Scanned with CamScanner

सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत
नवीनतम संशोधित N.S.Q.F. पाठ्यक्रमानुर

वैद्युत शक्ति का संचरण एवं वितरण

(Transmission & Distribution of Electrical Power)

चतुर्थ सेमेस्टर (द्वितीय वर्ष)
वैद्युत इन्जीनियरिंग के छात्र/छात्राओं के लिए)

Khushboo gautam

अखिलेश कुमार चतुर्वेदी
(एम० टेक०)
व्याख्याता (विद्युत)
राजकीय पॉलीटैक्निक हरख, बाराबंकी (उ० प्र०)

प्रकाशक :
जयप्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स
मेरठ

BOOK MARKET
Scanned with CamScanner

SYLLABUS–2019-20 (NSQF)

IV-Semester Elestrical Engineering

Transmission and Distribution of Electrical Power (TDEP)

DETAILED CONTENTS

1. Transmission Systems **(28 Periods)**

1.1. Layout of transmission system, selection of voltage for H.T and L.T lines, advantages of high voltage for Transmission both AC and DC

1.2. Comparison of different system : AC versus DC for power transmission, conductor material and sizes from standard tables

1.3. Constructional features of transmission lines : Types of supports, types of insulators, Types of supports, types of insulators, Types of conductors, Selection of insulators, conductors, earth wire and their accessories, Transposition of conductors and string efficiency of suspension type insulators, Bundle Conductors.

1.4. Mechanical features of line : Importance of sag, calculation of sag, effects of wind and ice related problems; Indian electricity rules pertaining to clearance.

1.5. Electrical features of line : Calculation of resistance, inductance and capacitance without derivation in a.c. transmission line, voltage regulation, and concept of corona. Effects of corona and remedial measures.

1.6. Transmission Losses

1.7. Economic Principle of Transmission

Kelvin's law, limitation of Kelvin's law modification in Kelvin's law.

2. Distribution System **(21 Periods)**

2.1. Layout of HT and LT distribution system, constructional feature of distribution lines and their erection. LT feeders and service mains, Simple problems on AC radial distribution system, determination of size of conductor.

2.2. Preparation of estimates of HT and LT lines (OH and Cables)

2.3. Constructional features of LT (400 V), HT (11 kV) underground cables, advantages and disadvantages of underground system with respect to overhead system.

2.4. Losses in distribution system.

2.5. Faults in underground cables-determine fault location by Blavier Test, Murray Loop Test, Varley Loop Test.

3. Substations **(21 Periods)**

3.1. Brief idea about substations; out door grid sub-station 220/132 KV, 66/33 KV outdoor substations, pole mounted substations and indoor substation.

3.2. Layout of 33/11 KV & 220/33 KV distribution substation and various auxiliaries and equipment associated with it.

4. Power Factor **(14 Periods)**

4.1. Concept of power factor

4.2. Reasons and disadvantages of low power factor

4.3. Methods for improvement of power factor using capacitor banks, Static VAR Compensator (SVC)

5. Revenue and Energy Loss **(14 Periods)**

Technical losses and Commercial losses, Input energy calculation, Sales calculation, Billing efficiency, Collection efficiency, Total energy billed (KWH), Percent aggregated technical and commercial losses.

Note : Students should visit power generation plants, sub-stations etc.

Scanned with CamScanner

विषय-सूची

क्र० सं०	अध्याय	पृष्ठ सं०
1.	**संचरण पद्धति (Transmission System)**	**1-84**
1.1.	संचरण पद्धति का आरेखण (Layout of Transmission System)	1
1.2.	लघु संचरण लाइनों का निष्पादन (Performance of Short Transmission Lines)	6
1.3.	संचरण लाइनों की संरचनात्मक विशेषतायें (Consturctional Features of Transmission Lines)	16
1.4.	लाइनों का यांत्रिक अभिकल्पन (Mechanical Feature of Lines)	46
1.5.	लाइनों का विद्युत अभिकल्पन (Electrical Features of Lines)	60
1.6.	पारेषण हानियाँ (Transmission Losses)	71
1.7.	संचरण के मितव्ययी सिद्धांत (Economical Principles of Transmission)	73
	• प्रश्नावली	79
2.	**वितरण प्रणाली (Distribution System)**	**85-155**
2.1.	एच०टी० एवं एल०टी० वितरण प्रणाली का आरेख (Layout of H.T. and L.T. Distribution System)	85
2.2.	दिष्ट-धारा वितरण प्रणाली (D.C. Distribution System)	91
2.3.	शिरोपरि लाइनों का आगणन (वितरण लाइन) (Preparation of Estimates of HT and LT Lines (OH and Cable))	120
2.4.	भूमिगत केबिलें (Underground Cables)	122
2.5.	संरचना के अनुसार केबिलों का वर्गीकरण (Classification of Cables According to the Construction)	135
2.6.	केबिल प्रदोष एवं परीक्षण (Cable Fault and Testing)	139
	• प्रश्नावली	152
3.	**विद्युत उपकेन्द्र (Electrical Sub-Stations)**	**156-166**
3.1.	प्रस्तावना (Introduction)	156
3.2.	विद्युत उपकेन्द्र का वर्गीकरण (Classification of Sub-stations)	157
3.3.	विद्युत उपकेन्द्र के प्रमुख भाग (Equipments in a Transformer Sub-station)	162
3.4.	विद्युत उपकेन्द्रों पर प्रयुक्त युक्तियों के प्रारूप (Types of Devices used on Electric Sub-station)	163
3.5.	विद्युत उपकेन्द्र में लगाने वाले उपयन्त्र (Equipments in a Transformer Sub-station)	164

Scanned with CamScanner

4. शक्ति गुणक (Power Factor)	**167-182**
4.1. प्रस्तावना (Introduction)	167
4.2. निम्न शक्ति गुणक का प्रभाव (Effect of Low Power Factor)	169
4.3. निम्न शक्ति गुणक संशोधन की विधियाँ (Methods of Low Power Factor Improvement)	172
• प्रश्नावली	181
5. राजस्व एवं ऊर्जा क्षरण (Revenue and Energy Loss)	**183-193**
5.1. पारिभाषिक शब्दावली (Defining Terminology)	183
5.2. रसोईघरों में ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation in Kitchens)	184
5.3. आवासीय विद्युत संरक्षण (Domestic Electric Conservation)	184
5.4. पम्प सेट में ऊर्जा बचत (Energy Saving in Pump Set)	185
• **Appendix I-II**	**194**

❑❑❑

अध्याय 1

संचरण पद्धति
(Transmission System)

1.1. संचरण पद्धति का आरेखण (Layout of Transmission System)

प्रस्तावना (Introduction)

विद्युत शक्ति के संचरण और वितरण का तात्पर्य, विद्युत शक्ति को जनन केन्द्र (जहाँ से विद्युत का जनन (उत्पादन) होता है) से उपभोक्ता (Consumers) के माँग बिन्दु (Demand point) तक के पहुँचाने के बीच की कड़ी होती है।

- विकसित देशों (जैसे—जापान, अमेरिका आदि) में उत्पादन की अधिकतम वोल्टता 33 kV है, जबकि भारत में यह 11 kV एवं 15.75 kV है।
- भारत में संचरण वोल्टता (Transmission voltage) 800 kV, 750 kV, 400 kV, 220 kV और 132 kV है। 800 kV substation उन्नाव, कानपुर के पास स्थित है।
- सभी संचरण और वितरण प्रणाली त्रिकला पद्धति (3-ϕ system) में होती है।
- संचरण लाइन और फीडर में 3-Phase 3-wire circuits होते हैं।
- वितरण प्रणाली 3-Phase 4-wire परिपथ होता है, क्योंकि घरेलू एवं कॉमर्शियल उपभोक्ता के सिंगल फेज लोड के लिए Supply के साथ एक Neutral तार अति आवश्यक होता है।
- संचरण जाल (Transmission Network) को सामान्यत: ग्रिड (Grid) के नाम से जाना जाता है।

पारिभाषिक शब्दावली (Definitive Terminology)

(i) निम्न वोल्टता (Low Voltage)—250 V से नीचे की वोल्टता को निम्न वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत 200 V, 220 V, 230 V, 240 V, 250 V आदि A.C. Single Phase तथा डी० सी० मानक Supply voltage आती हैं।

(ii) मध्यम वोल्टता (Medium Voltage)—250 V से ऊपर तथा 650 V से नीचे की वोल्टता (250 V–650 V) को मध्यम वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत 346/200 V, 380/220 V, 400/230 V, 415/240 V, 440/250 V आदि ए० सी० थ्री फेज, फोर वायर तथा 400/200 V, 440/220 V, 500/250 V आदि डी० सी० मानक सप्लाई वोल्टताएँ आती हैं।

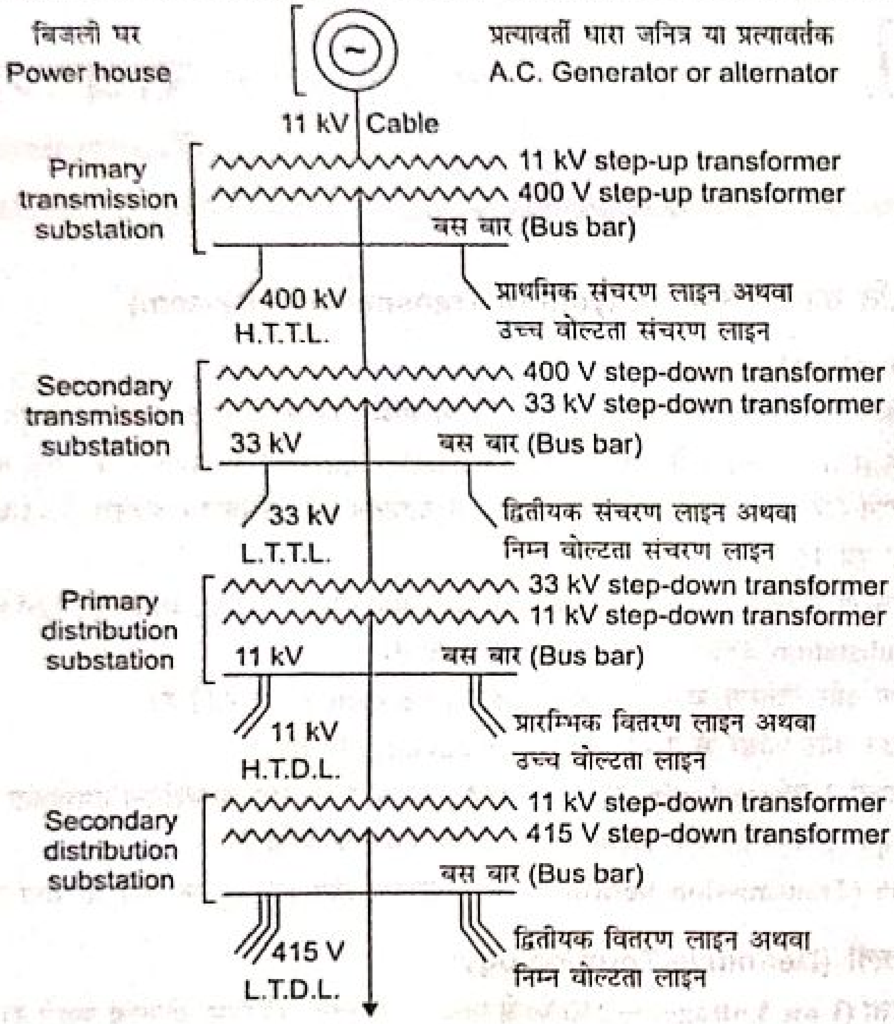
(iii) उच्च वोल्टता (High Voltage)—650 V से ऊपर तथा 33 kV से नीचे की वोल्टता (650 V–33 kV) को उच्च वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) 1.1 kV, 2.2 kV, 3.3 kV, 6.6 kV, 11 kV, 22 kV, 33 kV आदि मानक सप्लाई वोल्टताएँ आती हैं।

(iv) अति उच्च वोल्टता (Extra High Voltage)—33 kV से ऊपर की वोल्टता को अति उच्च वोल्टता कहते हैं। जैसे—66 kV, 132 kV आदि।

(v) मानक आवृत्ति (Standard Frequency)—मानक आवृत्ति, 50 Hz अपनायी जाती है, जबकि विकसित देशों जैसे अमेरिका और जापान में मानक आवृत्ति का मान 60 Hz है।

Scanned with CamScanner

विद्युत-जनन संचरण एवं वितरण का एक रेखीय आरेख (Single Line Diagram of Electrical-generation, Transmission and Distribution)



चित्र-1.1 : Low tension distribution line.

मानक प्रणाली आवृत्ति (Standard System Frequency)

भारत में शक्ति प्रणाली की मानक आवृत्ति 50 Hz है और यह 3% से अधिक अपगामी नहीं होनी चाहिए।

मानक जनन वोल्टताएँ (Standard Generating Voltages)

(i) 6.6 kV—यह व्यक्तिगत बिजलीघरों की जनन वोल्टता है जिसे स्व-कारखानों, मिलों, उद्योगों आदि के प्रचालन के लिए उत्पादन किया जाता है।

(ii) 11 kV—यह भारत के लगभग सभी राजकीय विद्युत परिषदों के अन्तर्गत, वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने वाले पुराने बिजलीघरों की जनन वोल्टता है।

(iii) 33 kV—यह रूस, अमेरिका, जर्मनी, जापान आदि प्रगतिशील देशों में प्रतिष्ठापित पावर हाउस की जनन वोल्टता है।

हाई वोल्टेज ट्रांसमिशन के लाभ (Advantages of High Voltage Transmission)

High Voltage Transmission के निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) निम्न धारा (Low Current)—स्थिर शक्ति संचरण तथा स्थिर शक्ति गुणांक की स्थिति में उच्च वोल्टता की संचरण लाइन में धारा का मान निम्न होता है—

Scanned with CamScanner

शक्ति संचरण (Power Transmission)

$\because$ $$P = VI\cos\phi$$

$\therefore$ $$I = \frac{P}{V\cos\phi}$$

जहाँ

$P \rightarrow$ Power of transmission line kW or MW

$V \rightarrow$ Standard transmission voltage in kV or V

$I \rightarrow$ Standard transmission line current in ampere.

$\cos\phi \rightarrow$ Power factor.

$$I \propto \frac{1}{V} \quad \text{(at constant } P \text{ and } \cos\phi)$$

अर्थात् $V \uparrow$ then $I \downarrow$

शक्ति और शक्ति गुणांक नियत होने पर Voltage एवं Current एक दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती होते है।

(ii) निम्न वोल्टतापात (Low Voltage Drop)—$\because$ H.V. Transmission पर, Current का मान निम्न होने के कारण संचरण लाइन में वोल्टेज ड्रॉप (IZ) कम होता है, क्योंकि Line Impedance (Z) अर्थात् संचरण लाइन प्रतिबाधा लगभग नियत रहता है, धारा I के घटने और बढ़ने से ही Line Voltage drop बदलता है।

(iii) निम्न शक्ति हानियाँ (Low Power Losses)—High Voltage Transmission पर, Current का मान निम्न होने के कारण संचरण लाइन में वैद्युत हानियाँ ($\because$ Power Losses $\propto I^2$) I^2R-losses कम हो जाते है।

(iv) चालक पदार्थ की बचत (Saving of Conductor Materials)—किसी भी Conductor material की Conductivity के अनुसार, प्रत्येक चालक के धारा घनत्व (Current Density) की सीमा निश्चित होती है। इसी कारण निम्न धारा पर ट्रांसमिशन लाइनों में अपेक्षाकृत पतले तारों का प्रयोग किया जाता है जिससे चालक पदार्थों की बचत होती है।

$\because$ वैद्युत शक्ति, $$P = VI\cos\phi$$

तथा धारा $$I = DA$$

$\because$ $$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$\therefore$ $$d^2 = \frac{4A}{\pi} = \frac{4I}{\pi D} \qquad \left\{\because A = \frac{I}{D}\right\}$$

$$d^2 = \frac{4I}{\pi D} = \frac{4P}{\pi DV\cos\phi} \qquad \left\{I = \frac{P}{V\cos\phi}\right\}$$

अर्थात् $$d^2 \propto A \propto I \propto \frac{1}{D} \propto \frac{1}{V} \qquad \text{(at constant } P \text{ and } \cos\phi)$$

अर्थात् चालक के व्यास का वर्ग, Voltage के व्युत्क्रमानुपाती होता है जिसके कारण High Voltage Transmission पर Conductor के व्यास में कमी होती है जिससे चालक पदार्थ की बचत होती है और लाइन की Economical Cost अर्थात् मितव्ययी लागत कम होती है।

(v) उच्च संचरण दक्षता (High Transmission Efficiency)—High Voltage Transmission पर, Low Power losses (I^2R-Losses) होने के कारण, संचरण लाइन की वैद्युत शक्ति संचरण दक्षता बढ़ जाती है।

$\because$ $$\%\eta = \frac{P_R}{P_R + P_{loss}} \times 100 \text{ or } \left(1 - \frac{P_{loss}}{P_S}\right) \times 100$$

जहाँ P_R = Receiving ends Power

P_S = Sending ends Power

η = Efficiency (दक्षता)

P_{loss} = Losses of transmission line

(vi) श्रेष्ठतर वोल्टता नियमन (Better Voltage Regulation)—High Voltage Transmission पर, लो वोल्टेजड्रॉप (IZ-drop) के कारण संचरण लाइन का वोल्टता नियमन श्रेष्ठ हो जाता है।

$$\because \quad \% R = \frac{IZ}{V_R} \times 100$$

where IZ = Voltage Drop

V_R = Receiving ends power

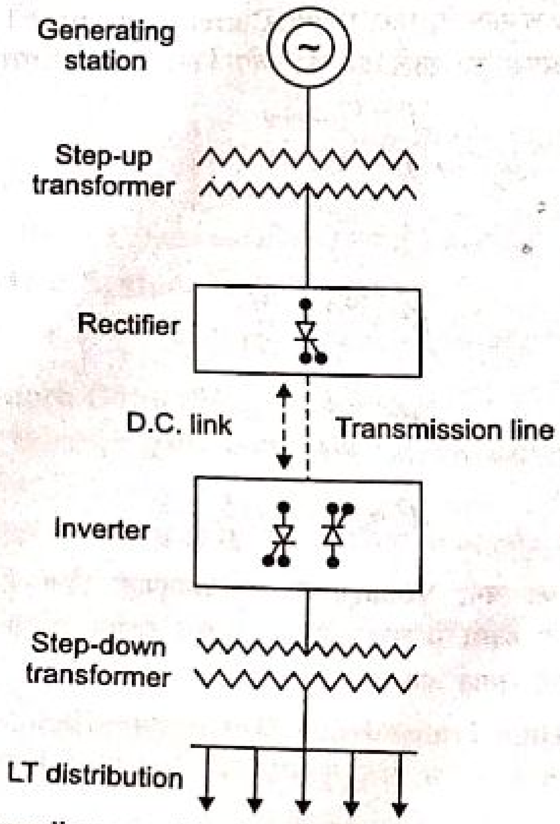
R = वोल्टेज नियमन (Voltage Regulation)

Z = संचरण लाइन प्रतिबाधा (Line Impedance)

(vii) अन्य पदार्थों की बचत (Saving of Other Materials)—संचरण लाइन की H.V. Transmission पर पतले तार के कारण, लाइन चालक का भार भी कम होता है जिससे इंस्यूलेटर, Cross-arm, Support, Foundation आदि में प्रयोग किये जाने वाले पदार्थों की बचत होती है।

इस प्रकार High Voltage Transmission पर Low Current के कारण यह पूर्ण रूपेण मितव्ययी (Economical) साबित होती है।

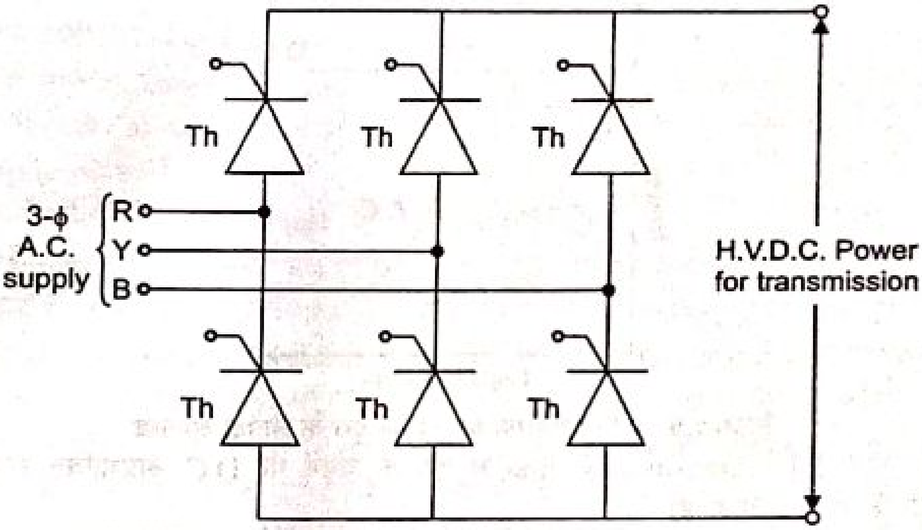
उच्च वोल्टता दिष्ट धारा शक्ति संचरण
(High Voltage Direct Current Power Transmission (H.V.D.C.))



चित्र-1.2 : Line diagram of typical H.V. D.C. transmission system.

Scanned with CamScanner

H.V.D.C. Transmission System—किसी भी Generating Station में Electrical Power A.C. के रूप में उत्पन्न किया जाता है। पुन: उसको Step-up Transfarmer की सहायता से उच्च वोल्टता में परिवर्तित करते हैं। चूँकि लम्बे संचरण के लिए A.C. की अपेक्षा D.C. अधिक मितव्ययी होता है जिसके कारण हम किसी दिष्टकारी से A.C. को D.C. में परिवर्तित करते हैं और इसको Transmit कर देते हैं और पुन: ग्राह्य सिरों पर Inverting सबस्टेशन को स्थापित कर, D.C. को A.C. में परिवर्तित कर देते हैं। तथा Step-down Transformer की सहायता से इस उच्च वोल्टता को निम्न वोल्टता में परिवर्तित कर Distribution के लिए देते हैं।



चित्र-1.3 : थायरिस्टर (Thyristor) विधि से 3-ϕ power का परिवर्तन

प्रत्यावर्ती तथा दिष्ट धारा की तुलना
(Comparison of A.C. and D.C.)

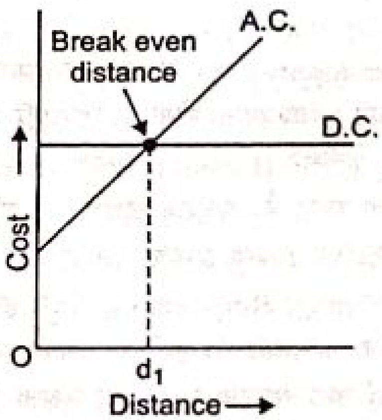
वैद्युत शक्ति का संचरण उच्च वोल्टता की प्रत्यावर्ती धारा की अपेक्षा दिष्टधारा से अधिक मितव्ययी होता है, जिसके निम्न कारण हैं—

(1) H.V.D.C. शक्ति के संचरण के लिए केवल दो चालकों की आवश्यकता होती है, जिससे चालकों की बचत होती है।

(2) H.V.D.C. शक्ति के संचरण में प्रेरकत्व, संधारित्र एवं कला विस्थापन की कोई समस्या नहीं होती है।

(3) H.V.D.C. शक्ति के संचरण में स्किन इफैक्ट न होने के कारण Conductor के पूरे अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (Cross-section area) का प्रयोग होता है।

(4) ओवर लांग डिस्टेंस के संचरण के लिए किसी भी Stabilizer की आवश्यकता नहीं होती है।



चित्र–1.4 : Changing of cost according to distance of Transmission line.

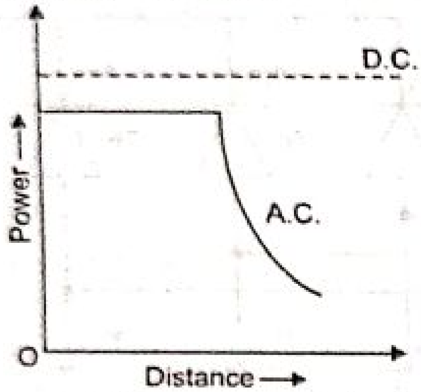
Scanned with CamScanner

चित्र-1.4 से स्पष्ट है कि ब्रेक ईवेन डिस्टेन्स d_1 तक D.C. की अपेक्षा A.C. अधिक मितव्ययी है परन्तु इससे अधिक दूरी होने पर A.C. की अपेक्षा D.C. अधिक मितव्ययी है। ब्रेक ईवन डिस्टेन्स के बाद A.C. के संचरण का मूल्य बहुत तेजी से बढ़ता है; जबकि D.C. का मूल्य नियत रहता है।

इस Break even distance का मान,

Overhead संचरण लाइन के लिए = 500 – 800 km

तथा Underground संचरण लाइन के लिए = 40 km है।



चित्र–1.5 : शक्ति संचरण क्षमता का दूरी के सापेक्ष आलेख

चित्र-1.5 से स्पष्ट है कि Transmission line में दूरी के बढ़ने पर D.C. अप्रभावित रहता है परन्तु A.C. में Power का मान दूरी के सापेक्ष घटता है।

संचरण लाइन के चयन के लिये कारक
(Factors for Selection of Transmission Line)

(1) संचरण प्रणाली का प्रारूप अर्थात् शिरोपरि चालक प्रणाली तथा भूमिगत केबिल प्रणाली में से कोई एक

(2) ट्रांसमिशन लाइन की दूरी

(3) ट्रांसमिशन लाइन की उपयुक्त लाइन वोल्टता

(4) ट्रांसमिशन लाइन की स्वीकृत वोल्टता नियमन

(5) ट्रांसमिशन लाइन द्वारा संचरित वैद्युत शक्ति

(6) ट्रांसमिशन लाइन में वैद्युत शक्ति हानियाँ

(7) ट्रांसमिशन लाइन की दक्षता

1.2. लघु संचरण लाइनों का निष्पादन
(Performance of Short Transmission Lines)

प्रस्तावना (Introduction)

किसी भी विपुल वैद्युत (Bulk Power supply) को संचरित या वितरित करने के लिए हमको शिरोपरि संचरण लाइन (Overhead Transmission Lines) की आवश्यकता होती है। शिरोपरि संचरण लाइन के कई घटक (Factors) होते हैं। जैसे कि—वोल्टतापात (Voltage drop), हानियाँ (Losses), दक्षता (Efficiency) आदि। इन घटकों का मान लाइन स्थिरांक *R*, *L* व *C* के अनुसार परिवर्तित होता रहता है। संचरण लाइनों का प्रतिरोध शक्ति हानियां (Power Losses) का महत्त्वपूर्ण घटक है जो कि संचरण की दक्षता पर विशेष प्रभाव डालता है। मितव्ययिता (Economy) के दृष्टिकोण से शिरोपरि संचरण Lines में वोल्टता नियमन (Voltage Regulation), वैद्युत हानियां (Electrical Losses), संचरण दक्षता (Transmission Efficiency) आदि का होना अनिवार्य है। इसी से हमारी संचरण लाइन की Designing होती है। इस अध्याय में हम वोल्टता नियमन, लाइन हानियाँ तथा संचरण लाइन की दक्षता के सूत्रों का अध्ययन करेंगे।

Scanned with CamScanner

शिरोपरि संचरण लाइनों का वर्गीकरण (Classfication of Overhead Transmission Lines)

संचरण लाइन के तीन स्थिरांक *R*, *L* व *C* होते हैं जो कि चालक की सम्पूर्ण लम्बाई पर समान रूप से वितरित रहता है, इसलिए इनको Distributed Parameter भी कहते हैं। अत: इसकी लम्बाई के अनुसार संचरण लाइन 3 प्रकार की होती है—

(1) लघु संचरण लाइन (Short Transmission Lines)

(2) मध्यम संचरण लाइन (Medium Transmission Lines)

(3) दीर्घ संचरण लाइन (Long Transmission Lines)

(1) लघु संचरण लाइन (Short Transmission Lines)—जब शिरोपरि संचरण Line 50 km से 80 km तक रहती है तथा उसकी वोल्टता 20 kV से कम हो तो प्राय: इसको लघु संचरण लाइन कहते हैं। इसकी निम्नलिखित परिकल्पनाएँ (Assumptions) होती हैं—

(i) Voltage—ये लाइनें 20 kV voltage पर operate होती हैं।

(ii) प्राचल (Parameters)—**प्राचल अथवा स्थिरांक**—चूँकि इनकी कार्य-कुशलता (Performance) दो प्राचल *R* व *L* पर निर्भर करती है, इसलिये परिकल्पनाओं के समय केवल इन्हीं पर विचार किया जाता है।

(iii) संकेन्द्रित प्राचल (Concentrated Parameters)—चूँकि इसके Conductor की सम्पूर्ण लम्बाई में प्राचल (Parameters) समान रूप से वितरित रहते हैं, पर परिकल्पनाओं के समय इनको एक बिन्दु पर संकेद्रित (Concentrated) मान लिया जाता है। अर्थात् इस तरह के प्राचल (Parameters) को हम Lumped Parameter भी कहते हैं।

(iv) एकरूपता (Identical)—इनकी एकरूपता *R* तथा *L* के Loop circuit के बराबर होती हैं।

(v) धारिता प्रभाव (Capacitance Effect)—इसमें धारिता प्रभाव नगण्य होता है, क्योकि इसकी लम्बाई नगण्य होती है।

(vi) परिकलन करते हुए, जनित्र/ट्रांसफार्मर की तुल्यकाली प्रतिबाधा को Transmission line की प्रतिबाधा के series में Connect कर G/T/F को व्यक्त करना चाहिए।

(2) मध्यम संचरण लाइन (Medium Transmission Lines)—जब शिरोपरि संचरण लाइनों की लम्बाई 50 से 150 km. तक होती है तथा प्रचालन वोल्टता (Operating Voltage) 20 kV से 100 kV तक होती है तो उसे मध्यम संचरण लाइन कहा जाता है। इसकी भी निम्न परिकल्पनाएँ हैं—

(i) प्राचल (Parameter)—इनकी कार्य-कुशलता तीनों प्राचल *R*, *L* व *C* पर निर्भर करती है। इसलिये परिकल्पना करते समय तीनों पर विचार किया जाता है।

(ii) संकेन्द्रित प्राचल (Concentrated Parameter)—यद्यपि सारे प्राचल (Parameters) चालक की सम्पूर्ण लम्बाई पर समान रूप से वितरित रहते हैं, पर परिकल्पना करते समय तीनों को संकेन्द्रित माना जा सकता है।

(iii) धारिता प्रभाव (Capacitance Effect)—इसमें Conductor की लम्बाई उपयुक्त होती है, इसलिये इसमें इसका प्रभाव नगण्य (Neglect) नहीं किया जा सकता है।

(iv) विधियाँ (Methods)—इनका परिकलन करते समय इसमें तीन स्थानीकृत विधियों (Localised Capacitance Methods) का प्रयोग किया जाता है—

(a) सिरा धारिता विधि (End Condenser Method)

(b) नाम सम्बन्धी 'T' विधि (Nominal 'T' Method)

(c) नाम सम्बन्धी 'पाई' विधि (Nominal 'π' Method)

(3) दीर्घ संचरण लाइन (Long Transmission Lines)—जब शिरोपरि संचरण लाइनों की लम्बाई 150 km से अधिक व प्रचालन वोल्टता (Operating Voltage) 100 kV से अधिक हो तो उसे दीर्घ संचरण लाइन कहते हैं। इसकी परिकल्पनाएँ निम्न है—

(i) प्राचल (Parameter)—इसकी कार्यकुशलता का परिकलन करते समय तीनों Parameters *R*, *L* एवं *C* पर विचार किया जाता है।

Scanned with CamScanner

(ii) वितरित प्राचल (Distributed Parameters)—इसमें भी सम्पूर्ण चालक पर Parameters समान रूप से वितरित रहता है और परिकलन करते समय इन्हें पूरे चालक पर वितरित ही मान सकते हैं।

(iii) उचित length होने के कारण Capacitance effect पर विशेष ध्यान देते हैं।

महत्वपूर्ण तथ्य (Important Terms)

जब संचरण लाइनों की कार्यकुशलता का अध्ययन करतें हैं तो उसके वोल्टता नियमन तथा संचरण दक्षता की आवश्यकता होती है।

(i) वोल्टता नियमन (Voltage Regulation)—जब किसी लाइन में धारा प्रवाहित होती है तो उसके प्रेरकत्व (Inductance) व प्रतिरोध (Resistance) के कारण उसमें Voltage drop होता है, अत: अभिग्राही सिरे (Receiving End) पर वोल्टता (V_R) प्रेषण सिरे (Sending End) (V_S) वोल्टता से कम प्राप्त होती है।

इसी Voltage drop का अभिग्राही सिरे (V_R) पर प्राप्त वोल्टता (V_R) के सापेक्ष प्रतिशत उसका वोल्टता नियमन (Voltage Regulation) कहलाता है।

$$\text{प्रतिशत वोल्टता नियमन } (\%R) = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

स्थिति-1 : यदि $V_S > V_R$, तब $\%R =$ धनात्मक मान

स्थिति-2 : यदि $V_S < V_R$, तब $\%R =$ ऋणात्मक मान

स्थिति-3 : यदि $V_S = V_R$, तब $\%R =$ शून्य मान

(ii) संचरण दक्षता (Transmission Efficiency)—अभिग्राही सिरे (Receiving End) पर प्राप्त शक्ति प्राय: प्रेषण सिरे (Sending End) से भेजी गयी शक्ति से कम होती है, क्योंकि बीच में Voltage Drops होते हैं।

अभिग्राही सिरे पर प्राप्त वैद्युत शक्ति व प्रेषण सिरे की वैद्युत शक्ति का अनुपात संचरण दक्षता (Transmission Efficiency) कहलाती है।

यदि—

प्रेषण सिरे (Sending End) की वोल्टता $= V_S$

अभिग्राही सिरे की वोल्टता $= V_R$

प्रेषण सिरे की वैद्युत धारा $= I_S$

अभिग्राही सिरे (Receiving End) पर वैद्युत धारा $= I_R$

प्रेषण सिरे का शक्ति गुणक $= \cos\phi_S$

अभिग्राही सिरे का शक्ति गुणक $= \cos\phi_R$

प्रेषण सिरे की शक्ति $= P_S = V_S I_S \cos\phi_S$

अभिग्राही सिरे की शक्ति $= P_R = V_R I_R \cos\phi_R$

प्रतिशत संचरण दक्षता (Percentage Transmission Efficiency)

$$= \frac{\text{अभिग्राही सिरे पर वैद्युत शक्ति}}{\text{प्रेषण सिरे पर वैद्युत शक्ति}} \times 100$$

