युत ऊर्जा का उत्पादन, संचरण एवं वितरण त्रिकलीय प्रणाली द्वारा सस्ता एवं भरोसेमंद होता है।

3.10.2 फेज अनुक्रम (Phase Sequence)

"त्रिकलीय प्रणाली में फेज वोल्टताओं का अपने अधिकतम मान को प्राप्त करने का क्रम फेज अनुक्रम कहलाता है।" फेज अनुक्रम RYB से आशय यह है कि सर्वप्रथम फेज R की वोल्टता अपने अधिकतम मान तक पहुँचेगी इसके पश्चात् फेज Y की तथा अन्त में फेज B की।

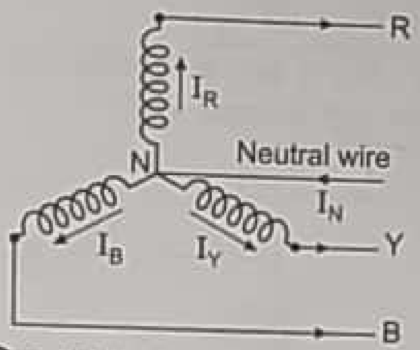
3.10.3 त्रिकलीय संयोजन (Connection of Three Phase System)

त्रिकलीय संयोजन निम्न दो प्रकार से किया जा सकता है—

3.10.3.1 स्टार संयोजन (Star Connection)

तीनों कुण्डलियों के शुरू के सिरों या अन्त के सिरों को एक साथ जोड़ने पर जो संयोजन प्राप्त होता है उसे स्टार संयोजन कहते हैं। वह बिन्दु जहाँ पर कुण्डलियों के सिरे जुड़े होते हैं, उसे Neutral बिन्दु कहते हैं। इस प्रकार के संयोजन से तीन फेज चार तार प्रणाली (3-phase-4-wire system) प्राप्त होती है।

यदि परिपथ का विद्युत भार संतुलित हो तो न्यूट्रल बिन्दू पर धारा का परिणामी मान शून्य होता है। विद्युत दोष से प्रणाली को बचाने के लिए न्यूट्रल बिन्दु को भू-सम्पर्कित (Earthing) किया जाता है।



चित्र : (b) 3-phase-4 wire system

मुख्य बिन्दु

फेज वोल्टता (Phase Voltage) : किसी एक फेज तथा न्यूट्रल के बीच मापी गयी वोल्टता फेज वोल्टता कहलाती है। इसे V_P से प्रदर्शित करते हैं।

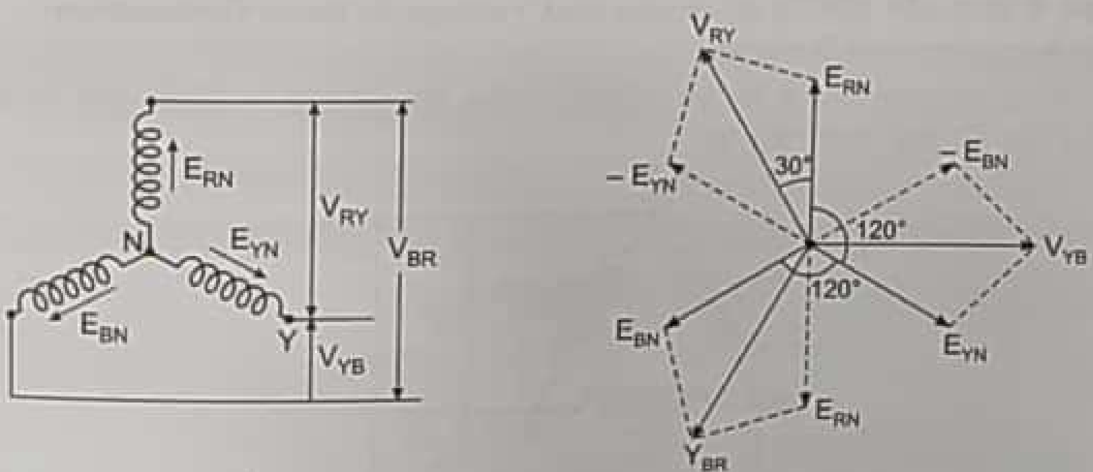
फेज धारा (Phase Current) : किसी एक फेज कुण्डली में बहने वाली धारा फेज धारा कहलाती है। इसे I_P से प्रदर्शित करते हैं।

लाईन वोल्टता (Line Voltage) : किन्हीं दो फेज कुण्डलियों के बीच मापी गयी वोल्टता लाइन वोल्टता कहलाती है। इसे V_L से प्रदर्शित करते है।

लाईन धारा (Line Current) : लाइन मे बहने वाली धारा लाइन धारा कहलाती है। इसे I_L से प्रदर्शित करते हैं।

स्टार संयोजन में धारा और वोल्टता (Voltage and Current in Star Connection)

(a) लाइन व फेज वोल्टताओं में सम्बन्ध :



3.10 : (c) Balanced Star Connection व Phasor Diagram

Scanned by CamScanner

उपरोक्त चित्र में संतुलित त्रिकलीय स्टार प्रणाली दिखाई गयी है जिसमें V_{RY}, V_{YB} तथा V_{BR} लाईन वोल्टताएं है तथा E_{RN}, E_{YN} और E_{BN} फेज वोल्टताएँ हैं।

$$|V_{RY}| = |V_{YB}| = |V_{RB}| = |V_L|$$

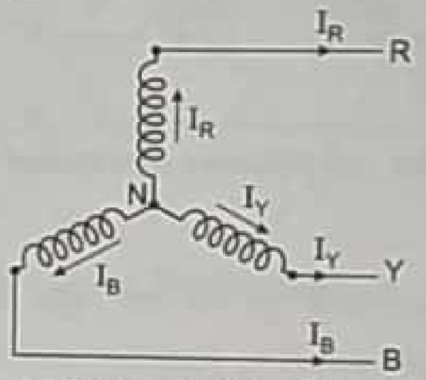
तथा

$$|E_{RN}| = |E_{YN}| = |E_{BN}| = |V_P|$$

$$\boxed{V_L = \sqrt{3}\, V_P}$$

(b) लाइन व फेज धाराओं में सम्बन्ध : चित्र से स्पष्ट है कि प्रत्येक फेज कुण्डलन अपनी अपनी लाइन से श्रेणी में जुड़ा है। अत: लाइन धारा तथा फेज धारा एक दूसरे के बराबर होगी।

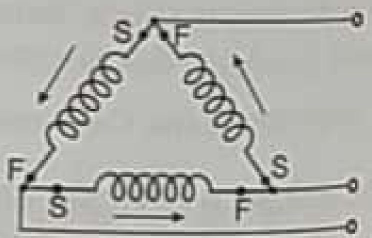
$$\boxed{I_L = I_P}$$



चित्र 3.10 : (d) Star Connection में धाराओं का प्रदर्शन

3.10.3.2 डेल्टा संयोजन (Delta Connection)

इस संयोजन में एक फेज कुण्डलन का प्रारम्भिक सिरा, दूसरे फेज कुण्डलन के अंतिम सिरे के साथ जोड़ दिया जाता है, इस प्रकार जो संयोजन प्राप्त होता है उसे डेल्टा संयोजन कहते है तथा इस संयोजन को 3-फेज 3-तार प्रणाली (3-phase 3-wire) भी कहते है।

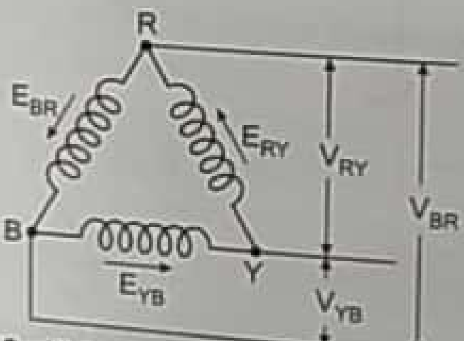


चित्र 3.10 : (e) Delta Connection

डेल्टा संयोजन में धारा और वोल्टता (Current and Voltage in Delta Connection)

(a) लाइन व फेज वोल्टताओं में सम्बन्ध :

जैसा कि चित्र 3.10 (f) से स्पष्ट है कि इस संयोजन में प्रत्येक फेज कुण्डलन किन्हीं दो लाइनों के बीच जुड़ा है इसलिए लाइन व फेज वोल्टताएँ बराबर होती है।

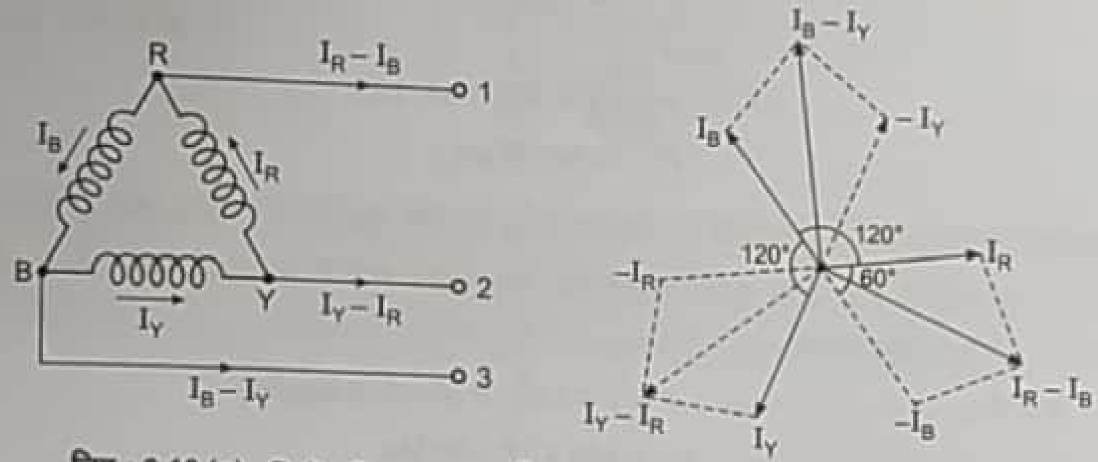


चित्र 3.10 : (f) Delta Connection में वोल्टेज का प्रदर्शन

$$\boxed{V_L = V_P}$$

(b) लाइन व फेज धाराओं में सम्बन्ध : चित्र से स्पष्ट है कि प्रत्येक लाइन में धारा, दो फेज धाराओं का अन्तर है।

$$\boxed{I_L = \sqrt{3}\, I_P}$$



चित्र : 3.10 (g) : Delta Connection में Line Current व Phase Current में सम्बन्ध

Table 3.1 स्टार तथा डेल्टा में अन्तर (Difference between Star & Delta Connection)

पद (Factor)	स्टार (Star)	डेल्टा (Delta)
लाइन वोल्टेज	$V_L = \sqrt{3}\, V_P$	$V_L = V_P$
लाइन धारा	$I_L = I_P$	$I_L = \sqrt{3}\, I_P$
शक्ति	$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$	$P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi$
तारों की संख्या	तीन फेज चार तार प्रणाली	तीन फेज तीन तार प्रणाली
विद्युत रोधी पदार्थ	कम आवश्यकता होती है	अधिक आवश्यकता होती है।
उपयोग	मुख्यत: विद्युत संचरण में	मुख्यत: विद्युत वितरण में

उदाहरण 17. एक स्टार संयोजित लोड के प्रत्येक फेज में समरूप प्रतिरोध जुड़ा है जिसका मान 5 Ω है। संयोजन में प्रयुक्त लाइन वोल्टता 400 वोल्ट है। ज्ञात कीजिए–

(अ) लाइन धारा

(ब) सम्पर्ण शक्ति व्यय

हल : दिया है $V_L = 400$ वोल्ट

$$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230{\cdot}94 \text{ वोल्ट}$$

$$R_P = 5\,\Omega$$

(अ) लाइन धारा

$$I_P = \frac{V_P}{R_P} = \frac{230{\cdot}94}{5} = 46{\cdot}188 \text{ वोल्ट}$$

Scanned by CamScanner

स्टार संयोजन में $I_L = I_P = 46.188$ A

अतः लाइन धारा $(I_L) = 46.188$ **A** उत्तर

(ब) सम्पूर्ण शक्ति व्यय

$$P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi$$

लोड पूर्णतः Resistive है।

$$\cos\phi = 1$$

$$P = \sqrt{3} \times 400 \times 46.188$$

$$P = 32000 \text{ Watt}$$ उत्तर

उदाहरण 18. तीन एक समान कुण्डलियों को स्टार संयोजन में जोड़ा गया है। यदि यह 3-फेज 400 V, 50 Hz की सप्लाई से 1.5 KW शक्ति 0.2 शक्ति गुणांक पर लेती है तो प्रत्येक कुण्डली का प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व ज्ञात कीजिए।

हल : दिया है :

$$P = 1.5 \text{ kW},\ P.f = 0.2 \text{ lagging}$$

$$V_L = 400 \text{ V},\ f = 50 \text{ Hz}$$

$$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231 \text{ volt}$$

$$P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi$$

$\Rightarrow$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3}\, V_L \cos\phi} = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.2} = 10.83 \text{ A}$$

In Stop $I_P = I_L = 10.83$ A

फेज प्रतिबाधा

$$Z_P = \frac{V_P}{I_P} = \frac{231}{10.83} = 21.33$$

$$R_P = Z_P \cos\phi = 21.33 \times 0.2$$

$$\boxed{R_P = 4.27\ \Omega}$$ उत्तर

अब

$$X_P = \sqrt{Z_P^2 - R_P^2} = \sqrt{(21.33)^2 - (4.27)^2}$$

$$X_P = 20.9\ \Omega$$

$$X_P = 2\pi f L_P$$

$\Rightarrow$

$$L_P = \frac{X_P}{2\pi f} = \frac{20.9}{2 \times 3.14 \times 50}$$

$$\boxed{L_P = 0.0665 \text{ H}}$$ उत्तर

उदाहरण 19. तीन एक समान कुण्डलियाँ जिसमें प्रत्येक का प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व क्रमशः 5 Ω तथा 0.02 H है डेल्टा संयोजन में 400 वोल्ट, 3 फेज 50 Hz सप्लाई से जुड़ी है। लाईन धारा तथा कुल शक्ति ज्ञात करो।

हल :

$$R = 5\ \Omega,\ L = 0.02 \text{ H}$$

$$V_L = 440 \text{ V},\ f = 50 \text{ Hz}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.02$$