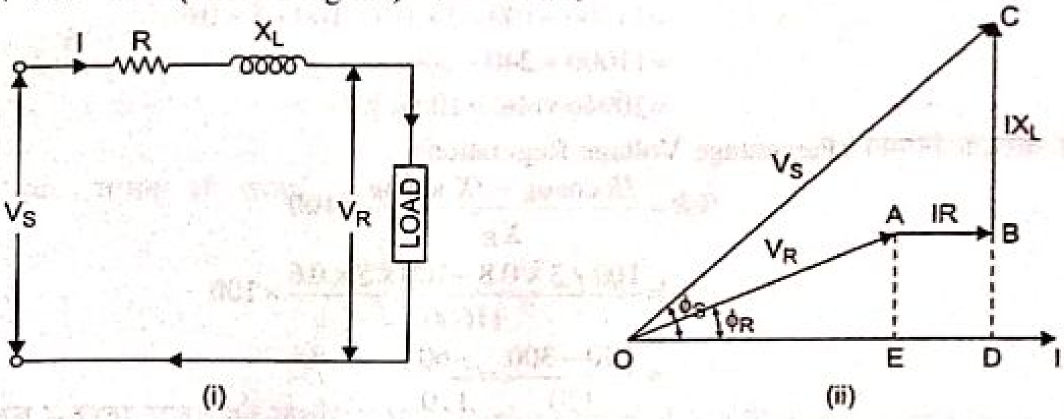
$$\%\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100$$

$$\%\eta = \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_S I_S \cos\phi_S} \times 100$$

Scanned with CamScanner

लघु संचरण लाइनों का निष्पादन (Performance of Short Transmission Lines)

जैसा कि पहले बताया जा चुका है कि लघु संचरण लाइनों (Short Transmission Lines) में धारिता का प्रभाव नगण्य होता है इसलिये जब इसके निष्पादन का अध्ययन करते हैं तो केवल इसके प्रतिरोध व प्रेरकत्व को ही लिया जाता है। जैसा कि चित्र (i) में एकल कला लघु संचरण लाइन का तुल्य परिपथ (Equivalent Circuit) दिखाया गया है तथा चित्र (ii) में उसका कला आरेख (Phase Diagram) दिखाया गया है।



चित्र–1.6

$$(OC)^2 = (OD)^2 + (CD)^2$$
$$= V_S^2 = (OE + ED)^2 + (BD + BC)^2$$
$$\Rightarrow \quad V_S^2 = (V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX_L)^2$$
$$\Rightarrow \quad V_S = \sqrt{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX_L)^2}$$

(i) प्रतिशत वोल्टता नियमन (Percentage Voltage Regulation)

$$= \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

(ii) प्रेषण सिरा शक्ति गुणक (Sending End P.F.)

$$\cos\phi_S = \frac{OD}{OC} = \frac{V_R \cos\phi_R + IR}{V_S}$$

(iii) निष्पादित शक्ति (Power Delivered) $= V_R I_R \cos\phi_R$

भेजी गयी शक्ति (Power Sent Out) $= (V_R I_R \cos\phi_R + I^2 R)$

प्रतिशत संचरण दक्षता (Percentage Transmission Efficiency)

$$\%\eta = \frac{\text{Power delivered}}{\text{Power sent out}} \times 100 = \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_R I_R \cos\phi_R + I^2 R} \times 100$$

एकल कला संचरण लाइन सम्बन्धी साधित उदाहरण
(Solved Examples on 1-φ Transmission Line)

Example 1. कोई एक एकल कलीय 10 km लम्बी 11 kV की लाइन लोड सिरे पर 0.8 शक्ति गुणक (अग्रगामी)(Leading Power Factor), 100 A पर धारा प्रदान कर रही है। लाइन का प्रतिरोध 03 Ω/km तथा प्रतिघात 05 Ω/km है। प्रेषण सिरा वोल्टता (Sending End Voltage) प्रतिशत नियमन व लाइन की दक्षता ज्ञात कीजिए।

हल—

कुल प्रतिरोध (Resistance) $R = 0.3 \times 10 = 3\,\Omega$

कुल प्रतिघात (Reactance) $X = 0.5 \times 10 = 5\,\Omega$

Scanned with CamScanner

अभिग्राही सिरा शक्ति गुणक $(\cos\phi_R) = 0.8$ (Leading)
अभिग्राही सिरा प्रतिघाती शक्ति गुणक $(\sin\phi_R) = 0.6$ (Leading)
अभिग्राही सिरा वोल्टता $(V_R) = 11$ kV $= 11000$ V
प्रेषण सिरा वोल्टता (Sending Ends Voltage)

$$V_S = V_R + IR\sin\phi_R - IX\sin\phi_R$$
$$= 11000 + 100\times 3\times 0.8 - 100\times 5\times 0.6$$
$$= 11000 + 240 - 300$$
$$= 10940 \text{ volts} = 10.94 \text{ kV}$$

प्रतिशत वोल्टता नियमन (Percentage Voltage Regulation)

$$\%R = \frac{IR\cos\phi_R - IX\sin\phi_R}{X_R}\times 100$$
$$= \frac{100\times 3\times 0.8 - 100\times 5\times 0.6}{11000}\times 100$$
$$= \frac{240-300}{110} = \frac{-60}{110}$$
$$= -0.545\%$$

कुल शक्ति हानियाँ (Total Power Losses)

$$P_{Loss} = I^2R$$
$$= (100)^2\times 3 = 3\times 10^4 \text{ watt}$$

अभिग्राही सिरा शक्ति, $P_R = V_R I_R \cos\phi_R$
$$= 11000\times 100\times 0.8$$
$$= 88\times 10^4 \text{ watt}$$

प्रेषण सिरा शक्ति, $V_S = P_R + P_{(Losses)}$
$$= 88\times 10^4 + 3\times 10^4$$
$$= 91\times 10^4 \text{ watt}$$
$$= 910 \text{ kW}$$

प्रतिशत दक्षता (Percentage Efficiency)

$$\%\eta = \frac{88\times 10^4}{91\times 10^4}\times 100$$
$$= 96.70\%$$

Example 2. किसी एकल कला संचरण लाइन की अधिकतम लम्बाई (किमी० में) ज्ञात कीजिए, जिसकी अनुप्रस्थ काट 0.775 cm^2 है व एकल शक्ति गुणक व 330 V की वोल्टता पर निर्गत शक्ति 200 kW है। इसकी संचरण दक्षता 90% है। इसका विशिष्ट प्रतिरोध 1.7254Ω cm. है।

हल—

अभिग्राही सिरा शक्ति $(P_R) = 200$ kW $= 200000$ W — P_R = Receiving end power

संचरण दक्षता $= 0.9$

प्रेषण सिरा शक्ति $(P_S) = \frac{200000}{0.9} = 2{,}22{,}222$ W — P_S = Sending end power

लाइन हानियाँ $= 222222 - 200000 = 22{,}222$ watt

लाइन धारा $(I) = \frac{200\times 10^3}{3300\times 1} = 60.6$ A

Scanned with CamScanner

माना कि चालक का प्रतिरोध $R\Omega$ है।

लाइन हानियाँ $= 2I^2R$

$$22222 = 2\times(60.6)^2\times R$$

$$\Rightarrow \quad R = \frac{22222}{2\times(60.6)^2} = 3.025\,\Omega$$

हम जानते हैं

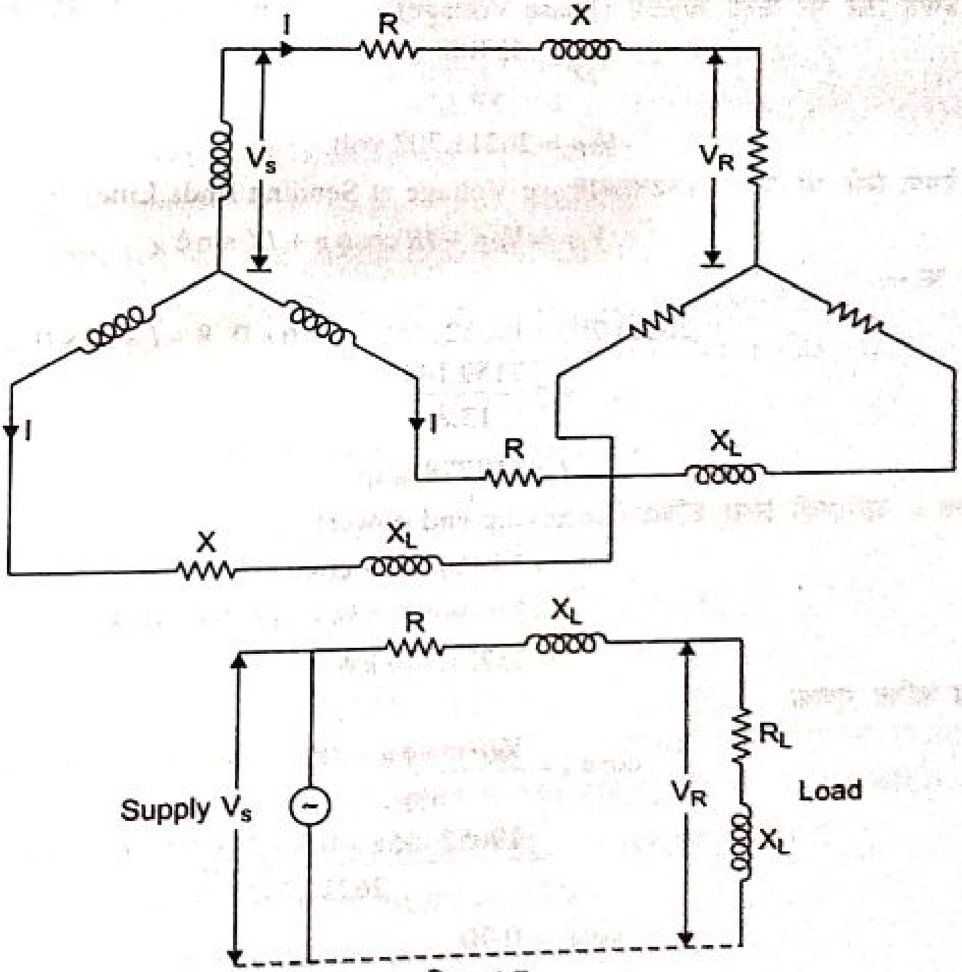
$$R = \rho\frac{l}{a}$$

तब, चालक की लम्बाई $(l) = \frac{Ra}{\rho}$

$$= \frac{3.02\times0.775}{1.725\times10^{-6}} = 1.36\times10^6 \text{ cm}$$

$$= 13.6 \text{ km}$$

3-ϕ लघु संचरण लाइन की कार्यकुशलता (Performance of 3-ϕ Transmission Line)—वैद्युत संचरण को और अधिक मितव्ययी बनाने के लिये 3-ϕ संचरण पद्धति का प्रयोग किया गया। 3-ϕ Unit को तीन अलग-अलग 1-ϕ Unit में विभाजित करने पर प्रत्येक Unit शक्ति का एक-तिहाई भाग (1/3 भाग) वैद्युत शक्ति संचरित करेगी। इसलिये नियमन, दक्षता आदि का Expression $1-\phi$ Line की तरह होता है।



चित्र-1.7

V_S = प्रेषण सिरा वोल्टता

V_R = अभिग्राही सिरा वोल्टता

R = चालक का प्रतिरोध (Ω मात्रक में)

X = चालक का प्रतिघात (Ω मात्रक में)

त्रिकला लघु संचरण लाइन सम्बन्धी साधित उदाहरण
(Solved Examples on Transmission Line)

Example 1. एक त्रिकला संचरण लाइन का अभिग्राही सिरा वोल्टता तथा प्रेषण सिरा वोल्टता क्रमश: 33 kV तथा 45.4 kV है। लाइन का प्रतिरोध 6Ω प्रतिकला तथा प्रतिघात 15Ω प्रतिकला है। वैद्युत भार के 0.8 (पश्च) शक्ति गुणक पर निर्गत शक्ति तथा प्रेषण सिरा शक्ति गुणक ज्ञात करिये।

हल—

∵ लाइन का अभिग्राही सिरा शक्ति गुणक, $\cos\phi_R = 0.8$ (पश्चगामी)

∴ लाइन का अभिग्राही सिरा प्रतिघाती गुणक, $\sin\phi_R = 0.6$ (पश्चगामी)

लाइन के ग्राही सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

$$= \frac{33000}{\sqrt{3}} \text{ volt}$$

$$V_{RP} = 19052.588 \text{ वोल्ट}$$

लाइन के प्रेषण सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

$$V_{SP} = \frac{45400}{\sqrt{3}}$$

$$V_{SP} = 26211.702 \text{ volt}$$

लाइन के प्रेषण सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage at Sending Ends Line)

$$V_{SP} = V_{RP} + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R$$

मान रखने पर—

$$26211.702 = 19052.558 + I \times 6 \times 0.8 + I \times 15 \times 0.6$$

$$I = \frac{7159.144}{13.8}$$

$$I = 518.778 \text{ amp}$$

निर्गत शक्ति = अभिग्राही सिरा शक्ति (Receiving end power)

$$= 3 \times V_{RP} \times I \times \cos\phi_R$$

$$= 3 \times 19052.558 \times 518.77 \times 0.8$$

$$= 23721.740 \text{ kW}$$

प्रेषण सिरा शक्ति गुणक,

$$\cos\phi_S = \frac{V_{RP}\cos\phi_R + IR}{V_{SP}}$$

$$= \frac{19052.558 \times 0.8 + 518.77 \times 6}{26211.702}$$

$$\cos\phi = 0.70$$

Example 2. 0.8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 4000 किलोवोल्ट ऐम्पियर का भार समर्पित करने वाली एक 20 km लम्बी, 66 kV, 50 चक्र प्रति सेकण्ड, त्रिकला लाइन का नियमन ज्ञात करिए, जबकि लाइन का प्रतिरोध 0.2 Ω/km तथा प्रेरकत्व 2 mH प्रति km है।

हल—∵ लाइन के अभिग्राही सिरे पर लाइन वोल्टता $V_{RL} = 66000$ V

∴ लाइन के अभिग्राही सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

$$V_{RP} = \frac{V_{RL}}{\sqrt{3}} = \frac{66000}{\sqrt{3}}$$

$$= 38105.117 \text{ volt}$$

∵ त्रिकला समर्पित भार $= 4000 \times 10^3$ V-amp

$$\text{इसलिए प्रतिकला समर्पित भार} = \frac{4 \times 10^6}{3} \text{ V-amp}$$

$$\text{भार धारा} = \frac{\text{वोल्ट-एम्पियर में प्रतिकला भार}}{\text{वोल्ट में प्रतिकला वोल्टता}}$$

$$I = \frac{4 \times 10^6}{3 \times 38105.117} = 35 \text{ amp}$$

∵ संचरण लाइन की कुल लम्बाई, $l = 20$ km

∴ प्रत्येक चालक का कुल प्रतिरोध $R = 0.2 \times 20 = 4\Omega$

प्रत्येक चालक का कुल प्रतिरोध $X = 2\pi fL \times l\Omega$

$$= 2 \times 3.14 \times 50 \times 2 \times 10^{-3} \times 20$$

$$= 12.57\Omega$$

∴ अभिग्राही सिरे पर शक्ति गुणक $\cos\phi_R = 0.8$ (पश्चगामी)

अभिग्राही सिरे पर प्रतिघाती गुणक $\sin\phi_R = 0.6$ (पश्चगामी)

अब लाइन के प्रेषण सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

$$V_{SP} = V_{RP} + IR\cos\phi_R + I \times \sin\phi_R$$

$$= 38105.117 + 35 \times 4 \times 0.8 + 35 \times 12.57 \times 0.6$$

$$= 38481.007 \text{ volt}$$

∴ लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन (% Voltage Regulation)

$$\%V_R = \frac{V_{SP} - V_{RP}}{V_{RP}} \times 100$$

$$= \frac{38481 - 38105}{38105} \times 100$$

$$\boxed{\%V_R = 0.9867\%}$$

Example 3. एक त्रिकला लाइन 3750 kVA का लोड 33 kV तथा 0.8 शक्ति गुणक पर प्रदत्त (fed) करती है। यदि लाइन के प्रत्येक चालक का प्रतिरोध तथा प्रतिघात क्रमशः 3Ω तथा 8.5Ω हो, तो ज्ञात करिये—

(a) प्रेषण सिरा वोल्टता (b) प्रेषण सिरा शक्ति गुणक (c) संचरण दक्षता

हल—लाइन के अभिग्राही सिरे पर लाइन वोल्टता = 33 kV

लाइन के अभिग्राही सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

Scanned with CamScanner

$$V_{RP} = \frac{33000}{\sqrt{3}}$$

$$= 19052 \text{ वोल्ट}$$

$$\text{लाइन धारा } (I) = \frac{3750 \times 1000}{3 \times 19052}$$

$$= 65.6 \text{ amp}$$

अभिग्राही सिरे पर शक्ति गुणक $\cos\phi_R = 0.8$ (पश्चगामी)

अभिग्राही सिरे पर प्रतिघाती गुणक $\sin\phi_R = 0.6$ (पश्चगामी)

लाइन के प्रेषण सिरे पर कला वोल्टता (Phase Voltage)

$$V_{SP} = V_R + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R$$

$$= 19052 + 65.6 \times 3 \times 0.8 + 65.6 \times 8.5 \times 0.6$$

$$= 19554 \text{ volt}$$

लाइन के प्रेषण सिरे पर लाइन वोल्टता

$$= \sqrt{3} \times 19554$$

$$= 33868.5 \text{ kV}$$

लाइन का प्रेषण सिरा शक्ति गुणक (Sending End Power Factor)

$$\cos\phi_S = \frac{V_R\cos\phi_R + IR}{V_{SP}}$$

$$= \frac{19052 \times 0.8 + 65.6 \times 3}{19554}$$

$$= 0.78 \text{ (पश्चगामी)}$$

अभिग्राही सिरे पर शक्ति (Power on Receiving End)

$$P_R = 3750 \times 0.8 \text{ kW}$$

$$= 3000 \text{ kW}$$

प्रेषण सिरे पर शक्ति (Power on Transmission End)

$$P_S = P_R + 3I^2R$$

$$\text{कुल हानियाँ } 3I^2R = 3 \times (65.6)^2 \times 3$$

$$= 38730 \text{ W}$$

$$P_S = (3000 + 38.730)$$

$$= 3038.730 \text{ kW}$$

प्रतिशत दक्षता,

$$= \frac{P_R}{P_S} \times 100$$

$$= \frac{3000}{3038.730} \times 100$$

$$\boxed{\%\eta = 98.72\%}$$

Scanned with CamScanner

महत्वपूर्ण सूत्र

1. पश्चगामी शक्ति गुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता (Sending End Voltage)

$$V_S = \sqrt{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX)^2} \text{ volt}$$
$$= V_R + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R \text{ volt}$$

2. पश्चगामी शक्ति गुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता की कोणीय दिशा,

$$\phi_S = \tan^{-1}\left(\frac{V_R \sin\phi_R + IX}{V_R \cos\phi_R + IR}\right) \text{ अंश}$$

3. अग्रगामी शक्ति गुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता (Sending End Voltage)

$$V_S = \sqrt{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R - IX)^2} \text{ volt}$$
$$= (V_R - IR\cos\phi_R - IX\sin\phi_R) \text{ volt}$$

4. अग्रगामी शक्ति गुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता की कोणीय दिशा,

$$\phi_S = \tan^{-1}\left(\frac{V_R \sin\phi_R - IX}{V_R \cos\phi_R + IR}\right) \text{ अंश}$$

5. लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन

$$\%R = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

6. पश्चगामी शक्ति गुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन

$$\%R = \frac{IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R}{V_R} \times 100$$

7. अग्रगामी शक्ति गुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन

$$\%R = \frac{IR\cos\phi_R - IX\sin\phi_R}{V_R} \times 100$$

8. प्रेषण सिरा शक्ति

$$P_S = V_S I_S \cos\phi_S \text{ watt}$$

9. अभिग्राही सिरा शक्ति

$$P_R = V_R I_R \cos\phi_R \text{ watt}$$

10. वैद्युत शक्ति हानियाँ

$$P_{loss} = (P_S - P_R) \text{ watt}$$

11. लाइन की प्रतिशत संचरण दक्षता

$$\%\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100 \text{ or } \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_S I_S \cos\phi_S} \times 100$$

or
$$\%\eta = \frac{P_R}{P_R + I^2R} \times 100$$

or
$$\%\eta = \frac{V_R I_R \cos\phi_R}{V_R I_R \cos\phi_R + I^2R} \times 100$$

$$\%\eta = \left(1 - \frac{P_{loss}}{P_S}\right) \times 100$$

$$\%\eta = \left(1 - \frac{I^2R}{V_S I_S \cos\phi_S}\right) \times 100$$

12. त्रिकला भार शक्ति (Three phase load power)

$$P_{3-\phi} = 3V_P I_P \cos\phi$$

$$P_{P_{3-\phi}} = \sqrt{3}V_L I_L \cos\phi$$

13. त्रिकला प्रतिशत हानियाँ ($3-\phi$ percentage losses)

$$\%P_{P_{3-\phi}}(\text{losses}) = \frac{3I^2R}{\sqrt{3}V_l I_l \cos\phi}$$

1.3. संचरण लाइनों की संरचनात्मक विशेषतायें (Constructional Features of Transmission Lines)

प्रस्तावना (Introduction)

उत्पादन केन्द्र (Power plant) से जनरेटेड विद्युत शक्ति (Electrical power) को संचरित (Transmit) करने के लिए संचरण लाइन और उससे सम्बन्धित अन्य उपयोगी एवं सहायक युक्तियों की मदद से विद्युत शक्ति (Electrical power) को न्यूनतम हानियों (Minimum losses) पर प्रेषण सिरे (Sending end) से अभिग्राही सिरे (Receiving end) तक पहुँचाने में मदद मिलती है।

इस अध्ययन के अन्तर्गत हम संचरण लाइन के संरचनात्मक स्वरूप से अवगत होंगे एवं संचरण लाइन के मुख्य अवयव आलम्ब (Support), क्रॉस आर्म, पोल (Pole) चालक (Conductor) एवं Insulator आदि का विस्तृत अध्ययन करेंगे। संचरण लाइन की दक्षता बढ़ाने में सहायक अन्य अवयव जैसे—Dampers, Guy wire, Bird guard, lighting arrester एवं Earthing wire मुख्य रूप से अपना कार्य करते हैं।

शिरोपरि लाइन के मुख्य अवयव (Main Components of Overhead Lines)

1. लाइन चालक (Line Conductor)—वैद्युत शक्ति को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने के लिए जिस युक्ति (Device) का प्रयोग करते हैं, उसे चालक कहते हैं।

Or

वैद्युत शक्ति को प्रेषण सिरे (Sending end) से अभिग्राही सिरे (Receiving end) तक ले जाने के लिए प्रयोग करते हैं, उसे चालक कहते हैं।

2. आलम्ब (Support)—शिरोपरि संचरण (Transmission) या वितरण (Distribution) में लाइन चालक को भूमि से ऊपर क्षैतिज रखने की युक्ति को आलम्ब (Support) कहते हैं।

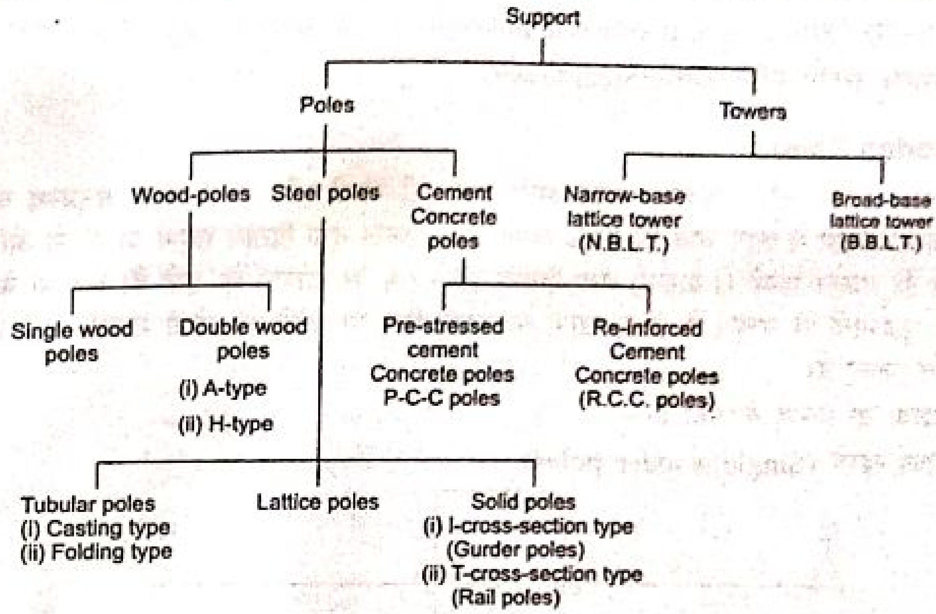
Note : आलम्ब को शिरोपरि लाइन चालक के कार्यकारी वोल्टता (Working Voltage) तथा प्रयोग किये जाने वाले स्थान के अनुसार प्रयोग करते हैं।

3. आड़ी भुजा (Cross-arm)—शिरोपरि संचरण तथा वितरण प्रणाली में आलम्ब से कसी हुई क्षैतिजिक भुजा जो ठोस विद्युतरोधक को आलम्ब से कसता है, आड़ी भुजा कहते हैं।

4. विद्युतरोधक (Insulator)—वह पदार्थ जो विद्युत चालकीय पदार्थों के वैद्युत प्रवाह को रोकने तथा आलम्ब द्वारा चालक को अलग करने के लिए प्रयोग करते हैं।

आलम्बों का वर्गीकरण (Classification of Supports)—शिरोपरि लाइन को चालक की माप, वोल्टता इत्यादि के कारण आलम्बों को अग्र भागों में बाँटा गया है।

Scanned with CamScanner



⇒ S.L.C.T. = Single Line Circuit Tower
⇒ D.L.C.T. = Double Line Circuit Tower

लाइन आलम्बों के अभिलक्षण (Characteristics of Line Supports)—शिरोपरि संचरण तथा वितरण में प्रयुक्त आलम्बों के निम्नलिखित गुण होने चाहियें—

(i) ये भार में हल्के होने चाहियें। (Light in weight)
(ii) इनकी यांत्रिक सामर्थ्य (Mechanical strength) उच्च होनी चाहिए।
(iii) ये सुदृढ़ एवं सीधे (Strong and straight) होने चाहियें।
(iv) इनके सहायक अंग (Accessories) कम होने चाहियें।
(v) इन्हें परिवहन (Transportation) के लिए सुवाह्य (Portable) होना चाहिए।
(vi) इनका टिकाऊपन (Durability) अधिक होना चाहिए।
(vii) इन पर चालकों का उद्घर्षण (Erection) सुगमता से होना चाहिए।
(viii) इन्हें देखने में सुन्दर (Nice in looking) होना चाहिए।
(ix) इन्हें कीमत में सस्ते (Cheap in cost) होने चाहिए।
(x) Free from atmosphere

आलम्ब संरचना के लिए कारक (Factors for Support Construction)

शिरोपरि लाइन प्रणाली में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के आलम्बन ढाँचों की संरचना निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करती है—

(i) विद्युत संचरण शक्ति
(ii) विद्युत संचरण लाइन की वोल्टता
(iii) लाइन की विस्तृति अर्थात् लाइन स्पान (Span)
(iv) जलवायु सम्बन्धी स्थितियाँ अर्थात् हिमपात तथा वायु दाब (Wind Pressure) आदि।

लाइन आलम्बों के प्रारूप (Types of Line Supports)—शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में प्रयुक्त आलम्ब निम्न चार प्रकार के होते हैं—

(i) काष्ठ खम्भा अर्थात् वुड पोल (Wooden pole)
(ii) इस्पात खम्भा या स्टील पोल (Steel pole)

Scanned with CamScanner

(iii) सीमेन्ट-कंक्रीट खम्भा (Cement-concrete pole)

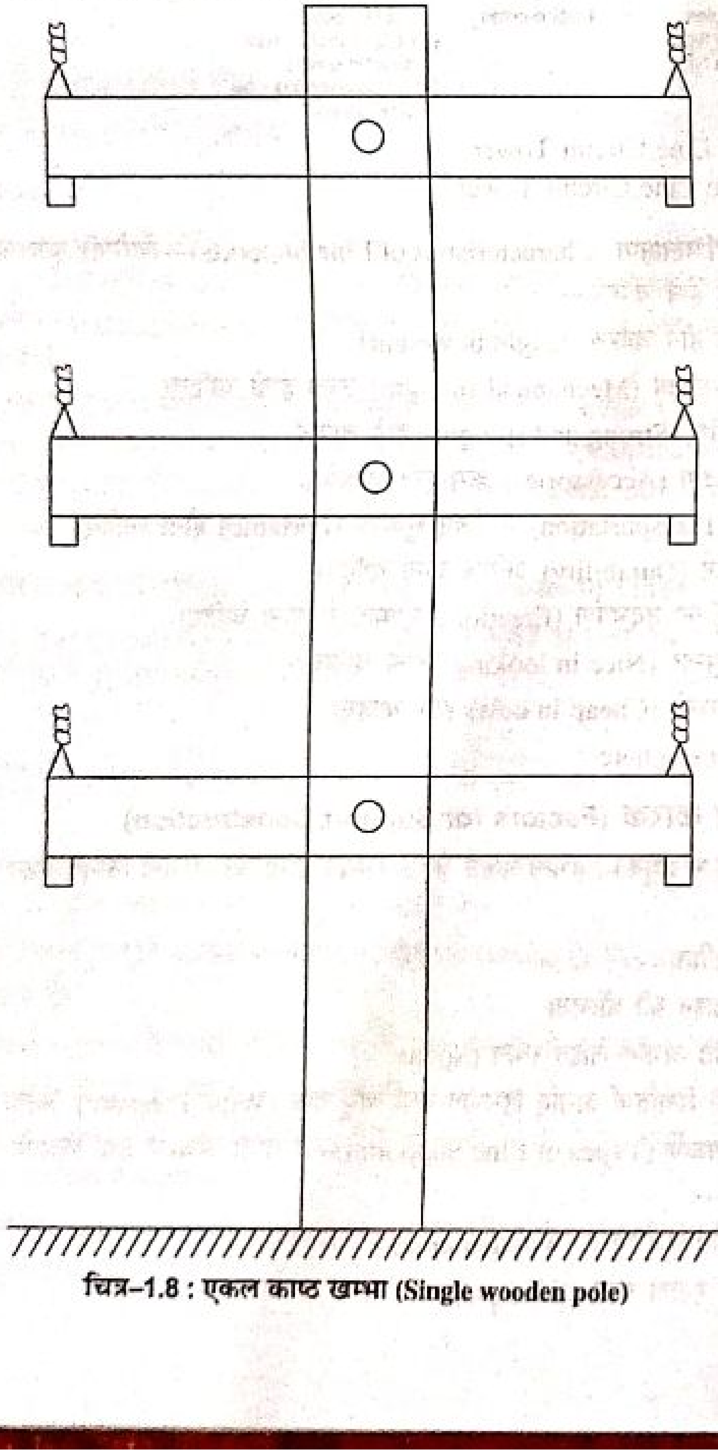
(iv) इस्पात स्तम्भ अर्थात् स्टील टावर (Steel tower)

काष्ठ खम्भे (Wooden Poles)

काष्ठ खम्भे प्राय: साल, चीड़, शीशम, बबूल आदि वृक्षों की सीधी गाँठ रहित गोल अनुप्रस्थ काट की प्राकृतिक टेपरित, लकड़ी के लट्ठे प्रयोग में लाये जाते हैं। काष्ठ खम्भे प्राय: एकल तथा द्वितीय खम्भे या दो से अधिक एकल खम्भों की सहायता से बनते हैं। एकल खम्भे (I प्रारूप) तथा द्वितीय खम्भे (A, H प्रारूप) के होते हैं। लकड़ी के खम्भों को बर्फ, ओला, धूप, वर्षा के कुप्रभावों से बचाने के लिए खम्भ के ऊपरी सिरे पर लोहे की टोपी लगाई जाती हे। इसे भू-तार से भू-सम्पर्कित कर दिया जाता है।

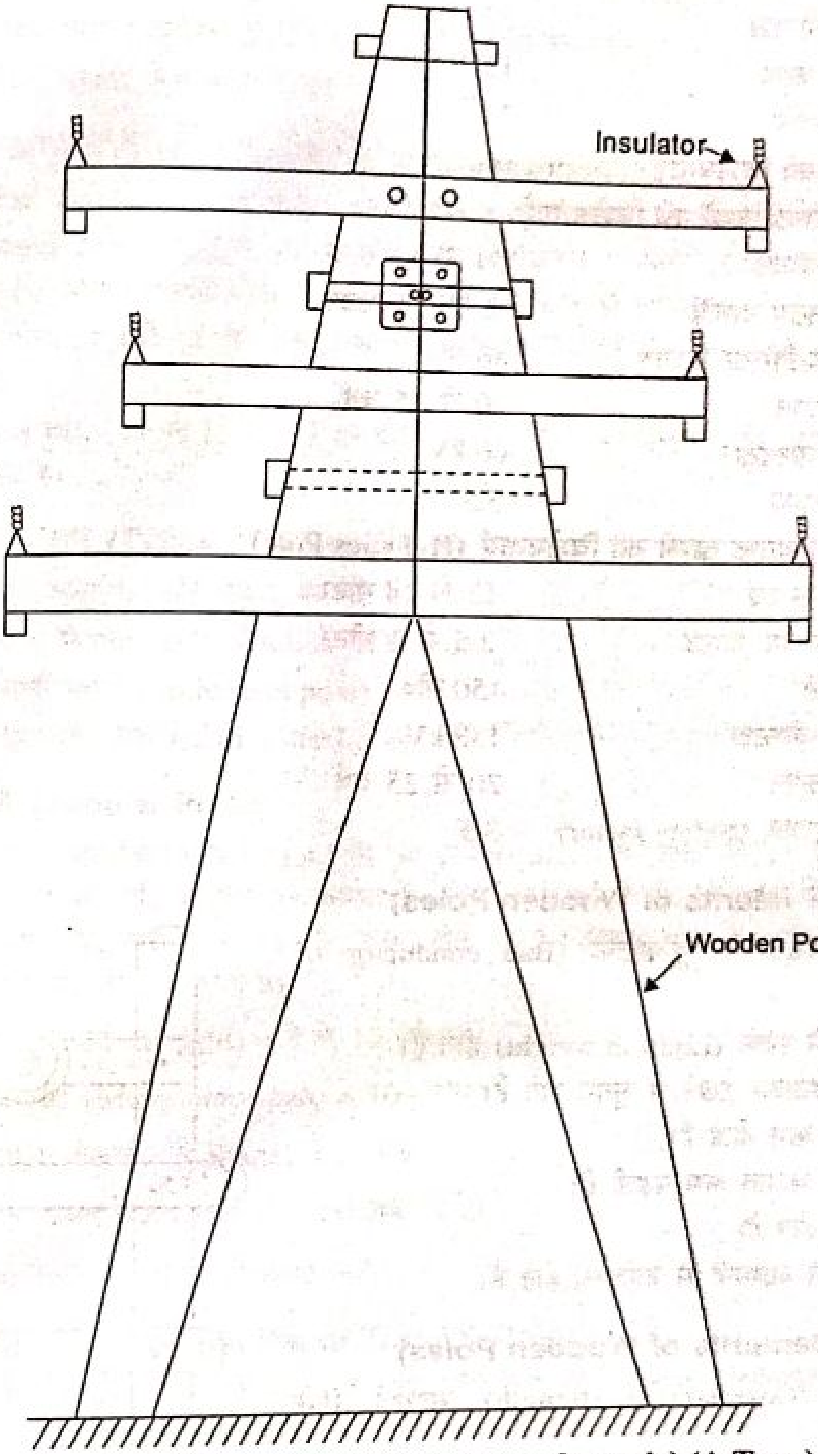
काष्ठ खम्भे प्राय: दो प्रकार के होते हैं—

(i) एकल काष्ठ खम्भे (Single wooden poles)



चित्र–1.8 : एकल काष्ठ खम्भा (Single wooden pole)

(ii) दोहरे काष्ठ खम्भे (Double wooden poles)



चित्र–1.9 : दोहरा काष्ठ खम्भा (Double wooden pole) (A Type)

I. एकहरे काष्ठ खम्भे की विशेषताएँ (Specifications)

पृथ्वी से न्यूनतम ऊँचाई	7 से 11 मीटर
पृथ्वी के नीचे न्यूनतम गहराई	1.2 से 2 मीटर
न्यूनतम आधार परिधि	66 सेमी
न्यूनतम शिखर परिधि	38 सेमी

Scanned with CamScanner

अधिकतम स्थान/विस्तृति/फैलाव	60 मीटर
अधिकतम लाइन वोल्टता	22 kV
अधिकतम जीवन-काल	15 से 20 वर्ष
न्यूनतम सुरक्षा-गुणांक	3.5

II. दोहरे काष्ठ खम्भे की विशेषताएँ (Specifications)

(i) ए-प्रारूपी दोहरे काष्ठ खम्भे की विशेषताएँ

पृथ्वी से न्यूनतम ऊँचाई	11 से 13 मीटर
पृथ्वी से नीचे न्यूनतम गहराई	2 से 2.5 मीटर
अधिकतम विस्तृति/विस्तार/फैलाव	80 मी०
अधिकतम टिकाऊपन	20 से 25 वर्ष
अधिकतम लाइन वोल्टता	66 kV
न्यूनतम सुरक्षा गुणांक	3.5

(ii) एच-प्रारूपी दोहरे काष्ठ खम्भे की विशेषताएँ (H-Types Pole)

पृथ्वी से न्यूनतम ऊँचाई	12 से 14 मीटर
पृथ्वी के नीचे न्यूनतम गहराई	2.5 से 3 मीटर
अधिकतम विस्तृति	150 मी०
अधिकतम लाइन वोल्टता	132 kV
अधिकतम टिकाऊपन	20 से 25 वर्ष
न्यूनतम सुरक्षा-गुणांक (Safety factor)	3.5

काष्ठ खम्भों के गुण-धर्म (Merits of Wooden Poles)

(i) काष्ठ खम्भे विद्युत के कुचालक (Bad conductor of electricity) होते हैं।

(ii) अपेक्षाकृत भार में हल्के (Light in weight) होते हैं।

(iii) सुवाह्य अर्थात् उठाकर रखने में सुगम होते हैं।

(iv) परिवहन कीमत कम होती है।

(v) इनकी प्रारम्भिक कीमत कम पड़ती है।

(vi) कीमत में सस्ते होते हैं।

(vii) जंगली प्रदेशों में आसानी से उपलब्ध होते हैं।

काष्ठ खम्भों के दोष (Demerits of Wooden Poles)

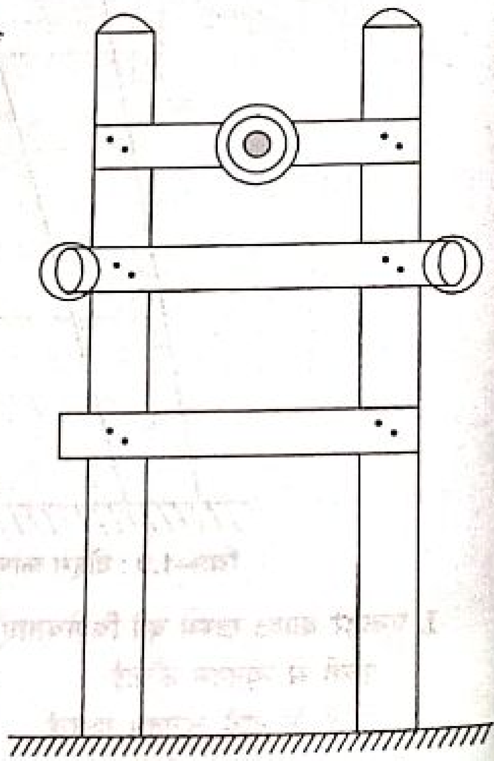
(i) इनकी यांत्रिक (Mechanical strength) सामर्थ्य निम्न होती है।

(ii) ये लचकदार होते हैं। अधिक तनाव पड़ने पर झुक सकते हैं।

(iii) इनमें दीमक लगने का भय होता है जिससे काष्ठ कमजोर हो जाते हैं।

(iv) काष्ठ में आग लगने से जलने का भय रहता है।

(v) इनका जीवनकाल अपेक्षाकृत कम होता है।



चित्र–1.10 : H-Types Pole.

(vi) ये देखने में भद्दे लगते हैं।

(vii) इसमें समयोपरान्त दुर्गन्ध (Bad smell) आने लगती है।

(viii) ये आँधी, तूफान, तेज हवा में टूट जाते हैं।

काष्ठ खम्भों के अनुप्रयोग (Applications of Wooden Poles)

(i) काष्ठ खम्भों का प्रयोग ग्रामीण क्षेत्रों में निम्न वोल्टता की वितरण लाइनों में किया जाता है। इनका प्रयोग अस्थायी शिरोपरि में; जैसे—शादी-विवाह, नुमाइश, उत्सव आदि में विद्युतीकरण के समय। काष्ठ खम्भों का प्रयोग ज्यादातर जंगली क्षेत्रों में किया जाता है, क्योंकि जंगली क्षेत्रों में काष्ठ आसानी से प्राप्त हो जाता है।

(ii) न्यूनतम ऊँचाई (9 से 11 मी० तक) की एकल काष्ठ शिरोपरि वितरण लाइनों की निम्न वोल्टता (22 kV) के लिए किया जाता है।

(iii) अधिक ऊँचाई (11 से 15 मीटर) के दोहरे काष्ठ खम्भों का प्रयोग उच्च वोल्टता (132 kV) के अति दीर्घ विस्तृति के लिए होता है।

इस्पात खम्भों के प्ररूप (Types of Steel Poles)

इस्पात खम्भे निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(I) नलिकाकार इस्पाती खम्भे (Tubular steel pole)

(II) ठोस इस्पाती खम्भे (Solid steel pole)

(III) जालक इस्पाती खम्भे (Lattice steel pole)

नलिकाकार खम्भे (Tubular Poles)

नलिकाकार खम्भे जस्तीकृत इस्पात (g.s.) या मृदु इस्पात (m. s.) की चद्दर से बने हुए खोखले नलिका आकार के खम्भे होते हैं। जंग, संक्षारण आदि वायुमण्डल कुप्रभावों से सुरक्षित रखने के लिए, मृदु इस्पात (Mild steel) की चद्दर से निर्मित जोड़ रहित खम्भों पर कस दिया जाता है। इनके तीनों भागों (आधार × मध्य × शिखर) की परिधियाँ लम्बाई के अनुसार घटते हुए तीन पद-क्रमों में होती है।

पृथ्वी के ऊपर ऊँचाई (Height) = 8 से 12 मीटर

अधिकतम विस्तृति (Maximum Span) = 100 मीटर

अधिकतम लाइन वोल्टता (Voltage) = 11 kV

अधिकतम टिकाऊपन (Durability) = 50 वर्ष

न्यूनतम सुरक्षा गुणक (Safety factor) = 2.5

नलिकाकार खम्भों के गुणधर्म (Merits of Tubular Poles)

(i) अन्य इस्पात खम्भों की अपेक्षा भार में हल्के होते हैं अर्थात् खोखले नलिकाकार होने के कारण काष्ठ खम्भों की तरह भार में हल्के होते हैं।

(ii) काष्ठ खम्भों की अपेक्षा इनकी यान्त्रिक सामर्थ्य अधिक होती है।

(iii) काष्ठ खम्भों की अपेक्षा इनका जीवन काल अधिक होता है।

(iv) इनमें लकड़ी के खम्भों की तरह लचक (Flexibility) नहीं होती है।

(v) ये देखने में सुन्दर लगते हैं।

(vi) इनकी प्रारम्भिक कीमत अन्य इस्पात की अपेक्षा कम होती है।

(vii) इनकी परिवहन कीमत अन्य इस्पात की अपेक्षा कम होती है।

Scanned with CamScanner

नलिकाकार खम्भों के दोष (Demerits of Tubular Poles)

(i) अधिक तनाव व दाब के कारण ये झुक जाते हैं।

(ii) ठोस इस्पात खम्भों की अपेक्षा इनकी यांत्रिक सामर्थ्य कम होती है।

(iii) इनका जीवन काल अन्य इस्पात खम्भों की अपेक्षा कम होता है।

उपयोग (Applications)—इनका प्रयोग निम्न वोल्टता की वितरण लाइनों में होता है।

Note : आजकल इनका प्रयोग लकड़ी के खम्भों के स्थान पर होता है।

ठोस खम्भे (Solid Poles)

इनकी संरचना बेलित इस्पात धरन (Rolled steel beams) से निर्मित टी-परिच्छेद प्रारूपी, रेल खम्भे या आई परिच्छेद प्रारूपी होती है।

जंग, संक्षारण आदि वायुमण्डलीय कुप्रभावों से सुरक्षित रखने के लिये इसके ऊपर तारकोल या पेन्ट कर दिया जाता है।

ठोस खम्भे भी निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

I. एकहरा ठोस 'फौलादी/इस्पाती' खम्भे (Single solid steel pole)

II. दोहरा ठोस 'फौलादी/इस्पाती' खम्भे (Double soild steel pole)

एकहरे ठोस इस्पाती खम्भों की विशेषताएँ

पृथ्वी के ऊपर की ऊँचाई (height) = 10 से 13.5 मीटर

अधिकतम लाइन वोल्टता (Voltage) = 33 kV

(i) अधिकतम पाट या विस्तृति = 150 मीटर

(ii) औसत टिकाऊपन = 80 वर्ष

न्यूनतम सुरक्षा गुणक = 2

दोहरे ठोस इस्पाती खम्भों की विशेषताएँ

पृथ्वी के ऊपर की ऊँचाई = 12 से 15 मीटर

अधिकतम लाइन वोल्टता = 66 kV

अधिकतम विस्तृति = 200 मीटर

औसत टिकाऊपन = 100 वर्ष

ठोस इस्पाती खम्भों के गुणधर्म

(i) इनकी अन्य खम्भों की अपेक्षा यांत्रिक सामर्थ्य (Mechanical strength) उच्च होती है।

(ii) इनका जीवन काल (Life period) अधिक होता है।

(iii) काष्ठ खम्भों की तरह इनमें दीमक लगने का भय नहीं रहता है।

(iv) प्रयुक्त करने के पश्चात् इनका धात्विक पदार्थ व्यर्थ नहीं बल्कि पुन: बेचकर अच्छी कीमत प्राप्त की जाती है।

(v) काष्ठ खम्भों की अपेक्षा इनकी अनुरक्षण कीमत कम होती है।

दोष (Disadvantage)

(i) काष्ठ खम्भों एवं नलिकार इस्पात खम्भों की अपेक्षा भारी होते हैं अर्थात् इनका भार एवं आयतन का अनुपात सर्वाधिक होता है।

(ii) इनकी परिवहन कीमत उच्च होती है।

(iii) इनकी प्रारम्भिक कीमत अधिक होती है।

(iv) ये विद्युत के सुचालक होते हैं।

Scanned with CamScanner

(v) ये देखने में सुन्दर नहीं लगते हैं।

उपयोग (Applications)—इनका प्रयोग मध्यम एवं उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइन में किया जाता है।

जालक इस्पाती खम्भे (Latice Steel Poles)

इनकी संरचना I आकृति की पत्तियों को रिवेटित या वेल्डित की जाती है। जंग, संक्षारण आदि वायुमण्डलीय कुप्रभावों को रोकने के लिए इन पर तारकोल या पेंट कर दिया जाता है।

पृथ्वी से ऊपर की ऊँचाई = 9 से 11 मीटर

अधिकतम लाइन वोल्टता = 11 kV

अधिकतम पाट या विस्तृति = 150 मीटर

औसत टिकाऊपन = 50 वर्ष

न्यूनतम सुरक्षा-गुणक = 2

इस्पाती खम्भों के गुणधर्म

(i) इनका भार ठोस इस्पाती खम्भों की अपेक्षा कम होता है।

(ii) ठोस खम्भों की अपेक्षा इनकी प्रारम्भिक कीमत कम होती है।

(iii) काष्ठ खम्भों की अपेक्षा इनकी अनुरक्षण कीमत कम होती है।

(iv) ये देखने में सुन्दर एवं सुहावने लगते हैं।

(v) इनमें काष्ठ खम्भों की तरह दीमक तथा आग लगने का भय नहीं रहता है।

(vi) काष्ठ की अपेक्षा टिकाऊपन अधिक होता है।

(vii) लाइन की लम्बाई की दिशा में नम्य तथा अनुप्रस्थ दिशा में सुदृढ़ होते हैं।

(viii) प्रदोष की स्थिति में इन पर चढ़ना आसान होता है।

(ix) ठोस खम्भों की अपेक्षा, इनकी परिवहन कीमत कम होती है।

दोष (Demerits)

(i) इनका भार, काष्ठ एवं नलिकाकार खम्भों की अपेक्षा अधिक होता है।

(ii) काष्ठ खम्भों की अपेक्षा इनकी परिवहन कीमत अधिक होती है।

(iii) इनकी प्रारम्भिक कीमत काष्ठ एवं नलिकाकार खम्भों की अपेक्षा अधिक होती है।

(iv) इनका प्रयोग निम्न वोल्टता (11 kV) तक की वितरण लाइनों में सम्भव है।

उपयोग (Utilization)—इनका प्रयोग निम्न वोल्टता की शिरोपरि लाइन में, शहरी एवं अल्प शहरी क्षेत्रों में होता है।

सीमेन्ट कंक्रीट खम्भे (Cement Concrete Pole)

सीमेन्ट कंक्रीट प्राय: दो प्रकार से प्रयोग किये जाते हैं—

(i) प्राथमिक प्रतिबलित सीमेंट-कंक्रीट खम्भे (Pre-pressed Cement Concrete Poles)

(ii) प्रबलित सीमेन्ट-कंक्रीट खम्भे (Re-inforced Cement Concrete Poles)

(I) प्राथमिक प्रतिबलित सीमेन्ट-कंक्रीट खम्भे (Pre-Pressed Cement Concrete Poles)—इस प्रकार के खम्भों का निर्माण उच्च दाब पर सीमेन्ट एवं कंक्रीट के द्वारा होता है। इनकी यांत्रिक सामर्थ्य कम होती है। इसलिए आजकल इनका प्रयोग नहीं किया जाता है। इसके स्थान पर प्रचलित सीमेंट कंक्रीट खम्भों का प्रयोग होता है।

(II) प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट खम्भे (R.C.C. Poles)—इन खम्भों का निर्माण इस्पात की छड़ों से निर्मित ढाँचों में सीमेन्ट-कंक्रीट के दलित कणों को प्रबलित कर (दाब के साथ) किया जाता है।

R.C.C. पोल को संरचना की दृष्टि से दो भागों में बाँटा गया है—

(i) इस संरचना के खम्भे ऊपर से नीचे तक ठोस टेपरित वर्गाकार होते हैं।

Scanned with CamScanner

(ii) इस प्रकार के खम्भों की संरचना आधार में आयताकार तथा शीर्ष वर्गाकार होता है। इसमें नीचे से ऊपर तक छिद्र होते हैं जिससे खम्भे के भार में कमी के साथ प्रदोष स्थिति में चढ़ने में सहायक होता है।

विशेषताएँ (Specifications)

पृथ्वी से ऊपर न्यूनतम ऊँचाई = 7 से 12 मीटर

उच्चतम लाइन वोल्टता = 11 kV

अधिकतम पाट या विस्तृति (span) = 100 वर्ष

औसत टिकाऊपन = 100 वर्ष

न्यूनतम सुरक्षा-गुणक = 2.5

प्रबलित सीमेंट कंक्रीट खम्भों के गुणधर्म

(i) इनकी यांत्रिक सामर्थ्य (Mechanical strength) उच्च होती है।
(ii) ये विद्युत के कुचालक होते हैं।
(iii) ये रासायनिक प्रतिक्रिया से मुक्त होते हैं।
(iv) ये जंग, संक्षारण आदि वायुमण्डलीय कुप्रभावों से मुक्त होता है।
(v) इनका जीवन काल अधिक होता है।
(vi) इनकी अनुरक्षण कीमत अति कम होती है।
(vii) ये देखने में सुन्दर एवं सुहावने (Attractive) होते हैं।
(viii) लेपन द्वारा इनकी सुन्दरता को बढ़ाया जाता है।
(ix) प्रदोष की स्थिति पर चढ़ना आसान है।
(x) ये सम्पूर्ण रूप से मितव्ययी होते हैं।
(xi) ये वर्षा तथा पानी वाले स्थानों के लिए अधिक उपयुक्त होते हैं।

दोष (Demerits)

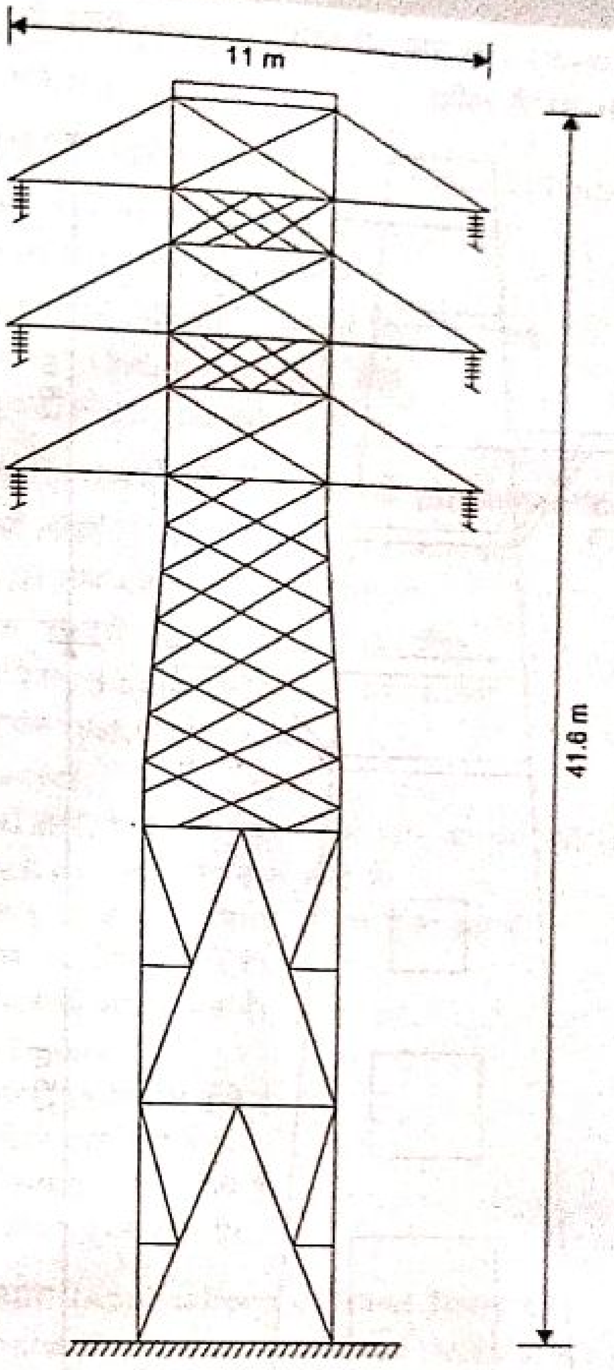
(i) काष्ठ एवं नलिकाकार खम्भों की अपेक्षा इनका भार अधिक होता है।
(ii) परिवहन में इनकी टूट-फूट अधिक होती है।
(iii) इनकी परिवहन कीमत अधिक होती है।
(iv) प्रायः इनका निर्माण प्रतिष्ठापन स्थल पर ही आवश्यक होता है।
(v) इनका स्थापन अर्थात् उद्घर्षण अपेक्षाकृत कठिन होता है।
(vi) इनकी कीमत काष्ठ खम्भों की अपेक्षा अधिक होती है।

उपयोग (Utilization)—इनका प्रयोग निम्न वोल्टता (11 kV) तक की शिरोपरि वितरण लाइनों के लिए शहरी क्षेत्रें में अति अधिक होता है। इसके अतिरिक्त इनका प्रयोग घनी आवादी वाले शहरी क्षेत्रों, महत्वपूर्ण राजमार्गों तथा सजावट के दृष्टिकोण से पार्कों, उद्यानों आदि के विद्युतीकरण के लिए किया जाता है। इनका प्रयोग वर्षा तथा पानी वाले स्थानों के लिए अधिक उपयुक्त होता है, क्योंकि यह न ही गलते हैं और न ही इनमें जंग लगता है।

इस्पाती बुर्ज या मीनार अथवा स्तम्भ (Steel Tower)—यह इस्पाती जालक खम्भे का ही एक विकसित रूप है, जिसकी संरचना चार टाँगों पर की जाती है। इसकी ऊँचाई तथा यांत्रिक सामर्थ अपेक्षाकृत अत्यधिक होती है। तड़ित प्रभाव से Safe रखने के लिए tower को earthed कर दिया जाता है।

Tower's के निर्माण में जस्ते द्वारा जस्तीकृत इस्पात का प्रयोग किया जाता है तथा उन्हें जंग, संक्षारण आदि से बचाव के लिए angle channel को paint कर दिया जाता है। विदेशों में कहीं-कहीं पर angle channel के स्थान पर Galvanized tubular steel section का प्रयोग भी होता है जिन्हें बोल्टेड या वेल्डेड कर दिया जाता है।

इस्पाती स्तम्भों का वर्गीकरण (Classification of Towers)—विभिन्न कारकों के आधार पर स्तम्भों का वर्गीकरण अग्र प्रकार किया जा सकता है—



चित्र-1.11 : Steel Tower

(A) आधार के अनुसार (According to the Base)

(I) संकुचित आधार वाला स्तम्भ (Narrow base tower)—इसका आधार संकरा होता है।

(II) विस्तृत आधार वाला स्तम्भ (Broad base tower)—इसका आधार फैला हुआ होता है।

(B) परिपथ के अनुसार (According to the Circuit)

(I) Single circuit tower—इस पर एकल परिपथ त्रिकला लाइन खींची जाती है।

(II) Double circuit tower—इस पर दोहरी परिपथ, त्रिकला लाइन खींची जाती है।

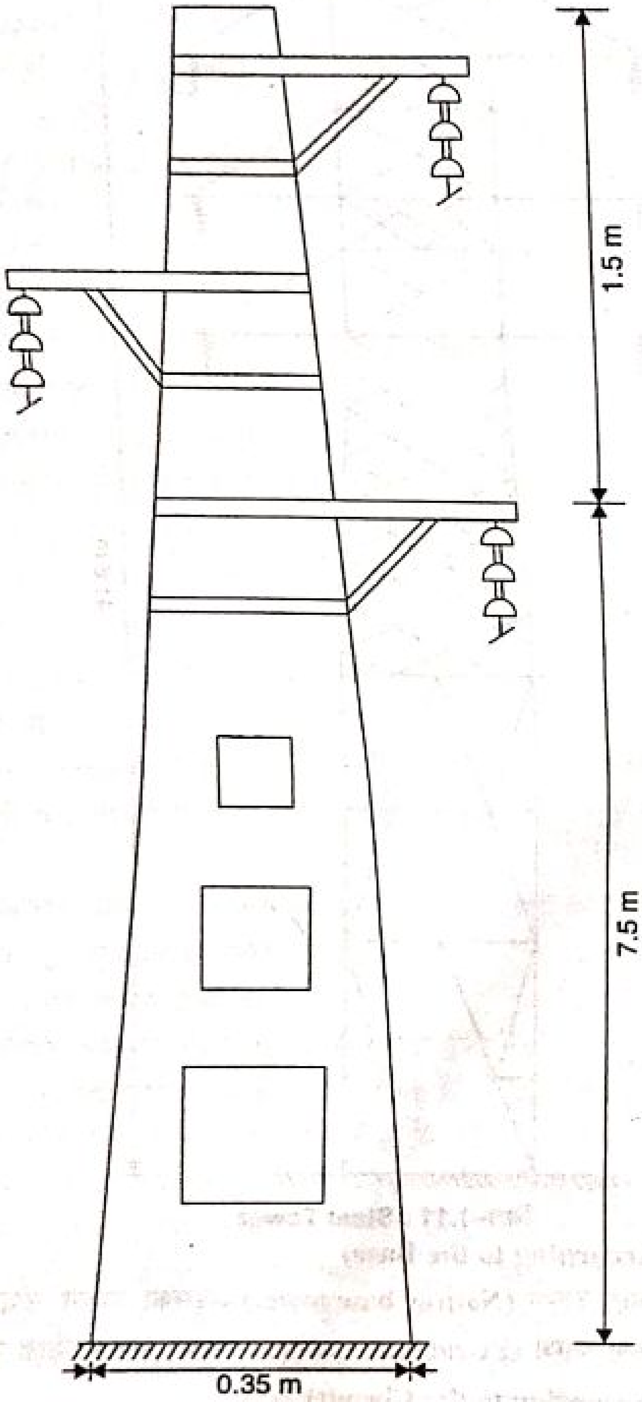
(C) स्तम्भों की संख्या के अनुसार (According to the Number of Towers)

(I) एकहरा स्तम्भ (Single Tower)—यह केवल एक स्वतन्त्र खम्भा होता है जो प्राय: भारत में प्रयोग होता है।

Scanned with CamScanner

(II) दोहरा स्तम्भ (Double Tower)—यह प्राय: दो स्तम्भों से जुड़कर बनता है।

Example : A–प्ररूपी, H–प्ररूपी आदि।



चित्र-1.12 : Steel Tower

(D) तान-तार के अनुसार (According to Guy-Wire)

(I) तान-तार रहित स्तम्भ (Guyed-less tower)—यह एक स्वतन्त्र स्थायी स्तम्भ है, जिसमें साधने के लिए किसी प्रकार के तान-तार की आवश्यकता नहीं होती।

Scanned with CamScanner

(II) तान-तार स्तम्भ (Guyed Tower)—यह तान-तारों द्वारा सधा हुआ एक स्तम्भ होता है। जैसे-निवाहिका/द्वार Portal type and V-type आदि।

संकुचित आधार वाले इस्पाती खम्भों की विशिष्टतायें (Specifications)

पृथ्वी के ऊपर की ऊँचाई (Height) = 15 से 30 मीटर तक
पृथ्वी पर आधार का माप (Size) = 5 × 5 मीटर
दो स्तम्भों के बीच की दूरी (Span) = 200 से 500 मीटर तक
अधिकतम जीवन काल (life) = 100 वर्ष से ऊपर
न्यूनतम सुरक्षा-गुणक (Safety factor) = 1.5

विस्तृत आधार वाले इस्पाती स्तम्भों की विशिष्टतायें (Specifications)

पृथ्वी के ऊपर की ऊँचाई (Height) = 20 से 40 मीटर तक
पृथ्वी पर आधार की माप (Size) = 2 × 2 मीटर
दो स्तम्भों के बीच की दूरी (Span) = 300–1000 मीटर
अधिकतम जीवन काल (Life period) = 100 वर्ष से ऊपर
न्यूनतम सुरक्षा-गुणक (Safety factor) = 1.5

Merits of Steel Towers

(i) काष्ठ आलम्बों की तरह, इनमें आग तथा दीमक लगने का भय नहीं रहता।
(ii) इनकी mechanical strength अति उच्च होती है।
(iii) बाह्य आघातों अर्थात् जलवायु के कुप्रभवों से पूर्ण मुक्त होते हैं।
(iv) देखने में अति भव्य एवं विशाल होते हैं।
(v) सम्पूर्ण रूप से मितव्ययी साबित होते हैं।

Demerits of Steel Towers

(i) ये अति भारी-भरकम एवं विशाल होते हैं।
(ii) ये अधिक स्थान घेरने वाले होते हैं।
(iii) इनकी ऊँचाई अपेक्षाकृत अधिक होती है।
(iv) इनकी प्रारम्भिक कीमत उच्च होती है।

इस्पाती स्तम्भों के अनुप्रयोग (Applications of Steel Towers)

(i) प्राय: जाल इस्पात स्तम्भों का प्रयोग, अति उच्च वोल्टता (66 kV से ऊपर) की शिरोपरि लाइन में long span के लिए होता है।

(ii) अति उच्च एवं लम्बी विस्तृति वाले स्तम्भों का प्रयोग नदी, नाले, झील, राजमार्गों आदि के पार (Cross) करने के लिए होता है।

(iii) संकुचित आधार वाले स्तम्भों का प्रयोग पहाड़ी क्षेत्रों में वहाँ पर होता है, जहाँ पर भूमि पथरीली, सुदृढ़, कठोर तथा स्थान की कमी होती है।

विद्युतरोधक (Insulator)—वे पदार्थ जो विद्युत चालकीय पदार्थों के वैद्युत प्रवाह को रोकने तथा आलम्ब द्वारा चालक और पृथ्वी के बीच विद्युत हानि को रोकता है, विद्युतरोधक कहलाता है।

आलम्ब से लाइन चालक को अलग करने के लिए विद्युतरोधक का प्रयोग करते हैं।

मफ (Muff)—आलम्ब के आधार को ऊर्ध्वाधर रखने के लिए सीमेन्ट-कंक्रीट का बना आवरण जो आलम्ब के आधार के चारों तरफ घेरा रहता है, मफ कहलाता है।

Scanned with CamScanner

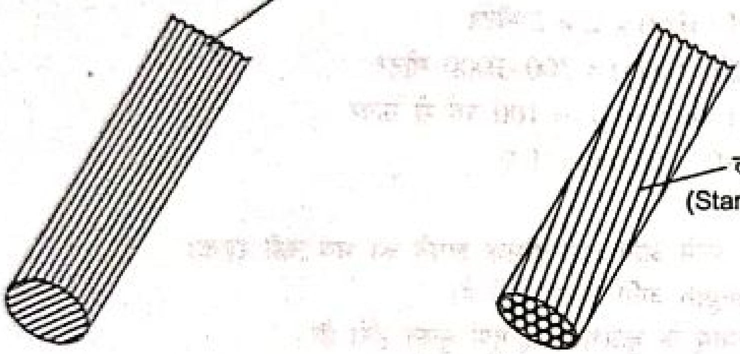
9. चालक (Conductor)—शिरोपरि संचरण तथा वितरण प्रणाली में वैद्युत शक्ति को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने के लिए चालक का प्रयोग करते है।

चालक की संरचना के आधार पर शिरोपरि संचरण तथा वितरण प्रणाली में दो प्रकार के चालक प्रयोग किये जाते है—

1. ठोस चालक (Solid conductor)
2. लड़ीदार चालक (Standed conductor)

(i) ठोस चालक (Solid Conductor)—शिरोपरि लाइन में ये नालीदार चालकों के रूप में होते हैं। इनमें धारा क्षमता, तन्य सामर्थ्य तथा किरीट हानियाँ कम होती हैं। इस प्रकार के चालक ठोस चालक कहलाते हैं।

Note : इन्हें बहुक्रोड चालक भी कहते हैं।



चित्र–1.13

Factors's effect on conductor line conductor—Line conductor की size के कारण निम्न component direct अथवा indirect प्रभावित होते हैं—

1. Electric power
2. Voltage drop
3. Voltage regulation
4. Line resistance
5. Weight of line
6. Sag of line
7. Insulator
8. Foundation and design of support
9. Grass arm

आदर्श चालक के अभिलक्षण (Characteristics of Ideal Conductors)

शिरोपरि लाइन चालक या भूमिगत केबिल में प्रयुक्त पदार्थ के निम्न गुण होने चाहियें—

(i) चालक पदार्थ की वैद्युत चालकीयता (Electrical Conductivity) उच्च (High) होनी चाहिए।

(ii) चालक की प्रतिरोधकता (Resistivity) निम्न होनी चाहिए।

(iii) चालक भार में हल्का होना चाहिए।

(iv) चालक का घनत्व (Density) निम्न होना चाहिए।

(v) चालक की तनाव (Tensile) शक्ति उच्च होनी चाहिए।

Scanned with CamScanner

(vi) चालक का संक्षारण (Corrosion) प्रभाव कम होना चाहिए।

(vii) चालक कीमत में सस्ता (Cheap) होना चाहिए।

(viii) चालक का विशिष्ट गुरुत्व (भार प्रति आयतन) कम होना चाहिए।

चालकों के प्रकार (Types of Conductor)

शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में चालक के गुणों के आधार पर चालक कई प्रकार के होते हैं, जो निम्नवत् हैं—

There are some kinds of conductor that are in use :

(1) Aerial cable

(2) Aluminized steel

(3) Galvanized steel

(4) Al clad steel

(5) Cu clad steel

(6) Standard Hard Drawn Copper conductor

(7) Cadmium conductor

(8) Al conductor

(9) SHDAC standard Hard drawn Al conductor

(10) SRCA conductor

(11) SCC conductor

(12) ACS conductor

ताम्र चालक (Copper Conductor)—ताम्र चालक की वैद्युत चालकीयता तथा उच्च तनन सामर्थ्य के कारण ताम्र चालक का प्रयोग शिरोपरि लाइन में करते हैं। ये निम्न प्रकार के होते हैं—

(A) मानक कठोर कर्षित ताम्र चालक (Standard Hard Drawn Copper Conductor)—

(i) ताम्र चालकों का धारा घनत्व (Current density) अधिक होने के कारण इनके प्रति इकाई क्षेत्रफल में धारा का मान अधिक होता है। जिससे इनके पतले तार प्रयोग किये जाते हैं इसमें वायु, बर्फ तथा स्वभार कम होने से इसमें आलम्ब तथा क्रॉस आर्म की कीमत घट जाती है, परन्तु किरीट हानियाँ (Corona losses) अधिक हो जाती हैं।