Scanned by CamScanner

∴ $$\boxed{X_L = 6.28\ \Omega}$$

$$Z_P = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(5)^2 + (6.28)^2}$$

$$\boxed{Z_p = 8.03\ \Omega}$$

डेल्टा संयोजन में $V_P = V_L = 400$ वोल्ट

फेज धा $I_P = \frac{V_P}{Z_P} = \frac{400}{8.03} = 54.79$ A

लाइन धारा $I_L = \sqrt{3}\, I_P$

$= \sqrt{3} \times 54.79$

$\mathbf{I_L = 94.90\ A}$ उत्तर,

कुल शक्ति $P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi$

$$\cos\phi = \frac{R}{Z_P} = \frac{5}{8.03} = 0.622$$

$$P = \sqrt{3} \times 400 \times 94.90 \times 0.622$$

$P = 44983.90$ वॉट

$\boxed{P = 44.98\ kW}$ उत्तर

प्रश्नावली

1. प्रत्यावर्ती राशि के प्रभावी मान, औसत मान, रूप गुणांक, अधिकतम मान तथा तात्कालिक मान को समझाइये।
2. प्रत्यावर्ती राशियों के लिए माध्य मान तथा आर०एम०एस० मान को परिभाषित कीजिये।
3. गणितीय व्यंजक की सहायता से सिद्ध कीजिये कि ए०सी० परिपथ में जिसमें शुद्ध प्रेरकत्व लगा है उपयेाग होने वाली शक्ति का मान शून्य होता है।
4. प्रत्यावर्ती परिपथ में शक्ति गुणांक की परिभाषा दीजिये एवं कम शक्ति गुणांक से होने वाली हानियाँ समझाइये।
5. संधारित्र द्वारा शक्ति गुणक संशोधन को समझाइये एवं संधारित्र की रेटिंग के लिए सूत्र का निगमन भी कीजिये।
6. शुद्ध प्रतिरोध परिपथ, प्रेरकत्व परिपथ एवं संधारित्र परिपथ के लिए कलीय चित्र खींचिये।
7. एक विद्युत परिपथ में $14.14 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$ धारा प्रवाहित होती है जबकि इसको $14.14 \sin \omega t$ वोल्टता दी जाती है। परिपथ का शक्ति गुणांक व शक्ति ज्ञात कीजिये तथा शक्ति गुणांक पश्चगामी होगा या अग्रगामी।
[उत्तर : $P = 70.7$ W, $\cos\phi = 0.707$ (lagging)]
8. एक चोक कुण्डली 200 V, 50 Hz प्रदाय से 1 A धारा 45° पश्चगामी लेती है।
(i) प्रतिघात (ii) प्रतिरोध (iii) शक्ति गुणक
(iv) उपभोक्ता शक्ति के मानों की गणना करो। [उत्तर : 141 Ω, 141.84 Ω, 0.79092]
9. एक वि०वा०बल० का तात्क्षणिक मान $e = 150 \sin\left(314t + \frac{\pi}{3}\right)$ है। ज्ञात कीजिए (i) R.M.S. मान (ii) अधिकतम मान (iii) आवृत्ति (iv) आवर्त काल।

Scanned by CamScanner

10. एक प्रत्यावर्ती धारा की समीकरण $i = 225\sin\left(157t + \frac{5\pi}{4}\right)$ है ज्ञात कीजिये : (i) आवर्त काल (ii) आवृत्ति (iii) R.M.S. मान (iv) औसत मान

उत्तर : $\left[\text{(i)}\ \frac{1}{25}\ \text{sec, (ii) 25 Hz (iii) 159·12 (ic) 143·1 A}\right]$

11. एक प्रत्यावर्ती वोल्टता की आवृत्ति 50 Hz तथा RMS मान 200 वोल्ट है। तात्क्षणिक मान की समीकरण लिखिये। धनात्मक अधिकतम मान से 0.0125 सेकण्ड पश्चात् इसका मान बताइये। धनात्मक अधिकतम मान के कितने समय पश्चात् तात्क्षणिक मान 141.4 वोल्ट होगा?

उत्तर : [(i) $e = 282{\cdot}84 \sin 100\pi t$, (ii) $e = -200$ वोल्ट, (iii) $t = \frac{1}{300}$ second]

12. तीन कुण्डलियाँ डेल्टा में संयोजित हैं जो कि एक त्रिफेजी तीन तार 415 वोल्ट, 50 Hz की सप्लाई से 5 A की लाइन धारा 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर प्राप्त करती है। कुण्डलियों का प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व ज्ञात कीजिये।

उत्तर : [$R = 115\ \Omega$, $L = 0{\cdot}274$ H]

13. तीन समान कुण्डलियाँ जिसमें से प्रत्येक का प्रतिरोध 20 Ω तथा प्रेरकत्व 0·5 H है (अ) स्टार तथा (ब) डेल्टा में 3-फेज, 50 Hz, 400 वोल्ट सप्लाई से जुड़ी है। ज्ञात कीजिए लाइन धारा तथा सम्पूर्ण शक्ति।

उत्तर : [स्टार : $I_L = 1{\cdot}46$ A, $P = 127{\cdot}8$ W, डेल्टा : $I_L = 4{\cdot}38$ A, $P = 383{\cdot}4$ W]

14. त्रिकला संयोजन की लाइन वोल्टता 11 kV है। फेज वोल्टता की गणना स्टार संयोजन में कीजिए। यदि शक्ति 1 MW प्रदायी की जाये तो लाइन धारा की भी गणना कीजिए।

उत्तर : [65·60 A]

15. स्टार तथा डेल्टा संयोजन की तुलना कीजिये।

16. त्रिकला प्रणाली में कला अनुक्रम को समझाइये।

17. एक त्रिकला 400 वोल्ट सप्लाई को त्रिकला स्टार संयोजित लोड से जोड़ा जाता है। यदि लाईन धारा 20 A है तथा कुल शक्ति 12 kW है। ज्ञात कीजिए—

(i) लोड की प्रतिबाधा (iii) शक्ति गुणक (ii) फेज धारा

उत्तर : [(i) $Z_P = 11{\cdot}55\ \Omega$, $I_P = 20$ A, $\cos\phi = 0{\cdot}866$ lag]

18. एक सन्तुलित स्टार संयोजित लोड त्रिकला 400 वोल्ट सप्लाई से जुड़ा है। यदि लोड के प्रत्येक फेज की प्रतिबाधा $Z_P = (8 + I6)\ \Omega$ है, तो ज्ञात कीजिये

(i) लाइन धारा (iii) शक्ति (ii) शक्ति गुणक

उत्तर : [(i) $I_L = 23{\cdot}09$ A, (ii) $\cos\phi = 0{\cdot}8$ lagging, (iii) $P = 12800$ Watt]

19. तीन एक समान डेल्टा संयोजित कुण्डलियाँ 400 वोल्ट, 50 Hz, त्रिकला सप्लाई से जुड़ी है। यदि लाइन धारा 17·32 A एवं शक्ति गुणक 0·8 lagging तो ज्ञात कीजिऐ—

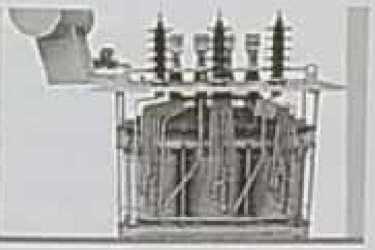
(i) फेज धारा

(ii) प्रत्येक कुण्डली का प्रतिरोध एवं प्रेरकत्व।

(iii) प्रत्येक कुण्डली द्वारा ली गयी शक्ति।

उत्तर : [(i) $I_P = 10$ A, (ii) $R = 32\ \Omega$, $L = 76{\cdot}39$ mH, (iii) $P_M = 3200$ Watt]

Scanned by CamScanner



अध्याय

4 ट्रान्सफॉर्मर (परिणामित्र)

4.1 परिचय (Introduction)

ट्रान्सफॉर्मर वह उपकरण है जो चुम्बकीय फील्ड के द्वारा विद्युत ऊर्जा को एक सर्किट से दूसरे सर्किट में स्थानान्तरित करता है। ट्रान्सफॉर्मर एक स्थिर* उपकरण है तथा इसमें स्थानान्तरण फ्रीक्वैंसी पर कोई प्रभाव नहीं डालता अर्थात् फ्रीक्वैंसी में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

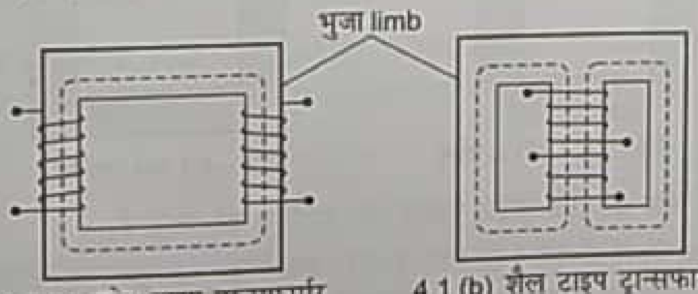
ट्रान्सफॉर्मर में जिस भाग में विद्युत ऊर्जा ली जाती है, उसे प्राइमरी वाईडिंग (Primary winding) कहते हैं तथा जिस भाग से विद्युत ऊर्जा दी जाती है, उसे सेकेण्डरी वाईडिंग (Secondary winding) कहते हैं।

जब सेकेण्डरी वाईडिंग में टर्नस प्राईमरी वाईडिंग से ज्यादा हों, तो सेकेण्डरी वोल्टेज प्राईमरी वोल्टेज से ज्यादा होता है, तब वह ट्रान्सफॉर्मर स्टेप-अप (Step-up) ट्रान्सफॉर्मर कहलाता है। जब सेकेण्डरी वाईडिंग में टर्नस प्राईमरी वाईडिंग से कम हों, तो सेकेण्डरी वोल्टेज प्राईमरी वोल्टेज से कम होता है, तब वह ट्रान्सफार्मर स्टेप-डाऊन (Step-down) ट्रान्सफॉर्मर कहलाता है।

4.2 ट्रान्सफॉर्मर की बनावट

ट्रान्सफॉर्मर के मुख्य दो भाग होते हैं—

1. Core (कोर)—कोर सिलिकन-स्टील की लैमीनेशन का ढेर** होता है। इस ढेर में हर लैमिनेशन पर वर्निश की जाती है, जिससे ऐडी करन्ट लॉस (Eddy current loss) को कम किया जा सके। लैमिनेशन्स की मोटाई 0·35 mm तक होती है। कोर का खड़ा हुआ भाग, जिस पर वाईडिंग की जाती है, लिम्ब (Limb) कहलाता है। कोर का काम मेग्नेटिक (Flux) को रास्ता देना होता है।



4.1 (a) कोर टाइप ट्रान्सफार्मर

4.1 (b) शैल टाइप ट्रान्सफार्मर

चित्र : 4.1

* स्थिर उपकरण में कोई भी भाग/हिस्सा हिलता नहीं है।

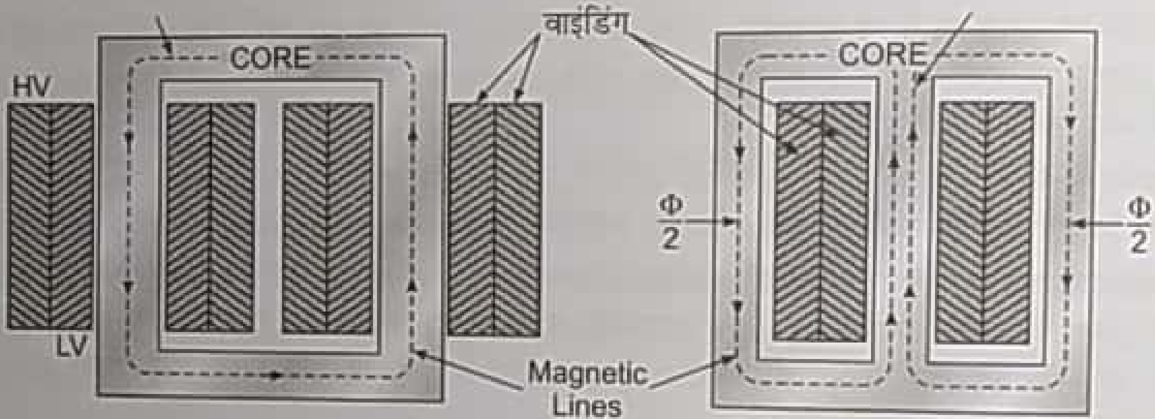
** ढेर का मतलब एक के ऊपर एक रखी हुई।

Scanned by CamScanner

2. वाईडिंग (Winding)—ट्रान्सफॉर्मर में कोर पर वाईडिंग की जाती है जिसके लिए कन्डक्टिंग वायर का प्रयोग किया जाता है। वाईडिंग के आधार पर ट्रान्सफर्मर को सामान्यत: दो प्रकार में बाँटा जाता है।

(i) कोर टाईप ट्रान्सफार्मर (ii) शैल टाईप ट्रान्सफार्मर

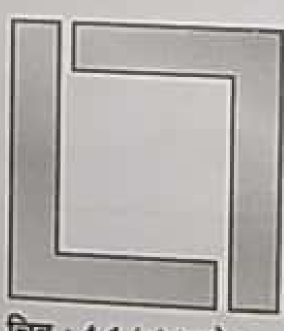
- कोर टाईप में वाईडिंग कोर के ऊपर होती है जबकि शैल टाईप में कोर वाईडिंग को घेरती हैं। जैसा कि चित्र 4.1 (a) 4.1 व (b) में दिखाया गया है।
- कोर टाईप में लो-वोल्टेज* वाईडिंग को आधा-आधा दोनों तरफ बराबर किया जाता है और उसके ऊपर हाई-वोल्टेज** वाईडिंग की जाती है। शैल टाइप में लो-वोल्टेज व हाई-वोल्टेज वाईडिंग एक के ऊपर एक (सैण्डविच) कर दी जाती है।
- कोर टाईप हाई-वोल्टेज व हाई-पावर के लिए इस्तेमाल होती है तथ शैल टाई लो-वोल्टेज व लो-पावर लेवल के लिउ इस्तेमाल होती है।
- कोर टाईप में मैग्नेटिक फ्लक्स का एक ही रास्ता होता है जबकि शैल टाईप में मैग्नेटिक फ्लक्स दो रास्तों में बंट जाता है, फिर वापस मिल जाता है।



चित्र : 4.1 (c) ट्रान्सफार्मर

कोर टाईप ट्रान्सफॉर्मर के लिए कोर L या U व I की बनावट में लेमिनेशन लगाई जाती है जैसा कि चित्र 4.1 (d) व 4.1(e) में दिखाया गया है।

चित्र : 4.1 (d) L-कोर



चित्र : 4.1 (e) I-कोर

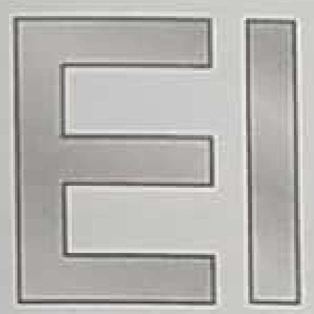
कोर टाईप ट्रान्सफॉर्मर में कोर के दोनों साईड स्तम्भों पर वाईडिंग की जाती है।

वहीं शैल क टाईप ट्रान्सफॉर्मर में E तथा I या फिर T व U प्रकार की लेमिनेशन का उपयोग किया जाता है। चित्र (f) व (g) की तरह इनकी बनावट होती है। शैल टाईप ट्रान्सफॉर्मर में वाईडिंग को बीच वाले स्तम्भ पर किया जाता है। कोर व शैल टाईप ट्रान्सफॉर्मर पर वाईडिंग की बनावट आगे दिये चित्र में दिखाया गया है।

* लो-वोल्टेज वाईडिंग जिसमे ज्यादा टर्नस हों।

** हाई-वोल्टेज वाईडिंग जिसमे ज्यादा टर्नस हों।

Scanned by CamScanner



चित्र : 4.1 (f) शैल टाइप में E व I लैमिनेशन

चित्र : 4.1 (g) शैल टाइप में T व U लैमिनेशन

4.3 ट्रान्सफॉर्मर का कार्य सिद्धान्त (Working Principle)

ट्रान्सफॉर्मर विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर काम करता है। इस सिद्धान्त के अनुसार एक कॉयल में ई०एम०एफ०(emf) तब पैदा होता है जब उस कॉयल के साथ लिंक हुआ मेग्नेटिक फ्लक्स लगातार बदलता है। जैसा की चित्र में दिखाया गया है प्राईमेरी वाईडिंग को जब ए०सी० वोल्टेज के साथ जोड़ा गया है प्राइमेरी वाईडिंग में ए०सी० करंट का बहाव शुरू हो जाता है। क्योंकि प्राइमरी वाईडिंग में N_P टर्नस हैं, अत: एक ऑलटरनेटिंग फ्लक्स (ϕ) ट्रान्सफॉर्मर की कोर में बहने लगता है। यही ऑल्टेरनेटिंग फ्लक्स (ϕ) सेकेण्डरी वाईडिंग के साथ लिंक होता है, और इलेक्ट्रोमेग्नेटिक इन्डक्शन के सिद्धान्त के अनुसार सेकेण्डरी वाईडिंग में ई०एम०एफ (emf) पैदा होता है।

- ट्रान्सफॉर्मर में दोनों वाईडिंग आपस में मैग्नेटिकली जुड़ी हुई होती है।

इस प्रकार जब सेकेण्डरी वाईडिंग पर जब लोड लगाया जाता है तो इसमें ए०सी० करन्ट पैदा होती है।

4.4 Transformation Ratio

प्राईमरी और सेकेण्डरी वाईडिंग के टर्नो (Turns) के अनुपात को उस ट्रान्सफॉर्मर का ट्रान्सफार्मेशन अनुपात कहते है।

$$k = \frac{N_1}{N_2} \qquad ...(1)$$

जहाँ N_1 = प्राइमेरी वाईडिंग के टर्नस (Turns)

N_2 = सेकेण्डरी वाईडिंग के टर्नस (Turns)

इलैक्ट्रोमेग्नेटिक इन्डक्शन के सिद्धान्त के अनुसार कॉयल में पैदा होने वाला ई०एम०एफ० (emf), उस कॉयल के साथ लिंक मैग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) के साथ निम्नानुसार लिखा जा सकता है।

$$\text{emf} \propto \phi$$

$$E = kN\phi \qquad ...(2)$$

इसलिए प्राइमेरी वाईडिंग का emf $E_1 = N_1\phi$ ...(3)

और सेकेण्डरी वाईडिंग का emf $E_2 = N_1\phi$ ...(4)

समीकरण (3) व (4) का अनुपात करने पर

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1\phi}{N_2\phi}$$

Scanned by CamScanner

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}} \quad ...(5)$$

समीकरण (1) व (5) को बराबर करने पर

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K} \quad ...(6)$$

अब, टान्सफॉर्मर मे मैग्नेटिक फ्लक्स (ϕ) हमेशा कौन्स्टेन्ट होना चाहिए, इसके लिए सेकेण्डरी वाईडिंग N_2 में पैदा होने वाला एम०एस०एफ० (जो फ्लक्स को कम करने की कोशिश करता है) को न्यूट्रलाईज करने के लिए प्राइमरी वाईडिंग मे ज्याद एम०एम०एफ० पैदा होता है—

$$I_1N_1 = I_2N_2$$

या

$$\boxed{\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}} \quad ...(7)$$

Equation (6) और (7) को बराबर करने पर,

$$\boxed{\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = K}$$

इस प्रकार वोल्टेज का अनुपात टॉन्सफॉर्मेशन अनुपात बराबर होता है लेकिन करन्ट का अनुपात ट्रान्सफॉर्मेशन अनुपात से उल्टा होता है।

उदाहरण 1. एक ट्रान्सफॉर्मर में टर्नस का अनुपात 800/2000 है। ट्रान्सफॉर्मर की कोर का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र 60 वर्ग सेमी० है और कोर में अधिकतम फ्लक्स-घनत्व 4700 लाइन प्रति वर्ग सेमी है तो ज्ञात कीजिए–
(i) प्राईमरी वाईडिंग में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (induced emf)
(ii) सेकेण्डरी वाईडिंग में प्रेरित विद्युत वाहक वल।

उत्तर—$N_1 = 800$, $N_2 = 2000$ $A_i = 60 \times 10^{-4}\text{m}^2$

$$B_m = 4700 \times 10^{-8} \times 10^4 = 0.47 \text{ Wb/m}^2$$
$$E_1 = 4.44 \times B_m \times A_i \times f \times N_1$$
$$E_1 = 4.44 \times 0.47 \times 60 \times 10^{-4} \times 50 \times 800$$
$$\boxed{E_1 = 500.832 \text{ N}}$$
$$E_2 = 4.44 \times 0.47 \times 60 \times 10^{-4} \times 50 \times 200$$
$$\boxed{E_2 = 1252.08 \text{ V}}$$

उदाहरण 2. एक 220/1100, 20kVA ट्रान्सफॉर्मर की सेकेण्डरी वाईडिंग में 500 टर्नस हैं। यदि ट्रान्सफॉर्मर के लॉस शून्य मान ली जाए तो निम्नलिखित ज्ञात करो–
(क) प्राईमरी वाईडिंग के टर्नस
(ख) प्राईमरी व सेकेण्डरी करन्ट
(ग) सेकेण्डरी वाईडिंग में EMF प्रति टर्न।

उत्तर—दिया हुआ है
प्राईमरी वोल्टेज = 220 V
सेकेण्डरी वोल्टेज = 1100 V
सेकेण्डरी टर्नस = 500

Scanned by CamScanner

ज्ञात करना है, प्राइमेरी टर्नस, प्राईमरी व सेकेण्डरी करन्ट व सेकेण्डरी emf.

हम जानते हैं कि ट्रान्सफॉर्मेशन अनुपात व ट्रान्फॉर्मर की दोनों वोल्टेज का अपुनात समान होता है।

अतः
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{220}{1100} = \frac{N_1}{66}$$

$$\boxed{N_1 = \frac{220 \times 500}{100} \times 100 \text{ टर्नस}}$$

साथ ही $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$, परन्तु दोनों ही करन्ट ज्ञात की जानी है।

अतः ट्रान्सफॉर्मर की पावर = वोल्टेज × करन्ट

$$20\,\text{kVA} = V_1 \times I_1$$

$$I_1 = \frac{20 \times 1000}{220}$$

इसी तरह
$$I_2 = \frac{200}{11}\text{A}$$

सेकेण्डरी वाईडिंग
$$\text{emf/टर्न} = \frac{E_2}{N_2} = \frac{1100}{500} = 2{\cdot}2 \text{ Volt}$$

उदाहरण 3. एक 6600/600V, 50Hz के एकल कला ट्रान्सफॉर्मर का अनुप्रस्थ काटक्षेत्र (cross sectional area) 400 वर्ग सेमी० है और अधिकतम फ्लक्स-घनत्व 1·8 टेस्ला है, तो प्रत्येक वाईडिंग के टर्नस की संख्या ज्ञात कीजिए।

उत्तर—ज्ञात है $V_2 = 6600\text{ V}$, $V_2 = 600\text{ V}$, $f = 50\text{ Hz}$

$$A_i = 400 \times 10^{-4}\text{ m}^2 \text{ व } B_m = 1{\cdot}18\text{ T (Wb/m}^2)$$

हम जानते हैं :

$$E_1 = 4{\cdot}44 B_m A_i + N_1$$

$$E_2 = 4{\cdot}44 B_m A_i + N_2$$

अतः
$$N_1 = \frac{E_1}{4{\cdot}44 B_m A_i f} + N_2$$

$$= \frac{6600}{4{\cdot}44 \times 1{\cdot}18 \times 400 \times 10^{-4} \times 50}$$

$$\boxed{N_1 = 630 \text{ Turns}}$$

$$N_2 = \frac{6600}{4{\cdot}44 \times 1{\cdot}18 \times 400 \times 10^{-4} \times 50}$$

$$\boxed{N_2 = 57 \text{ Turns}}$$

4.5 EMF समीकरण (EMF Equation)

यदि ट्रान्सफॉर्मर के प्राईमरी वाईडिंग पर वोल्टेज V_1 लगाई जाती है। मान लेते हैं वोल्टेज V_1 साईन (Sine) वेव है तो प्राइमरी वाईडिंग में बहने वाली करंट I_e भी साईन (Sine) वेव होगी। अब प्राइमरी वाईडिंग में पैदा होने वाला मैग्नैटिक फ्लक्स ϕ, करंट I_e के साथ फेज (Phase) में होता है, जिसे कारण फ्लक्स ϕ भी (sine) साईन वेव होगी।

Scanned by CamScanner

मान लेते हैं,

$$\phi = \phi_{max} \sin \omega t \quad ...(4.1)$$

ϕ_{max} मैग्नेटिक फ्लक्स का अधिकतम मान (maximum value) है।

ω angular frequency होती है।

अब e_1 प्राइमरी वाईडिंग में पैदा होने वाला ई०एम०एफ० (e.m.f.) है। अगर प्राईमरी वाईडिंग में N_1 टर्नस हैं, तो

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$= -N_1 \omega \phi_{max} \cos \omega t$$

$$= N\omega\phi_{max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad ...(4.2)$$

जब $\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 1$ होता है, तो $e_1 = E_{1max}$

इसलिए

$$\boxed{e_1 = E_{1max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)} \quad ...(4.3)$$

e_1 की आर०एम०एस० वेल्यू

$$\boxed{E_1 = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\pi f N_1 \phi_{max}} \quad ...(4.4)$$

इसी तरह, सेकेण्डरी वाईडिंग में इन्डयूस्ड ई०एम०एफ०

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$= -N^2 \omega \phi_{max} \cos \omega t$$

$$\boxed{e_2 = E_{2max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)} \quad ...(4.5)$$

आर०एम०एस०

$$\boxed{E^2 = \frac{E_{2max}}{\sqrt{2}}} \quad ...(4.6)$$

4.6 ट्रान्सफॉर्मर रेटिंग (Transformer Rating)

ट्रान्सफॉर्मर का आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर की हानियों पर निर्भर करता है। चूँकि ट्रान्सफॉर्मर के कोर लॉस वोल्टेज पर निर्भर करते है तथा ओहमिक लॉस करन्ट पर निर्भर करते हैं, इसलिए ट्रान्सफॉर्मर की रेटिंग $VA(V \times I)$ में लिखी जाती है।

दक्षता (Efficiency)—ट्रान्सफॉर्मर के आउटपुट पावर तथा इनपुट पावर के अनुपात को ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता (efficiency) कहते हैं।

दक्षता (Efficiency)

$$\boxed{\eta = \frac{\text{आउटपुट पावर}}{\text{इनपुट पावर}}} \quad ...(4.7)$$

$$= \frac{\text{आउटपुट पावर}}{\text{आउटपुट पावर} + \text{हानियाँ}}$$

Scanned by CamScanner

$$= \frac{\text{इनपुट पावर} - \text{हानियाँ}}{\text{इनपुट पावर}}$$

$$\% \text{ एफीशिएन्सी} = \frac{\text{आउटपुट पावर}}{\text{इनपुट पावर}} \times 100 \quad ...(4.8)$$

$$\text{आउटपुट (Output) पावर} = V_2 I_2 \cos \phi_2 \quad ...(4.9)$$

$$\text{लॉसिस} = \text{कॉपर लॉस} + \text{कोर लॉस}$$
$$= I_2^2 R_2 + w_i \quad ...(4.10)$$

ऑल डे दक्षता—ट्रान्सफॉर्मर की आल डे दक्षता आउटपुट एनर्जी का इनपुट एनर्जी का अनुपात होता है। (24 घन्टे के दौरान रिकॉर्ड किया गया)

$$\eta_{\text{all day}} = \frac{\text{24 घण्टे के समय में आउटपुट एनर्जी}}{\text{24 घण्टे के समय में इनपुट एनर्जी}} \quad ...(4.11)$$

4.7 ट्रान्सफॉर्मर में हानियाँ (Losses in a Transformer)

ट्रान्सफॉर्मर में वायु एवं घर्षण हानियाँ (Wind and Frictional looses) नहीं होती क्योंकि ट्रान्सफॉर्मर एक स्थैतिक मशीन (Static machine) है।

ट्रान्सफॉर्मर (Transformer) में मुख्यत: दो हानियाँ होती है—

(i) क्रोड या लौह हानियाँ (Core or iron losses)

(ii) ताम्र हानियाँ (Copper losses)

(i) क्रोड या लौह हानियाँ (Core or iron losses)

क्रोड या लौह हानियो को भी दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(अ) हिस्टेरीसिस हानियाँ (Hysteresis losses) तथा

(ब) भंवर हानियाँ (Eddy current losses)

(अ) हिस्टेरीसिस हानियाँ (Hysteresis losses)—चुम्बकीय फ्लक्स के प्रत्यावर्तन से ट्रान्सफॉर्मर क्रोड में क्रोड पटलों के अणु पहले एक दिशा तथा फिर दूसरी दिशा में चुम्बकित होते है, इस क्रिया में ऊर्जा का कुछ भाग व्यय हो जाता है। यह ऊर्जा अणुओं के घर्षण के कारण ताप के रूप में परिवर्तित हो जाती है, जो कि ट्रान्सफॉर्मर क्रोड को गर्म कर देती है।

हिस्टेरीसिस हानियाँ निम्न बातों पर निर्भर करती है—

1. चुम्बकीय पदार्थ या क्रोड के अधिकतम फ्लक्स घनत्व B_{max} पर।

2. प्रदाय (Supply) की आवृत्ति f पर।

3. पदार्थ के आयतन V पर।

$$W_h \propto B_{max}^{1.6} f.V \quad \text{जूल प्रति सेकेण्ड/वाट}$$

$$W_h = \eta_{max}^{1.6} f.V \quad \text{जूल प्रति सेकेण्ड/वाट}$$

$$W_h = \eta B_{max}^{1.6} f.V$$

Scanned by CamScanner

जहां η एक स्थिरांक है जो कि स्टेनमेटज का हिस्टेरिसिस गुणांक कहलाता है।

The hysteresis losses are produced by alternating true in the core, the hysteresis loss $\propto B_{max}^{1.6}$

where B_{max} = value of the flux density in the core

f = the frequency

(ब) भंवर धारा हानियाँ (Eddy current losses)—ट्रान्सफॉर्मर क्रोड की कुण्डलियों में प्रत्यावर्ती फ्लक्स के कारण वि०वा० बल प्रेरित होता है, जिसके कारण ऊर्जा व्यय होती है। यह ऊर्जा व्यय भंवर धारा हानियाँ कहलाती हैं।