(ii) कठोर कर्षित ताम्र चालक का संक्षारण प्रभाव कम होने से इनका वायुमण्डलीय वातावरण में ऑक्सीकरण (जंग नहीं लगता) नहीं होता।

(iii) इनमें तन्य सामथर्य अधिक होने से दो आलम्बों के बीच दूरी को कम किया जाता है जिससे झोल कम होता है।

(iv) S.H.D. ताम्र चालक का जीवन काल कम होता है।

(v) S.H.D. ताम्र चालक का मन्द विरूपण (Screening) नहीं होता।

Note—उपरोक्त गुणों के आधार पर ताम्र धातु अधिक श्रेष्ठ है। परन्तु ताम्र धातु महँगी होने पर इसका प्रयोग विशेष उद्देश्य (Special Purpose) पर करते हैं।

(B) कैडमियम ताम्र चालक (Cadmium Copper Conductor)—

(i) ताम्र धातु में 2% से 3% तक कैडमियम (Cd) धातु मिलाने से ताम्र धातु की चालकीयता 16 से 18 प्रतिशत घटने के साथ तन्य साम्थ्यं 40 से 50 प्रतिशत बढ़ जाती है जिससे दो आलम्बों के बीच की दूरी (Span) अधिक हो जाती है।

(ii) कैडमियम Cu Conductor में संक्षारण प्रतिरोध उच्च होता है जिससे टिकाऊपन बढ़ जाता है।

Scanned with CamScanner

(iii) कैडमियम Cu चालक में मिश्रधातु कैडमियम होने से इसके तार बनाने में कठिनाई होती है।

(iv) इनकी तन्य सामर्थ्य के साथ इनका धारा घनत्व अधिक होता है जिससे किरीट हानियाँ (Corona-losses) बढ़ जाती है।

Note : ताम्र चालक में कैडमियम (Cd) धातु मिलाने से इसकी कठोरता बढ़ जाती है। परन्तु कैडमियम के महँगी होने से इनका प्रयोग बहुत कम लम्बे स्थान की लाइनों में करते हैं।

2. ऐल्युमिनियम चालक (Aluminium Conductor)

ताम्र चालक की तुलना में ऐल्युमिनियम चालक हल्का तथा सस्ता पदार्थ है। इसकी वैद्युत चालकीयता तथा तन्य सामर्थ्य ताम्र चालक की तुलना में कम होती है। ये कीमत में सस्ते होने से ये शिरोपरि लाइन में अधिक प्रयोग होते हैं। ये निम्न प्रकार के होते हैं।

(a) मानक कठोर कर्षित ऐल्युमिनियम चालक (Standard Hard Drawn Aluminium Conductor)—

(i) ऐल्युमिनियम पदार्थ की प्रतिरोधकता ताम्र पदार्थ की प्रतिरोधकता से 1.6 गुना होता है जिससे समान चालकता तथा समान लम्बाई के लिए ऐलुमिनियम चालक के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (X-sectional area) का मान ताम्र चालक के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल की तुलना में 66% अधिक होता है।

(ii) ऐल्युमिनियम चालक का धारा घनत्व ताम्र चालक के धारा घनत्व की तुलना में 3.3 गुना होता है। समान लम्बाई में ऐल्युमिनियम चालक का भार ताम्र चालक के भार से 48% होता है। इसलिए ऐल्युमिनियम चालक के आलम्ब की संरचना ताम्र चालक के आलम्ब की संरचना से अधिक मजबूत होती है।

(iii) ऐल्युमिनियम चालक हल्का होने से क्रॉस आर्म बढ़े होते हैं।

(iv) ऐल्युमिनियम चालक की तन्य सामर्थ्य और उच्च रेखीय गुणांक के कारण सैग (Sag) का मान बढ़ जाता है।

(v) ऐल्युमिनियम चालक का प्रारम्भिक ताप बहुत अधिक होता है।

Note : ऐलुमिनियम चालक को उच्च धारा के संचरण के लिए चालक का आकार बड़ा तथा चालक की कीमत अधिक होती है।

(b) इस्पात प्रबलित क्रोड ऐलुमिनियम चालक (Steel Reinforced Core Aluminium Conductor)

ऐल्युमिनियम चालक की तन्य साम्र्थ्य कम होने से चालक के सैग (Sag) का मान अधिक होने से इस प्रकार के चालक का प्रयोग दूर स्थान के लिए उपलब्ध नहीं है।

इसलिए ऐल्युमिनियम चालक में इस्पात की मात्रा से तन्य सामर्थ्य का मान बढ़ जाता है और जस्तीकृत करने से संक्षारण का मान बढ़ जाता है।

इस प्रकार के ऐलुमिनियम चालक को ACSR चालक कहते हैं।

(i) ACSR चालक की उच्च तन्य साम्र्थ्य तथा हल्के भार के कारण सैग कम बनता है जिससे इसे लम्बे स्थान (Span) की लाइनों में प्रयोग कर सकते हैं।

(ii) ACSR चालक का समान प्रतिरोध किसी दूसरे प्रकार के चालक की समान प्रतिरोध की तुलना में ACSR चालक का व्यास अधिक होता है। इससे Corona Losses का मान कम हो जाता है। परन्तु आलम्ब को अधिक मजबूत बनाना पड़ता है।

(iii) ACSR चालक में संक्षारण वायुमण्डल में जिंक और ऐल्युमिनियम तथा वैद्युत रसायन के कारण होता है।

Note : ACSR चालक का तन्य सामर्थ्य तथा हल्के भार के कारण इन्हें लम्बे (span) की संचरण तथा वितरण लाइन में करते हैं।

(c) गैल्वेनाइज्ड स्टील चालक (Galvanized Steel Conductor)

(i) गैल्वेनाइज्ड स्टील चालक का प्रयोग लम्बे (span) के लिए किया जाता है।

(ii) इसका प्रयोग ग्रामीण क्षेत्रों के लिये प्राथमिक रूप से सस्ता रहता है।

(iii) इस चालक के इस्पात की कम चालकीयता तथा उच्च प्रतिरोधकता के कारण लम्बी दूरी तथा अधिक वोल्टेज के लिए उपयोग नहीं किया जाता है।

Scanned with CamScanner

(d) जस्तीकृत इस्पात चालक (Galvanized Steel Conductor)—लौह चालकों को संक्षारण, जंग आदि वायुमण्डलीय कुप्रभावों से रोकने के लिए जिंक द्वारा जस्तीकृत कर दिया जाता है। इससे इनका जीवनकाल 15 से 20 वर्ष तक बढ़ जाता है।

इनकी तन्य सामर्थ्य अति उच्च होती है। ये लचीले होते हैं। इनका भार कम होता है जिससे इनका प्रयोग निम्न वोल्टता पर सीमित वैद्युत शक्ति संचरण एवं वितरण करने वाली लघु शिरोपरि लाइनों में लम्बी विस्तृति के लिए किया जाता है।

इनका प्रयोग आजकल शिरोपरि लाइनों में प्रयुक्त लड़ीदार चालक में क्रोड चालक की तरह प्रतिबलन (Reinforcement) के लिए तथा भूमिगत केबिलों में कवचन (Armouring) के लिए तथा भू-योजन (Earthing) के लिए होता है।

Note : इनमें उच्च प्रतिरोधकता, उच्च लौह हानियों, निम्न चालकता, उच्च प्रेरण प्रतिघात, उच्च प्रतिबाधा के कारण इनका प्रयोग आजकल ज्यादा नहीं किया जाता है।

इसकी जगह A.C.S.R. चालकों का प्रयोग होता है।

(e) इस्पात क्रोडित ताम्र चालक (S.C.C. Conductor)—इस्पात क्रोडित ताम्र चालक की संरचना इस्पात क्रोडित ऐल्युमिनियम चालकों के समान ही होती है। इसमें बेलित ऐल्युमिनियम की पर्तों के स्थान पर इनमें बेलित ताम्र चालकों की पर्तों का प्रयोग होता है।

इसे ताम्र चालक इस्पात प्रबलित चालक भी कहते हैं।

Note : इस्पात क्रोडित ताम्र चालक इस्पात क्रोडित ऐल्युमिनियम चालकों की अपेक्षा अधिक सर्वश्रेष्ठ हैं परन्तु महँगे होने के कारण इनका प्रयोग कम होता है।

(f) फॉस्फर ब्रोंज मिश्रण, मिश्रधातु चालक (A.C.S. Conductor)—इस धातु के चालक को कैडमियम कॉपर के चालक पर फॉस्फर ब्रोंज की एक पर्त चढ़ाकर वर्तनित (Spiralling) करके बनाया जाता है। कीमत उच्च होने के कारण, इनका उपयोग कुछ विशेष स्थितियों में ही होता है। शिरोपरि लाइनों में इनका प्रयोग नदी, नाले, पहाड़ी, पठार आदि को क्रॉस करते समय लम्बी विस्तृतियों के लिए होता है। इसका अधिकतर उपयोग औद्योगिक क्षेत्रों में वहाँ होता है जहाँ पर वायुमण्डल में अमोनिया आदि क्रियाशील रासायनिक गैस उपस्थित होती है।

(g) एरियल केबिल (Aerial Cable)—यह एक विद्युतरोधित चालक है जिसमें प्लास्टिक विद्युतरोधक स्व:आलम्बन एरियल केबिल का 15 kV तक किया जाता है।

इसका प्रयोग पेड़-पौधे तथा इमारत की सघनता के कारण जहाँ पर नंगे तारों का प्रयोग न किया जा सके वहाँ ऐरियल केबिल का प्रयोग करते हैं। इन केबिलों की विस्तृति 300 मीटर से 700 मीटर तक होती है। यह भार में हल्का तथा कीमत में सस्ता होता है।

इसमें आजकल ताम्र धातु की जगह ऐल्युमिनियम क्रोड चालक का प्रयोग होता है।

विद्युतरोधक (Insulator)

वह वैद्युत युक्ति जो किसी चालकीय पदार्थों को वैद्युत प्रवाह को रोकने अथवा चालक तथा पृथ्वी के बीच विद्युत क्षय को रोकने के लिए किया जाता है। यह श्रेष्ठ विद्युतरोधक पदार्थ से बना होता है। इसका प्रयोग शिरोपरि लाइनों में क्रॉस-आर्म पर चालकों को स्तम्भ से विलग (Isolate) करने के लिए लगाया जाता है।

आदर्श विद्युतरोधक के अभिलक्षण

एक श्रेष्ठ विद्युतरोधक में निम्न गुण होने चाहिएँ—

(i) परावैद्युत सामर्थ्य उच्च होना चाहिए।

(ii) यांत्रिक सामर्थ्य उच्च होना चाहिए।

(iii) विद्युतरोधक प्रतिरोध उच्च होना चाहिए।

(iv) आंतरिक अशुद्धता (Internal Impurity) से मुक्त होना चाहिए।

Scanned with CamScanner

(v) ताप परिवर्तन से अधिक प्रभावित नहीं होना चाहिए।

(vi) नमी तथा वायुमण्डलीय गैसों से अभेद्य होना चाहिए।

(vii) कीमत में सस्ता तथा भार में हल्का होना चाहिए।

(viii) सुगमता से उपलब्ध (Available) होना चाहिए।

विद्युतरोधकों के प्रारूप (Types of Insulators)

(i) किली या धुरा विद्युतरोधक (Pin or Spindle Insulator)

(ii) निलम्बन विद्युतरोधक (Suspension Insulator)

(iii) लम्बी छड़ निलम्बन विद्युतरोधक (Long rod Suspension Insulator)

(iv) विकृति विद्युतरोधक (Strain Insulator)

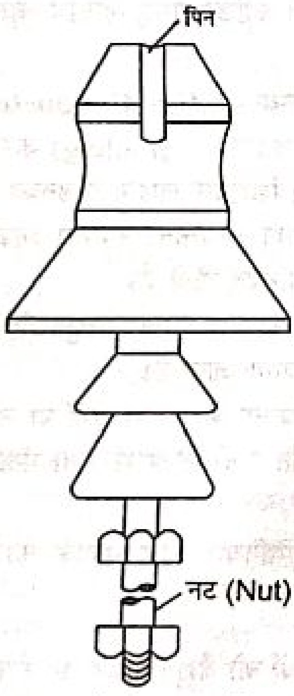
(v) विशेष उच्च वोल्टता विद्युतरोधक (Special High Voltage Insulator)

(vi) ऊर्ध्वस्थापी या टेक विद्युतरोधक (Stay Insulator)

(vii) स्तम्भ या पद विद्युतरोधक (Post Insulator)

(viii) निगड़ या पाश विद्युतरोधक (Shakle Insulator)

कीली या धुरा विद्युतरोधक (Pin or Spindle Insulator)



चित्र—1.14 : कीली या धुरा विद्युतरोधक

कीली विद्युतरोधक प्राय: पोर्सिलीन का बना होता है। इस विद्युतरोधक के ऊपरी उभरे भाग में एक खाँचा (Groove) होता है। इसमें शिरोपरि लाइन चालक को स्थित कर इसे चालक तार के पदार्थ (ताम्र + ऐल्युमिनियम) से निर्मित लगभग 4.37 वर्ग मिमी० (S.W.G.) साइज के लचकदार तार से कस दिया जाता है।

नमी, वायुमण्डलीय गैसों इत्यादि के कुप्रभावों से बचाने के लिए विद्युतरोधक की सतह को ग्लेज्ड कर दिया जाता है। इसके निचले भाग में जस्तीकृत इस्पात की एक पेंचदार कीली (Screwed Pin) सिलिमिट से जुड़ा रहता है जिससे विद्युतरोधक को स्तम्भ की कैंची भुजा पर कस दिया जाता है।

Scanned with CamScanner

इसी कीली के कारण इसका विद्युतरोधक का नाम कीली या धुरा विद्युतरोधक दिया गया। कीली विद्युतरोधक का प्रयोग निम्न व मध्यम वोल्टता (Voltage) की शिरोपरि लाइन में किया जाता है क्योंकि वोल्टता का मान बढ़ने से कीली विद्युतरोधक का भार भी बढ़ता है।

Note : विद्युतरोधक में दो या तीन लहंगों या वर्षा के छत्रों का निर्माण कर धारा क्षरण पथ की यथोचित लम्बाई प्रदान करती है। इससे वर्षा ऋतु में पानी से बाह्य सतह भीग जाने पर भी आन्तरिक शुष्क सतह तथा क्षरण प्रतिरोध प्रदान होता है।

निलम्बन विद्युतरोधक (Suspension Insulator)—इसकी संचरना कीली विद्युतरोधक से भिन्न है। यह एक या एक से अधिक पोर्सिलेन या काँच की चकती को जोड़कर लड़ी के रूप में की जाती है। इसी लड़ी को ऊर्ध्वाधर स्थिति में आलम्ब की आड़ी भुजा पर लटकाकर प्रयोग किया जाता है। इसलिए इसे चकती प्ररूपी निलम्बन विद्युतरोधक कहते हैं।

निलम्बन विद्युतरोधक में चकती को दो प्रकार से जोड़ा जाता है—पहला बॉल तथा सॉकिट, दूसरा पिन तथा क्लेविस संयोजन होता है।

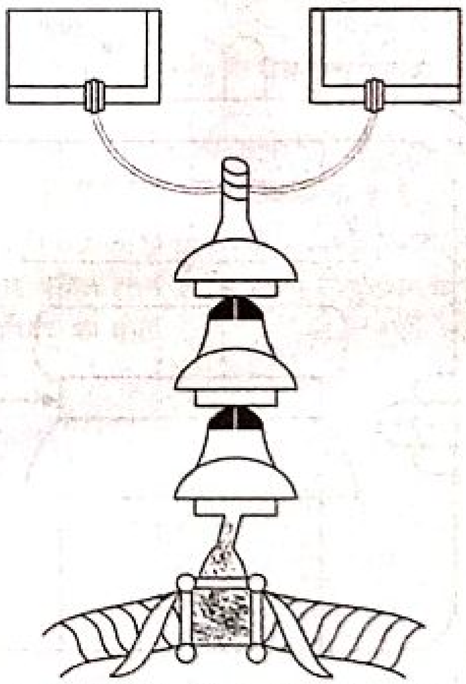
उपयोग—(i) पिन विद्युतरोधक का अभिकल्पन 50 kV तक की वोल्टता के लिए ही मितव्ययी साबित होता है। इससे ऊपर की वोल्टता के लिए इनकी अभिकल्पना, उच्च भार अधिक कीमत तथा उच्च प्रतिष्ठान कीमत के कारण अमितव्ययी (Uneconomical) साबित होता है।

(ii) चकती प्ररूपी निलम्बन विद्युतरोधक का प्रयोग 50 kV से 800 kV तक की वोल्टता के लिए किया जाता है।

(iii) जहाँ पर संचरण लाइनों का वैद्युत भार तेजी के साथ बढ़ता है वहाँ पर अतिरिक्त लाइन चालक बिछाने के बजाय लाइन वोल्टता को बढ़ाकर किया जाता है जिससे विद्युतरोधक का मान भी बढ़ाना पड़ता है। इसमें एक या दो डिस्क लगाने से उच्च विद्युतरोधन प्राप्त होता है जोकि पिन टाइप विद्युतरोधक का प्रयोग उचित है।

(iv) पिन विद्युतरोधक में लाइन चालक को ऊपर कसा जाता है जिससे पिन विद्युतरोधक पर यांत्रिक बल कार्य करने लगता है जबकि चकती प्ररूपी विद्युतरोधक में चालक को नीचे कसा जाता है और चालक स्वतंत्रतापूर्ण ढीले रहते हैं।

इनका प्रयोग मध्यम वोल्टता से उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइनों में किया जाता है।



चित्र–1.15 : निलम्बन विद्युतरोधक

लम्बी छड़ विद्युतरोधक (Long rod Insulator)—यह चकती प्ररूपी निलम्बन विद्युतरोधक का ही एक विकसित रूप है। इसमें पोर्सिलेन की एक लम्बी छड़ प्रवेशित रहती है। जिसके दोनों सिरों पर दो धात्विक टोपियाँ, सिलमिट से जुड़ी रहती हैं।

Scanned with CamScanner

इसी लम्बी छड़ के कारण इसे लम्बी छड़ विद्युतरोधक का नाम दिया गया है। यह निलम्बन विद्युतरोधक की अपेक्षा श्रेष्ठ विद्युतरोधक है।

लाभ (Advantages)—

(i) इसके दोनों सिरो-टोपियों के बीच पोर्सिलेन छड़ की लम्बाई अधिक होने के कारण इसके पंचर होने की सम्भावना कम होती है।

(ii) सीमेंट में फैलाव से इसके पोर्सिलेन अंग में किसी प्रकार तन्य प्रतिबल से मुक्त विद्युतरोधक है।

(iii) निलम्बन विद्युतरोधक की अपेक्षा इस पर जलवायुवीय प्रदूषण का कुप्रभाव कम होता है।

(iv) लम्बी छड़ विद्युतरोधक की यांत्रिक संरचना, इसके मुख्य निरीक्षण कार्य को कम करती है।

कमियाँ (Drawbacks)—

(i) निलम्बन विद्युतरोधक की अपेक्षा, तुल्य लम्बाई में लम्बी छड़ विद्युतरोधक की दमक विसर्जन वोल्टता अति कम होती है। यह कमी इसके श्रेष्ठ प्रदूषण रोधककता के निष्पादन से सन्तुलित हो जाता है।

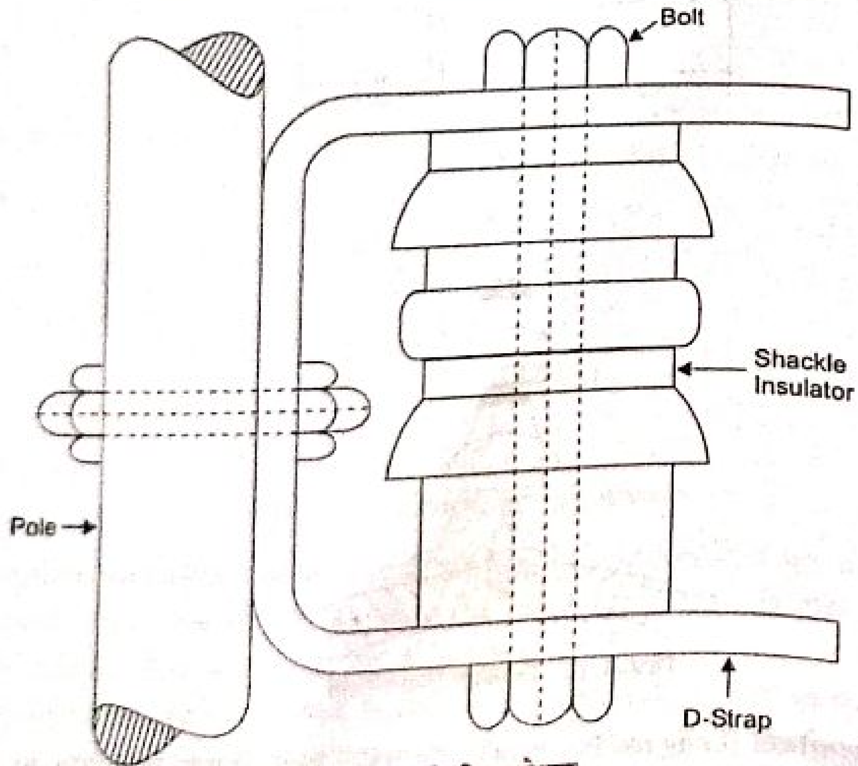
(ii) लम्बे वैद्युत पथ के कारण नेम वैद्युत परीक्षण द्वारा आन्तरिक प्रदोषों का अवलोकन करना असम्भव है।

उपभोग—इसका उपयोग उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइन में निलम्बन विद्युतरोधक के स्थान पर अपेक्षाकृत अधिक श्रेष्ठ समझा जाता है।

विकृति विद्युतरोधक (Strain Insulator)

जब किसी मोड़, नदी, तालाबों, पठार तथा आरम्भ बिन्दु, समापन बिन्दुओं पर होता है। यह निलम्बन विद्युतरोधक को ऊर्ध्वाधर की अपेक्षा क्षैतिज मे प्रयोग करने से इसको विकृति विद्युतरोधक कहते हैं।

इसका प्रयोग उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइन में करते हैं। उच्च तनाव बल के कारण दो या दो से अधिक लड़ियों को समान्तर में जोड़कर क्षैतिजिक स्थिति में प्रयोग किया जाता है।



चित्र-1.16 : विकृति विद्युतरोधक

Scanned with CamScanner

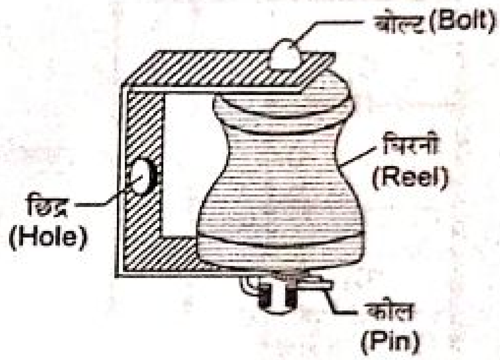
विशेष उच्च वोल्टता वाले विद्युतरोधक (Special High Voltage Insulator)

अति उच्च वोल्टता (400 kV) की शिरोपरि लाइन में निलम्बन प्ररूपी विद्युतरोधक का प्रयोग प्राय: किया जाता है जिसे विशेष उच्च वोल्टता वाले विद्युतरोधक कहते हैं। इसके दोनों सिरों पर अंकित वलयों को आसंजित किया जाता है जिनके बीच का अन्तराल प्रारम्भिक तथा अन्तिम लाइन में वोल्टता को व्यवस्थित रखने के लिए किया जाता है।

विशेष प्रयोजन वाले विद्युतरोधक—ऐसे विद्युतरोधक जिनका प्रयोग तेज वायु, वर्षा, हिमपात, कुहरा आदि प्रदूषित जलवायु वाले प्रदेशों में विद्युत एवं वितरण के लिए किया जाता है। इनका अभिकल्पन प्रदूषित जलवायु के कारकों के आधार पर होता है।

इसके अन्तर्गत लम्बी विसर्पी दूरी युक्त वर्षा द्वारा सरलता से स्वच्छ होने वाले परिच्छेदिका युक्त प्रदूषित विरोधी विद्युतरोधक इत्यादि विशेष प्रयोजन वाले विद्युतरोधक के अन्तर्गत आते हैं।

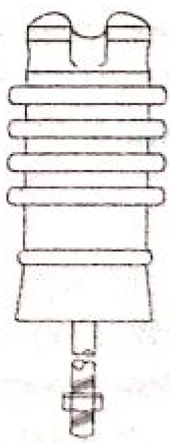
'निगढ़ या रील' विद्युतरोधक (Shackle or Reel Insulator)—इस प्रकार का विद्युतरोधक विद्युतरोधन पदार्थ पॉर्सिलेन से बना होता है। इसे आड़ी भुजा द्वारा अप्रत्यक्ष खम्भे के साथ किसी भी स्थिति (ऊर्ध्वाधर, क्षैतिज अथवा आनत) में व्यवस्थित किया जा सकता है। इसमें बने खाँचे में लाइन चालक को डालकर उपयुक्त चालक के प्रमाप (14 S.W.G.) के बाधक तार द्वारा कस दिया जाता है।



चित्र–1.17 : निगढ़ या रील विद्युतरोधक

इस प्रकार के विद्युतरोधकों का प्रयोग निम्न वोल्टता (650 V) की वैद्युत शक्ति वितरण लाइनों की दिशा बदलने वाले खम्भों या लाइनों के आरम्भ एवं अन्तिम सिरों के खम्भों पर किया जाता है।

'पद या आलम्ब' विद्युतरोधक (Post or Support Insulator)—पद या आलम्ब विद्युतरोधक की संरचना कीली प्ररूपी विद्युत रोधक के समान है। अन्तर केवल इतना है कि कीली विद्युतरोधक चौड़ा तथा कम ऊँचाई का होता है, जबकि पद विद्युतरोधक पतला तथा अधिक ऊँचाई का होता है।



चित्र–1.18 : पद या आलम्ब विद्युतरोधक

Scanned with CamScanner

इनका प्रयोग वैद्युत केन्द्रों तथा उपकेन्द्रों पर होता है। इनको नाइफ स्विच विलगकारियों में प्रयोग किया जाता है।

व्यास्तर विद्युतरोधक/बुशिंग विद्युतरोधक (Bushing Insulator)—विद्युतरोधक पदार्थ पोर्सिलेन से निर्मित बुशिं विद्युतरोधक को सिरा विद्युतरोधक भी कहते हैं। इनका प्रयोग ट्रांसफॉर्मर सर्किट ब्रेकर आदि वैद्युत उपस्करों के आन्तरि विद्युत चालकीय सिरों को बाहर निकालने के लिए होता है।

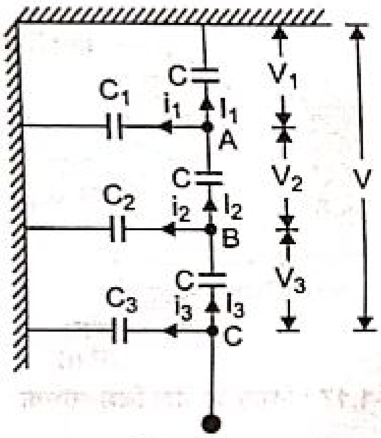
इससे चालक में होने वाले भू-प्रदोष या क्षरण प्रदोष से सुरक्षा करता है।

लड़ी दक्षता (String Efficiency)—किसी शिरोपरि लाइन में पूरे लड़ी के आर-पार वोल्टता तथा चकती की संख्या और चालक के पास की चकती के आर-पार वोल्टता के गुणनफल के अनुपात को लड़ी दक्षता कहते हैं।

$$\text{String efficiency} = \frac{\text{Voltage across the string}}{\eta \times \text{voltage across disc nearest to conductor}}$$

where η = number of discs in the string

निलम्बित विद्युतरोधक की लड़ी पर विभव वितरण एवं दक्षता
(Potential Distribution Over a String of Suspension Insulator and Efficiency)



चित्र–1.20

तीन लड़ी चकती का यह एक तुल्य परिपथ है। माना कि प्रत्येक चकती की धारिता (Capacitance) 'C' है। Hig Voltage की शिरोपरि line में श्रेणीबद्ध चकती Insulator की string का use होता है। जिसे माला अथवा शृंखला कहते दो धातु कड़ियों के बीच एक Insulator की disk जुड़ने के कारण प्रत्येक disk एक capacitor की भांति व्यवहार करता इसे mutual capacitor कहते हैं व इसका capacitance mutual capacitance कहलाता है। इसे cm से denote क है।

इसी प्रकार धातु कड़ी व भूसम्पर्कित इस्पात टावर के बीच dielectric medium होने से shunt capacitor का निर्मा होता है। इसका capacitance shunt capacitance (Cs) कहलाता है।

$$\boxed{\frac{Cs}{C_m} = K} \text{ होता है } \frac{Cs}{C_m} < 1$$

बिन्दु A पर किरचॉफ नियम (धारा) लेने पर

$$I_2 = I_1 + i_1$$

$$V_2\omega c = V_1\omega c + V_1\omega c_1$$

$$V_2\omega c = V_1\omega c + V_1\omega Kc$$

$$\therefore \quad V_2 = V_1(1 + K) \quad \ldots$$

Scanned with CamScanner

पुन: बिन्दु B पर किरचॉक प्रथम नियम लेने पर

$$I_3 = I_2 + i_2$$

$$V_3 \omega c = V_2 \omega c + (V_1 + V_2)\,\omega c_1$$

$$V_3 \omega c = V_2 \omega c + (V_1 + V_2)\,\omega K c$$

$$V_3 = V_2 + (V_1 + V_2)\,K$$

$$= KV_1 + V_2\,(1 + K)$$

$$= KV_1 + V_1\,(1 + K)^2 \qquad [\because V_2 = V_1\,(1 + K)]$$

$$= V_1\,[K + (1 + K)^2]$$

$$V_3 = V_1\,[1 + 3K + K^2] \qquad \text{...(ii)}$$

पृथ्वी तथा चालक के बीच वोल्टेज

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= V_1 + V_2\,(1 + K) + V_1\,(1 + 3K + K^2)$$

$$= V_1\,(3 + 4K + K^2)$$

$$V = V_1\,(1 + K)(3 + K) \qquad \text{...(iii)}$$

समीकरण (i), (ii) तथा समीकरण (iii) से

$$\frac{V_1}{1} = \frac{V_2}{1 + K} = \frac{V_3}{1 + 3K + K^2}$$

$$= \frac{V}{(1 + K)(3 + K)} \qquad \text{...(iv)}$$

उच्च बिन्दु के एक्रॉस वोल्टेज

$$V_1 = \frac{V}{(1 + K)(3 + K)}$$

दूसरे उच्च बिन्दु के एक्रॉस वोल्टेज

$$V_2 = V_1\,(1 + K)$$

तीसरे उच्च बिन्दु के एक्रॉस वोल्टेज

$$V_3 = V_1\,(1 + 3K + K^2)$$

$$\text{प्रतिशत लड़ी दक्षता} = \frac{\text{लड़ी के एक्रॉस वोल्टेज}}{n \times \text{चालक चकती एक्रॉस वोल्टेज}} \times 100$$

$$\%\ \text{S.C.} = \frac{V}{3 \times V_3} \times 100$$

प्रश्न–एक त्रिकला (Three Phase) Overhead line में तीन Unit की एक झूला प्रारूपी माला (Suspension Insulator's string) प्रयुक्त की गई है। यदि निम्नतम (Lowest point) के Across में 15.1 kV तथा दूसरे के पार्श्व में लाइन वोल्टता (Top point) 12.25 kV हो तो संचरण लाइन की लाइन वोल्टता उच्चतम (Top unit) में वोल्टता तथा String efficiency ज्ञात कीजिये।

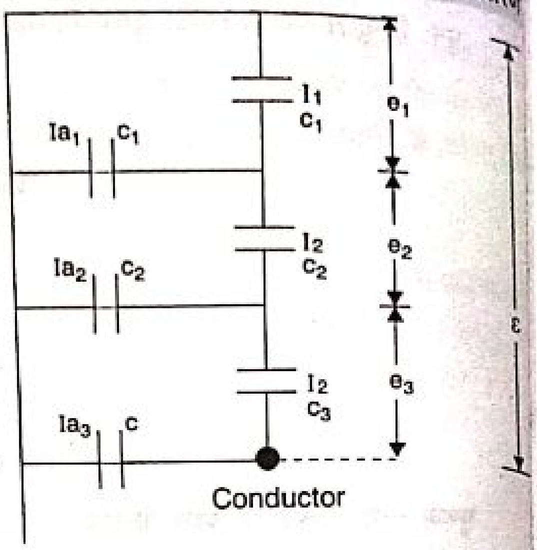
Scanned with CamScanner

हल—दिया है कि

$$e_3 = 15.1 \text{ kV (Low paint)}$$

$$e_1 = 12.25 \text{ kV (Top paint)}$$

मान लिया कि unit और भूमि के मध्य धारिता C_1 तथा धात्विक भागों की पारस्परिक Mutual capacitance τ है तो



चित्र–1.21

$$C_1 = Kc$$

और $$\varepsilon = e_1 + e_2 + e_3 \text{ (kV)}$$

$$= e_1 + e_1(1+k) + e_1(k^2+3k+1)$$

$$= e_1(k^2+4k+3)$$

$$e_1 = \frac{\varepsilon}{k^2+4k+3} = \frac{e_1}{1+k} = \frac{e_3}{k^2+3k+1}$$

$$= \frac{12.25}{1+k} = \frac{15.1}{k^2+3k+1}$$

$$12.25(k^2+3k+1) = 15.1(1+k)$$

$$= 12.25k^2 + 21.65k - 2.85 = 0$$

$$k = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a} \text{ से}$$

$$= \frac{-21.65 \pm \sqrt{(21.65)^2 - 4 \times 12.25 \times 2.85}}{2 \times 12.25}$$

$$k = \frac{-21.65 \pm \sqrt{6083725}}{2 \times 12.25}$$

$$k = \frac{-21.65 \pm 24.665}{24.65}$$

+ चिन्ह से, $$k = \frac{3.015}{24.65} = 0.123$$

$$e_1 = \frac{12.25}{1+0.123} = \frac{12.25}{1.123}$$

$$\boxed{e_1 = 10.9 \text{ kV}}$$

$$\varepsilon = e_1(k^2+4k+3)$$

$$= 10.9[(0.123)^2 + 4 \times 0.123 + 3]$$

$$= 10.9(0.015129 + 0.492 + 2)$$

$$= 10.9 \times 3507129$$

$$\boxed{\varepsilon = 38.29 \text{ kV}}$$

ε वोल्ट भूमि या उदासीन और कलीय तार के मध्य वोल्टता है

∴ लाइन वोल्टता $V_L = \sqrt{3}\, V_{pn}$

$$= 1.732 \times 38.25$$

Scanned with CamScanner

$$= 66.2645 \text{ kV}$$

$$\text{विद्युत रोधक माला की दक्षता} = \frac{\varepsilon}{MeM} = \frac{38.25}{3 \times 15.1} \times 100$$

$$= 84.457\%$$

लड़ी दक्षता के बढ़ाने की विधियाँ—लड़ी दक्षता को बढ़ाने के लिए लाइन चालक के निकटवर्ती विद्युतरोधी चकती (Disc) के एक्रॉस उच्चतम वोल्टतापात (E_N) तथा धारिता अनुपात (K) को घटाकर लड़ी की दक्षता बढ़ाई जा सकती है। इस प्रकार लड़ी के एक्रॉस समान वोल्टता वितरण से प्रत्येक चकती के एक्रॉस वोल्टता का मान बराबर होने से लड़ी दक्षता बढ़ जाती है।

लड़ी दक्षता बढ़ाने की निम्नलिखित तीन विधियाँ हैं—

(i) विद्युतरोधक अभिकल्प विधि

(ii) अनुप्रस्थ बाहु अभिकल्प विधि

(iii) स्थैतिक आवरण विधि

(i) विद्युतरोधक अभिकल्प विधि—धारिता अनुपात (K) का मान घटने से लड़ी की दक्षता बढ़ती है और इस अनुपात ($K = C_s / C_m$) से स्पष्ट है। लड़ी की पार्श्व धारिता (C_s) के घटने तथा पारस्परिक धारिता (C_m) के बढ़ने से धारिता अनुपात (K) का मान घटता है। पारस्परिक धारिता ($C_m = \varepsilon_a A / d$) के बढ़ाने के लिए विद्युतरोधी डिस्क की मोटाई (d) तथा पृष्ठ क्षेत्र (A) अधिक होना चाहिए।

मोटाई (d) का मान कम करने के लिए डिस्क को पतली बनाने से यद्यपि पारस्परिक धारिता (C_m) का मान घटता है। परन्तु डिस्क की यांत्रिक सामर्थ्य की वैद्युत वेधन क्षमता घट जाती है। इसलिए विद्युतरोधी डिस्क को एक निश्चित सीमा से अधिक पतला नहीं बनाया जा सकता।

(ii) अनुप्रस्थ बाहु अभिकल्प विधि—उच्च लड़ी दक्षता के लिए धारिता अनुपात (K) का मान निम्न होना चाहिए—

लम्बी अनुप्रस्थ बाहु का प्रयोग करके अर्थात् कड़ी तथा भू-योजित आलम्ब के बीच के वायु अन्तराल (d) को बढ़ाकर लड़ी की अनुप्रस्थ बाहु की लम्बाई सीमित रखनी पड़ती है। दूसरे, अधिक लम्बी अनुप्रस्थ बाहु के शक्तिशाली आलम्ब व सुदृढ़ नींव की आवश्यकता होती है। इसलिए धारिता अनुपात (K) के मान को 1/10 से कम करना मितव्ययी सिद्ध नहीं होता।

(iii) स्थैतिक आवरण विधि—इस विधि के अन्तर्गत क्रमकारक वलय अर्थात् रक्षी वलय को लाइन चालक के निकट स्थित निलम्बित विद्युतरोधकों की निम्नतम डिस्क के चारों ओर व्यवस्थित कर क्रमकारक वलय लाइन वोल्टता को धारण कर लेती है। लाइन चालक के निकट वाली डिस्क की पारस्परिक धारिता (C_m) को बढ़ाकर और साथ-साथ कड़ी तथा भू-योजित आलम्ब के बीच की पार्श्व धारिता (C_s) को करती हे। किसी सीमा तक लड़ी के एक्रॉस वोल्टता का समान वितरण हो जाता है। इसके अलावा रक्षी वलय दक्षता बढ़ाने के साथ-साथ ही अति वोल्टता तथा स्फुलन वोल्टता (Surge Voltage) के समय आर्किंग हार्न के अंग का कार्य करता है।

किरीट या आभा (Corona)—कोरोना एक ऐसी वैद्युत-रासायनिक अभिक्रिया है जिसमें उच्च वोल्टता के कारण चालक के चारों ओर की सतह सम्पर्कित वायु मन्द ध्वनि तथा बैंगनी प्रकाश के कारण भंजित (Break down) होकर विद्युत की सुचालक बन जाती है और चालक का ही अंग बनकर वैद्युत धारा प्रवाह में सहायक होती है। इस घटना को कोरोना कहते हैं।

यह घटना उस समय (स्थिति) में होती है जब दो चालक समान्तर स्थिति में जिनके बीच की दूरी उनके व्यासों की तुलना में अत्याधिक हो। उस समय वोल्टता का मान बढ़ाने पर एक निश्चित वोल्टता के बाद मन्द-मन्द शी-शी-शी .... की ध्वनि के साथ जामुनी रंग का हल्का प्रकाश उत्पन्न होता है। यह घटना तब तक होती है जब तक दोनों तारों के बीच वोल्टता उत्स्फुलिंगन (Voltage spark over) नहीं हो जाता।

Scanned with CamScanner

कोरोना की अभिव्यक्ति (Conception of Corona)

(i) हिसिंग्स ध्वनि का सुनाई देना, जामुनी रंग के प्रकाश का दिखाई देना, ऊष्मा उत्पन्न होना, सतह सम्पर्कित वायु का भंजन होना, रासायनिक प्रक्रिया से ओजोन गैस का बनना आदि।

(ii) यदि चालकों के बीच की दूरी इनके व्यासों की तुलना में अत्यधिक न हो, तो कोरोना बनने से पहले ही वोल्टता उत्स्फुर्लिंगन विसर्जन (Voltage spark over discharge) हो जायेगा।

(iii) प्रत्यावर्ती प्रणाली में दोनों तारों पर कोरोना की उत्पत्ति एक समान होती है।

(iv) यदि चालक चिकना तथा एक समान अनुप्रस्थ क्षेत्र वाला हो तो प्रकाशयुक्त दीप्ति चालक की सतह पर कुछ दूरी तक एक समान उत्पन्न होगी और चालक खुरदरा है तो एक समान माप (diameter) का न हो तो केवल उसी उभार बिन्दु पर इस प्रकार की तीव्रता अधिक हो जायेगी।

(v) दिष्ट धारा प्रणाली के अन्तर्गत ऋणात्मक चालक की अपेक्षा धनात्मक चालक पर एक समान तथा अधिक प्रकाश दीप्ति होती है।

(vi) प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली के अन्तर्गत कोरोना के कारण ज्यावक्रीय धारा (Sinusoidal current) प्राप्त नहीं होती है अर्थात् अज्यावक्रीय धारा (Non-sinusoidal current) प्राप्त होती है।

कोरोना को प्रभावित करने वाले कारक

शिरोपरि लाइन में चालक में होने वाले इस घटना को प्रभावित करने वाले निम्नलिखित कारक हैं—

1. चालक की भौतिक परिस्थितियाँ (Physical Conditions)

(i) लाइन वोल्टता (Line voltage)
(ii) चालकों के बीच की दूरी (Distance between the land)
(iii) चालकों की आकृति एवं प्रमाप (Shape and size of end)
(iv) चालकों के बीच की दूरी तथा इनके अर्द्धव्यास का अनुपात (Ratio of distance between the conductor and its radius)
(v) चालकों के बीच माध्यम की प्रकृति (Nature of medium between the conductors)
(vi) चालकों के पृष्ठ की आकृति

2. वायुमण्डलीय परिस्थितियाँ (Atmospheric Conditions)

(i) वायुमण्डल में वायु का घनत्व (Density of air in atmosphere)
(ii) वायु में आयनों की संख्या (Number of ions in air)
(iii) आयन पर आवेश की मात्रा (Quantity of charge on ion)

कोरोना की निर्भरता

(i) लाइन वोल्टता—शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में चालकों के बीच लाइन वोल्टता के बढ़ने से किरीट हानियाँ बढ़ती हैं और वोल्टता घटने से किरीट हानियाँ भी घटती हैं।

$$\text{किरीट हानियाँ} \propto \text{वोल्टेज}$$
$$(\text{Corona losses} \propto \text{voltage})$$

(ii) चालकों के बीच की दूरी—शिरोपरि संचरण लाइन के चालकों के बीच की दूरी बढ़ाने से किरीट हानियाँ कम होती हैं बल्कि दूरी घटने से किरीट हानियाँ बढ़ती हैं।

$$\text{किरीट हानियाँ} \propto \frac{1}{\text{चालकों के बीच की दूरी } (d)}$$

Scanned with CamScanner

(iii) चालकों की आकृति एवं प्रमाप—शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में चालकों की मोटाई बढ़ाने पर किरीट हानियों का मान कम होता है, जबकि इनकी मोटाई घटाने पर चालकों में किरीट हानियों का मान बढ़ता है।

$$\text{किरीट हानियाँ} \propto \frac{1}{\text{चालकों की मोटाई } (r)}$$

(iv) चालकों के बीच की दूरी (*d*) तथा अर्द्धव्यास (*r*) का अनुपात—शिरोपरि संचरण तथा वितरण प्रणाली में चालक के बीच की दूरी तथा मोटाई (*r*) का अनुपात बढ़ने से किरीट हानियाँ बढ़ती हैं तथा घटने से किरीट हानियाँ भी कम होती हैं।

$$\text{किरीट हानियाँ} = \frac{1}{(d / r) \text{ का अनुपात}}$$

कोरोना से शिरोपरि लाइन से लाभ

(i) अल्पकालिक प्रभावों का कम होना—कोरोना उत्पत्ति से शिरोपरि लाइन में चालक पर तड़ित तथा अन्य सूक्ष्म कारण से उत्पन्न क्षणिक तरंग प्रभाव इत्यादि प्रभाव (अल्पकालिक प्रभावों) कोरोना से समाप्त हो जाते हैं।

(ii) चालक के प्रमाप में वृद्धि होना—शिरोपरि लाइन में चालकों में कोरोना उत्पत्ति से चालक के आस-पास वाली पृष्ठ वायु सम्पर्कित होकर आयनीकृत हो जाती है और चालक के चारों ओर एक विद्युत सुचालक वायु कोष स्थापित हो जाता है। इससे चालक की प्रारम्भिक मोटाई से कुछ अधिक मोटाई हो जाती है।

(iii) पृष्ठीय प्रतिबल कम होना—शिरोपरि लाइन में कोरोना के प्रभाव से चालक का प्रभावी अर्द्धव्यास (*r*) के बढ़ जाने से चालकों के बीच की दूरी (*d*) तथा उनकी त्रिज्या (*r*) का अनुपात (*d*/*r*) घट जाता है। इससे पृष्ठीय प्रतिबल का मान हो जाता है जिससे चालकों के बीच उत्स्फुरण (Sparking) की सम्भावना कम हो जाती है।

Note : प्रभावी व्यास बढ़ने से चालक की धारा क्षमता बढ़ जाती है।

कोरोना से शिरोपरि लाइन में हानियाँ

(i) कोरोना की उत्पत्ति से वैद्युत शक्ति हानियाँ बढ़ जाती हैं। जिससे शिरोपरि लाइन चालक में संचरण दक्षता घट जाती है।

(ii) कोरोना की उत्पत्ति से वायुमण्डल के वायु में उत्पन्न ओजोन गैस चालक के पदार्थ से रासायनिक प्रक्रिया करती है जिससे चालक के पृष्ठ पर छिद्रों का निर्माण होता है। चालक का पृष्ठ असमान होकर खुरदरा हो जाता है जिससे चालक का वह स्थान जहाँ कोरोना उत्पन्न होता है वह स्थान निर्बल हो जाता है।

(iii) कोरोना की उत्पत्ति शिरोपरि लाइन चालक से तीसरी हार्मोनिक प्रभावित होने के कारण धारा की ज्यावक्रीय तरंग से अज्यावक्रीय तरंग प्राप्त होती है जो संचार लाइन में बाधा उत्पन्न करती है।

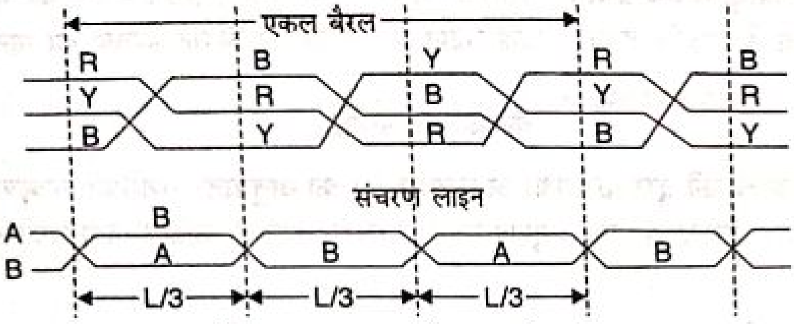
कोरोना के प्रभाव को न्यूनतम करने की विधियाँ—शिरोपरि लाइन में कोरोना को न्यूनतम निम्न प्रकार से किया जाता है—

(i) चालकों के बीच की दूरी बढ़ाकर—चालकों के बीच की दूरी बढ़ाने से कोरोना प्रभाव कम होता है। परन्तु इसके लिए लम्बी क्रॉस-आर्म की आवश्यकता होती है जिससे क्रॉस-आर्म तथा आलम्ब दोनों की कीमत बढ़ती है। इससे कोरोना को पूर्णरूपेण कम नहीं किया जा सकता है।

(ii) मोटे चालकों का प्रयोग करके—शिरोपरि संचरण लाइनों में मोटे, ठोस चालकों का प्रयोग करने से पदार्थ की मात्रा बढ़ने के साथ-साथ चालकों की कीमत बढ़ जाती है। चालकों का भार बढ़ने से संचरण लाइनों में झोल भी बढ़ता है। इससे आलम्ब की ऊँचाई बढ़ानी पड़ती है जिससे मोटे चालक की जगह खोखले चालकों का संचरण मितव्ययी नहीं होता है।

चालकों का पक्षांतरण (Transposition of conductor)—शिरोपरि लाइन चालकों के कला अनुक्रम का बदलना ही चालकों का पक्षांतरण कहलाता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–1.22 : चालकों का पक्षांतरण

इसमें चालकों को आलम्बों पर किसी नियत दूरी पर उनकी स्थिति बदली जाती है जिसमें त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन में प्रत्येक चालक को केवल तीन स्थितियों से गुजरना पड़ता है। इसमें लाइन के चालक की सम्पूर्ण लाइन को एक तिहाई लम्बाई के लिए व्यवस्थित किया जाता है। त्रिकला संचरण लाइन में प्रत्येक चालक संचरण लाइन के एक-तिहाई लम्बाई में अपनी तीनों परिस्थितियों को क्रमश: सम्पूर्ण करती है। पक्षांतरण के सम्पूर्ण एक चक्र को बैरल कहते हैं। इसमें चालकों के बीच की दूरी समान रहती है तथा प्रत्येक चालक समबाहु स्थिति में स्थापित रहती है।

चालक पक्षांतरण की आवश्यकता—शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन खुले वायुमण्डल के कुप्रभावों, बर्फ, ओला, तेज हवा, गर्मी, आँधी आदि वायुमण्डलीय कुप्रभावों तथा चालक के स्वभार के कारण शिरोपरि लाइनों में झोल की उत्पत्ति होती है। इससे लाइन चालकों के बीच की दूरी असमान हो जाती है जो चालक के प्रेरकत्व (L) तथा धारिता (C) पर निर्भर करती है।

शिरोपरि लाइन में अवमन्दन का प्रयोग—शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में आँधी, तूफान, बर्फ इत्यादि के कारण शिरोपरि लाइन चालकों में कम्पन होने लगते हैं। इससे संयोजकों जोड़ों, जकड़न, बिन्दुओं, शिकन्जों, कब्जों इत्यादि पर झटका लगने से चालक टूटकर गिर जाते हैं। और लाइन चालक में प्रदोष आ जाता है। इस घटना को न्यूनतम करने के लिए अवमन्दन का प्रयोग करते हैं। इसलिए कम्पनों को अवमन्दित करना नितान्त आवश्यक होता है।

(i) अति निम्न आवृत्ति कम्पन—ये सामान्य गति से चलने वाली हवा के कारण उत्पन्न होते हैं। इनमें शिरोपरि लाइन Conductor, Space में धीमी गति से झूलते हैं, इस तरह के कम्पनों से लाइन की कोई क्षति नहीं होती है।

(ii) निम्न आवृत्ति कम्पन—शिरोपरि लाइन चालक में जिसकी आवृत्ति एक चक्र/सेकेण्ड के लगभग होती है। ये क्षैतिजिक तेज हवा, आँधी, तूफान आदि से उत्पन्न होते हैं। इनका आयाम दस दिशाओं में से किसी भी एक दिशा में पाँच मीटर अथवा इससे भी अधिक हो जाता है, जिससे लाइन परस्पर टकराकर लघुपथित (Short circuit) हो सकते हैं।

(iii) उच्च आवृत्ति कम्पन (High Frequency Vibrations)—इनकी आवृत्ति 5 से लेकर 100 चक्र/सेकण्ड तक हो सकती है। परन्तु इनका आयाम केवल 2.5 सेमी० तक ही सीमित रहता है। ये चक्रवात (Cyclone) अर्थात् ऊपर की ओर उठने वाली घुमावदार तेज हवा से उत्पन्न होते हैं।

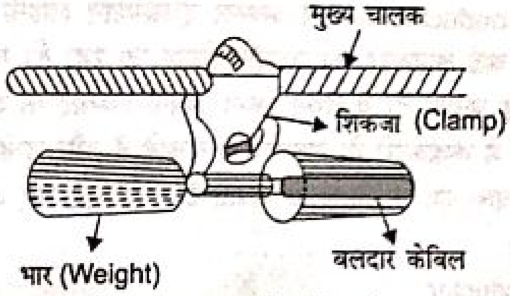
कम्पन अवमन्दक (Vibration Damper)—वह युक्ति जो शिरोपरि लाइन में उत्पन्न होने वाले कम्पनों के आयाम को कम करती है अर्थात् समाप्त करती है कम्पन अवमन्दक (Vibration damper) कहलाती है। यह निम्न दो प्रकार की होती है—

(i) स्टॉक ब्रिज अवमन्दक (Stock bridge damper)

(ii) बेट्स टाइप पैरालेल वायर अवमन्दक (Bates type parallel wire damper)

(i) स्टॉक ब्रिज अवमन्दक (Stock Bridge Damper)—शिरोपरि लाइन में चालक को साधने के लिए इसको क्रॉस आर्म पर लगाते हैं। इसकी दो लघु बेलन जिनका भार एक से आठ किलोग्राम (1 to 8 kg) तक हो सकता है। यह 1 से 2 फुट की लम्बी बलदार केबिल से जुड़ा होने के साथ केबिल के केन्द्र पर लगे clamp की सहायता से मुख्य लाइन चालक से लगा रहता है। इस प्रकार यह अवमन्दक एक बेलनाकार भार के रूप में मुख्य चालक के नीचे लगा रहता है। चालक में

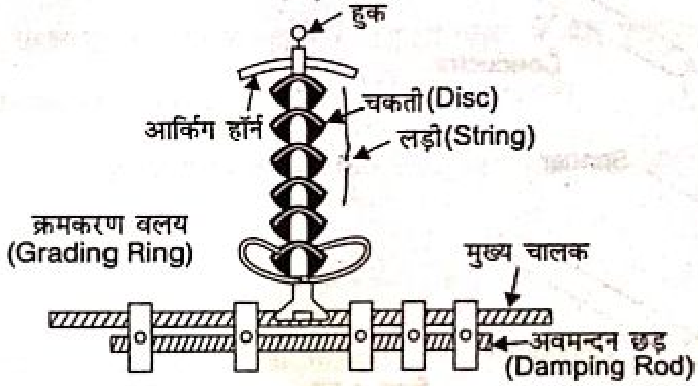
Scanned with CamScanner



चित्र–1.23 : स्टॉक ब्रिज डेम्पर

कम्पन उत्पन्न होने पर बलदार केबिल कम्पन को अवशोषित कर लेता है और अवशोषित ऊर्जा को ताप ऊर्जा में परिवर्तित करता है। इसकी प्रारम्भिक कीमत अधिक होने से इसका प्रयोग प्रायः कम किया जाता है।

(ii) बेट्स टाइप पैरेलल वायर अवमन्दक (Bates Type Parallel Wire Damper)—शिरोपरि लाइन चालक का ही आठ मीटर से लेकर दस मीटर तक लम्ब एक टुकड़ा होता है जिसे कवच छड़ अथवा अवमन्दन छड़ कहते हैं। इस छड़ को मुख्य लाइन के साथ समान्तर में इंस्यूलेटर क्लैम्प के पास सिंगल बोल्ट अथवा बन्धक तारों द्वारा कस दिया जाता है। यह अवमन्दक छड़ ही आधार अर्थात् क्लैम्प पर यांत्रिक कम्पनों को कम करती है जिससे कम्पनों के कारण क्लैम्प पर लाइन चालक के टूटने की सम्भावना अति कम हो जाती है। सस्ता होने के कारण इस अवमन्दक का प्रयोग सर्वाधिक होता है।



चित्र–1.24 : बेट्स टाइप पैरेलेल वायर अवमन्दक

शिरोपरि लाइनों पर प्रयुक्त सुरक्षात्मक युक्तियाँ (Safety Devices used on Overhead Line)

(i) फ्यूज इकाइयाँ (Fuse units)

(ii) विलगकारी स्विचें (Isolating switches)

(iii) तड़ित निरोधक (Lighting arresters)

(iv) चोक कुण्डलियाँ (Choke Coils)

(v) स्तम्भों के शीर्षों पर परिचालित सतत् भूतार (Continuous earth wire running on the tops of towers)

(vi) शिरोपरि लाइनों के नीचे प्रयुक्त वी-गार्ड्स (Vee-guards used below overhead lines)

(vii) शिरोपरि लाइनों के नीचे अथवा ऊपर प्रयुक्त गार्ड-तारें (Guard wires used below or above the overhead lines)

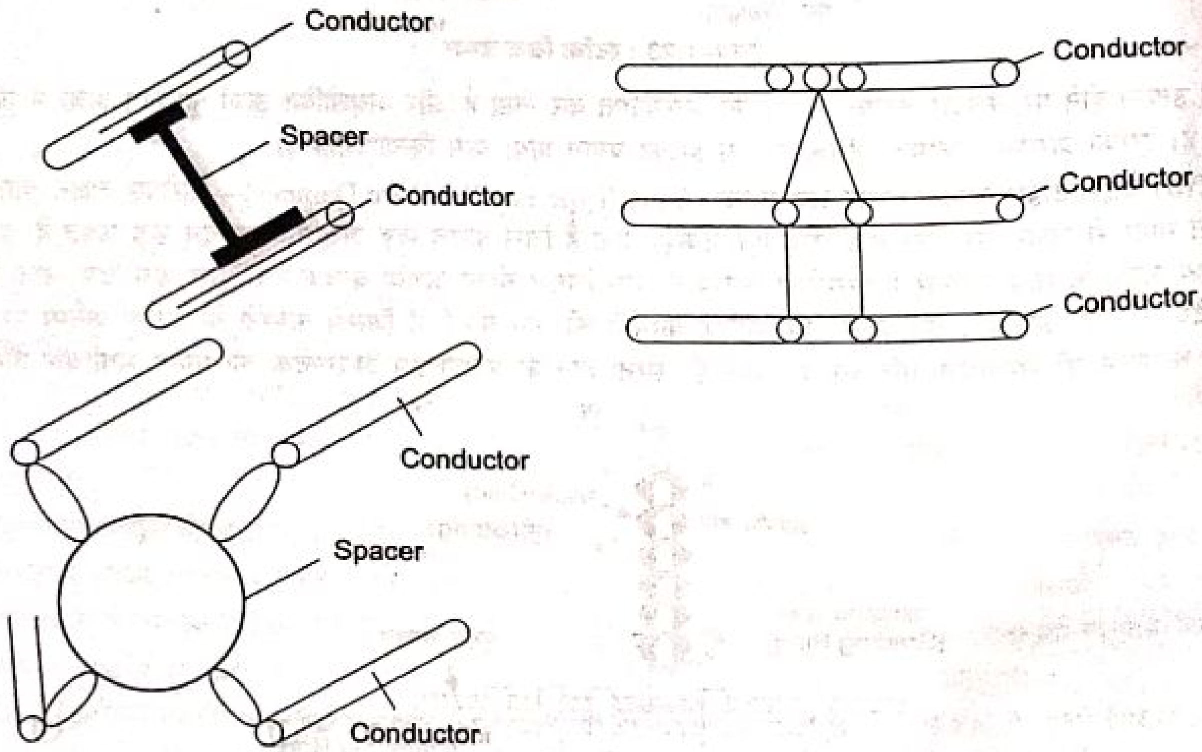
(viii) इस्पाती ढाँचा तथा रक्षी तारों का भूयोजन (Earthing of the steel structures and guard wires)

(ix) कम्पन अवमन्दकें (Vibration dampers)

(x) पक्षी या परिन्दा रक्षी युक्तियाँ (Bird guard devices)

Scanned with CamScanner

(i) बंडल कंडक्टर्स (Bundle Conductors)—हम अक्सर ट्रांसमिशन लाइनों को देख सकते हैं जहाँ प्रति चरण एक कंडक्टर के बजाय प्रत्येक चरण में कई कंडक्टर का उपयोग किया जा रहा है। एक धातु संरचना जिसे स्पेसर्स कहा जाता है, एक चरण के संवाहकों का समूह बनाती है। ये रिक्त स्थान अपनी लम्बाई के दौरान कंडक्टरों के बीच एक निरंतर दूरी बनाए रखने में मदद करते है, आपस में कंडक्टरों के टकराव से बचाते हैं और उन्हें समांनातर में जुड़े रहने की अनुमति भी देते हैं। प्रत्येक चरण ये दो, तीन, या चार, छः कंडक्टर हो सकते है नीचे दिए गए आकड़े तीन विन्यासों के लिए स्पेसर के साथ बंडल कंडक्टर दिखाया गया है।



चित्र–1.25

स्पेसर द्वारा शामिल किए गए प्रत्येक कंडक्टर एक ही तरण के हैं और हमारे पास कंडक्टर के ऐसे समूह होंगे जो एकल सर्किट ट्रांसमिशन में या छः ऐसे समूह डबल सर्किट ट्रांसमिशन में होगे।

हम आमतौर पर ऐसे कान्फिगरेशन का उपयोग करते हैं जब एक ओर शक्ति बहुत उच्च वोल्टेज स्तर पर लम्बी दूरी तक प्रेषित की जाती है

(ii) बंडल कंडक्टर्स के फायदे—कंडक्टर के बंडलिंग से लाइन इंडक्शन में कम आती है। हम जानते हैं कि एक लाइन का इंडक्शन इसके द्वारा दिया जाता है

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR}$$

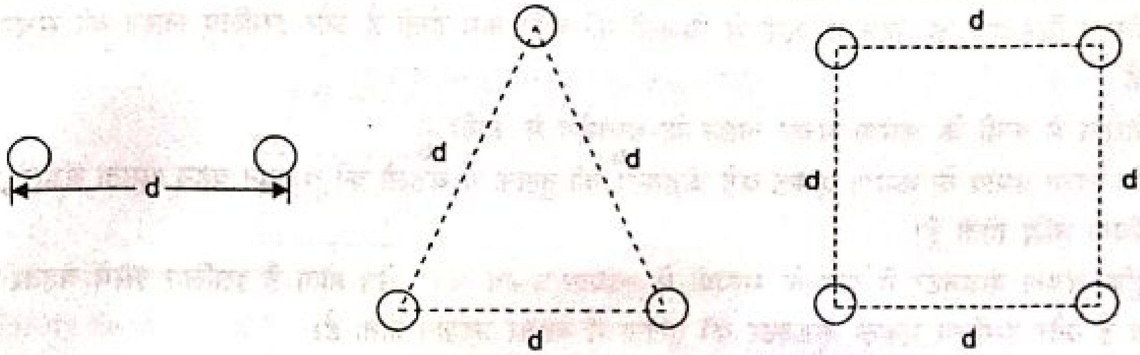
जहाँ GMD = जियोमेट्रिक माध्य दूरी

GMR = जियोमेट्रिक माध्य त्रिज्या

त्रिज्या के एकल कंडक्टर के लिए

$$GMR = 0.7788\, r$$

दो कंडक्टर बंडल के लिए जैसा कि आंकड़ा में दिखाया गया है—



चित्र–1.26

$$GMR = \sqrt[9]{(0.7788\,r)(d)(d)\,0.7788\,r} = 0.8825\sqrt{rd}$$

तीन कंडक्टर बंडल के लिए

$$GMR = \sqrt[9]{(0.7788\,r \times d \times d)^3} = 0.923\sqrt{rd^2}$$

चार कंडक्टर बंडल के लिए

$$GMR = \sqrt[16]{(0.7788\,r \times d \times d \times \sqrt[2]{2}d)^4}$$
$$= 1.02\sqrt[4]{rd^3}$$

इसलिए जैसे ही हम कंडक्टरों की संख्या बढ़ाते हैं, GMR बढ़ता है और इसलिए

$$\text{Inductance } (L) = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR\uparrow} \text{ घटता है।}$$

1. अब लाइन को शामिल करने ये कमी के कई फायदे हैं, जैसे लाइन की अधिकतम शक्ति हस्तांतरण क्षमता बढ़ जाती है।

$$P = \frac{V_S V_R}{X} \sin\delta$$

जहाँ $X = \omega L$ लाइन की प्रतिक्रिया (Reactance)

लाइन के वोल्टेज विनियमन को भी बढ़ाया जाता है क्योंकि लाइन की प्रतिक्रिया कम हो जाती है।

2. लाइन की प्रेरण में कमी के लिए समान तर्क पर हम यह कह सकते हैं कि लाइन की कैपिसिटेंस बढ़ जाती है, क्योंकि लाइन की न्यूट्रेलिटी द्वारा दी जाती है

$$C_\eta = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln \frac{GMD}{GMR}}$$

अब जब से हमने L घटाया और C में वृद्धि की है तो लाइन का शुद्ध SIL भी अपने आप बढ़ जाता है। इसलिए पावर ट्रांसफर क्षमता भी बंडल कंडक्टर का उपयोग करना SIL यानी सर्ज इम्पीडेंस लोडिंग को बढ़ाने का एक प्रभावी तरीका है।

3. बंडल कंडक्टर का सबसे महत्वपूर्ण लाभ कोरोना निर्वहन को कम करने की क्षमता है जब एंक कंडक्टर का उपयोग करके बिजली बहुत उच्च वोल्टेज पर स्थानांरित की जा रही है तो इसके चारो ओर वोल्टेज ढाल अधिक है और एक उच्च संभावना है कि कोरोना प्रभाव होगा—विशेष रूप से खराब मौसम की स्थिति में। हालांकि एक कंडक्टर के बजाय पास के कई कडक्टरों का उपयोग करते हुए बंडल कंडक्टर का गठन किया जाता है और इसलिए कोरोना गठन की संभावना है।

महत्वपूर्ण कोरोना वोल्टेज में वृद्धि निम्न पर निर्भर करती है

- समूह में कंडक्टरों की संख्या
- उनके बीच की दूरी और अलग-अलग समूह के बीच दूरी सं यह पता चलता है कि एक समूह में कंडक्टरों के बीच इष्टतम अंतर प्रत्येक कंडक्टर के व्यास का 8-10 गुना है, चाहे बंडल में कंडक्टरो की संख्या के बावजूद।

Scanned with CamScanner

4. कोरोना डिस्चार्ज के गठन में कमी से बिजली की हानि कम होती है और इसलिए लाइन की संचरण क्षमता में सुधार होता है

5. कोरोना में कमी के कारण संचार लाइन के हस्तक्षेप में कमी।

6. कम त्वचा प्रभाव के कारण एकल बड़े कंडक्टर की तुलना में बंडलों की वर्तमान वहन क्षमता बंडलों की संवाहक क्षमता में अधिक वृद्धि होती है।

7. चूंकि बंडल कंडक्टर में हवा के सम्पर्क में अधिक प्रभाव सतह क्षेत्र होता है इसलिए इसमें बेहतर और कुशल शीतलन होता है और इसलिए एकल कंडक्टर की तुलना में बेहतर प्रदर्शन होता है।

1.4. लाइनों का यांत्रिक अभिकल्पन (Mechanical Feature of Lines)

प्रस्तावना (Introduction)

ट्रांसमिशन एवं डिस्ट्रीब्यूशन (Transmission and distribution), Electrical power को उत्पादन (Generation) से उपभोक्ता (Consumer) तक पहुँचाने का एक आवश्यक लिंक है। यह आवश्यक है कि वैद्युत शक्ति का प्रेषण तथा वितरण अधिक से अधिक न्यून हानि (Low losses) में हो जिसके लिए यह महत्वपूर्ण है कि लाइन चालक की डिज़ाइन उचितपूर्वक हो जिससे इसकी दक्षता उच्चतम हो, तकनीकि प्रदोष न हो। लाइन चालकों को खींचने में उन दोनों आलम्ब के बीच की लटकन अर्थात् झोल जिसे सैग (Sag) कहते हैं, बहुत ही महत्वपूर्ण होता है। लाइन में यह सैग, चालक के स्वभार (Self weight) के कारण उत्पन्न होता है। गर्मी की ऋतु में यह सैग अधिकतम तथा सर्दी की ऋतु में यह न्यूनतम होता है। यही कारण है कि गर्मियों में खींचे गये चालक सर्दियों में प्रायः टूट कर गिर जाते हैं। ऐसा प्रायः अधिक तापान्तर के कारण शीत प्रदेशों में होता है।

पारिभाषिक शब्दावली (Definitive Terminology)

(1) अन्तिम भंजन प्रतिबल (Ultimate Breaking Stresses)—इसे अधिकतम प्रतिबल, शिखर प्रतिबल (Peak stress), उच्चतम (Highest stress) भी कहते हैं। अन्तिम भंजन प्रतिबल वह प्रतिबल है जिस पर जॉब भंजित हो जाता है अर्थात् टूट जाता है। इसे f_u, f_b or f_c से किलोग्राम प्रति मिलीमीटर^2 (kg/mm^2) में व्यक्त करते हैं।

अन्तिम भंजन प्रतिबल

$$\boxed{f_b = \frac{F_b}{A} \text{ kg/mm}^2}$$

अतः "अन्तिम भंजन प्रतिबल, भंजित बाह्य बल (Breaking force) तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल का अनुपात होता है।"

(2) सुरक्षित कार्यकारी प्रतिबल (Safe Working Stress)—इसे सुरक्षापूर्ण प्रतिबल या कार्यकारी प्रतिबल भी कहते हैं। सुरक्षित कार्यकारी प्रतिबल, वह प्रतिबल है जिस पर जॉब अपना कार्य सफलतापूर्वक करती रहती है। इसे F_s or F_w से kg/mm^2 में व्यक्त करते हैं।

सुरक्षित कार्यकारी प्रतिबल,

$$\boxed{f_w = f_s = \frac{F_w}{A} \text{ kg/mm}^2}$$

अतः "सुरक्षित कार्यकारी प्रतिबल, सुरक्षित बाह्य बल (F_w) तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (Cross-section area) (A) का अनुपात है।"

(iii) सुरक्षा गुणक या अभयांक (Safety Factor)—यह अन्तिम भंजन प्रतिबलों (Ultimate breaking stress) (f_u) तथा सुरक्षित कार्यकारी प्रतिबलों (Safe working stress) (f_s) का अनुपात है। इसे S.F. से प्रदर्शित करते हैं। चूँकि यह एक अनुपात है इसलिए इसका कोई मात्रक नहीं होता है।

Scanned with CamScanner

अतः सुरक्षा गुणक,

$$\text{S.F.} = \frac{\text{Ultimate breaking stress } (f_u)}{\text{Safe working stress } (f_s)}$$

or

$$\boxed{\text{S.F.} = \frac{f_u}{f_s}}$$

∵ Ultimate Breaking Stress > Safe Working Stress.