यह अधिकतम फलक्स घनत्व (B_{max}) पटलों की मोटाई t, प्रदाय आवृति f तथा क्रोड के आयतन V पर निर्भर करता है तो भंवर हानियाँ

$$W_e = k_e B_m^2 f^2 t^2 V \text{ वाट (जूल/सेकण्ड)}$$

The eddy current losses are producted by alternating flux in the cone. The eddy current loss $\propto B_{max}^2 f^2 t^2$

where B_{max} = value of flux density in the core

f = frequency

t = the thickness of the lamination

ताम्र हानियाँ (Copper losses)—ट्रान्सफॉर्मर की प्राथमिक (Primary) तथा द्वितीयक (Secondary) कुण्डलिनियों में होने वाली वैद्युत हानियों को ताम्र हानियाँ कहते हैं।

तांबे के तार की कुण्डलनियों में जूल के नियम के अनुसार, उत्पादित ऊष्मा ($H \propto I^2R$) ही ताम्र हानियों का रूप होता है। इसलिये इसे I^2R हानियाँ भी कहते हैं। इन हानियों को परिवर्तनीय हानियाँ भी कहते हैं। क्योंकि इन हानियों का मान भार धारा के वर्ग (I^2) तथा कुण्डलन के प्रतिरोध (R) पर निर्भर करता है जो विभिन्न वैद्युत भारों पर भार धारा का मान भिन्न-भिन्न होने के कारण इनका मान भिन्न-भिन्न होता है।

4.8 ट्रान्सफॉर्मर का वोल्टता नियमन (Voltage Regulation)

स्थिर प्राथमिक वोल्टता की स्थिति में, जब ट्रान्सफॉर्मर 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 Vo_2 = वोल्ट मात्रक में निर्भार पर ट्रान्सफॉर्मर की द्वितीयक सिरा वोल्टता

V_2 = वोल्ट मात्रक में पूर्ण भार पर ट्रान्सफॉर्मर की द्वितीयक सिरा वोल्टता

निर्भार से पूर्ण भार तक ट्रान्सफॉर्मर की द्वितीय सिरा वोल्टता में कुल परिवर्तन (Change in secondary terminal voltage) = $(V_{02} - V_2)$ वोल्ट

इकाई निर्भार वोल्टता के सापेक्ष, निर्भार से पूर्ण भार तक, ट्रान्सफॉर्मर की द्वितीयक सिरा वोल्टता में परिवर्तन $= \left(\frac{V_{02} - V_2}{V_{02}}\right)$ यही ट्रान्सफॉर्मर का इकाई वोल्टता नियमन (unit voltage regulation) है। इसे प्राय प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है जैसा कि निम्नलिखित सूत्र से स्पष्ट है—

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन } (PVR) = \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100$$

सूत्र (1)

Scanned by CamScanner

अतः स्थिर प्राथमिक वोल्टता पर निर्भार से पूर्ण भार तक, ट्रान्सफॉर्मर को द्वितीयक वोल्टता में होने वाला परिवर्तन, वोल्टता नियमन कहलाता है। इसे प्रायः निर्भार वोल्टता के प्रतिशत मान में व्यक्त किया जाता है जैसा कि उक्त सूत्र (I) से स्पष्ट है। अर्थात्

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन } (PVR) = \frac{\text{वोल्टता पात (voltage drop)}}{\text{निर्भार वोल्टता (no-load voltage)}} \times 100$$

$$= \frac{I_2 R_{02} \cos\phi \pm I_2 X_{02} \sin\phi}{V_{02}} \times 100 \quad \text{... सूत्र (II)}$$

$$= \left(\frac{I_2 R_{02}}{V_{02}} \times 100\right)\cos\phi \pm \left(\frac{I_2 X_{02}}{V_{02}} \times 100\right)\sin\phi$$

$$= V_r \cos\phi \pm V_x \sin\phi \quad \text{... सूत्र (III)}$$

where $$V_r = \frac{I_2 R_{02}}{V_{02}} \times 100 \;\&\; V_x = \frac{I_2 X_{02}}{V_{02}} \times 100$$

न्यूनतम अर्थात् शून्य वोल्टता नियमन के लिए शर्तें (Condition)—

न्यूनतम वोल्टता के लिए शर्त (Condition)—

$$V_r \cos\phi + V_x \sin\phi = 0$$

इसलिए $$V_x \sin\phi = -V_r \cos\phi$$

$$\Rightarrow \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = -\frac{V_r}{V_x} \Rightarrow \tan\phi = -\frac{V_r}{V_x} \quad \text{... सूत्र (IV)}$$

सूत्र (IV) में V_r तथा V_x के मान रखने पर

$$\tan\phi = -\frac{100 I_2 R_{02}}{V_{02}} \times \frac{V_{02}}{100 \times I_2 \times X_{02}}$$

$$= -\frac{R_{02}}{X_{02}} \quad \text{... सूत्र (V)}$$

> **टिप्पणी (Note) :** उक्त सूत्र (I) तथा (II) में ऋणात्मक चिन्ह (–ve symbol) अग्रगामी शक्तिगुणक के द्योतक है। अतः ट्रान्सफॉर्मर के लिए शून्य वोल्टता नियमन, अग्रगामी शक्ति गुणक पर प्राप्त होता है।

अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए शर्तें (Condition)—

अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए शर्त—

$$\frac{d}{d\phi}(V_r \cos\phi + V_x \sin\phi) = 0$$

$$\Rightarrow -V_r \sin\phi + V_x \cos\phi = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{V_x}{V_r}$$

$$\Rightarrow \tan\phi = \frac{V_x}{V_r} \quad \text{... सूत्र (VI)}$$

सूत्र (VI) में V_r तथा V_x के मान रखने पर

$$\Rightarrow \tan\phi = \frac{100 I_2 X_{02}}{V_{02}} \times \frac{V_{02}}{100 I_2 R_{02}}$$

Scanned by CamScanner

$$\tan\phi = \frac{X_0}{R_{02}} \quad \text{... सूत्र (II)}$$

टिप्पणी (Note) : उक्त सूत्र (VI) एवं (VII) से स्पष्ट है कि ट्रान्सफॉर्मर का अधिकतम वोल्टता नियमन पश्चगामी शक्ति गुणक पर प्राप्त होता है।

महत्त्वपूर्ण टिप्पणियाँ (Notes)

ट्रान्सफॉर्मर के वोल्टता नियमन सम्बन्धी निम्नलिखित पहलुओं (aspects) का विशेष ध्यान रखना चाहिये—

(i) न्यूनतम वोल्टता नियमन वाला ट्रान्सफॉर्मर सर्वोत्तम समझा जाता है।

(ii) पश्चगामी शक्तिगुणक पर वोल्टता नियमन का मान धनात्मक होता है।

(iii) अग्रगामी शक्तिगुणक पर वोल्टता नियमन का मान ऋणात्मक होता है।

(iv) वोल्टता नियमन को प्राय: प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है।

(v) वोल्टता नियमन को प्राय: ट्रान्सफॉर्मर की स्थिर प्राथमिक वोल्टता (Constant primary voltage) पर ज्ञात किया जाता है।

(vi) वोल्टता नियमन उन्नत (up) की अपेक्षा वोल्टता नियमन नत (down) की मान्यता (Validity) अधिक है।

(vii) प्रतिशत वोल्टता नियमन उन्नत (up) की अपेक्षा, प्रतिश वोल्टता नियमन नत (down) का मान कम होता है।

(viii) वोल्टता नियमन को प्राय: पूर्ण भार (full load) के लिए ज्ञात किया जाता है। अन्यथा प्रश्न में पूछे गये भार के लिए ज्ञात किया जाता है।

(ix) वोल्टता नियमन के निर्धारित वोल्टता, धारा व आवृत्ति पर ज्ञात करना चाहिये।

(x) वोल्टता नियमन को प्रश्न मे दिए गये शक्तिगुणक पर ही परिकलित (calculate) करना चाहिये। अन्यथा फिर पश्चगामी मानक शक्ति गुणांक ($\cos\phi = 0{\cdot}8$) पर परिकलित करना चाहिये।

(xi) वोल्टता नियमन को परिकलित करते समय, सूत्र में पश्चगामी शक्तिगुणक के लिए (+ve symbol) धनात्मक प्रतीक तथा अग्रगामी शक्तिगुणक के लिए ऋणात्मक प्रतीक (–ve symbol) का प्रयोग करना चाहिये।

(xii) वोल्टता नियमन को परिकलित करते समय, ट्रान्सफॉर्मर की द्वितीयक निर्भार वोल्टता V_{02} का यथार्थ मान (accurate value) निम्न सूत्र के द्वारा ज्ञात करना चाहिये।

$$V_{02} = \sqrt{((V_2\cos\phi + I_2R_{02})^2 + (V_2\sin\phi + \pm I_2X_{02})^2)}$$

(xiii) यदि ट्रान्सफॉर्मर निर्धारित kVA क्षमता से कम kVA भार प्रदान कर रहा है, तो प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित सूत्र का प्रयोग करना चाहिये—

$$PVR = V_r \times \frac{\text{kW (load)}}{\text{kVA}} \pm V_r \times \frac{\text{kVAR (load)}}{\text{kVA}}$$

या

$$PVR = V_r \times \frac{I\cos\phi}{I_r} \pm V_r \times \frac{I\sin\phi}{I_o}$$

यहाँ पर kVA = ट्रान्सफॉर्मर की पूर्ण भार क्षमता या निर्धारित क्षमता अथवा अभिकल्पित क्षमता (designed capacity)

I = ट्रान्सफॉर्मर की वर्तमान भार-धारा जिस पर वोल्टता नियमन ज्ञात करना है।

I_o = एम्पियर मात्रक में ट्रान्सफॉर्मर की पूर्ण भार धारा (full load current) है।

(xiv) प्रतिशत वोल्टता नियमन (Percentage Voltage Regulation) के नत तथा उन्नत (down and up) सम्बन्धी सूत्र निम्नलिखित है—

Scanned by CamScanner

$$\text{Percentage Voltage Regulation (down)} = \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100 \text{ (more used)}$$

$$\text{P.V.R. (up)} = \frac{V_{02} - V_2}{V_2} \times 100 \text{ (less used)}$$

(xv) ट्रान्सफॉर्मर के शून्य वोल्टता नियमन के लिए शर्त (condition)—

$$\tan\phi = -\frac{V_r}{V_x} \text{ or } \left(-\frac{R_{02}}{X_{02}}\right)$$

(xvi) ट्रान्सफॉर्मर के अधिकतम वोल्टता नियमन के लिए शर्त (Condition)—

$$\tan\phi = +\frac{V_x}{V_r} \text{ or } \left(+\frac{X_{02}}{R_{02}}\right)$$

उदाहरण 4. एक सिंगल फेज ट्रान्सफॉर्मर की आयरन कोर, जिनका क्रॉससेक्शनल एरिया 150 cm^2 है, तथा 50Hz की फ्रिक्यून्सी से 1·1 Wb/m^2 की अधिकतम फ्लक्स-घनत्व पर प्रचलित होती है। यदि सेकेन्डरी वाईडिंग पर 66 टर्नस है तो 4π प्रतिरोध के लोड से संयोजित करने पर kVA में आउटपुट ज्ञात करें।

उत्तर— ज्ञात है— $A_i = 150 \text{ cm}^2 = 150 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$f = 50 \text{ Hz}, B_m = 1{\cdot}1 \text{ Wb/m}^2, N^2 = 66 \, Z_1 = 4\,\Omega$$

$$E_2 = 4{\cdot}44 \times B_m \times A_i \times f \times N_2$$

$$E_2 = 4{\cdot}44 \times 1{\cdot}1 \times 150 \times 10^{-4} \times 50 \times 66$$

$$\boxed{E_2 = 241{\cdot}750 \text{ V}}$$

$$\boxed{I_2 = \frac{E_2}{Z_1} = 60{\cdot}43 \text{ A}}$$

आऊटपुट

$$\text{kVA} = \frac{E_2 \times I_2}{1000}$$

$$= \frac{241{\cdot}758 \times 60{\cdot}43}{1000}$$

$$\boxed{\text{kVA} = 14{\cdot}6 \text{ kVA}}$$

उदाहरण 5. प्रत्यक्ष परीक्षण एक ट्रान्सफॉर्मर 100 kW, के पूर्ण भार पर 400V की सिरा वोल्टेज है। भार हटाने पर सप्लाई 417 हो जाती है। यदि यह पूर्ण भार पर 101 kW का विनेश हो तो इसका प्रतिशत दक्षता का ज्ञात किजिए।

उत्तर—$P_0 = 100 \text{ kW}, P_{in} = 101 \text{ kW}, V_{02} = 417V, V_2 = 400V$

$$\eta = \frac{P_0}{P_i} = \frac{100}{101} \times 100$$

$$\boxed{\eta = 99\%}$$

उदाहरण 6. पूर्ण भार पर एक 100 kVA, 50 Hz सिंगल फेज ट्रान्सफॉर्मर में लोह तथा ताम्र लॉस क्रमशः 4·8 kW तथा 5·25 kW है। तब 50 kVA तथा 0·8 पावर फैक्टर (lagging) पर इस ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता ज्ञात कीजिए।

Scanned by CamScanner

उत्तर—कोर/आयरन लोस स्थिर रहते है तथा कॉपर लॉस i^2r पर निर्भर करते हैं।

$$W_{Cu} = 5 \cdot 2 \times \left(\frac{80}{100}\right)^2$$

$$W_{Cu} = 3 \cdot 328 \text{ kW}$$

ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता

$$\%\eta = \frac{kVA \times \cos\phi}{kVA \cos\phi + W_i + W_{Cu}} \times 100$$

$$= \frac{80 \times 0 \cdot 8}{80 \cdot 0 \times 0 \cdot 8 + 4 \cdot 8 + 3 \cdot 328} \times 100$$

$$= \frac{64}{72 \cdot 128} \times 100$$

$$\boxed{\%y = 88 \cdot 73\%}$$

उदाहरण 7. एक 440V, 50Hz पर ट्रान्सफार्मर में सम्पूर्ण आयरन लॉस 5000W है परन्तु 220V 25 Hz पर ये लॉसिस 1700 W रह जाती है तो भंवर धारा हानियाँ ज्ञात कीजिए।

उत्तर—फ्लक्स-घनत्व B_m दोनों स्थितयों में समान रहेगा, अत:

हिस्टेरेसिस लॉस $$W_h = k_h B_m^{1.6} f.V$$

अर्थात् $$\boxed{W_h = k_1 f}$$

तथा ऐडी करन्ट लॉस, $$\boxed{W_e = k_2 f^2}$$

एवं $$W_i = W_h + W_e$$

$$\boxed{W_v = k_1 f + k_2 f^2}$$

प्रथम स्थिति— $$5000 = 50k_1 + 2500k_2 \quad ...(1)$$

दूसरी स्थिति— $$1700 = 25k_1 + 625k_2 \quad ...(2)$$

दोनो समीकरणों को हल करने पर—

$$5000 = 50k_1 + 2500k_2$$

$$3400 = 50k_1 + 1250k_2$$

$$1600 = 1250k_2$$

$$\boxed{k_2 = 1 \cdot 28}$$

$$w_e = 1 \cdot 38 \times 2500$$

$$\boxed{w_e = 3200 \text{ W}}$$

4.9 ट्रान्सफॉर्मर का परीक्षण (Testing of Transformer)

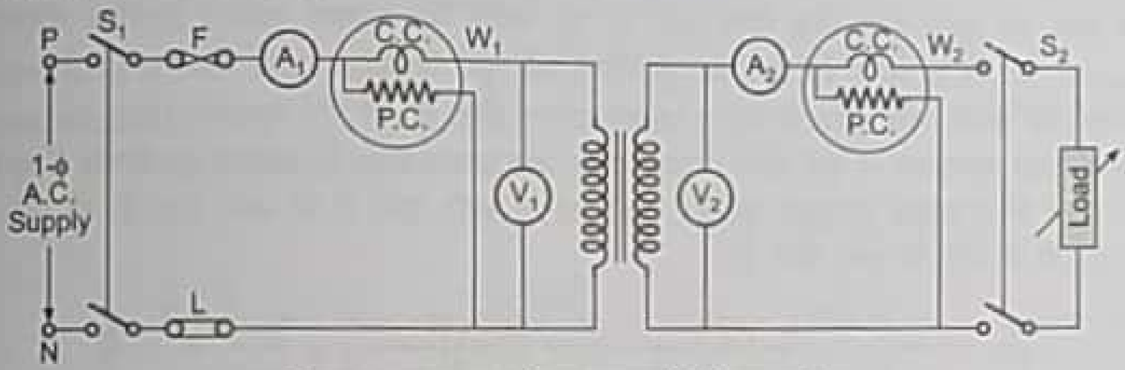
ट्रान्सफॉर्मर का परीक्षण, उसकी कार्यकुशलता जानने के लिए किया जाता है। इससे ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता, हानियाँ, सर्किट पैरामीटर (X_0, Z_0, R_{01}, X_{01} तथा Z_{01}) आदि का मान ज्ञात होता है। ट्रान्सफॉर्मर परीक्षण की दो प्रमुख विधियाँ हैं—

Scanned by CamScanner

1. प्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Direct Testing Method)
2. अप्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Indirect Testing Method)
   (a) खुलापथ परीक्षण (Open-circuit Testing)
   (b) लघुपथ परीक्षण (Short-circuit Testing)

ट्रान्सफॉर्मर की प्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Direct Testing Method of Transformer)

इस विधि में ट्रान्सफॉर्मर पर भार को प्रत्यक्ष लगाया जाता है, इसलिए इस विधि का प्रयोग लघु ट्रान्सफॉर्मर के लिये ही होता है। दीर्घ ट्रान्सफॉर्मर के लिये इस विधि का प्रयोग नहीं होता, क्योंकि उसके लिए अधिक भार की आवश्यकता होती है, जिसकी व्यवस्था कर पाना कठिन है।



चित्र 4.2 : प्रत्यक्ष परीक्षण सम्बन्धी परिपथ आरेख

इस विधि के अन्तर्गत निर्धारित वोल्टता V_1 पर पूर्ण भार की अवस्था में ट्रान्सफॉर्मर की निवेश शक्ति P_1 तथा निर्गत शक्ति P_2 को क्रमशः प्राथमिक तथा द्वितीयक पक्ष में संलग्न क्रमशः 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 ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता तथा नियमन का परिकलन किया जाता है—

ट्रान्सफॉर्मर की प्रतिशत दक्षता (Percentage efficiency) :

$$\%\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

ट्रान्सफॉर्मर की प्रतिशत नियमन (Percentage regulation) :

$$\%R = \left(\frac{V_{02} - V_2}{V_{02}}\right) \times 100$$

ट्रान्सफॉर्मर की अप्रत्यक्ष परीक्षण विधि (Indirect Testing Method)

इस विधि में ट्रान्सफॉर्मर पर भार लगाने की आवश्यकता नहीं होती, इसलिए इस विधि का प्रयोग दीर्घ ट्रान्सफॉर्मर के लिए भी किया जा सकता है। इसमें प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर क्रमशः धारा, वोल्टता तथा शक्ति को मापा जाता है। इससे $I_w, I_\mu, I_0, R_0, X_0, Z_0, R_{01}, X_{01}, Z_{01}$, आदि परिपथ स्थिरांकों (circuit constants) का परिकलन किया जाता है। तत्पश्चयता ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता तथा नियमन ज्ञात की जाती है।

इस विधि के अन्तर्गत निम्नलिखित दो परीक्षण किए जाते हैं—

(i) **खुला पथ परीक्षण** (Open-circuit test)—वह परीक्षण, जिसमें खुलापथ अवस्था में प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर, निर्धारित वोल्टता पर क्रमशः निर्भार धारा, निर्धारित वोल्टता तथा लौह हानियाँ मापी जाती हैं, खुलापथ परीक्षण कहलाता है।
इसमें दीर्घ ट्रान्सफॉर्मर का प्रयोग (use) प्रायः स्टेप-अप ट्रान्सफॉर्मर की तरह किया जाता है। इसका वर्णन आगे किया गया है।

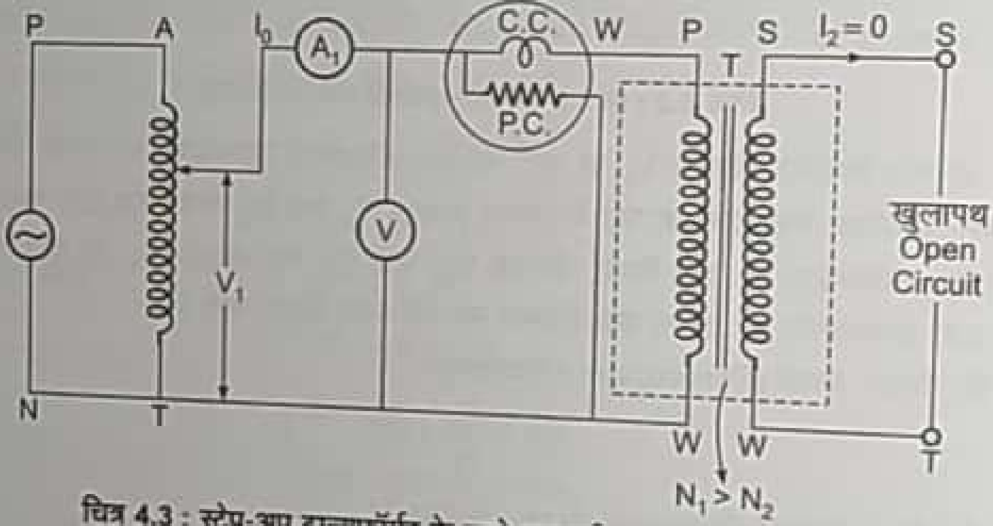
Scanned by CamScanner

(ii) **लघुपथ परीक्षण** (Short-circuit test)—वह परीक्षण, जिसमें लघुपथ अवस्था में प्रदायी पक्ष की ओर ऐमीटर, वोल्टमीटर एवं वाटमीटर लगाकर, निर्धारित धारा पर क्रमशः धारा, लघुपथ वोल्टता तथा ताम्र हानियें मापी जाती हैं। लघुपथ परीक्षण कहलाता है।

इसमें दीर्घ ट्रान्सफॉर्मर का प्रयोग प्राय स्टेपअप ट्रान्सफॉर्मर की तरह किया जाता है।

ट्रान्सफॉर्मर का खुलापथ परीक्षण (Open-circuit test)

ट्रान्सफॉर्मर का खुलापथ सम्बन्धी परिपथ संयोजन आरेख प्रदर्शित किया गया है। इस परीक्षण का मुख्य उद्देश्य ट्रान्सफॉर्मर की लौह हानियाँ ज्ञात करना है। इसमें मापयन्त्रों की सुविधा (प्राप्यता) के दृष्टिकोण से प्राथमिक पक्ष के न्यून वोल्टता वाले सिरों के आर-पार 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 voltage) पर किया जाता है। प्राथमिक कुण्डलन को पूर्ण निर्धारित प्रदायी वोल्टता (Full rated supply voltage) मिलने के कारण लौह क्रोड में संतृप्त फ्लक्स उत्पन्न होता है, जो पूर्ण चुम्बकन (Magnetisation) उत्पन्न करता है। फलतः दोनों कुण्डलनों में पूर्ण प्रेरित विद्युत-वाहक बल उत्पन्न होता है, इसलिए इस स्थिति मे पूर्ण लौह हानियें प्राप्त होती हैं। जिन्हें क्रोड हानियाँ चुम्बकन, हानियाँ, स्थिर हानियाँ आदि नामों से भी जाना जाता है। जो भंवर-धारा हानियें तथा शैथिल्य हानियों के योग के तुल्य होती है।



चित्र 4.3 : स्टेप-अप ट्रान्सफॉर्मर के खुले पथ परीक्षण का संयोजन आरेख

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 मे प्राथमिक कुण्डलन में प्रवाहित निर्भार धारा का मान, पूर्ण भार धारा के पाँच प्रतिशत मान से भी कम होता है जो अतिकम है। इससे प्राथमिक कुण्डलन मे होने वाली ताम्र हानियों का मान, पूर्ण भार धारा पर होने वाली ताम्र हानियो का मान 1/400वाँ भाग से भी कम हो जाता है। जो सदैव नगण्य होता है। इस प्रकार का खुलापथ परीक्षण में केवल लौह हानियाँ प्रभावी होती है, जिन्हें प्रत्यक्ष वाटमीटर W द्वारा मापा जाता है। चूँकि यहाँ पर ट्रान्सफॉर्मर का निर्गत शून्य है। इसलिए ट्रान्सफॉर्मर का निविष्ट ही लौह हानियों के तुल्य होगा।

प्रेक्षण तथा परिकलन (Observations and calculations)—

I_o = ऐम्पियर मात्रक में एमीटर A पाद्यांक (readings)

= निर्भार पर प्राथमिक धारा (Primary current on no-load)

V_1 = वोल्ट मात्रक मे वोल्टमीटर V का पाद्यांक (reading)

= निर्धारित प्राथमिक वोल्टता (Rated primary voltage)

= $I_0 Z_0$ वोल्ट (volt)

Scanned by CamScanner

$\therefore \quad = Z_0 = \dfrac{V_1}{I_0}$ ओहम् (ohm)

W_i = वाट मात्रक में वाटमीटर W का पाठ्यांक (readings)

= सम्पूर्ण लौह हानियाँ (total iron losses)

= कुल निविष्ट शक्ति (total input power)

= $V_1 I_o \cos\phi$ वाट (watt)

$$\therefore \quad \cos\phi_0 = W_i / V_1 I_o$$

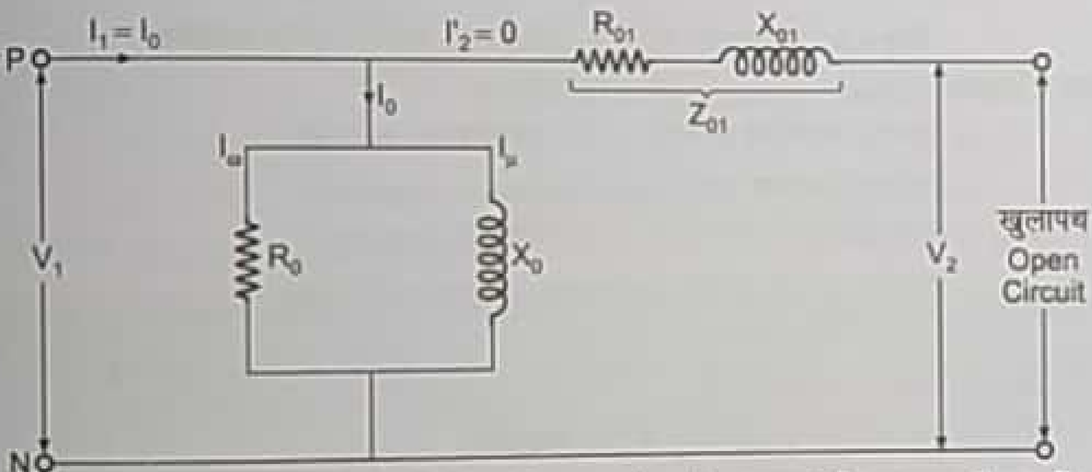
$$\therefore \quad \sin\phi_0 = \sqrt{(1-\cos^2\phi_0)}$$

$$I_w = I_0 \cos\phi_0 = W_i / V_1 \text{ एम्पियर (A)}$$

$$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = I_0 \times \sqrt{(1-\cos^2\phi)} \text{ एम्पियर (A)}$$

चुम्बकन प्रतिरोध (Magnetizing resistance)

$$R_0 = V_1 / I_w = V_1 / I_0 \cos\phi_0, \text{ ओह्म (}\Omega\text{)}$$



चित्र 4.4 : खुलापथ परीक्षण की स्थिति में प्राथमिक पक्ष के सापेक्ष ट्रान्सफॉर्मर का तुल्य वैद्युत परिपथ

चुम्बकन प्रतिघात (Magnetizing reactance)

$$X_0 = V_1 / I_\mu = V_1 / I_0 \sin\phi_0, \text{ ओह्म (}\Omega\text{)}$$

चुम्बकन प्रतिबाधा (magnetizing impendance)

$$Z_0 = V_1 / I_0 = V_1 \sqrt{(I_w{}^2 + I_\mu{}^2)}, \text{ ओह्म (}\Omega\text{)}$$

ट्रान्सफॉर्मर का लघुपथ परीक्षण (Short-circuit test)