∴ Safety factor का मान सदैव 1 से अधिक होता है।

(iv) आलम्ब अर्थात् सपोर्ट (Support)—ओवरहेड लाइन के चालकों को क्षैतिजिक स्थिति में रखने के लिए जिस ऊर्ध्वाधर युक्ति का प्रयोग किया जाता है, उसे आलम्ब कहते हैं। जैसे खम्भा (Pole) तथा स्तम्भ (Tower)।

(v) लाइन चालक (Line Conductor)—ओवरहेड लाइन में वैद्युत शक्ति संचरण के लिए प्रयुक्त धारावाही नंगा चालक को लाइन चालक कहते हैं।

(vi) विस्तृति या विस्तार (Span)—ओवरहेड लाइन के किन्हीं दो निकटवर्ती आलम्बों के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्तार (Span) कहते हैं। इसे L से metre में व्यक्त करते हैं।

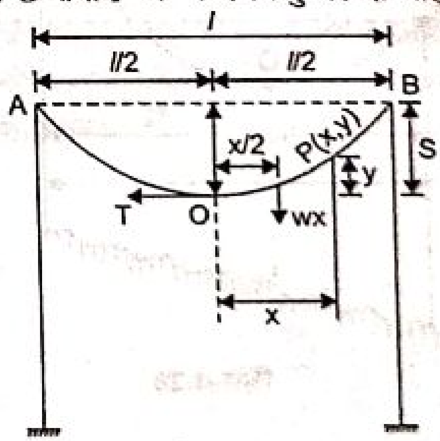
झोल अर्थात् सैग (Sag)—ओवरहेड लाइन में किन्हीं दो सपोर्ट के बीच विद्युतरोधकों से कसे हुए एक पूर्ण लचकदार एवं एकसमान अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (A perfectly flexible wire of uniform cross-section) के क्षैतिजिक चालक की लटकन को सैग कहते हैं। इसे (S) से प्रदर्शित करते हैं तथा इसको metre में व्यक्त करते हैं।

दो आलम्बों अथवा (Support) से ऊपरी सिरों को मिलाने वाली काल्पनिक रेखा, और उन पर खींचे गये लाइन चालक के बीच के ऊर्ध्वाधर मध्यम दूरी (Vertical maximum distance) को अधिकतम सैग (Maximum Sag) कहते हैं।

झोल का परिकलन (Calculation of Sag)

(i) जब आलम्ब समान लेवल पर स्थित हैं (When Supports are at Equal Levels)—माना A व B दो समान ऊँचाई के आलम्ब हैं। इन आलम्बों के बीच एक (l) स्पान की पूर्ण लचकदार एवं समान अनुप्रस्थ काट का एक चालक लटकाया गया है जिसका निम्नतम बिन्दु (O) है जो Span के मध्य बिन्दु (Mid-point) पर है तथा चालक में उत्पन्न तनाव (T) है तथा चालक के प्रति मीटर लम्बाई का भार w है।

माना चालक पर एक बिन्दु P है जिसका निर्देशांक (x, y) है जो कि चालक के बिन्दुओं O तथा B के बीच है। चालक में तनाव एकसमान रहता है। अत: O तथा P के मध्य बिन्दु पर दो बाह्य बल कार्य करते हैं, जो निम्न हैं—



चित्र–1.27

(1) चालक का भार (wx), बिन्दु O से $\frac{x}{2}$ दूरी पर

(2) बिन्दु O पर चालक में तनाव (T)

वायुमण्डल की शान्त अवस्था में—माना कि चालक सन्तुलित स्थिति में है, तब बिन्दु P पर कार्य करने वाले दोनों बलों का आघूर्ण लेने पर,

$$T \times y = wx \times \frac{x}{2}$$

$\therefore$

$$y = \frac{wx^2}{2T}$$

यदि बिन्दु P को O पर माना जाए तो

$$y = S$$

तथा

$$x = \frac{l}{2}$$

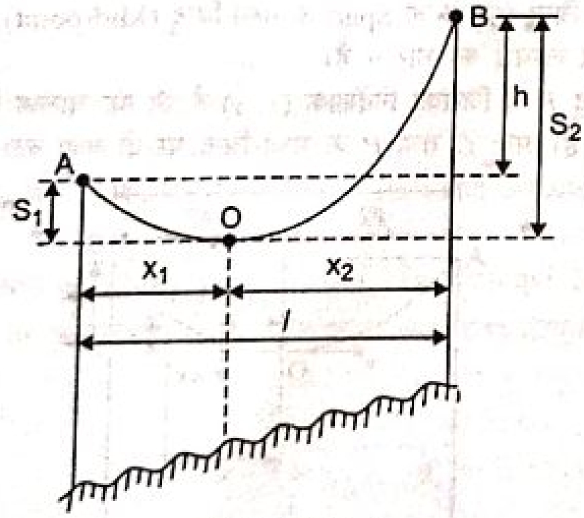
$\therefore$ अधिकतम झोल (सैग)

$$S = \frac{w \times \left(\frac{l}{2}\right)^2}{2T}$$

$$S = \frac{wl^2}{4 \times 2T}$$

$$\boxed{S = \frac{wl^2}{8T}}$$

(ii) जब दोनों आलम्बों की ऊँचाइयाँ असमान हों (When Supports are at Unequal Levels)—असमान लेवल के आलम्बों का प्रयोग प्रायः पहाड़ी क्षेत्रों में किया जाता है। माना, दो असमान लेवल के सपोर्ट A तथा B हैं जिसका Span (स्पान) l है। दोनों सपोर्ट के बीच के लेवल में अन्तर h, तथा चालक का निम्नतम बिन्दु O है, जहाँ से दोनों आलम्बों (A तथा B) की लम्बाइयाँ क्रमशः x_1 व x_2 हैं तथा चालक में तनाव T है।



चित्र-1.28

यदि चालक के प्रति मीटर लम्बाई का भार w है तो

$$S_1 = \frac{w x_1^2}{2T} \quad ...(i)$$

और $$S_2 = \frac{wx_2^2}{2T} \quad ...(2)$$

$$\left\{\because y = \frac{wx^2}{2T} \text{ से}\right\}$$

समीकरण (2) में से समीकरण (1) को घटाने पर

$$S_2 - S_1 = \frac{wx_2^2}{2T} - \frac{wx_1^2}{2T}$$

$$S_2 - S_1 = \frac{w}{2T}(x_2^2 - x_1^2)$$

$$S_2 - S_1 = \frac{w}{2T}(x_2 + x_1)(x_2 - x_1)$$

$\because$ $$S_2 - S_1 = h$$

और $$x_1 + x_2 = l$$

$\therefore$ $$h = \frac{w}{2T} \times l(x_2 - x_1)$$

$$x_2 - x_1 = \frac{2Th}{wl} \quad ...(3)$$

$\therefore$ $$x_1 + x_2 = l \quad ...(4)$$

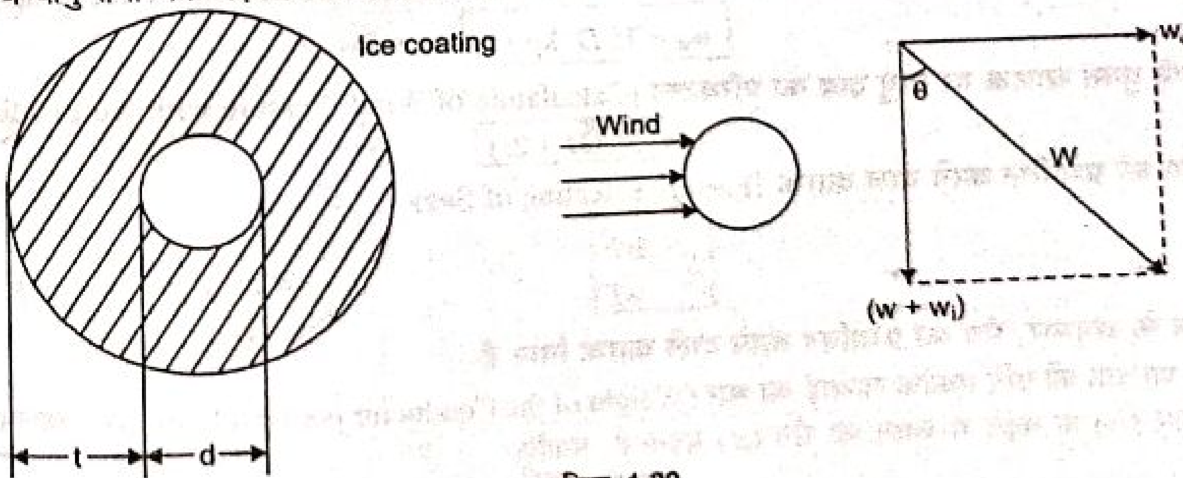
समीकरण (3) व समीकरण (4) से

$$\boxed{\begin{aligned} x_1 &= \frac{l}{2} - \frac{Th}{wl} \\ x_2 &= \frac{l}{2} + \frac{Th}{wl} \end{aligned}}$$

x_1 व x_2 का मान ज्ञात करने पर S_1 व S_2 का मान आसानी से निकाला जा सकता है।

सैग पर बर्फ भार तथा वायु-दाब का प्रभाव (Effect of Wind and Ice Loading)—उपरोक्त सूत्र केवल वायुमण्डल की शान्त अवस्था के लिए प्रयोग किया जाता है। इस स्थिति में ताप व दाब सामान्य रहता है तथा चालक का केवल स्वयं का भार ही कार्य करता है। लेकिन वायुमण्डल की असामान्य स्थिति में,

तेज वायु तथा बर्फ पड़ने के कारण, चालक का परिणामी भार (W) कार्य करता है।



चित्र–1.29

चालक के प्रति मीटर का कुल भार (Total Weight of Conductor per Metre)—

$$W = \sqrt{(w + w_i)^2 + (w_w)^2}$$

जहाँ, w = किलोग्राम मात्रक में चालक की प्रति मीटर लम्बाई का स्वभार (Self weight of conductor per metre length)

w_i = किलोग्राम मात्रक में चालक के प्रति मीटर लम्बाई पर जमी हुई बर्फ का भार (Weight of ice per metre length)

w_w = किलोग्राम मात्रक में चालक की प्रति मीटर लम्बाई से प्रक्षेपित क्षेत्र पर लगने वाला वायु दाब (Wind pressure at projected area of conductor in kg/metre)

Now, ऊर्ध्वाधर तल से परिणामी भार के बल की दिशा,

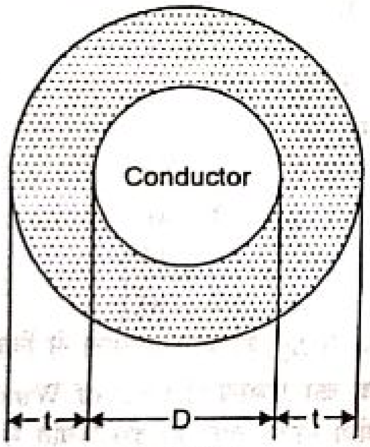
$$\tan\theta = \frac{w_w}{w + w_i}$$

∴ परिणामी अधिकतम सैग

$$S = \frac{Wl^2}{8T} \qquad \text{जहाँ } W = \sqrt{(w + w_i)^2 + (w_w)^2}$$

बर्फ के भार का परिकलन (Calculation of Weight of Ice)—

$$w_i = 2867\, t\,(D + t) \text{ kg/m}$$



चित्र–1.30

बर्फ रहित चालक पर वायु दाब का परिकलन (Calculation of Wind Pressure without Ice Loading)—

$$w_w = 75\,D \text{ kg/m}$$

बर्फ युक्त चालक पर वायु दाब का परिकलन (Calculation of Wind Pressure with Ice Loading)—

$$= 75\,(D + 2t)$$

सैग को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Effecting of Sag)—

$$\because \quad S = \frac{Wl^2}{8T} \qquad \text{जहाँ } W = \sqrt{(w + w_i)^2 + (w_w)^2}$$

सूत्र के अनुसार, सैग को प्रभावित करने वाले कारक निम्न हैं—

(i) चालक की प्रति एकांक लम्बाई का भार (Weight of the Conductor per Unit Length)—चालक के अपने स्वयं के भार (w) के बढ़ने से लाइन का सैग (S) बढ़ता है, क्योंकि

Scanned with CamScanner

$$\boxed{S \propto w}$$

(ii) चालक की प्रति एकांक लम्बाई पर जमी हुई बर्फ का भार (Weight of Ice Deposited on per Unit Length of the Conductor)—

∵ चालक के प्रति एकांक लम्बाई पर जमी हुई बर्फ का भार (w_i), लाइन चालक के सैग (Sag) के अनुक्रमानुपाती होता है जिससे चालक पर बर्फ के भार (w_i) के बढ़ने से लाइन का सैग (S) बढ़ता है।

$$\boxed{S \propto w_i}$$

(iii) चालक के प्रति एकांक लम्बाई में प्रक्षेपित क्षेत्र पर लगने वाला वायु दाब (Wind Pressure Acting on Projected Area of per Unit Length of the Conductor)—चालक की प्रति एकांक लम्बाई से प्रक्षेपित क्षेत्र पर लगने वाला वायुदाब लाइन के सैग के अनुक्रमानुपाती होता है। अर्थात्

$$\boxed{S \propto w_w}$$

(iv) लाइन की विस्तृति (Span of the Line)—लाइन के Span का वर्ग, लाइन के सैग के अनुक्रमानुपाती होता है अर्थात् Line Span के बढ़ने पर सैग अत्यधिक बढ़ता है।

∵
$$\boxed{S \propto l^2}$$

(v) तन्य या तनाव बल (Tensile Force)—चालक पर लगने वाला तनाव बल (T), लाइन के सैग के व्युत्क्रमानुपाती होता है अर्थात् लाइन के तनाव बल (T) के बढ़ने से लाइन का सैग घटता है।

अर्थात्

$$\boxed{S \propto \frac{1}{T}}$$

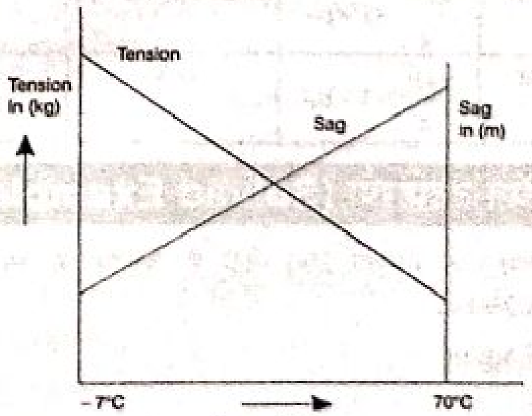
(vi) ताप (Temperature)—लाइन का सैग, चालक के ताप के अनुक्रमानुपाती होता है अर्थात् ताप के बढ़ने पर सैग का मान बढ़ता है तथा घटने पर घटता है।

अतः
$$\boxed{S \propto t}$$

यही कारण है कि ग्रीष्म ऋतु में लाइन का सैग, शरद ऋतु की अपेक्षा अधिक होता है।

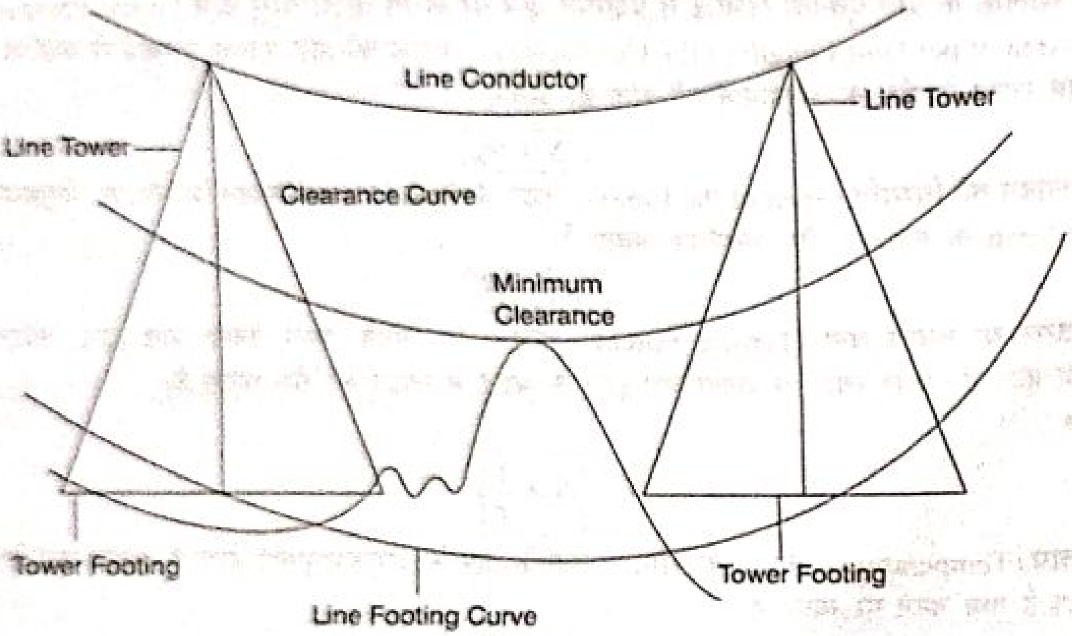
स्ट्रिंगिंग चार्ट या झोल चार्ट (Stringing Chart or Sag Chart)

जब शिरोपरि (Overhad) Line से चालक को ले जाते समय लाइन के वास्तविक प्रचालन की स्थिति उपस्थित नहीं होती है अत: लाइन की अधिकल्प (Design) करते समय वैद्युत अभियन्ता को उन परिस्थितियों का ज्ञान होना अति आवश्यक है जिन परिस्थितियों में लाइन को Opperation (प्रचालित) रहते समय रह सकते हैं क्योंकि लाइन का तापक्रम Operation (प्रचालन) स्थिति में वायुमण्डलीय तापक्रम से अति उच्च होता है जिसके कारण लाइन चालक की लम्बाई मे प्रसारक कारण लाइन की Length बढ़ जाती है। अत: यही गणना करने के लिए कि किस ताप पर Conductor का Span (Length) (कितना) होगा, स्ट्रिंगिंग चार्ट कहलाता है। जैसा कि नीचे चित्र में तापमान तथा तनाव के बीच ग्राम को प्रदर्शित किया गया है। अत:



चित्र–1.31

झोल टेम्पलेट (Sag Template)—संचरण लाइन के टावर्स को आस्थान पर संस्थापित (Install) करने में बहुत ही उपयोगी है। किसी भी वैद्युत संचरण लाइन के (Installation) प्रतिस्थापित हेतु आलम्बो की ऊँचाई का ज्ञान होना आवश्यक है। यदि आलम्ब टावर्स की ऊँचाई हेतु कोई निश्चित दिशा व निर्देश न हों तो आलम्बों की ऊँचाई ज्ञात करने के लिए Sag Template (झोल टेम्पलेट) को लगाया जाता है। Sag Template टावर्स में लगाये जाते हैं जो पहाड़ों पर लाइन कितनी Angle (कोण) पर मुड़ी को बताया जाता है। Sag Template, Intermediate Tower जो सरल रेखा में उपयोग किये जाते हैं, तथा कोणीय टावर्स (Angle Tower) या एन्कर टावर (Anker Tower) या तनन टावर में भी प्रयोग किया जाता है।



चित्र–1.32

तालिका : सैग परिकलन के लिये भार

क्रम सं० (S. No.)	अवस्था (State)	चालक भार (w_c kg/m)	बर्फ भार w_i kg/m	वायु दाब w_a kg/m	कुल भार W kg/m
1.	बर्फ तथा वायु दाब युक्त चालक	$\frac{\pi D^2}{4} \times 1 \times \rho_c$	$\pi t\,(D+t) \times 1 \times \rho_i$	$(D+2t) \times 1 \times \rho_a$	$\sqrt{(w_c+w_i)^2+w_a^2}$
2.	केवल वायु दाब युक्त चालक	$\frac{\pi D^2}{4} \times 1 \times \rho_c$	Zero	$D \times 1 \times \rho_a$	$\sqrt{w_c^2+w_a^2}$
3.	केवल बर्फ दाब युक्त चालक	$\frac{\pi D^2}{4} \times 1 \times \rho_c$	$\pi t\,(D+t) \times 1 \times \rho_i$	Zero	$w_c + w_i$
4.	बर्फ तथा वायु दाब रहित चालक	$\frac{\pi D^2}{4} \times 1 \times \rho_c$	Zero	Zero	w_c

साधित उदाहरण (Solved Examples)

Example 1. एक शिरोपरि लाइन का विस्तार 200 मीटर है। चालक का भार 0.7 किलोग्राम प्रति मीटर है।

हल—लाइन का विस्तार $(l) = 200$ m

चालक का भार $= 0.7$ kg/m

तनाव $(T) = 1400$ kg

अधिकतम सैग, $S = \frac{wl^2}{8T}$

$$= \frac{0.7 \times (200)^2}{8 \times 1400}$$

$$\boxed{S = 2.5 \text{ metre}}$$

Example 2. एक संचरण लाइन के चालक का प्रभावी व्यास 2 cm है और इसका भार 90 kg/100 m है। 1.5 cm त्रिज्यक मोटाई की बर्फ तथा प्रक्षेपित क्षेत्र का 35 kg/m^2 है। क्षैतिजिक वायु दाब, अतिरिक्त भारन क्या होगी? लाइन का प्रति किलोग्राम कुल भार भी ज्ञात कीजिए। एक घन मीटर बर्फ का भार 1000 kg है।

हल—चालक का प्रभावी व्यास $(D) = 2$ cm

चालक का भार $w_c = 90$ kg/100 m

$$= \frac{90}{100} \text{ kg/m}$$

$$= 0.90 \text{ kg/m}$$

और $\boxed{t = 1.5 \text{ cm}}$

बर्फ का भार = बर्फ का आयतन × बर्फ का घनत्व

w_i = बर्फ का (अनुप्रस्थ क्षेत्रफल × लम्बाई) × बर्फ का घनत्व {∵ आयतन = क्षेत्रफल ×लम्बाई)

$$= \frac{\pi}{4}\{(D+2t)^2 - D^2\} \times 1 \times \rho$$

$$= \frac{\pi}{4}\{(2+2\times1.5)^2 - 2^2\} \times 10^{-4} \times 1 \times 1000$$

$$w_i = 1.65 \text{ kg/m}$$

बर्फ युक्त चालक की प्रति मीटर लम्बाई पर क्षैतिजिक वायु दाब = वर्ग मीटर में प्रक्षेपित क्षेत्र × प्रति वर्ग मीटर पर वायु दाब

$$w_a = (D+2t) \times 1 \times \rho_a$$

$$= (2+2\times1.5)\times10^{-2}\times1\times35$$

$$= 1.75 \text{ kg/m}$$

अब कुल भार $W = \sqrt{(w_c + w_i)^2 + w_a^2}$

$$= \sqrt{(0.9+1.65)^2 + (1.75)^2}$$

$$= 3.090 \text{ kg/m}$$

एक किलोमीटर लम्बाई की लाइन का कुल भार

$$w_i = \text{kg/m भार} \times 1000$$

$$= 3.090 \times 1000$$

$$\boxed{w_i = 3090 \text{ kg/m}}$$

Example 3. एक प्रसारण लाइन का पाट 180 मीटर तथा झोल 5 मीटर है। यदि चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र 1.25 वर्ग सेन्टीमीटर तथा भार 1.12 kg/m हो, तो सुरक्षा गुणक की गणना करो, जबकि प्रतिबल 3028 kg/cm^2 है।

हल—लाइन का स्पान $(l) = 180$ m

अधिकतम सैग $(S) = 5$ m

Scanned with CamScanner

चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र $(A) = 1.25\ cm^2$

चालक का भार $(w) = 1.12\ kg/m$

सुरक्षा गुणक (S.F.) = ?

अन्तिम तन्य प्रतिबल = $3028\ kg/cm^2$

$\because$ $S = \frac{wl^2}{8T}$ से

$$T = \frac{wl^2}{8S}$$

$$T = \frac{1.12 \times (180)^2}{8 \times 5}$$

$$T = 907.2$$

अर्थात् कार्यकारी तन्य बल = 907.2 kg

$\because$ $$\text{कार्यकारी तन्य प्रतिबल} = \frac{\text{कार्यकारी तन्य बल}}{\text{अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल}}$$

$$f_w = \frac{\text{कार्यकारी तन्य बल}}{\text{अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल}}$$

$$= \frac{907.2}{1.25}$$

$$f_w = 725.7\ kg/cm^2$$

$\therefore$ $$\text{सुरक्षा गुणक (S.F.)} = \frac{\text{अन्तिम तन्य प्रतिबल}}{\text{कार्यकारी तन्य प्रतिबल}}$$

$$= \frac{3028}{725.7}$$

$$\text{S.F.} = 4.17$$

Example 4. समान सतह पर 180 मीटर की दूरी पर आलम्ब स्थित ओवरहेड ट्रांसमिशन लाइन है जिसके लाइन चालक (Hard drawn copper) 1.27 cm है। अधिकतम सैग की गणना निम्नलिखित (a) जब वायु स्थिर हो, (b) चालक के प्रक्षेपित क्षेत्रफल का वायु दाब $33.7\ kg/m^2$ है (बर्फयुक्त) पर गणना कीजिए, जबकि बर्फ की त्रिज्यक मोटाई 1.25 cm है। यदि ट्रांसमिशन लाइन की अधिकतम प्रतिबल $\frac{1}{5}$ से अधिक न रखने पर उसका अन्तिम तन्य प्रतिबल (Ultimate Stress) $4220\ kg/cm^2$ एवं चालक का भार 1.13 kg/m है।

हल—लाइन का विस्तार $(l) = 180\ m$

चालक का व्यास $(D) = 1.27\ cm$

बर्फयुक्त प्रक्षेपित चालक पर वायु दाब $\rho_a = 33.7\ kg/m^2$

$t = 1.25\ cm$

अल्टीमेट स्ट्रेस = $4220\ kg/cm^2$

$w = 1.13\ kg/m$

Scanned with CamScanner

कार्यकारी तन्य प्रतिबल $f = \dfrac{\text{अन्तिम तन्य प्रतिबल}}{\text{सुरक्षा गुणक}}$

$$= \frac{4220}{5}$$

$$= 844 \text{ kg/cm}^2$$

चालक का क्षेत्रफल $= \dfrac{\pi}{4} D^2$

$$= \frac{\pi}{4} \times (1.27)^2 = 1.267 \text{ cm}^2$$

कार्यकारी प्रतिबल, $T = f \times a$

$$= 844 \times 1.267$$

$$= 1069.15 \text{ kg}$$

(a) वायु की स्थिर अवस्था में,

अधिकतम सैग $= \dfrac{w_c l^2}{8T}$

$$= \frac{1.13 \times (180)^2}{8 \times 1069.15}$$

$$= 4.28 \text{ m}$$

(b) $w_i = 2.890.3\, t\, (D + t)$

$$= 2890.3 \times 1.25 \times 10^{-2}\ (1.127 + 1.25) \times 10^{-2}$$

$$= 0.91 \text{ kg}$$

प्रति मीटर लाइन चालक पर वायु का भार

$w_a =$ वायु दाब $(\rho_a) \times (D + 2t)$

$$= 33.7 \times (1.27 + 2 \times 1.25) \times 10^{-2}$$

$$= 1.2705 \text{ kg}$$

परिणामी भार

$$W = \sqrt{(w + w_i)^2 + w_a^2}$$

$$= \sqrt{(1.13 + 0.91)^2 + (1.2705)^2}$$

$$= 2.403 \text{ kg}$$

∴ अधिकतम सैग, $= \dfrac{Wl^2}{8T}$

$$= \frac{2.403 \times (180)^2}{8 \times 1069.15}$$

$$\boxed{S = 9.104 \text{ m}}$$

Example 5. एक 132 kV की ट्रांसमिशन लाइन जिसमें निम्नलिखित प्राचल चालक का भार = 680 kg/km, लाइन का स्पान = 260 m अन्तिम तन्य प्रतिबल (Ultimate stress) = 3100 kg, सुरक्षा गुणक = 2 दिया गया है। सतह लेवल

Scanned with CamScanner

पर दो आलम्बों के बीच में चालक की अधिकतम ऊँचाई तथा अधिकतम सैग ज्ञात कीजिए जिसकी सतह से आवश्यक ऊँचाई (Ground clearance) 10 m है।

हल—
$$\text{कार्यकारी प्रतिबल} = \frac{\text{अन्तिम तन्य प्रतिबल}}{\text{सुरक्षा गुणक}}$$
$$= \frac{3100}{2}$$
$$= 1550 \text{ kg}$$
$$\text{लाइन चालक का भार, } w = 680 \text{ kg/km}$$
$$= \frac{680}{1000} \text{ kg/m}$$
$$= 0.68 \text{ kg}$$

अधिकतम सैग
$$S = \frac{wl^2}{8T}$$
$$= \frac{0.68 \times (260)^2}{8 \times 1550}$$
$$\boxed{= 3.7 \text{ metre}}$$

Example 6. निम्नलिखित विवरण वाली एक संचरण लाइन का झोल (Sag) ज्ञात कीजिए—

लाइन का कुल स्पान = 300 m

प्रति मीटर तार का भार = 1 kg

लाइन पर तनाव = 1500 kg

∵ अधिकतम सैग
$$S = \frac{wl^2}{8T}$$
$$= \frac{1 \times (300)^2}{8 \times 1500}$$
$$\boxed{S = 7.5 \text{ m}}$$

शिरोपरि संचरण तथा विवरण लाइन सम्बन्धी भारतीय विद्युत नियम
(Indian Electrical Rules of Overhead Transmission and Distribution Line)

(1) पदार्थ एवं दृढ़ता (Materials and Strength)—

(1) नियम 86 के उपनियम (1) में वर्णन के अनुसार शिरोपरि लाइन के सभी चालकों की भंजन सामर्थ्य अर्थात् भंजक प्रतिबल 317.52 kg (700 pound) से कम नहीं होना चाहिए।

(2) जहाँ निम्न वोल्टता की शिरोपरि लाइन जो किसी उपभोक्ता के भवन पर है, तो ऐसे चालकों का प्रयोग करना चाहिए जिनकी भंजन सामर्थ्य (136.08 kg) या 300 pound से कम नहीं होना चाहिए।

(3) यदि निम्न वोल्टता की शिरोपरि संचरण तथा वितरण लाइन में दो आलम्बों के बीच दूरी या स्पान की लम्बाई 15.24 m (50 feet) से कम हो तो वहाँ ऐसे चालकों का प्रयोग किया जाता है, जिनकी भंजन सामर्थ्य 138.07 kg (लगभग 300 पौंड) से कम नहीं होनी चाहिए।

Scanned with CamScanner

(2) अधिकतम प्रतिबल (Maximum Stress)—

(a) प्रत्येक शिरोपरि लाइन का स्वामी यह सन्तुष्टि कर ले कि उसमें सुरक्षा कम से कम निम्नलिखित अभयांक (Safety factor) की है। क्रिप्लिंग भार (Crippling load) पर बने खम्भों में भी न्यूनतम अभयांक निम्नलिखित होंगे—

(i) हाथ के ढले हुए क्रंकीट के खम्भों में न्यूनतम अभयांक (Minimum safety factor) = 3.0।

(ii) लौह या इस्पात धातु के बने खम्भों में न्यूनतम अभयांक = 2.0।

(iii) मशीनों से बने क्रंकीट के खम्भों में न्यूनतम अभयांक = 2.5।

(iv) लकड़ी के खम्भों में न्यूनतम अभयांक = 3.5।

(b) स्वामी इस बात की सन्तुष्टि कर लेगा कि लाइन की तरफ में खम्भों की दृढ़ता उस दृढ़ता की 1/4 से कम नहीं है, जितनी लाइन को पार करती हुई दिशा में नहीं चाहिए।

इसके अतिरिक्त एक शर्त यह भी है कि जालीदार (Latticed) या और कोई मिश्रित ढाँचा (Compound structure) होने पर उन टूटे हुए तारों की स्थिति में जो कि इसके अन्तर्गत राज्य सरकार बताये अभयांक 1.5 से कम न होगा।

टेक तार (Stay wire), रक्षक तार (Guard wire) और बियरर तार (Bearer wire) का न्यूनतम अभयांक 2.5 होगा, ताकि तार की अन्तिम तनाव सामर्थ्य पर निर्भर होगा।

(c) चालकों में न्यूनतम सुरक्षा गुणक अर्थात् अभयांक 2 होगा जो उनकी अन्तिम तनाव सामर्थ्य पर निर्भर करेगा। इसके अतिरिक्त 32°C पर चालक का तनाव, बिना बाहरी वैद्युत भार के चालकों की अन्तिम तनाव सामर्थ्य के निम्नलिखित प्रतिशत से अधिक न होगा—

प्रारम्भिक बिना भार तनाव (Initial unloaded tension) के लिए 35%।

अन्तिम बिना भार तनाव (Final unloaded tension) के लिए 25%।

इन चालकों पर जिनका अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल सामान्य तथा तिकोन आकार का हो, जैसे कि तीन तारों के बने चालक 32°C पर बिना भार तनाव इस चालक की अन्तिम तनाव सामर्थ्य के 30% से अधिक नहीं बढ़ेगा।

(2) उपनियम (1) में बताये गये सुरक्षा गुणक का हिसाब लगाने के लिए।

(a) अधिक हवा का दबाव वह होगा, जो राज्य सरकार प्रत्येक मामले में बताये।

(b) बेलनाकर ढाँचे (Cylindrical bodies) की स्थिति में प्रभावी क्षेत्र (Effective area) उसका दो-तिहाई माना जायेगा जितना भाग हवा के दबाव के लिए खुला हुआ हो।

(c) जालीदार (Latticed) स्टील या दूसरे मिश्रित ढाँचों की दशा में प्रतिवात सतह के मेम्बरों (Lee side members) पर हवा के दबाव की तरफ के मेम्बरों पर हवा के दबाव का आधा भार माना जायेगा और अभयांक का हिसाब आड (Struts) पर क्रिप्लिंग भार (Crippling load) और तनाव मेम्बरों (Tension members) की सीमित लचक (Elastic limit) के आधार पर लगाया जायेगा।