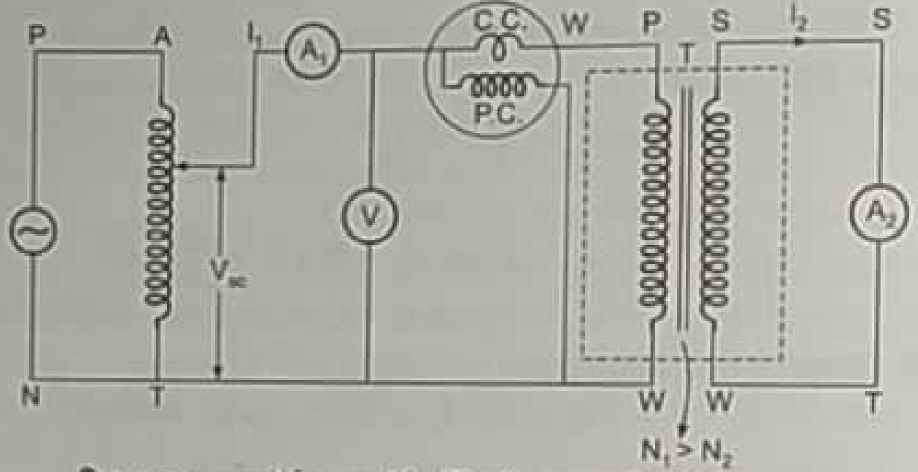
स्टेप डाउन ट्रान्सफॉर्मर का लघुपथ परीक्षण सम्बन्धी परिपथ संयोजन आरेख प्रदर्शित किया जाता है। इस परीक्षण का मुख्य उद्देश्य ट्रान्सफॉर्मर की ताम्र हानियाँ ज्ञात करना है। इस परीक्षण में द्वितीयक पक्ष के न्यून वोल्टता सिरों को एक ऐमीटर A_2 द्वारा लघुपथित कर दिया जाता है और प्राथमिक पक्ष के उच्च वोल्टता सिरों के आर-पार, एक ऑटोट्रान्सफॉर्मर द्वारा अतिकम वोल्टता (निर्धारित वोल्टता की 5 प्रतिशत से लेकर 10% तक) प्रदान की जाती है।

ऑटोट्रान्सफॉर्मर द्वारा प्रदायी वोल्टता धीरे-धीरे तब तक बढ़ाई जाती है, जब तक कि दोनों कुण्डलनों में पूर्ण भार धारा प्रवाहित होने लगे।

चूँकि इस परीक्षण में ट्रान्सफॉर्मर को अतिकम प्रदायी वोल्टता प्रदान की जाती है। इसलिए इसके लौह क्रोड में वोल्टता के अनुपात ही में अधिकतम फ्लक्स उत्पन्न होता है जो अतिकम लौह हानियाँ उत्पन्न करता है। इन्हें ताम्र हानियों की

Scanned by CamScanner

अपेक्षा, नगण्य कर दिया जाता है। इस स्थिति में ट्रान्सफॉर्मर की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डल में निर्धारित पूर्ण भार धारा प्रवाहित होती है। इसलिए ट्रान्सफॉर्मर की दोनों कुण्डलनों में पूर्ण भार की ताम्र हानियाँ उत्पन्न होती हैं। इन्हें संयोजित वाटमीटर W द्वारा मापा जाता है। चूँकि ट्रान्सफॉर्मर का निर्गत शून्य होता है। इसलिए ट्रान्सफॉर्मर में होने वाली कुल हानियाँ निविष्ट के तुल्य होती हैं।



चित्र 4.5 : ट्रान्सफॉर्मर का शॉर्ट सर्किट टेस्ट सम्बन्धी सर्किट डायग्राम

प्रेक्षण तथा परिकलन (Observations and calculation)

I_1 = ऐम्पियर मात्रक में ऐमीटर A_1 का पाठ्यांक (reading)

= निर्धारित प्राथमिक धारा (rated primary current)

V_{SC} = वोल्ट मात्रक में वोल्टमीटर V का पाठ्यांक (reading)

= प्राथमिक प्रदायी वोल्टता (primary supply voltage)

= $I_1 Z_{01}$ वोल्ट (volt)

$Z_{01} = V_{SC}/I_1$ ओहम् (Ω)

W_{cu} = वाट मात्रक में वाटमीटर W का पाठ्यांक

= सम्पूर्ण ताम्र हानियाँ

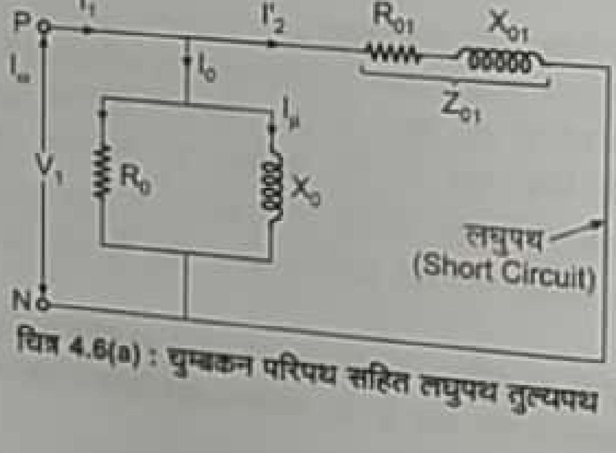
= कुल निविष्ट शक्ति

= $V_{SC} I_1 \cos\phi_{SC}$ वाट (watt)

= $I_1 Z_{01} \times I_1 \times R_{01}/Z_{01}$

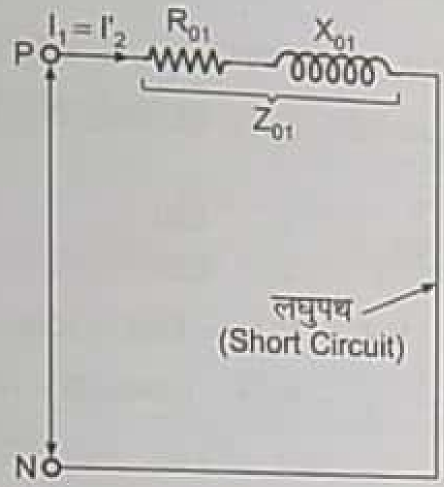
= $I_1^2 R_{01}$ वाट (watt)

∴ $R_{01} = W_{cu} / I_1^2$ ओहम् (Ω)



चित्र 4.6(a) : चुम्बकन परिपथ सहित लघुपथ तुल्यपथ

Scanned by CamScanner



चित्र 4.6 (b) : लघुपथ तुल्यपथ नगण्य चुम्बकन परिपथ

$$X_{01} = \sqrt{(Z_{01}^2 - R_{01}^2)} \text{ ओह्म् } (\Omega)$$

$\therefore$
$$W_{cu} = V_{SC} I_1 \cos\phi_{SC} \text{ वाट (watt)}$$

$$\cos\phi_{SC} = W_{cu} / V_{SC} I_1$$

$$\sin\phi_{SC} = \sqrt{(1 - \cos^2\phi_{SC})}$$

$$I_1 \cos\phi_{SC} = W_{cu} / V_{SC} \text{ ऐम्पियर (A)}$$

$$I_1 \sin\phi_{SC} = I_1\sqrt{(1 - \cos^2\phi_{SC})} \text{ ऐम्पियर (A)}$$

सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of formulae)

उदाहरण 8. प्रत्यक्ष परीक्षण द्वारा परीक्षित एक परिणामित्र 100 kW के पूर्ण भार पर 400 V का सिरा वोल्टता रखता है। भार हटाने पर सिरा वोल्टता 417 V हो जाती है। यदि यह पूर्ण भार पर 103 kW का निवेश लेता हो तो इसकी प्रतिशत दक्षता तथा प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है

$$P_0 = 100 \text{ kW}, P_{in} = 103 \text{ kW}, V_{02} = 417 \text{ V}$$

$$V_2 = 400 \text{ V} \qquad \eta = ? \qquad R = ?$$

$$\text{प्रतिशत दक्षता } \%\eta = \frac{P_0}{P_{in}} \times 100 = \frac{100}{103} \times 100 = 97\%$$ उत्तर

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन } \% \text{V.R.} = \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100$$

$$= \frac{(417 - 400)}{417} \times 100 = 4\%$$ उत्तर

उदाहरण 9. एक 5 kVA, 200/400 V, 50 Hz सिंगल केज ट्रान्सफॉर्मर के परीक्षण पर निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए–

खुलापथ परीक्षण – 220 V,	0.8 A	80 W
लघुपथ परीक्षण – 12 V,	11.36 A	100 W

समस्त प्राचलों (parameters) अर्थात स्थिरांकों constants को परिकलित calculate करके, उन्हें तुल्यपथ equivalent circuit पर दर्शाइए। ट्रान्सफॉर्मर की (a) दक्षता तथा (b) वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए।

Scanned by CamScanner

हल—दिया है kVA = 5, $V_1 = 220\,V$, $V_2 = 440\,V$, $I_0 = 0{\cdot}8\,A$,

$$W_i = 80W, V_{SC} = 12V, I_{SC} = 11{\cdot}36A, W_{cu} = 100W$$

$$f = 50$$

परिणाम अनुपात $K = \frac{V_2}{V_1} = \frac{440}{220} = 2$

$$V_1I_1 = V_2I_2 = kVA \times 1000 = 5 \times 1000$$

$$I_2 = \frac{kVA \times 1000}{V_2} = \frac{5 \times 1000}{440} = 11{\cdot}36\,A \text{ (rated)}$$

खुलापथ परीक्षण (open circuit test) से—

निविष्ट वैद्युत शक्ति = वाट मीटर पाठ्यांक

अर्थात् $V_1I_0 \cos\phi_0 = W_i$

$$\therefore \quad \cos\phi_0 = \frac{W_i}{V_1I_0} = \frac{80}{220 \times 0{\cdot}8} = 0{\cdot}4545$$

$$\sin\phi_0 = 0{\cdot}8910$$

$$I_w = I_0 \cos\phi_0 = 0{\cdot}8 \times 0{\cdot}4545 = 0{\cdot}3636\,A$$

$$I_\mu = I_0 \sin\phi_0 = 0{\cdot}8 \times 0{\cdot}8910 = 0{\cdot}7128\,A$$

अत: $R_0 = \frac{V_1}{I_w} = \frac{220}{0{\cdot}3636} = 605{\cdot}06$ ओह्म् (Ω)

व $X_0 = \frac{V_1}{I_\mu} = \frac{220}{0{\cdot}7128} = 308{\cdot}64$ ओह्म् (Ω)

तथा $Z_0 = \frac{V_1}{I_0} = \frac{220}{0{\cdot}8} = 275$ ओह्म् (Ω)

लघुपथ परीक्षण (short circuit test) से—

$$Z_{02} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} = \frac{12}{11{\cdot}36} = 1{\cdot}056\,(\Omega)$$

$R_{02} = \frac{W_{Cu}}{I_{SC}^2} = \frac{100}{(11{\cdot}36)^2} = 0{\cdot}7746$ ओह्म् (Ω)

$$X_{02} = \sqrt{(Z_{02}^2 - R_{02}^2)} = \sqrt{\{(1{\cdot}056)^2 - (0{\cdot}7746)^2\}}$$

$\boxed{X_{02} = 0{\cdot}7177\,\Omega \text{ (ओह्म्)}}$

$Z_{01} = \frac{Z_{02}}{K^2} = \frac{1{\cdot}056}{(2)^2} = \frac{1{\cdot}056}{4} = 0{\cdot}264$ ओह्म्

$R_{01} = \frac{R_{02}}{K} = \frac{0{\cdot}7746}{(2)^2} = \frac{0{\cdot}7746}{4} = 0{\cdot}19365$ ओह्म्

$X_{01} = \frac{X_{02}}{K^2} = \frac{07177}{(2)^2} = \frac{0{\cdot}7177}{4} = 0{\cdot}179425$ ओह्म्

Scanned by CamScanner

इसका तुल्यपथ (a) के समान ही होगा।

(ii) (a) 0.8 शक्तिगुणांक पर ट्रान्सफॉर्मर की प्रतिशत दक्षता (efficiency)

$$\%\eta = \frac{kVA \times \cos\phi}{(kVA \times (\cos\phi) + W_i + W_{cu}} \times 100$$

चूँकि परीक्षण से प्राप्त द्वितीयक की लघुपथ धारा तथा परिकलन निर्धारित धारा दोनों समान ($I_{sc} = I_2$) है; इसलिए ताम्र हानियाँ (W_{cu}) समान होंगी।

$$\%\eta = \frac{5 \times 1000 \times 0{\cdot}8}{(5 \times 1000 \times 0{\cdot}8) + 80 \times 100} \times 100$$

$$\frac{4000 \times 100}{4000 + 180} = \frac{4000 \times 100}{4180} = 95{\cdot}7\%$$

(ii) (b) चूँकि $\cos\phi = 0{\cdot}8$ है; इसलिए $\sin\phi = 0{\cdot}6$ होगा द्वितीयक पक्ष के सापेक्ष ट्रान्सफॉर्मर में कुल वोल्टतापात

$$(V_{02} - V_2) = I_2(R_{02}\cos\phi + X_{02}\sin\phi)$$

$$= 11{\cdot}36\,(0{\cdot}7746 \times 0{\cdot}8 + 0{\cdot}7177 \times 0{\cdot}6)$$

$$= 11{\cdot}36\,(0{\cdot}61968 + 0{\cdot}43062)$$

$$= 11{\cdot}36 \times 1{\cdot}0503 = 11{\cdot}9314 \text{ (watt)}$$

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन} = \frac{V_{02} - V_2}{V_{02}} \times 100$$

$$= \frac{11{\cdot}9314}{440} \times 100 = 2{\cdot}712\%$$

उत्तर

उदाहरण 10. एक 10 kVA, 2500 V, 50 Hz सिंगल केज ट्रान्सफॉर्मर निम्नलिखित आकड़ें प्रदान करता है—

खुलापथ परीक्षण –	250 V,	0.8 A	50 W
लघुपथ परीक्षण –	60 V,	3 A	45 W

पूर्ण भार तथा 0.8 पश्चगामी शक्तिगुणांक पर दक्षता ज्ञात कीजिए और उस भार को भी परिकलन कीजिए जिस पर दक्षता उच्चतम होगी।

हल : दिया है— $V_1 = 250V_1\ V_2 = 2500\,V, kVA = 10,$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 = kVA \times 1000 = 10 \times 1000$$

पूर्ण भार पर परिणामिक की द्वितीयक धारा

$$I_2 = \frac{kVA \times 1000}{V_2} = \frac{10 \times 1000}{2500} = 4 \text{ एम्पियर}$$

पूर्ण भार धारा 4A पर ताम्र हानियाँ (Coper losses)

$$W_{cu} = \left(\frac{I_2}{I_{SC}}\right)^2 \times W_{SC} = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \times 45$$

$$= \frac{16 \times 45}{9} = 80\,W$$

∴ पूर्ण भार तथा 0·8% शक्तिगुणांक पर परिणामित्र की प्रतिशत दक्षता

$$\%\eta = \frac{kVA\cos\phi}{kVA \times \cos\phi + W_i + W_{cu}} \times 100$$

Scanned by CamScanner

$$= \frac{10\times1000\times0{\cdot}8}{10\times1000\times0{\cdot}8+50+80}\times100$$

$$= \frac{8000}{8000+130}\times100 = \frac{8000}{8130}\times100 = 98{\cdot}4\%$$

परिणामित्र की उच्चतम दक्षता के लिए भार (load)

$$(kVA)_l = (kVA)_{fl}\times\sqrt{\left(\frac{W_i}{W_{cu}}\right)}$$

$$= 10\times\sqrt{\left(\frac{50}{80}\right)} = 10\times0{\cdot}7905 = \mathbf{7{\cdot}905\ kVA}$$ उत्तर

4.10 ट्रान्सफॉर्मरों का शीतलीकरण (Cooling of Transformer)

लौह एवं ताम्र हानियों के कारण ट्रान्सफॉर्मर में ताप उत्पन्न होता है। इस ताप को ठण्डा करने की विधि को शीतलीकरण (cooling) कहते हैं।

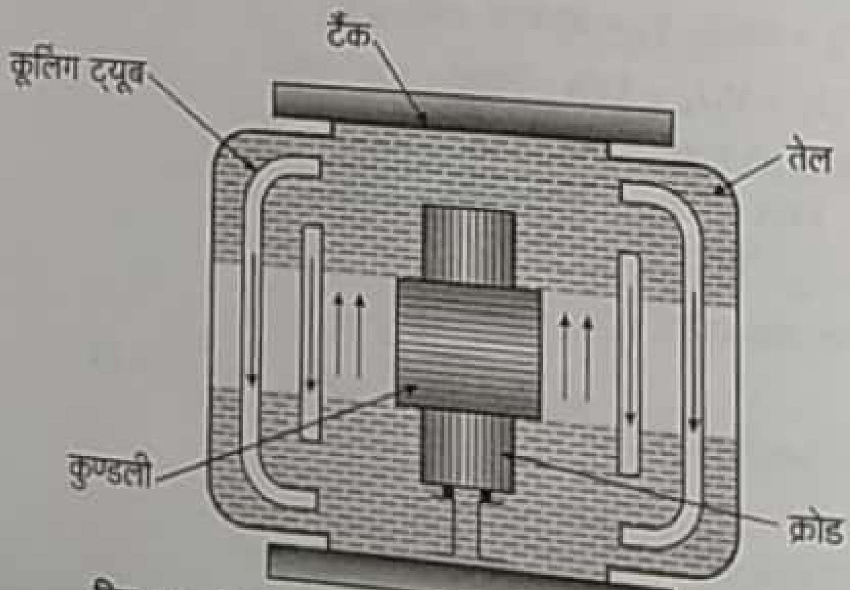
निम्न प्रणालियों द्वारा ट्रान्सफॉर्मर (Transformer) को शीतल (cool) किया जा सकता है—

(A) प्राकृतिक शीतलीकरण (Natural cooling)
(B) तेल शीतलीकरण (Oil cooling)
(C) तेल निमज्जित जल शीतलीकरण (Oil immersed water cooling)
(D) वायु झोंका शीतलीकरण (Air blast cooling)

(A) प्राकृतिक शीतलीकरण (Natural cooling)

ट्रान्सफॉर्मर को शीतल करने के लिए प्राकृतिक वायु (natural air) काफी होती है। इसका प्रयोग 25 kVA तक निर्गत (output) वाले ट्रान्सफॉर्मरों में होता है। इस प्रकार ट्रान्सफॉर्मरों में उत्पन्न ऊष्मा का शोषण करने के लिए वायुमण्डल की वायु ही पर्याप्त होती है। ट्रान्सफॉर्मर के शीतलीकरण को अधिक प्रभावी (effective) करने के लिए हवा से जुड़े टैंक (tank) का क्षेत्रफल बढ़ा देना चाहिए।

(B) तेल शीतलीकरण (Oil cooling)



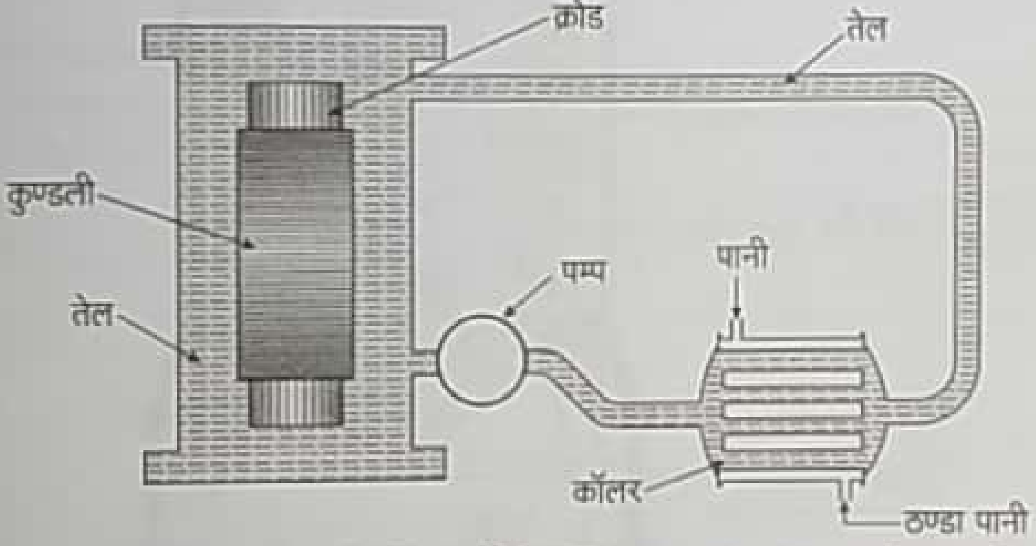
चित्र 4.7 : तेल शीतलन विधि (Oil cooling method)

Scanned by CamScanner

तेल वायु की अपेक्षा अधिक विद्युतरोधी (insulated) तथा अच्छा ताप चालक (good conductor of heat) है। इसलिए आजकल प्रायः सभी बड़े ट्रान्सफॉर्मरों को तेल में डुबोकर शीतल किया जाता है। इस विधि में ट्रान्सफॉर्मर क्रोड (transformer cores) को उसकी कुण्डलियों (winding) सहित एक टैंक में रखा जाता है। टैंक की बाहरी सतह में खोखली नलिकायें बनी होती हैं जिनके ऊपरी व नीचे के सिरे टैंक में अन्दर की ओर खुलते हैं जैसा कि चित्र 4.7 में दिखाया गया है। इस टैंक (tank) में खनिज तेल (mineral oil) के अनुरूप भर दिया जाता है।

(C) तेल निमज्जित जल शीतलीकरण (Oil immersed water cooling)

इस विधि में पानी तल की सतह से नीचे रखी हुई नालियों से होकर जाता है। एक कूलर में तेल चक्कर लगाता रहता है तथा ठण्डा होता रहता है जैसा कि नीचे चित्र 4.8 में दिखाया गया है। इस विधि में गर्म तेल को पानी की अपेक्षा उच्च दाब पर रखा जाना चाहिए। तेल को कूलर से पम्प द्वारा खींचा जाता है तथा कम दबाव वाले पानी से ठण्डा किया जाता है।

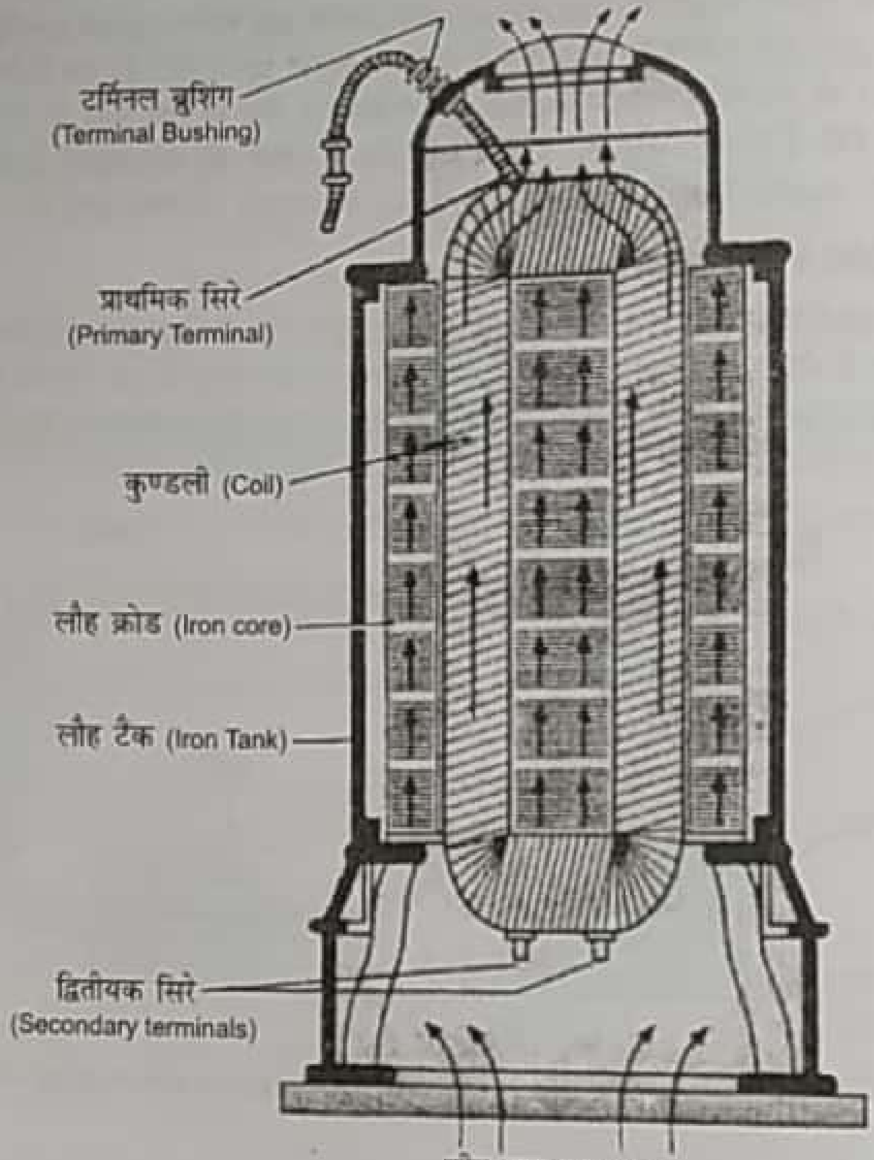


चित्र 4.8 : तेल निमज्जित, जल शीतलीकरण विधि (Oil immersed water cooling method)

(D) वायु झोंका शीतलीकरण (Air blast cooling)

इस विधि में ट्रान्सफॉर्मरों (Transformers) को वायु के झोंके द्वारा ठण्डा किया जाता है। ऐसी दशा में वायु को पहले छान लिया जाता है अन्यथा कुछ समय पश्चात् धूल के कण संवाहन नलियों (ventilating ducts) को भर देंगे। इस प्रकार के ट्रान्सफॉर्मर तेल में डूबे नहीं होते हैं बल्कि एक पतली चादर के बने खोल में रखे जाते हैं। यह खोल दोनों सिरों पर खुला रहता है। वैद्युत पंखों या ब्लोअर (blower) को एक सिरे पर लगाकर जब चलाया जाता है, तो उसके कारण उत्पन्न वायु झोंका ट्रान्सफॉर्मर कुण्डलियों (coils) को ठण्डा करता हुआ दूसरे सिरे से बाहर निकल जाता है। जैसा कि चित्र में 4.9 में दिखाया गया है।

Scanned by CamScanner

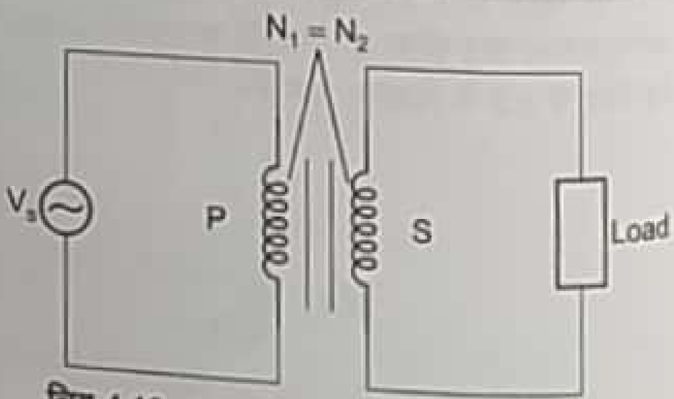


चित्र 4.9 : वायु झोंका शीतलीकरण विधि (Air blast cooling method)

4.11 पृथक्कारी ट्रान्सफॉर्मर (Isolation Transformer)

पृथक्कारी ट्रान्सफॉर्मर वह ट्रान्सफॉर्मर है जिसमें प्राइमरी वाईंडिंग (Primary winding) और सेकेण्डरी वाईंडिंग (secondary winding) (turns) बराबर होते हैं। जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। पृथक्कारी ट्रान्सफॉर्मर का काम विद्युत शक्ति को एक परिपथ से दूसरे परिपथ में ट्रान्सफर करना है, ताकि लोड को स्रोत से पृथक् किया जा सके।

चूँकि $N_1 = N_2$ है, अत: $V_1 = V_2$ होगा। हम जानते हैं कि ट्रान्सफॉर्मर में प्राइमरी व सेकेण्डरी परिपथ एक-दूसरे से चुम्बकीय ऊर्जा के कारण जुड़े होते हैं ना कि भौतिक रूप से। इसलिए स्रोत के प्रतिकूल प्रभाव लोड से अलग हो जाते हैं।



चित्र 4.10 : Isolation Transformer का सर्किट डायग्राम

Scanned by CamScanner

पृथक्कारी ट्रान्सफॉर्मर के फायदे

1. यह लोड पर शॉक लगने की स्थिति उत्पन्न नहीं होने देता।
2. स्रोत से लोड तक केवल AC ट्रान्सफर होती है ना कि DC।
3. इसका इन्सुलेशन (पृथक्करण) प्रतिरोध बहुत ज्यादा होता है। जिस कारण मुख्य स्रोत से लोड को बचाया जा सकता है।
4. यह ग्राउन्ड की वजह से उत्पन्न होने वाले प्रभाव को भी कम करता है।