(c) जोड़ अथवा ज्वाइन्ट्स (Joints)—शिरोपरि लाइनों में जोड़ यान्त्रिकी एवं विद्युत की दृष्टि से काफी दृढ़ होंगे; जोड़ की सामर्थ्य या दृढ़ता 95% से कम नहीं होगी तथा विद्युत चालक की संवाहकता (Electrical conductivity) चालक से कम न होगी।

सबसे नीचे के चालकों की भूमितल से ऊँचाई
(Clearance above Ground of the Lowest Conductor)

(1) शिरोपरि विभागीय सर्विस लाइन जो कि सड़क को पार करती हुई लगायी जाये, के किसी भी चालक का कोई भी भाग भूमितल से निम्नलिखित ऊँचाई से कम पर न होगा—

(a) निम्न व मध्यम वोल्टता लाइनों के लिए = 5.791 मीटर (19 फुट)

(b) ऊँची वोल्टता (H.V.) लाइन के लिए = 6.096 मीटर (20 फुट)

Scanned with CamScanner

(2) शिरोपरि लाइन व विभागीय लाइन, जो कि सड़कों के किनारे लगायी जाये, उनका कोई चालक या उसका भाग भूमिगत से निम्नलिखित ऊँचाई से कम ऊँचाई पर नहीं होगा—

(a) निम्न व मध्यम वोल्टता लाइन = 5.485 मीटर (18 फुट)

(b) ऊँची वोल्टता (H.V.) लाइन = 5.797 मीटर (19 फुट)

(3) किसी भी शिरोपरि लाइन या विभागीय लाइन जो सड़क के साथ-साथ या सड़क के ऊपर से पार न करती हो किसी दूसरे स्थान से जा रही हो तो उसका कोई भी चालक या उसका कोई भी भाग निम्नलिखित से कम ऊँचाई पर न होगा—

(a) निम्न व मध्यम अथवा उच्च वोल्टता लाइन 11000 V तक अगर नंगी अर्थात् खुली हो = 4.572 मीटर (15 फुट)

(b) निम्न व मध्यम अथवा उच्च वोल्टता लाइन 11000 V तक अगर विद्युतरोधित हो = 3.953 मीटर (13 फुट)

(c) 11 V लाइन में भूमिगत से ऊपर ऊँचाई 5.182 मीटर (17 फुट) से कम नहीं होनी चाहिए। यदि शिरोपरि लाइन 11 kV से अधिक (11000 V से अधिक) शिरोपरि लाइन में चालक की भूमिगत से ऊँचाई वोल्टता के बढ़ने के साथ-साथ 0.305 मीटर (1 फुट) बढ़ा दी जाती है।

Note—यदि शिरोपरि लाइन सड़क के साथ-साथ या सड़क के ऊपर से पार करती है तो चालक की भूमिगत से निम्नतम ऊँचाई 6.021 मीटर (लगभग 20 फुट) होनी चाहिए।

(4) यदि शिरोपरि लाइन का प्रयोग ट्रॉली के साथ हो तो तारों व चालकों के बीच अन्तर—

⇒ विद्युत रोधित तार के लिए—

(a) शिरोपरि लाइन निम्न व मध्यम वोल्टता की है और ट्रॉली के तार को पार करती हुयी जा रही है तो चालक की भूमिगत से ऊँचाई = 1.219 मीटर (4 फुट)

(b) उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइन के लिए चालक की भूमिगत से ऊँचाई = 1.528 मीटर (5 फुट)

⇒ नंगे तार से विद्युतरोधित चालक को पार करता हुआ जाता है तो चालक की भूमिगत से ऊँचाई—

(a) निम्न व मध्यम वोल्टता के लिए = 1.830 मीटर (6 फुट)

(b) उच्च वोल्टता लाइन 11 kV तक = 2.439 मीटर (8 फुट)

(c) उच्च वोल्टता लाइन 11 kV से अधिक के लिये = 3.048 मीटर (10 फुट)

(d) अति उच्च वोल्टता के लिए = 3.048 मीटर (10 फुट)

शिरोपरि लाइन चालक की विभागीय लाइनों व भवनों से दूरी

यदि शिरोपरि लाइन किसी उपभोक्ता के भवन से ऊपर या भवन के पास से होकर जाती है तो शिरोपरि लाइन चालक की भवन से दूरी चालक के झोल से ली जाती है न कि स्तम्भ के चालक से—

(a) निम्न व मध्यम वोल्टता के लिए—

(i) यदि शिरोपरि लाइन भवन के छत, खुला छज्जा (Open balcony) बरामदे की छत और छज्जे (Balcony) में झोल की ऊँचाई = 2.439 मीटर (8 फुट)

(ii) यदि शिरोपरि लाइन भवन के पास से क्षैतिज जा रही है तो शिरोपरि लाइन की भवन से क्षैतिजिक दूरी 1.520 मीटर (5 फुट) होनी चाहिए।

(b) उच्च वोल्टता की शिरोपरि लाइन के लिए—

(i) यदि शिरोपरि लाइन भवन के किसी ओर से ऊर्ध्वाधर गुजरती है तो शिरोपरि लाइन चालकों की छत से झोल के बीच ऊर्ध्वाधर ऊँचाई = 3.658 मीटर (12 फुट)

(ii) अत्यधिक उच्च वोल्टता के लिए शिरोपरि लाइन का भवन के छत से (33 kV) ऊर्ध्वाधर दूरी = 3.658 मीटर (12 फुट)

Scanned with CamScanner

(1) यदि 33 kV या उससे अधिक वोल्टता के लिए भवन व चालक के बीच की ऊर्ध्वाधर दूरी = 0.305 मीटर (1 फुट) रखी जाती है।

(2) यदि शिरोपरि लाइन चालक भवन के पास से गुजरती है तो भवन से चालक की क्षैतिजिक दूरी निम्न है—

(i) उच्च वोल्टता की लाइन 11 kV तक = 1,219 मीटर (4 फुट)

(ii) उच्च वोल्टता की लाइन 11 kV से अधिक व 33 KV से कम = 1.829 मीटर (6 फुट)

(iii) अति उच्च वोल्टता लाइन 1.829 मीटर (6 फुट) + 0.1829 मीटर (0.6 फुट)

Note : यदि शिरोपरि लाइन में प्रत्येक 33 kV पर चालकों की दूरी 1 फुट ऊर्ध्वाधर दूरी बढ़ा देते हैं।

एक ही खम्भे पर जाने वाली विभिन्न वोल्टता के कारक (Conductor at Different Voltage on Same Supports)

जहाँ किसी प्रणाली के विभिन्न वोल्टता के चालकों को एक लम्बे खम्भे पर लगाना हो या लगे हों, तब उनका स्वामी इसका उचित प्रबन्ध करेगा कि धारा क्षरण हो जाने या छू जाने पर अगर किसी समय कम वोल्टता वाली लाइन में ज्यादा मात्रा में धारा आ जाये, तो लाइनमैनों या दूसरे व्यक्तियों को कोई खतरा होने का अन्देशा नहीं रहेगा। लाइन बनाने की विधि व चालकों के बीच अन्तर से सम्बन्धित स्वीकृति निरीक्षक से पहले ही लेनी होगी।

भवन बनाना या उसमें रद्दोबदल करना (Erection or Alternation of Buildings)

(1) अगर कोई व्यक्ति शिरोपरि लाइन (Overhead line) चाहे नंगी (Bare) या विद्युतरोधी (Insulated) हो, लगाने के बाद, किसी भी समय कोई भवन या ढाँचा, अस्थायी या स्थायी रूप से बनाना चाहता है अथवा भवन में कोई रद्दोबदल या बढ़ोत्तरी अस्थायी या स्थायी रूप से करना चाहता है और यदि ऐसा करने से नियम 79 व 80 की शर्तों का उल्लंघन होता है, तो वह व्यक्ति या ठेकेदार, जिसे यह निर्माण रद्दोबदल या बढ़ोत्तरी का काम दिया गया है अपने इरादे की सूचना सप्लायर व निरीक्षक को देंगे और इसके साथ उस स्थान का नक्शा (Map) या ड्राइंग बनाकर भी भेजेंगे, जिसमें प्रस्तावित भवन, उसका ढाँचा, रद्दोबदल निर्माण कार्य के दिनों में बनाये जाने वाले भाग आदि को दिखाया जायेगा।

इस सूचना-पत्र (Notice) के मिलने पर दायक (Supplier) बिना अनावश्यक देरी के शिरोपरि लाइन को इस तरह बदल देगा कि निर्माण के दिनों में भी नियम 79 व 80 की शर्तों का उल्लंघन न हो। अगर दोनों पार्टियों में कोई ऐसा फैलाव न हुआ हो, तो सप्लायर को हक हासिल होगा कि उस व्यक्ति से जिसने सूचना-पत्र दिया है या जिसे सूचना-पत्र देना चाहिए था। लाइन बदलने में होने वाला खर्च, जिसमें निम्नलिखित मद भी होंगे, वसूल करें—

(a) बदलने में लगने वाला अतिरिक्त सामान (Extra materials)।

(b) बदलने में श्रमिकों को दी जाने वाली मजदूरी (Labour charges)।

(c) मद (b) के सिलसिले में किए गये खर्चे पर 15% तक पर्यवेक्षण (Supervision charges)।

(d) दूसरे खर्चे, जो खण्ड 16 (Section 16) को लागू करने के लिए इस रद्दोबदल के सम्बन्ध में सप्लायर को करना पड़े। इसके साथ शर्त यह भी है कि अगर सप्लायर चाहे तो शिरोपरि लाइन (Overhead line) में रद्दोबदल करने से पहले सूचना-पत्र (Notice) देने वाले व्यक्ति से इस रद्दोबदल से होने वाले आगणन खर्चे (Extimated cost) को पहले ही जमा करवा सकता है और मूल की राशि के सम्बन्ध में अगर कोई झगड़ा हो, तो उसका फैसला निरीक्षक करेगा।

(3) इस भवन का या ढाँचे (Structure) का रद्दोबदल या बढ़ोत्तरी का काम उस समय तक प्रारम्भ नहीं किया जायेगा जब तक कि निरीक्षक यह प्रमाण-पत्र (Certificate) न दे दे कि निर्माण कार्य के दिनों या इसके बाद नियम 79 व 80 शर्तों का उल्लंघन नहीं करेगा।

इसके साथ शर्त यह भी है कि अगर निरीक्षक को संतुष्टि हो जाती है कि शिरोपरि लाइन को इस तरह सुरक्षित (Guarded) कर दिया गया है जिससे व्यक्तियों को या सम्पत्ति (Property) को हानि पहुँचने का खतरा नहीं है तो वह शिरोपरि लाइन को बदलने के पहले, काम शुरू करने का आदेश दे सकता है अथवा अगर रद्दोबदल या बढ़ोत्तरी केवल अस्थायी है तो आज्ञा दे सकता है कि शिरोपरि लाइन में कोई रद्दोबदल न की जाये।

Scanned with CamScanner

अन्तर : सामान्य (Clearance : General)

किसी शिरोपरि लाइन की खड़ी दूरी का हिसाब लगाने के लिए किसी भी चालक का अधिकतम झोल, ठहरी हुई हवा (Still air) मे अधिकतम झोल, राज्य सरकार के नियम 76 (2d) के अधीन, निश्चित अधिकतम तापमान के आधार पर लगाया जायेगा। इसी प्रकार शिरोपरि लाइन की क्षैजित दूरी निकालने के लिए राज्य सरकार ने नियम 76 (2a) के अधीन निश्चित हवा के दबाव पर किसी चालक में होने वाले झुकाव को आधार माना जायेगा।

1.5. लाइनों का विद्युत अभिकल्पन (Electrical Feature of Lines)

प्रस्तावना (Introduction)

संचरण लाइन मुख्य रूप से शुद्ध वैद्युत परिपथ होती है। लाइन स्थिरांक सतत् तथा समान रूप से लम्बाई की ओर वितरित रहते हैं। इनको किसी भी अंग पर संकेन्द्रित (Concentrated) होना असम्भव है।

इसमें स्थिरांकों पर लाइन की सम्पूर्ण कार्यकुशलता एक निश्चित सीमा तक निर्भर होती है।

इन्हें लाइन की प्रति किलोमीटर के रूप में प्रदर्शित किया जाता है।

क्र० सं०	लाइन प्राचल	संकेत	मात्रक / किलोमीटर
1.	लाइन प्रतिरोध (Line Resistance)	R	ओह्म प्रति किलोमीटर (Ω /km)
2.	लाइन प्रेरकत्व (Line Inductance)	L	हेनरी प्रति किलोमीटर (H /km)
3.	लाइन धारिता (Line Capacitance)	C	फैरड प्रति किलोमीटर (F/km)

लाइन स्थिरांकों के नाम (Names of Line Parameters)

संचरण लाइन के केवल तीन प्राचल होते हैं—

(i) प्रतिरोध (Resistance)

(ii) प्रेरकत्व (Inductance)

(iii) धारिता (Capacitance)

लाइन स्थिरांकों का महत्व (Significance of Line Parameters)

संचरण लाइन में तीनों प्राचलों का प्रयोग संचरण लाइन के वोल्टतापात, हानियाँ, तापक्रम, वोल्टता नियमन, संचरण दक्षता, शक्ति गुणक, परिणामी धारा आदि घटक प्रभावित होते हैं।

शिरोपरि लाइन के चालक का प्रतिरोध (Resistance of Overhead Line Conductors)

प्रतिरोध की परिभाषा से संचरण लाइन में धारा के प्रवाह का विरोध करने के गुण को प्रतिरोध कहते हैं।

कुल प्रतिरोध $$R = \rho \frac{l}{a} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

संचरण लाइन में चालक का प्रतिरोध संचरण लाइन की शक्ति हानि से तात्पर्य होता है। चालक का ओह्मिक प्रतिरोध R तथा चालक की लम्बाई (Length) l और चालक के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Cross-section area) a है।

तो $$R = \rho \frac{l}{a} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

यदि किन्हीं विभिन्न तापमानों t_1 तथा t_2 पर चालक की प्रतिरोधकता ρ_1 तथा ρ_2 हैं, तब

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

जहाँ α पदार्थ के प्रतिरोध का ताप गुणांक है। किसी भी पदार्थ के ताप गुणांक का मान निश्चित नहीं होता है, बल्कि प्रारम्भिक तापमान पर निर्भर करता है।

Scanned with CamScanner

किसी भी तापमान t_1 पर दिये गये प्रतिरोध का ताप गुणांक

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t_1}$$

जहाँ, $\alpha_0 = 0°$ C तापमान पर प्रतिरोध का ताप गुणांक।

लाइन चालक के प्रतिरोध की निर्भरता (Dependency of Line Resistance)

लाइन चालक के प्रतिरोध निम्न कारकों पर निर्भर करते हैं—

(i) लम्बाई (Length)—लाइन के चालक का प्रतिरोध (R), लाइन चालक की लम्बाई (l) के समानुपाती है।

$$\boxed{R \propto l}$$

(ii) अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (Cross section Area)—लाइन के चालक का प्रतिरोध लाइन चालक के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (a) के विलोमानुपाती है।

$$\boxed{R \propto \frac{1}{a}}$$

(iii) पदार्थ की प्रकृति (Nature of Material)—लाइन के चालक का प्रतिरोध उसके पदार्थ की प्रकृति (ρ) पर निर्भर करता है।

$$\boxed{R \propto \rho}$$

यह नियत पदार्थ के लिए स्थिर होता है।

(iv) तापक्रम (Temperature)—तापक्रम (t) के बढ़ने से Line conductor के प्रतिरोध का मान बढ़ता है।

$$\boxed{R \propto t}$$

(v) त्वाचिक प्रभाव (Skin Effect)—चालक के त्वाचिक प्रभाव बढ़ने से (Line) के चालक का प्रतिरोध (R) बढ़ता है।

लाइन स्थिरांक प्रतिरोध का महत्व (Significance of Line Parameters Resistance (R))

(i) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन की संचरण दक्षता घटती है।

(ii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन का वोल्टता नियमन बढ़ता है, जिसे निर्बल नियमन (Poor regulation) कहते हैं।

(iii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन का शक्ति गुणक (Power factor) बढ़ता है, क्योंकि

$$\boxed{\cos\phi = \frac{R}{Z}}$$ श्रेणी परिपथ के साथ

(iv) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक की शक्ति हानियाँ (I^2R) (Power losses) बढ़ती हैं।

$$\boxed{P \propto I^2R}$$

(v) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक का सुरक्षा गुणक (Safety factor) बढ़ता है।

(vi) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक में किसी भी प्रकार की ऊर्जा संग्रह नहीं होती है।

(vii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक की प्रतिबाधा बढ़ती है।

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

शिरोपरि लाइन के चालक का प्रेरकत्व (Inductance of Overhead Line Conductor)

किसी वैद्युत परिपथ या कुण्डली में परिवर्तनीय फ्लक्स द्वारा प्रेरण उत्पन्न होता है, जो फ्लक्स परिवर्तन का विरोध करता है। इसे प्रेरकत्व कहते हैं।

Scanned with CamScanner

अन्तर : सामान्य (Clearance : General)

किसी शिरोपरि लाइन की खड़ी दूरी का हिसाब लगाने के लिए किसी भी चालक का अधिकतम झोल, ठहरी हुई हवा (Still air) में अधिकतम झोल, राज्य सरकार के नियम 76 (2d) के अधीन, निश्चित अधिकतम तापमान के आधार पर लगाया जायेगा। इसी प्रकार शिरोपरि लाइन की क्षैजित दूरी निकालने के लिए राज्य सरकार ने नियम 76 (2a) के अधीन निश्चित हवा के दबाव पर किसी चालक में होने वाले झुकाव को आधार माना जायेगा।

1.5. लाइनों का विद्युत अभिकल्पन (Electrical Feature of Lines)

प्रस्तावना (Introduction)

संचरण लाइन मुख्य रूप से शुद्ध वैद्युत परिपथ होती है। लाइन स्थिरांक सतत् तथा समान रूप से लम्बाई की ओर वितरित रहते हैं। इनको किसी भी अंग पर संकेन्द्रित (Concentrated) होना असम्भव है।

इसमें स्थिरांकों पर लाइन की सम्पूर्ण कार्यकुशलता एक निश्चित सीमा तक निर्भर होती है।

इन्हें लाइन की प्रति किलोमीटर के रूप में प्रदर्शित किया जाता है।

क्र० सं०	लाइन प्राचल	संकेत	मात्रक / किलोमीटर
1.	लाइन प्रतिरोध (Line Resistance)	R	ओह्म प्रति किलोमीटर (Ω/km)
2.	लाइन प्रेरकत्व (Line Inductance)	L	हेनरी प्रति किलोमीटर (H/km)
3.	लाइन धारिता (Line Capacitance)	C	फैरड प्रति किलोमीटर (F/km)

लाइन स्थिरांकों के नाम (Names of Line Parameters)

संचरण लाइन के केवल तीन प्राचल होते हैं—

(i) प्रतिरोध (Resistance)

(ii) प्रेरकत्व (Inductance)

(iii) धारिता (Capacitance)

लाइन स्थिरांकों का महत्व (Significance of Line Parameters)

संचरण लाइन में तीनों प्राचलों का प्रयोग संचरण लाइन के वोल्टतापात, हानियाँ, तापक्रम, वोल्टता नियमन, संचरण दक्षता, शक्ति गुणक, परिणामी धारा आदि घटक प्रभावित होते हैं।

शिरोपरि लाइन के चालक का प्रतिरोध (Resistance of Overhead Line Conductors)

प्रतिरोध की परिभाषा से संचरण लाइन में धारा के प्रवाह का विरोध करने के गुण को प्रतिरोध कहते हैं।

कुल प्रतिरोध $$R = \rho \frac{l}{a} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

संचरण लाइन में चालक का प्रतिरोध संचरण लाइन की शक्ति हानि से तात्पर्य होता है। चालक का ओह्मिक प्रतिरोध R तथा चालक की लम्बाई (Length) l और चालक के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Cross-section area) a है।

तो $$R = \rho \frac{l}{a} \text{ ओह्म } (\Omega)$$

यदि किन्हीं विभिन्न तापमानों t_1 तथा t_2 पर चालक की प्रतिरोधकता ρ_1 तथा ρ_2 हैं, तब

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

जहाँ α पदार्थ के प्रतिरोध का ताप गुणांक है। किसी भी पदार्थ के ताप गुणांक का मान निश्चित नहीं होता है, बल्कि प्रारम्भिक तापमान पर निर्भर करता है।

Scanned with CamScanner

किसी भी तापमान t_1 पर दिये गये प्रतिरोध का ताप गुणांक

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t_1}$$

जहाँ, $\alpha_0 = 0°C$ तापमान पर प्रतिरोध का ताप गुणांक।

लाइन चालक के प्रतिरोध की निर्भरता (Dependency of Line Resistance)

लाइन चालक के प्रतिरोध निम्न कारकों पर निर्भर करते हैं—

(i) लम्बाई (Length)—लाइन के चालक का प्रतिरोध (R), लाइन चालक की लम्बाई (l) के समानुपाती है।

$$\boxed{R \propto l}$$

(ii) अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (Cross section Area)—लाइन के चालक का प्रतिरोध लाइन चालक के अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (a) के विलोमानुपाती है।

$$\boxed{R \propto \frac{1}{a}}$$

(iii) पदार्थ की प्रकृति (Nature of Material)—लाइन के चालक का प्रतिरोध उसके पदार्थ की प्रकृति (ρ) पर निर्भर करता है।

$$\boxed{R \propto \rho}$$

यह नियत पदार्थ के लिए स्थिर होता है।

(iv) तापक्रम (Temperature)—तापक्रम (t) के बढ़ने से Line conductor के प्रतिरोध का मान बढ़ता है।

$$\boxed{R \propto t}$$

(v) त्वाचिक प्रभाव (Skin Effect)—चालक के त्वाचिक प्रभाव बढ़ने से (Line) के चालक का प्रतिरोध (R) बढ़ता है।

लाइन स्थिरांक प्रतिरोध का महत्व (Significance of Line Parameters Resistance (R))

(i) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन की संचरण दक्षता घटती है।

(ii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन का वोल्टता नियमन बढ़ता है, जिसे निर्बल नियमन (Poor regulation) कहते हैं।

(iii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन का शक्ति गुणक (Power factor) बढ़ता है, क्योंकि

$$\boxed{\cos\phi = \frac{R}{Z}} \quad \text{श्रेणी परिपथ के साथ}$$

(iv) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक की शक्ति हानियाँ (I^2R) (Power losses) बढ़ती हैं।

$$\boxed{P \propto I^2R}$$

(v) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक का सुरक्षा गुणक (Safety factor) बढ़ता है।

(vi) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक मे किसी भी प्रकार की ऊर्जा संग्रह नहीं होती है।

(vii) लाइन चालक के प्रतिरोध के कारण लाइन चालक की प्रतिबाधा बढ़ती है।

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

शिरोपरि लाइन के चालक का प्रेरकत्व (Inductance of Overhead Line Conductor)

किसी वैद्युत परिपथ या कुण्डली मे परिवर्तनीय फ्लक्स द्वारा प्रेरण उत्पन्न होता है, जो फ्लक्स परिवर्तन का विरोध करता है। इसे प्रेरकत्व कहते हैं।

Scanned with CamScanner

या "किसी वैद्युत परिपथ में इकाई ampere की धारा परिवर्तन पर परिवर्तित चुम्बकीय फ्लक्स की मात्रा को उस परिपथ का प्रेरकत्व कहते हैं।"

इसे 'L' से निरूपित करते हैं।

सूत्र—

$$\text{प्रेरकत्व} = \frac{\text{परिपथ में ग्रन्थित चुम्बकीय फलक्स}}{\text{प्रभावित होने वाली धारा}}$$

$$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{\text{वेबर टर्न (weber-Turn)}}{\text{ऐम्पियर (ampere)}}$$

$$= \text{henry मात्रक}$$

प्रेरकत्व का महत्व प्रत्यावर्ती धारा में अधिक, जबकि दिष्ट धारा (Direct current) में कम होता है, क्योंकि दिष्ट धारा एक निश्चित आवृत्ति की धारा है। इसमें फ्लक्स का मान स्थिर रहता है। इससे फ्लक्स परिवर्तन नहीं हो पाता है। इससे प्रेरकत्व का गुण उत्पन्न नहीं होता है। इसमें परिपथ के खोलने के समय (Switch period) में आंशिक प्रेरण उत्पन्न होता है। इसी प्रकार प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current) में परिवर्तनीय फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व उत्पन्न होता है जिसका ज्ञान शिरोपरि लाइन के चालक मे करना आवश्यक है।

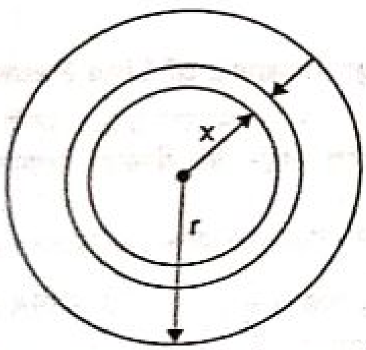
शिरोपरि लाइन के चालक में प्रेरकत्व का गुण चालक के केन्द्र से बाहर की ओर वृत्ताकार तरंगों की तरह फैलता है। इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा चालक में प्रवाहित धारा की दिशा पर निर्भर करती है।

इस प्रकार शिरोपरि लाइन चालक में प्रेरकत्व दो माध्यमों में स्थापित निम्न चुम्बकीय फ्लक्सों के कारण उत्पन्न होता है।

(i) आन्तरिक फ्लक्स के कारण (Due to internal flux)

(ii) बाह्य फ्लक्स के कारण (Due to external flux)

आन्तरिक फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व (Inductance Due to Internal Flux)



चित्र-1.33 : आन्तरिक फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व

आन्तरिक फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व (Inductance)

$$L_{in} = \frac{\phi_{in}}{I} = \frac{\mu_0 \mu_r I}{8\pi \times I}$$

$$L_{in} = \frac{\mu_0 \mu_r}{8\pi} \text{ henry}$$

यदि लाइन चालक, अचुम्बकीय पदार्थ (ताम्र, ऐल्युमिनियम) का हो, तो $\mu_r = 1$ होगा,

तब आन्तरिक फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व

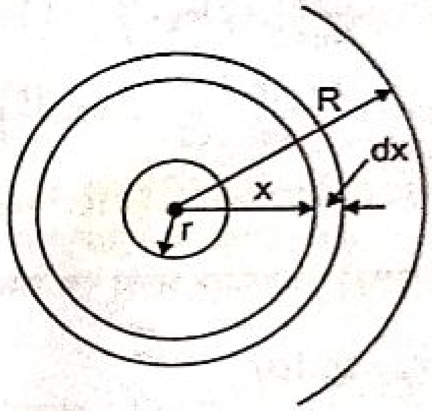
Scanned with CamScanner

$$L_{in} = \frac{\mu_0}{8\pi}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{8\pi} \text{ henry}$$

$$\boxed{L_{in} = \frac{1}{2} \times 10^{-7} \text{ henry}}$$

बाह्य फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व (L due to External Flux)–



चित्र-1.34

वाह्य फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व प्रथम चालक के बाह्य पृष्ठ अर्थात r मीटर से निकटवर्ती द्वितीय चालक के केन्द्र विन्दु अर्थात D मीटर की दूरी तक, चालक के वाहर कुल चुम्बकीय फ्लक्स ग्रन्थन (Flux linkages)—

$$\phi_{out} = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \log_e \frac{D}{r}$$

∵ लाइन चालक के वाहर, वायु माध्यम के लिये आपेक्षिक चुम्बकशीलता (Relative permeability)

∴ $$\phi_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \log_e \frac{D}{r}$$

तब वाह्य चुम्बकीय फ्लक्स के कारण, प्रेरकत्व (Inductance)

$$L_{out} = \frac{\phi_{out}}{I} = \frac{\mu_0}{2\pi} \log_e \frac{D}{r}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \log_e \frac{D}{r} \qquad \left\{\because \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\right\}$$

$$\boxed{L_{out} = 2 \times 10^{-7} \log_e \frac{D}{r} \text{ हेनरी}}$$

आन्तरिक तथा बाह्य दोनों फ्लक्सों के कारण कुल प्रेरकत्व

प्रति लाइन, कुल चुम्बकीय फ्लक्स ग्रन्थन (Total flux linkage)

$$\phi_t = \phi_{in} + \phi_{out}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{8\pi} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} \log_e \frac{D}{r}$$

Scanned with CamScanner

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right) \text{Wb/m}$$

(a) ∴ प्रति लाइन चालक, प्रेरकत्व

$$L_c = \frac{\phi_t}{I}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi I}\left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right)$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right)$$

$$= \frac{4\pi\times 10^{-7}}{4\pi}\left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right) \qquad \{\because \mu_0 = 4\pi\times 10^{-7}\}$$

$$L_c = \left\{\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right\}\times 10^{-7} \text{ H/m}$$

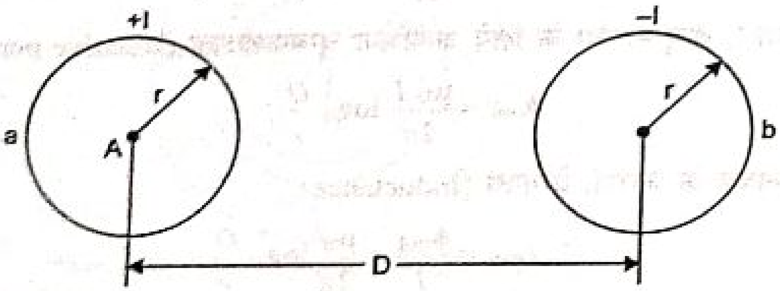
(b) इसलिए दो निकटवर्ती लाइन के चालकों का प्रेरकत्व अर्थात् एक पाश चालक का प्रेरकत्व (Inductance of a loop conductor)—

$$L_p = 2L_c \text{ H/m}$$

$$= 2\left[\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right]\times 10^{-7}$$

$$L_p = \left(1 + 4\log_e \frac{D}{r}\right)\times 10^{-7} \text{ H/m}$$

एकल कला शिरोपरि संचरण लाइन के चालकों का प्रेरकत्व (Inductance of a Two-wire Line)



चित्र-1.35

किसी भी Single phase line में चालकों का प्रेरकत्व दो चालकों के प्रेरकत्व अर्थात् पाश चालक के प्रेरकत्व के बराबर होता है।

माना कि Single phase line में दो चालक a और b हैं, जिनकी त्रिज्या r मीटर है।

इनकी एक दूसरे के बीच की दूरी D मीटर है तथा इनका अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल समान है। इन चालकों में समान धारा परन्तु विपरीत दिशा में एक-दूसरे के लूप में प्रवाहित होती है।

अतः Single phase line के चालकों अथवा पाश चालकों का प्रेरकत्व

$$L_{1-\phi} = L_p \text{ अथवा } 2L_c$$

$$= \left(1 + 4\log_e \frac{D}{r}\right)\times 10^{-7} \text{ henry / metre}$$

Scanned with CamScanner

त्रिकला शिरोपरि लाइन का प्रेरकत्त्व (Inductance of Symmetrical Three-phase Line)

किसी त्रिकला लाइन में चालक के प्रेरकत्व को प्रति चालक प्रेरकत्व से ज्ञात होता है। इसलिए त्रिकला लाइन का प्रेरकत्व एक विलगकारी लाइन चालक के प्रेरकत्व के बराबर होता है।

इसकी दो स्थितियाँ होती हैं—

(i) चालकों के बीच दूरियाँ समान होने पर—जब त्रिकला लाइन चालकों में लाइन चालकों के बीच पारस्परिक दूरियाँ D समान होती हैं, तब त्रिकला संचरण लाइन चालक का प्रेरकत्व

$$L_{3-\phi} = L_c \text{ हेनरी/मीटर}$$

$$= \left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ henry/metre}$$

$$= \left(0.5 + 4.6 \log \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ henry/metre}$$

(ii) चालकों के बीच असमान दूरी—त्रिकला शिरोपरि लाइन में चालकों के बीच की दूरी क्रमशः प्रथम से द्वितीय D_{12}, द्वितीय से तृतीय D_{23}, तृतीय से प्रथम चालक की दूरी D_{31} हैं।

$$D = \sqrt[3]{D_{12}.D_{23}.D_{31}}$$

$$= (D_{12}.D_{23}.D_{31})^{1/3}$$

और त्रिकला संचरण लाइन का प्रेरकत्व

$$L_{3-\phi} = L_c$$

$$L_{3-\phi} = \left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{\sqrt[3]{D_{12}.D_{23}.D_{31}}}{r}\right) \times 10^{-7}$$

$$L_{3-\phi} = \left(0.5 + 4.6\log_{10} \frac{\sqrt[3]{D_{12}.D_{23}.D_{31}}}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ henry/metre}$$

लाइन प्राचल प्रेरकत्व का महत्व (Significance of Inductance)—

किसी भी शिरोपरि लाइन चालकों से प्रेरकत्व को नगण्य नहीं किया जा सकता है।

(i) प्रेरकत्व के प्रभाव से लाइन में वोल्टतापात बढ़ता है।

(ii) प्रेरकत्व के कारण लाइन का शक्ति गुणक घटता है, क्योंकि

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

(iii) प्रेरकत्व के कारण लाइन का वोल्टता नियमन धनात्मक रहता है।

(iv) प्रेरकत्व के कारण लाइन में वैद्युत हानियाँ शून्य होती हैं।

(v) प्रेरकत्व के कारण लाइन की प्रतिबाधा बढ़ती है।

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

(vi) प्रेरकत्व के कारण, लाइन के प्रेषण सिरों की अपेक्षा, लाइन के अभिग्राही सिरों पर सदैव निम्न वोल्टता प्राप्त होती है।

(vii) प्रेरकत्व के कारण लाइन का शक्ति गुणक बढ़ता है।

(viii) प्रेरकत्व के कारण लाइन में वैद्युत धारा के रूप में ऊर्जा संग्रह हो जाती है।

Scanned with CamScanner

साधित उदाहरण (Solved Examples)

Example 1. एक सिंगल कला में दो चालक जो 50 Hz पर प्रचालित है प्रत्येक चालक का व्यास 20 mm तथा चालको के बीच की दूरी 3 m है। गणना कीजिए—(a) प्रत्येक चालक का प्रति किमी प्रेरकत्व, (b) लाइन पाश का प्रति किमी प्रेरकत्व, (c) प्रति किमी प्रेरणिक प्रतिघात, (d) जब चालक के पदार्थ की आपेक्षिक चुम्बकशीलता 50 है, तब पाश प्रति किमी॰ प्रेरकत्व ज्ञात कीजिए।

Solution : $D = 3$ m. $r = 0.01$ m

$$r' = 0.7788\,r = 0.7788 \times 0.01 = 7.788 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\ln = \frac{D}{r'} = \ln \frac{3}{7.788 \times 10^{-3}} = 5.953$$