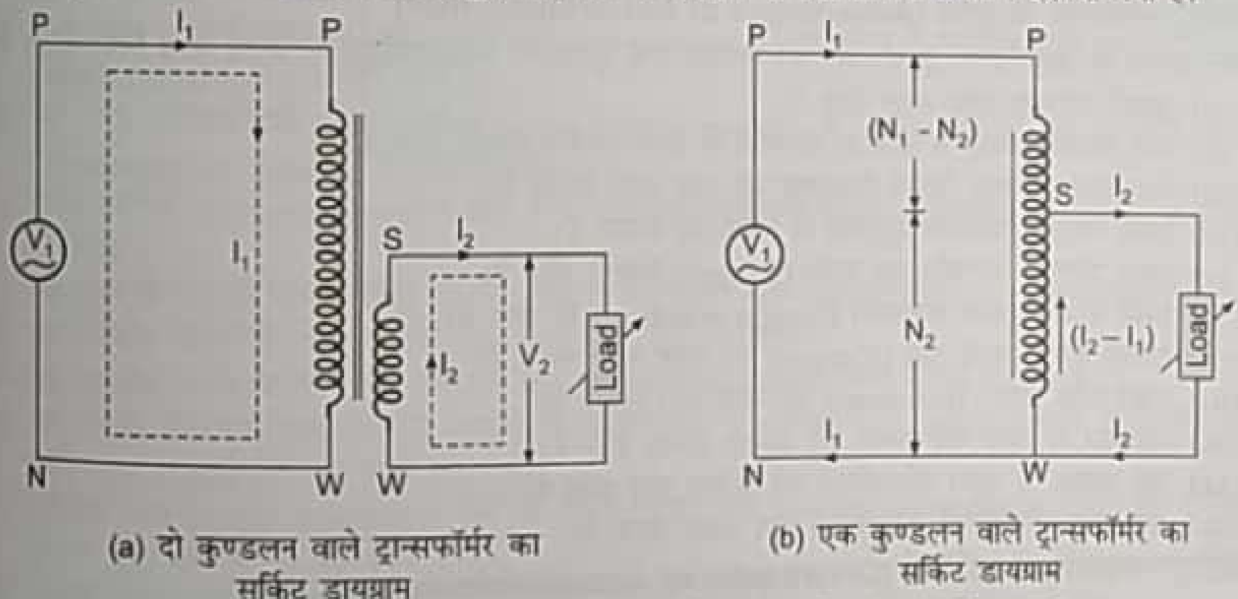
उपयोग

1. इसका उपयोग संवेदनशील उपकरणों को स्रोत के विपरित प्रभावों से प्रथक करने हेतु किया जाता है। जैसे कम्प्यूटर, संचार माध्यम, चिकित्सीकीय उपकरण एवं सी०एन०सी० मशीन।

4.12 स्वपरिणामित्र (Autotransformer)

(A) संरचना (Construction)

चित्र में स्वपरिणामित्र का वैद्युत परिपथ प्रदर्शित किया गया है, जिसमें यह दर्शाया गया है कि यह दो कुण्डलन वाले सामान्य ट्रान्सफॉर्मर का ही एक सरलतम रूप है। इसमें द्विकुण्डलन के स्थान पर केवल एक ही कुण्डलन होता है, जो प्राथमिक तथा द्वितीयक दोनों कुण्डलों का कार्य करता है। चित्र में प्राथमिक कुण्डलन (Primary winding) को P.W. तथा द्वितीय कुण्डलन (Secondary winding) के S.W. संकेताक्षरों से प्रतीकात्मक रूपों में दर्शाया गया है।



चित्र 4.10 : ट्रान्सफॉर्मर का वैद्युत परिपथ आरेख (Electric circuit diagram)

प्राथमिक तथा द्वितीय कुण्डलन का उभयनिष्ठ बिन्दु W नियत (fixed) रहता है और प्रथमिक 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 ट्रान्सफॉर्मर में उभयनिष्ठ कुण्डलन (common winding) होने के कारण, द्विकुण्डलन ट्रान्सफॉर्मर की अपेक्षा, कॉपर तथा आयरन की मात्रा कम लगती है।

(B) ऑटोट्रान्सफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त (Working Principle of Autotransformer)

ऑटोट्रान्सफॉर्मर का कार्य-सिद्धान्त, द्वि-कुण्डलन ट्रान्सफॉर्मर के समान ही है। चित्र के अनुसार माना कि—

N_1 = प्राथमिक कुण्डलन PW में वर्तों की संख्या

N_2 = द्वितीयक कुण्डलन SW में वर्तों की संख्या

Scanned by CamScanner

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 ट्रान्सफॉर्मर की स्थिति में चुम्बकीय वाहक बल (mmf)

$$(N_1 - N_2) I_1 = N_2 (I_2 - I_1)$$

$$N_1 I_1 - N_2 I_1 = N_2 I_2 - N_2 I_1 \quad \text{(हल करने पर)}$$

$$\Rightarrow \quad N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad \text{सूत्र ... (i a)}$$

$$\Rightarrow \quad \text{धारा अनुपात} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{सूत्र ... (i b)}$$

वोल्ट ऐम्पियर पावर

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad \text{सूत्र ... (ii a)}$$

धारा अनुपात

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{सूत्र ... (ii b)}$$

उक्त दोनों (i b & ii b) सूत्रों द्वारा परिणाम अनुपात

$$\text{Transformation Ratio} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \quad \text{सूत्र ... (iii)}$$

(C) ऑटोट्रान्सफॉर्मर के लाभ (Advantages of Autotransformer)

समान क्षमता के द्विकुण्डलन ट्रान्सफॉर्मर की अपेक्षा, एक कुण्डलन स्वपरिणामित्र के प्रमुख लाभ निम्नलखित है—

(i) इसकी संरचना अति सरल होती है।
(ii) लघु स्वपरिणामित्रों में वोल्टता परिवर्तन के लिए सरकन सम्पर्क होता है।
(iii) यह प्रत्यावर्ती धारा विभव विभाजक की तरह कार्य करता है।
(iv) इसमें वोल्टता परिवर्तन सुगमता से किया जा सकता है।
(v) इसमे वोल्टता परिवर्तन का परास (Range) विस्तृत होता है।
(vi) इसमे केवल एकल कुण्डलन (Single winding) ही होता है।
(vii) इसकी कुण्डलन में ताम्र (Copper) की मात्रा कम लगती है।
(viii) इसमें लोह क्रोड (Iron core) की मात्रा कम लगती है।
(ix) यह भार में अन्य परिणामित्रों की अपेक्षा हल्का होता है।
(x) यह आकार में अन्य परिणामित्रों की अपेक्षा लघु होता है।
(xi) यह अन्य परिणामित्रो की अपेक्षा कम स्थान घेरता है।

(D) ऑटोट्रान्सफॉर्मर में कमियाँ (Drawbacks of Autotransformer)

इसमें प्रमुख कमियाँ निम्नलिखित है—

(i) इसके द्वारा प्राथमिक वोल्टता की 12% 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 देता है।
(iii) त्रिकला स्वपरिणामित्र में उभयनिष्ठ उदासीन बिन्दु होने के कारण, केवल किसी एक ही कुण्डलन के भूयोजित (earthed) नहीं किया जा सकता। अर्थात् सभी कुण्डलनें सदैव समान अवस्था में रहती है।
(iv) जब परिणमन (Transformation) उच्च विभव पर होता है, तब यह वाँछनीय है, कि दोनों कुण्डलनें (isolate) हो, जो स्वपरिणामित्र में सम्भव नहीं है।

Scanned by CamScanner

(v) इसे कभी-भी उच्च तथा न्यून वोल्टताओं के मध्य अन्तर्योजक कड़ी (inter linked) की तरह प्रयोग नहीं किया जा सकता।

(vi) सतत् कुण्डली कुण्डलन होने के कारण, इसमें उच्च वोल्टता परिपथ द्वारा न्यून वोल्टता परिपथ प्रभावी होता है।

(E) ऑटोट्रान्सफॉर्मर के अनुप्रयोग (Applications of Autotransformer)

अभियांत्रिकी तथा प्रौद्योगिकी के विभिन्न क्षेत्रों मे, इसके प्रमुख अनुप्रयोग निम्नलिखित है—

(i) वोल्टतापात के कारण, संचरण लाइनों मे घटी हुई वोल्टता को बढ़ाने के लिए अभिवर्धक परिणामित्र (booster transformer) की तरह।

(ii) थ्री फेज इण्डक्शन मोटर तथा ए०सी० 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 (regulator/control) करने के लिए वैरिएक की तरह।

4.12 घूर्णन यन्त्र की अपेक्षा परिणामित्र के लाभ

(i) ट्रान्सफॉर्मर एक स्थैतिक युक्ति (Stationary device) है, इसलिए इसका प्रचालन अति शान्त होता है तथा इससे ध्वनि प्रदूषण नहीं होता है।

(ii) ट्रान्सफॉर्मर में घूर्णी मशीन की तरह, घूर्णी अंग (rotating part) नहीं होता है, इसलिए इसमें यान्त्रिक हानियाँ (Mechanical losses) नहीं होती हैं।

(iii) यह न्यून वोल्टता की जनक शक्ति (generating power) के उच्च वोल्टता की संचरण शक्ति (Transmission power) में परिवर्तित करता है।

(iv) घूर्णन हानियाँ (friction losses) न होने के कारण ट्रान्सफॉर्मर की दक्षता, अपेक्षाकृत उच्च (about 97%) होती है।

(v) यह उच्च वोल्टता की संचरण शक्ति को न्यून वोल्टता की वितरण शक्ति (distribution power) में बदलता है।

(vi) यह ए०सी० मोटरों के लिए प्रवर्तक (starter) का कार्य करता है।

(vii) यह ए०सी० मोटरों के लिए गति नियंत्रक (speed controller) का कार्य करता है।

(viii) यह लम्बी प्रत्यावर्ती धारा 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) मशीन की अपेक्षा, इसकी अनुरक्षण कीमत कम होती है।

(x) इसका जीवनकाल अर्थात् टिकाऊपन, अपेक्षाकृत अधिक होता है।

प्रश्नावली

1. कोर टाइप तथा शैल टाईप परिणामित्रों में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
2. परिणामित्र की कोर बनाने के लिए किस पदार्थ का प्रयोग किया जाता है?
3. परिणामित्र की कोर लकड़ी की क्यों नहीं हो सकती? वर्णन कीजिए।
4. परिणामित्र मे होने वाली विभिन्न प्रकार की हानियो का वर्णन कीजिये।
5. आईडियल (Ideal) एवं प्रैक्टिकल (Practical) परिणामित्रों में अन्तर बताइये।
6. क्या होगा यदि परिमामित्र की प्राथमिक कुण्डली को दिष्ट धारा सप्लाई से जोड़ा जाता है?

Scanned by CamScanner

7. परिणामित्र की kVA रेटिंग में क्यों होती है?
8. परिणामित्र में कौन-कौन सी हानियां होती है? लौह हानियाँ विभिन्न भागों पर नियत रहती है? स्पष्ट करें।
9. परिणामित्र में अधिकतम दक्षता के लिये शर्त लिखिये।
10. परिणामित्र में होने वाले हिस्ट्रेसिस एवं भंवर धारा हानियाँ आवृत्ति एवं विभव पर किस प्रकार निर्भर करती है?
11. परिणामित्र की वि० वा० समीकरण सिद्ध करो।
12. ऑटोट्रान्सफॉर्मर की संरचना एवं कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिये।
13. ऑटोट्रान्सफॉर्मर की दो वाईंडिंग के अपर विशेषताएँ बताइये।
14. एक परिणामित्र में प्राथमिक तथा द्वितियक कुण्डलनों में वृन्तों की संख्या क्रमश: 500 एवं 1200 है। यदि प्राथमिक कुण्डली पर 800 वोल्ट 50 एवं 1200 वोल्टता प्रयुक्त की जाये तो परिमणामित्र के लिये
    (i) अधिकतम फ्लक्स
    (ii) द्वितीयक वोल्टता तथा
    (iii) वोल्टता रूपान्तरण अनुपात ज्ञात कीजिये।
15. एक परिणामित्र के प्राथमिक कुण्डलन मे वृन्तों की संख्या 365 है। उसके द्वितीयक कुण्डलन में कितने वृन्त होने चाहिये कि प्राथमिक कुण्डलन पर 440 V 50 Hz की वोल्टता संयुक्त करने पर द्वितीयक कुण्डलन में 3600 वोल्ट की वोल्टता प्राप्त हो सके? परिणामित्र में इस द्वितीयक वोल्टता की आवृत्ति क्या होगी?
16. परिणामित्र किसे कहते है? इसकी कार्यविधि समझाइये एवं प्रदाय प्रणाली में उसका महत्व स्पष्ट कीजिए।
17. परिणामित्र के क्रोड (Core) के प्रारूप पर आधारित दो संरचनाओं को समझाइये एवं दोनों में तुलना कीजिये।
18. परिणामित्र का कार्य सिद्धान्त समझाइये एवं प्रतिकला प्रेरित वि०वा० का सामान्य समीकरण स्थापित कीजिये।
19. वोल्टता रूपान्तरण अनुपात से क्या समझते हैं? यह वृत्त अनुपात (Turn ratio) एवं धारा अनुपात से किस प्रकार सम्बन्धित है, समझाइये।
20. परिणामित्र में प्रतिरोध तथा क्षरण प्रतिघात की उपस्थिति समझाइये एवं उनके प्रभाव की व्याख्या कीजिये।
21. व्यावहारिक (Practical) परिणामित्र के स्वरूप की उपस्थिति चित्र से व्यक्त कीजिये एवं उसका समतुल्य परिपथ चित्रित कीजिये ?
22. समझाइये कि परिणामित्र को उसके द्वितीयक ओर से खुला रखने पर भी वह प्राथमिक ओर से धारा क्यों ग्रहण करता हैं एवं उसको द्वितीयक ओर से धरित करने पर उसकी प्राथमिक विद्युत धारा का मान क्यों बढ़ जाता है?
23. परिणामित्र हानियों की व्याख्या कीजिए तथा समझाइये कि इनका परिणामित्र पर क्या प्रभाव पड़ता है?
24. परिणामित्र की दक्षता का क्या अर्थ है? भार में परिवर्तन होने के कारण परिणामित्र हानियाँ एवं दक्षता पर पड़ने वाले प्रभाव की व्याख्या कीजिये।
25. परिणामित्र में शीतलन की आवश्यकता क्यों होती है? उसके लिये तेल निमज्जित स्वाभाविक तेल शीतलन विधि का वर्णन कीजिये।
26. एक 3300/300 वोल्ट के एकल कलीय परिणामित्र का अधिकतम फलक्स घनत्व 0·675 तथा क्रोड का प्रभावी परिच्छेद क्षेत्रफल 200 cm^2 है। परिणामित्र के प्राथमिक एवं द्वितीयक कुण्डलनों की वृत्त संख्या ज्ञात कीजिये।
27. 5 kVA, 440/220 Volt, 50Hz एक कलीय परिणामित्र मे प्राथमिक वृन्त संख्या 400 है। उक्त हेतु (i) अधिकतम फ्लक्स (ii) द्वितीयक वृत्त-संख्या (iii) प्राथमिक विद्युत धारा (iv) वोल्टता रूपान्तरण अनुपात ज्ञात कीजिये।
28. ऑटो परिणामित्र के मुख्य उपयोगों का वर्णन करो।
29. (1) आइसोलेशन परिणामित्र (2) C.V.T.
30. स्वपरिणामित्र (Autotransformer) दो कुण्डलन परिणामित्र से किस प्रकार भिन्न है? इसमें ताम्र-बचत की व्याख्या कीजिये।

Scanned by CamScanner