(a) Inductance of each conductor

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} \text{ H/m} = 2 \times 10^{-7} \times 10^3 \times 10^3 \ln \frac{D}{r'} \text{ mH/km}$$

$$= 0.2 \ln \frac{D}{r'} = 0.2 \times 5.953 = 1.19 \text{ mH/km}$$

(b) Loop inductance = 2 × inductance of each conductor

$$= 2 \times 1.19 = 2.38 \text{ mH/km}$$

(c) Inductance reactance $= 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 2.38 \times 10^{-3}$

$$= 0.7477\ \Omega/\text{km}$$

(d) Loop inductance with steel conductor $= 2(L_{in} + L_{out})$

$$= 2\left(\frac{1}{2} \times 10^{-7} \times \mu_{rin} + 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r}\right)$$

$$= 10^{-7}\left(50 + 4\, in \frac{3}{0.01}\right) \text{H/m}$$

$$= 10^{-7} \times 10^{6}(50 + 4 \times 5.703) \text{ mH/km} = \mathbf{7.281 \text{ mH/km}}$$ **Ans.**

Example 2. एक त्रिकला लाइन चालक में तीन चालक जिनमें प्रत्येक का व्यास 21 mm है तथा प्रत्येक के बीच की दूरी क्रमशः $A-B = 3$ m, $B-C = 5$ m, $C-A = 3.6$ m तो लाइन का प्रति फेज प्रति किमी प्रेरकत्व तथा प्रेरणिक प्रतिघात ज्ञात कीजिए।

Solution :

$$r = \frac{1}{2} \times 21 \times 10^{-3} = 10.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_{eq} = (3 \times 5 \times 3.6)^{1/3} = 3.78 \text{ m}$$

$$r' = 0.7788\,r = 0.7788 \times 10.5 \times 10^{-3}$$

$$= 8.177 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Inductance per phase

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{r'} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{3.78}{8.177 \times 10^{-3}}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln 462.2 = 2 \times 10^{-7} \times 6.136$$

Scanned with CamScanner

$$L = 12.272 \times 10^{-7}\ \text{H/m} = 12.272 \times 10^{-7} \times 10^{3}\ \text{H/km}$$

$$= 12.272 \times 10^{-4}\ \text{H/km}$$

Inductive reactance per phase

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 12.272 \times 10^{-4}$$

$$X_L = 0.386\ \Omega/\text{km}$$ **Ans.**

त्वाचिक प्रभाव या चर्म प्रभाव (Skin Effect)

लाइन चालक में प्रत्यावर्ती धारा का बाह्य पर्तों में संकेन्द्रित (Concentrated) होकर प्रवाहित होने की इस प्राकृतिक घटना को ही त्वाचिक प्रभाव (Skin effect) कहते हैं।

चालक की प्रत्येक पर्त पर दिष्ट धारा का मान समान होता है परन्तु इसके विपरीत प्रत्यावर्ती धारा लाइन चालक के सम्पूर्ण अनुप्रस्थ काट क्षेत्र पर समान रूप से वितरित नहीं होता है अपितु केन्द्र से बाह्य परतों की ओर प्रत्यावर्ती धारा का मान अधिक होता है। इस प्रकार चालक के समस्त अनुप्रस्थ काट क्षेत्र पर धारा घनत्व समान नहीं होता है। इसके विपरीत दिष्ट धारा में चालक के समस्त अनुप्रस्थ काट क्षेत्र पर धारा घनत्व समान रहता है।

इस घटना को त्वाचिक प्रभाव कहते हैं।

त्वाचिक प्रभाव की निर्भरता (Dependency of Skin Effect)

प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली के लाइन चालकों में त्वाचिक प्रभाव निम्न कारकों पर निर्भर करता है—

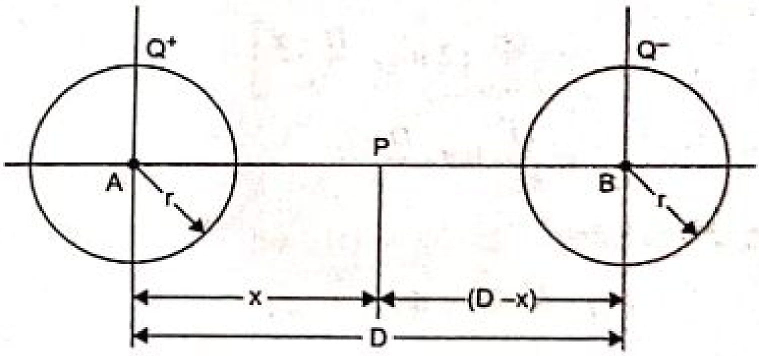
(i) प्रदायी आवृत्ति के बढ़ने से लाइन चालक का त्वाचिक प्रभाव बढ़ता है। 50 चक्कर/सेकण्ड से कम आवृत्ति पर त्वाचिक प्रभाव बढ़ने पर प्रतिरोध के कारण वैद्युत हानियों को नगण्य माना जाता है।

(ii) चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल बढ़ने से त्वाचिक प्रभाव बढ़ता है।

(iii) चालक पदार्थ की चुम्बकशीलता के बढ़ने से उसमें त्वाचिक प्रभाव बढ़ता है।

(iv) भिन्न-भिन्न चुम्बकशीलता वाले पदार्थ का त्वाचिक प्रभाव भिन्न-भिन्न होता है।

एकल कला शिरोपरि लाइन की धारिता



चित्र–1.36 : एकल कला पाश चालकों के कारण धारिता

माना कि एकल कला शिरोपरि लाइन में दो समान्तर चालक A एवं B हैं। इनके बीच की पारस्परिक दूरी D मीटर तथा प्रत्येक चालक का अर्द्धव्यास r मीटर है।

चालक के अर्द्धव्यास r की अपेक्षा इसके बीच की दूरी D अति अधिक है। इसलिए प्रत्येक चालक पर स्थिर वैद्युत आवेश का पृष्ठ तनाव व्यावहारिक रूप में अन्य निकटतम चालकों से अप्रभावित रहता है।

अत: आवेशों को अक्षों पर केन्द्रित माना जा सकता है।

माना कि चालक A पर $+Q$ कूलॉम/मीटर वैद्युत आवेश है। तब चालक B पर $-Q$ कूलॉम/मीटर प्रेरित आवेश होगा।

Scanned with CamScanner

पुनः माना कि चालक A से x मीटर की दूरी पर, B की ओर कोई एक बिन्दु P है। तब बिन्दु पर, चालक A के कारण वैद्युत क्षेत्र तीव्रता—

$$F_A = \frac{Q}{2\pi\xi_0 x} \quad (A \text{ से } B \text{ की दिशा में})$$

$(\because \xi_r = 1$ वायु के लिए)

बिन्दु P पर चालक के कारण, वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Electric field intensity)

$$F_B = \frac{Q}{2\pi\xi_0 (D-x)} \quad (A \text{ से } B \text{ की दिशा में})$$

इसलिए बिन्दु P पर परिणामी वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$F_x = \left\{\frac{Q}{2\pi\xi_0 x} + \frac{Q}{2\pi\xi_0 (D-x)}\right\}$$

$$= \frac{Q}{2\pi\xi_0}\left\{\frac{1}{x} + \frac{1}{D-x}\right\}$$

किन्हीं दो चालकों के वैद्युत विभवान्तर, इकाई कूलॉम के आवेश को स्थिर वैद्युत बल के विरोध में एक चालक से दूसरे चालक तक ले जाने में किये गये कार्य के बराबर होता है। इसलिए जब इकाई कूलॉम के आवेश को A तथा B चालकों के बीच dx मीटर की दूरी तक ले जाया जाये, तब वैद्युत विभवान्तर $V_x = F_x \times dx$ जूल होगा।

इस प्रकार A तथा B चालकों के बीच विभवान्तर

$$V = \int_r^{d-r} F_x \times dx$$

$$= \int_r^{d-r} \frac{Q}{2\pi\xi_0}\left\{\frac{1}{x} + \frac{1}{D-x}\right\} dx$$

$$= \frac{Q}{2\pi\xi_0}[\log_e x - \log_e (D-x)]_r^{d-r}$$

$$= \frac{Q}{2\pi\xi_0}\left[2\log_e \frac{D-x}{r}\right]$$

$$= \frac{Q}{\pi\xi_0}\log_e \frac{D-r}{r}$$

A तथा B दोनों चालकों के बीच धारिता

$$C_{ab} = \frac{Q}{V} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{Q}{\frac{Q}{\pi\xi_0}\log_e \frac{D-r}{r}}$$

$$C_{ab} = \frac{\pi\xi_0}{\log_e \frac{D-r}{r}}$$

प्रायः D की अपेक्षा r अति कम होता है। इसलिए $(D-r)$ के स्थान पर केवल D लेने पर उपरोक्त धारिता (Capacitance)

Scanned with CamScanner

$$C_{ab} = \frac{\pi\xi_0}{\log_e(D/r)} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{3.14 \times 8.854 \times 10^{-12}}{2.303 \log_{10}(D/r)}$$

$$= \frac{12.07 \times 10^{-12}}{\log_{10}(D/r)} \text{ फैरड/मीटर}$$

चालक तथा उदासीन बिन्दु के बीच धारिता
(Capacitance between Conductor and Neutral Point)

$+Q$ तथा $-Q$ वैद्युत आवेशों से आवेशित क्रमशः A तथा B चालकों के बीच एक उदासीन बिन्दु है जिस पर विभव शून्य होगा। इस प्रकार A तथा B दोनों चालकों के बीच कुल विभवान्तर V, चालक A से B की ओर प्रत्येक चालक से उदासीन बिन्दु तक क्रमशः $V/2$ तथा $-V/2$ विभवान्तर से विभाजित हो जायेगा। तब प्रत्येक चालक तथा उदासीन बिन्दु के बीच धारिता

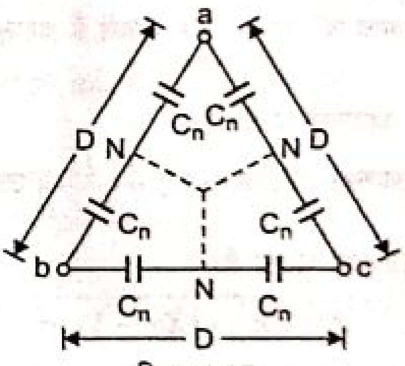
$$C_{an} = C_{bn} = \frac{Q}{V/2} = \frac{2Q}{V} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{2\pi\xi_0}{\log_e(D/r)} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 8.854 \times 10^{-12}}{2.303 \log_{10}(D/r)}$$

$$= \frac{24.14 \times 10^{-12}}{\log_{10} D/r} \text{ फैरड/मीटर}$$

त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन चालक की धारिता



चित्र-1.37

(i) चालकों के बीच समान दूरी होने पर—जब त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन चालकों के बीच की पारस्परिक दूरियाँ D समान होती हैं, तब त्रिकला लाइन चालक की धारिता (Capacitance)

$$C_{3-\phi} = C_{am} \text{ अथवा } C_{bm}$$

$$= \frac{2\pi\xi_0}{\log_e(D/r)} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{24.14 \times 10^{-12}}{\log_{10}(D/r)} \text{ फैरड/मीटर}$$

Scanned with CamScanner

(ii) **चालकों के बीच असमान दूरी होने पर**—जब त्रिकला संचरण लाइन चालकों के बीच की पारस्परिक दूरियाँ क्रमशः D_{12}, D_{23}, D_{31} असमान होती हैं, तब त्रिकला लाइन चालक की धारिता

$$C_{3-\phi} = C_{an} \text{ अथवा } C_{bn}$$

$$= \frac{2\pi\xi_0}{\log_e \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}}{r}} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{24.14 \times 10^{-12}}{\log_{10} \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}}{r}} \text{ फैरड/मीटर}$$

$$= \frac{24.14 \times 10^{-12}}{\log_{10} \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}}{r}} \text{ फैरड/मीटर}$$

or

$$= \frac{24.14 \times 10^{-12}}{\log_{10} (D / r)}$$

जहाँ (where)

$$D = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}$$

or

$$D = (D_{12}D_{23}D_{31})^{1/3}$$

Note : D_{12}, D_{23} तथा D_{31} क्रमशः चालक 1 (पहले), 2 (दूसरे) तथा 3 (तीसरे) चालक के बीच की पारस्परिक दूरियाँ हैं।

लाइन प्राचल धारिता का महत्त्व (Significance of Capacitance)

लघु संचरण लाइनों में धारिता के प्रभाव को नगण्य कर सकते हैं परन्तु मध्यम तथा दीर्घ लाइनों में इसके प्रभाव नगण्य नहीं कर सकते।

(i) धारिता के कारण शक्ति गुणक अग्रगामी होता है।

(ii) धारिता के कारण लाइन में ऋणात्मक प्रतिघात ($X_e = \frac{1}{2\pi f_c}$) उत्पन्न होता है।

(iii) धारिता के कारण लाइन में प्रतिबाधा घटती है।

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

(iv) धारिता के कारण लाइन में वोल्टतापात घटता है।

(v) धारिता के कारण प्रेषण सिरों की अपेक्षा संचरण लाइनों के अभिग्राही सिरों पर वोल्टता अधिक प्राप्त होती है।

(vi) धारिता के कारण लाइन में आवेशन धारा प्रवाहित होती है।

(vii) धारिता के कारण लाइन की संचरण दक्षता में सुधार होता है।

(viii) धारिता के कारण लाइन में वोल्टता के रूप में ऊर्जा संग्रह होती है।

Example 3. एक एकल कला लाइन में दो चालक 50 Hz पर प्रचालित हैं। प्रत्येक चालक का व्यास 2 cm त... इनके बीच की दूरी 3 m है। गणना कीजिए—

(a) चालक तथा उदासीन बिन्दु की धारिता प्रति किमी,

(b) लाइन-से-लाइन की धारिता,

(c) न्यूट्रल का कैपेसिटिव सस्प्टेंस।

Solution : $D = 3\text{ m},\ r = 0.01\text{ m}$

(a) The capacitance of each conductor to neutral

$$C_n = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/r)} = \frac{1}{18\times10^4 \ln\frac{3}{0.01}} = 9.74\times10^{-12}\text{ F/m}$$

$$C_n = 9.74\times10^{-9}\text{ F/km}$$

(b) Line-to-line capacitance

$$C_l = \frac{1}{2}C_n$$

$$C_l = \frac{1}{2}\times9.74\times10^{-9} = 4.870\times10^{-9}\text{ F/km}$$

(c) Capacitive susceptance of neutral

$$b_c = \frac{1}{X_c} = 2\pi f C_n$$

$$b_c = 2\pi\times50\times9.74\times10^{-9} = \mathbf{3.06\times10^{-6}\ S/km}$$ **Ans.**

1.6. पारेषण हानियाँ (Transmission Losses)

व्यापक नेटवर्क के माध्यम से बिजली संयंत्रों एक उपभोक्ता तक बिजली पहुँचाई जाती है। लम्बी दूरी पर संचरण से बिजली की हानि होती है। ऊर्जा हानि का बड़ा हिस्सा ट्राँसफार्मर और बिजली लाइनों जूल प्रभाव से आता है जिसको (I^2RT) हानि भी कहा जाता है और कंडक्टर में गर्मी के रूप में ऊर्जा खो जाती है।

एक विशिष्ट ट्राँसमिशन और डिस्ट्रीब्यूशन नेटवर्क के मुख्य भागों को ध्यान में रखते हुए विभिन्न चरणों में बिजली के नुकसान के औसत मूल्य हैं।

- 1-2% जनरेटर से ट्रासमिशन लाइन तक स्टेपअप ट्राँसफार्मर।
- 2-4% ट्राँसमिशन लाइन।
- 1-2% ट्राँसमिशन लाइन से वितरण नेटवर्क तक Step down Transformer।
- 4-6% वितरण नेटवर्क ट्राँसफार्मर और केबल।

पावर प्लांट और उपभोक्ताओं के बीज कुल नुकसान 8 से 12% के बीच हानि होती है। Transmission Line से निम्नलिखित प्रकार की होती है।

(i) I^2RT (जूल) हानि

(ii) कोरोना हानि

(i) I^2RT (जूल) हानि—लम्बी संचरण लाइन में प्रतिरोध का मान बहुत ही कम तथा जैसे-जैसे Transmission Line की लम्बाई बढ़ती जाती है, संधारित का मान बढ़ता है। Inductance का भी बढ़ता जाता है जिसके कारण लाइन में क्रमशः I^2R होगी तथा Voltage drop (IZ) होगा जहाँ Z लाइन की प्रतिबाधा प्रदर्शित है। यदि किसी Sending end पर Voltage V_S तथा Receiving सिरे पर Voltage V_R है, तब Voltage drop

$$\text{Voltage drop} = V_R = V_S - I(R + JX_C)$$

$$\overline{V_R} = \overline{V_S} - I\overline{Z}$$

Scanned with CamScanner

(ii) कोरोना हानि (Corona Losses)—लाइन में वोल्टता मान अधिक उच्च होने पर चालक तल पर प्रतिबल (Surface Stress) इतना बढ़ जाता है कि चालकों के चारों ओर की हवा (Air Berakdown) होकर सुचालक बन जाती है अधिक उच्च (Voltage) पर जब वायु की परत सुचालक का भी अंग होता है जिसके फलस्वरूप चालक की प्रभावी त्रिज्या बढ़ जाती है तथा चालक पर अधिकतम प्रतिबल का मान कम हो जाता है। चालक के चारों ओर वायु व्यंजन को कोरोना कहते हैं। कोरोना के कारण शी-शी (Hissing) की ध्वनि, Faint Luminous Glow का आभास होगा। कोरोना हानि को निम्नलिखित सूत्र की सहायता से ज्ञात किया जाता है।

$$P = \frac{241.4 \times 10^{-5}}{\delta} \cdot \frac{(F+25)}{\delta} \sqrt{\frac{r}{d}} (V_{Ph} - V_C) \text{ kw/km/phase}$$

$$\delta = \frac{3.926}{2734 + t}$$

δ = Air Density Factor (Under Standard Condition) $\delta = 1$

t = Temperature

$$V_C = g_0 r \log_e \frac{d}{r}$$

g_0 = break down strength of air 76 m

= 30 kV/cm or 21.2 kV/cm (r.m.s.)

V_C = Critical disruptive voltage

F = Frequency

r = Conductor Radius

d = Conductor Spaced

(iii) फैरेन्टी हानि (Ferrenti Effect)—दीर्घ संचरण लाइनों की शून्य भार अथवा न्यून भार अवस्थाओं में लाइन के द्वारा अभिग्रहित आवेशन धारा के प्रभाव से अभिग्राही सिरे की वोल्टता V_R का मान प्रेषी सिरे वोल्टता V_S के मान से अधिक हो जाने से इस परिघटना को Ferrenti Effect कहते हैं।

(iv) सामीप्य प्रभाव (Proximity Effect)—जब किसी चालक में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित हो रही है और उसके आस-पास एक या एक से अधिक चालकों में भी धारा बह रही है तो पहले वाले चालक में धारा का वितरण प्रभावित हो जाता है। वास्तव में प्रथम चालक में धारा कम क्षेत्र में सिमट जाता है अर्थात् चालक के कुछ क्षेत्रों में धारा घनत्व अधिक और कुछ में कम हो जाता है। इसे ही सामीप्य प्रभाव कहते हैं।

(v) परावैद्युतांक हानि (Dielectric Effect)—High voltage line जब Medium Transmission और Long Transmission या Long Distance से होकर जाती है तब वहा पर Capacitance बनने लगता है, जिसे निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात करते हैं—

$$P = 2\pi FCV^2 \text{ Watt}$$

(vi) त्वाचिक हानि (Skin Effect)—प्रत्यावर्ती धारा, दिष्ट धारा की भाति चालक के सम्पूर्ण परिक्षेत्र में समान रूप से वितरित होकर प्रवाह नहीं करती, बल्कि चालक सतह में प्रवाह करने की प्रवृत्ति रखती है, जिसके कारण धारा घनत्व चालक की सतह में और सतह के सान्निकट भागों में अधिक तथा केन्द्र पर बहुत ही कम होता है। प्रत्यावर्ती धारा की चालक सतह में प्रवाह की प्रवृत्ति के धारा का सतह में संकेद्रित प्रवाह ही त्वाचिक प्रभाव कहलाता है।

Scanned with CamScanner

1.7. संचरण के मितव्ययी सिद्धांत (Economical Principles of Transmission)

प्रस्तावना (Introduction)

वैद्युत शक्ति का एक स्थान से दूसरे स्थान पर संचरण करने को ही (Transmission system) कहा जाता है। Electrical Power को उसके जनन केन्द्र (Power station) से consumer end भेजने में कई सहायक युक्तियों (Accessories) की आवश्यकता होती है। संचरण पद्धति (Transmission system) में हम यह प्रयास करते हैं कि जहाँ तक सम्भव हो सके मितव्ययी (Economical) हो। Transmission system की सम्पूर्ण मितव्ययिता उसकी सहायक युक्तियों (Accessories) की कीमत पर निर्भर करती है।

इसके लिये केल्विन ने एक नियम प्रतिपादित किया, जिसके अनुसार यदि हम संचरण लाइनों का अभिकल्पन (Designing) करें तो ज्यादा से ज्यादा मितव्ययी साबित होगा।

इस अध्याय में हम (Transmission system) की मितव्ययिता (Economy) का सम्पूर्ण अध्ययन करेंगे।

केल्विन का नियम (Kelvin's Law)

Electrical Power (वैद्युत शक्ति) के संचरण के लिये यह आवश्यक होता है कि उसमें वह ज्यादा से ज्यादा मितव्ययी साबित हो। संचरण में लाइन चालक (Conductor) विशेष महत्व रखता है। इसी के द्वारा हम (Electrical power) का संचरण करते हैं। अतः (System) की सम्पूर्ण मितव्ययिता (Economy) लाइन चालक की कीमत (Cost) पर निर्भर करती है।

कीमत (Cost) दो प्रकार के होते हैं। संचरण पद्धति की कैंची भुजाओं (Cross arms), आलम्बों (Supports), विद्युतरोधकों (Insulators) के कारण जो (Cost) आती है, अचल कीमत (Fixed cost) कहलाती है तथा संचरण लाइनों प्रतिरोध (R) के कारण होने वाली हानियों से इन पर जो व्यय आता है, चल व्यय (Running cost) कहलाता है।

अतः यदि हम संचरण पद्धति में प्रयुक्त लाइन चालक का व्यास बढ़ायेंगे तो चालक का भार (Weight) बढ़ेगा जिसके लिये मजबूत आलम्बों (Supports), कैंची भुजाओं (Cross arms) व वैद्युतरोधकों आदि की जरूरत पड़ेगी। इस प्रकार इसके अचल व्यय (Fixed cost) में बढ़ोत्तरी होगी।

यदि हम चालक (Conductor) के व्यास (Diameter) को घटाते हैं तो उसका प्रतिरोध (R) बढ़ेगा जिससे कि उसमें वैद्युत धारा (I) प्रवाहित होने से उसमें हानियाँ (Losses) $I^2 R$ बढ़ेगी। इस प्रकार चल व्यय (Running cost) में बढ़ोत्तरी होगी।

इस कमी को दूर करने के लिये केल्विन ने एक नियम प्रतिपादित किया जिससे उपयुक्त चालक का चयन करके अचल तथा चल व्यय को काफी हद तक कम किया जा सकता है।

केल्विन के नियम की निर्भरता (Dependency of Kelvin's Law)

जैसा कि ऊपर Kelvin's Law के बारे में वर्णन किया गया है उससे यह स्पष्ट होता है कि केल्विन का नियम लाइनों के उपयोग पर निर्भर करता है। जैसे कि प्रदायक का साइज (Supplier size), धारा वहन क्षमता (Current Carrying capacity), वोल्टतापात (Voltage drop) आदि।

चालक का व्यय (Cost of conductor) केल्विन के नियम की सबसे बड़ी निर्भरता होती है। जैसा कि ऊपर वर्णन भी किया जा चुका है कि संचरण पद्धति की सम्पूर्ण मितव्ययिता चालक के व्यय (Cost of conductor) पर निर्भर करता है।

जैसा कि हम जानते हैं कि संचरण लाइनों में दो प्रकार के व्यय आते हैं—

(i) अचल व्यय (Fixed Cost)—शिरोपरि संचरण लाइनों में आलम्बों (Supports), कैंची भुजाओं (Cross arms) व वैद्युतरोधकों (Insulators) के कारण जो व्यय आता है, अचल व्यय (Fixed cost) कहलाता है तथा भूमिगत प्रणाली में केबिल के बिछावन (Laying), विद्युतरोधक (Insulators) आदि के कारण जो व्यय आता है, चल व्यय कहलाता है।

Scanned with CamScanner

यदि लाइन चालक पर अचल व्यय को C_1 मानें, तो—

$$C_1'' = P_2 a$$

[जहाँ 'P_2' निरपेक्ष स्थिरांक (Absolute constant) है तथा 'a' लाइन चालक का क्षेत्रफल]

तथा $C_1' = P_1$ [जहाँ P_1 कुल परम स्थिति पर कीमत है।]

पूँजीगत लागत पर कुल वार्षिक व्यय (Annual cost)

$$C_1 = C_1' + C_1''$$
$$= P_1 + P_2 a \quad ...(i)$$

(ii) चल व्यय (Running Cost)—जैसा कि हम जानते हैं कि चालक के प्रतिरोध (R) तथा उसमें प्रवाहित धारा (I) के कारण जो हानियाँ (I^2R) होती हैं, चल व्यय कहलाती हैं। भार धारा (Load Current) (I) के कारण हानियाँ परिवर्तित होती हैं।

शिरोपरि अथवा भूमिगत पद्धति दोनों में यह हानियाँ चालक के व्यास पर निर्भर करती है। व्यास के घटने-बढ़ने से ही हानियों (I^2R) में परिवर्तन होता है। भूमिगत पद्धति में कम वोल्टता (Low voltage) पर परावैद्युत हानियों (Dielectric losses) व धात्विक हानियों को नगण्य माना जाता है, क्योंकि इनका मान बहुत कम होता है।

चूँकि भार धारा में परिवर्तन से लाइन चालक के ताम्र हानियों (I^2R) में परिवर्तन होता है इसलिये ताम्र हानियाँ भार धारा पर निर्भर करती है तथा वोल्टता में परिवर्तन से परावैद्युत व धात्विक हानियों में परिवर्तन होता है इसलिये ये हानियाँ वोल्टता पर निर्भर करती हैं।

तब $$C_2 \propto \text{वैद्युत हानियाँ}$$

$$C_2 \propto I^2 R \propto I^2 \left(\frac{\rho l}{a}\right) \qquad \left(\because R = \frac{\rho l}{a}\right)$$

$$C_2 = K_1 I^2 \left(\frac{\rho l}{a}\right)$$

केल्विन का मितव्ययी सम्बन्धी नियम (Economical Law of Kelvin)

जैसा कि पिछले अनुच्छेदों में बताया जा चुका है कि केल्विन ने 'संचरण लाइनों' में प्रयुक्त चालक की उपयुक्तता के लिये एक नियम प्रतिपादित किया जिसको केल्विन का नियम कहा जाता है। चूँकि इस नियम से चालक का चयन करने पर संचरण लाइनों की दक्षता काफी हद तक मितव्ययी (Economical) साबित होती है इसीलिये इस नियम को मितव्ययी सम्बन्धी नियम (Economical Law) कहा जाता है।

"इस नियम के अनुसार न्यूनतम वार्षिक संचरण व्यय (Minimum Annual Transmission Cost) की स्थिति के लिये पूँजी लागत पर ब्याज व मूल्य ह्रास के कारण वार्षिक व्यय का परिवर्तनीय अंग (P_2a) और चालक से व्यय वैद्युत ऊर्जा का वार्षिक व्यय (P_3a) समान होते हैं।"

$$P_2 a = P_3 / a$$

या $$a^2 = P_3 / P_2$$

उपर्युक्त सीकरण से चालक के अनुप्रस्थ कॉट की माप 'a' का मान समीकरण से निकाल सकते हैं।

क्योंकि $K_3, \rho l I^2$ स्थिरांक (Constants) हैं।

$\because$ माना $$K_3 \rho l I^2 = P_3$$

$\Rightarrow$ $$C_2 = P_3 / a \quad ...(ii)$$

अब Fixed cost व Running cost को मिलाकर कुल वार्षिक व्यय (Annual cost)—

$$C = C_1 + C_2$$
$$= (P_1 + P_2 a) + P_3 / a$$

Scanned with CamScanner

$$\Rightarrow \quad C = P_1 + P_2 a + P_3 / a \quad ...(iii)$$

अब यदि हम पूरे Cost का अवकलन कर लें तो हम न्यूनतम वार्षिक व्यय (Minimum annual cost) की स्थिति प्राप्त हो जायेगी

$$C = P_1 + P_2 a + P_3 / a \quad \text{(समीकरण (iii) से)}$$

चालक के परिच्छेद 'a' के सापेक्ष समीकरण (iii) का अवकलन (Differentiation) करने पर

$$\frac{dC}{da} = 0 + P_2 - \frac{P_3}{a^2}$$

न्यूनतम वार्षिक व्यय के लिये—

$$\frac{dC}{da} = 0$$

या

$$P_2 - \frac{P_3}{a^2} = 0$$

या

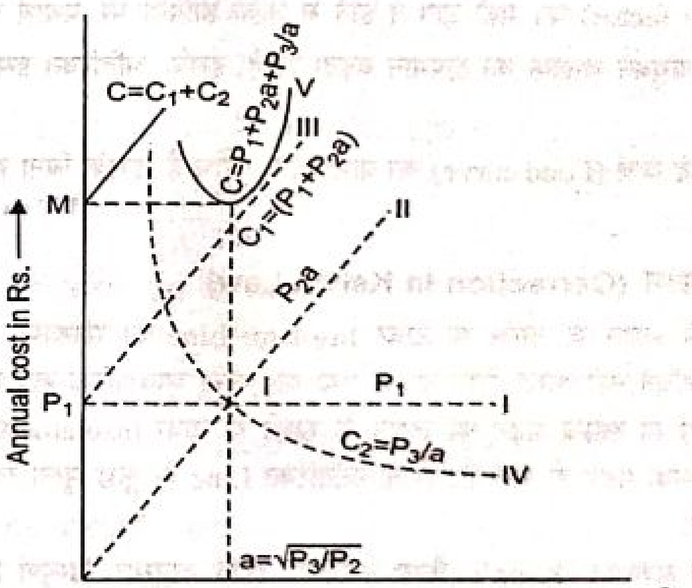
$$P_2 = \frac{P_3}{a^2} \quad ...(iv)$$

उपर्युक्त समीकरण (iv) केल्विन का समीकरण (Kelvin's Equation) कहलाता है।

केल्विन के नियम सम्बन्धी वक्र (Curve Related to Kelvin's Law)

चित्र में केल्विन के नियम सम्बन्धी वक्र खींचा गया है। यह वक्र चालक के अनुप्रस्थ काट 'a' तथा वार्षिक व्यय 'c' के बीच खींचा गया है। यदि वार्षिक व्यय भिन्न-भिन्न (C_1, C_2 या $C_1', C_1'', C_1''', ...$etc.) हो तो, इस खींचे गये वक्र के अनुसार—

(i) $C_1' = P_1$



चित्र-1.38

केल्विन के नियम से सम्बन्धित प्रयोगात्मक सीमायें (Practical Limitations Related to Kelvin's Law)

केल्विन का नियम सत्य है पर प्रयोग के लिये प्रयुक्त चालक का Cross-sectional area (अनुप्रस्थ काट) के चयन के लिये केल्विन का नियम उपयुक्त नहीं है। इसके निम्नलिखित कारण हैं—

Scanned with CamScanner

1. केल्विन के नियम से चयन किये गये चालक का अनुप्रस्थ काट कम होता है जिससे उसमें वर्ष भर Voltage drop बढ़ता है व संचरण लाइन का वोल्टता नियमन (Voltage regulation) बढ़ जाता है तथा यह लाइन की दक्षता को घटाता है।
2. केल्विन के नियम से प्राप्त चालक की Size उसकी धारा वहन क्षमता के अनुसार नहीं होती, जबकि भूमिगत या शिरोपरि लाइनों में प्रयुक्त केबिलों के क्रोड उसकी धारा वहन क्षमता (Current carrying capacity) के अनुसार होती है।
3. केल्विन के नियम से चयन किये गये चालक की अनुप्रस्थ काट कम होने से कोरोना हानियाँ (Corona losses) बढ़ जाती है। इससे लाइन की दक्षता बढ़ती है।
4. केल्विन के नियम में प्रयुक्त चालक का धारा घनत्व (Current density) बहुत अधिक होता है जिससे केबिल बहुत ज्यादा गर्म होने लगती है।
5. लाइन में प्रयुक्त चालक में वर्षभर धारा का मान असमान होता है, इसलिये इसका लाइन में हानियों (I^2R) का परिकलन (Estimate) करना बहुत कठिन होता है।
6. लाइन में प्रति यूनिट व्यय भी सुनिश्चित करना एक कठिन कार्य है, क्योंकि प्रति यूनिट व्यय (Cost per unit) इसकी भार गुणक (Load factor) पर निर्भर करता है, जो कि लाइन में हानियों व जनन केन्द्र (Generation) के कारण परिवर्तित होती रहती है।
7. केबिल में धात्विक कोष हानियाँ (Metallic sheeth losses) होती हैं और उच्च वोल्टता पर इसमें मंदायन व परावैद्युत हानियाँ (Hysteresis and Dielectric Losses) होती हैं। इन हानियों का व्यय केबिल में होने वाली हानियों (I^2R) के व्यय की अपेक्षा कम होता है।
8. शक्ति गुणक (Power factor) का सही ज्ञान न होने से ऊर्जा हानियों पर यथार्थ व्यय ज्ञात करना कठिन होता है।
9. केल्विन के नियम से प्रयुक्त चालक का तापमान बढ़ता ही है, इसके अतिरिक्त इसमें अन्य प्रकार की हानियाँ बढ़ती हैं।
10. आगणन के समय लोड कर्व (Load curve) का प्राप्त होना दुर्लभ है, इसके बिना हानियों का आगणन नहीं किया जा सकता।

केल्विन नियम के संशोधन (Correction in Kelvin Law)

Kelvin के नियम में लाइन के खम्भे या टावर Insulator Line का संस्थापन आदि के मूल्य Conductor के Sectional क्षेत्रफल को प्रभावित नहीं करते, ऐसा बताया गया था। परन्तु व्यवहारिक रूप में ऐसा नहीं है। जब Conductor की Sectional area या नाप या साइज बढ़ने पर लाइन के खम्भे या टावर Insulator भारी चालकों के प्रयोग से यांत्रिक प्रतिबल में वृद्धि होने से, अधिक महंगे हो जाते हैं। इसके अतिरिक्त Line के कुछ मूल्य व्यय ऐसे हैं जिनका चालक के ताप पर कोई प्रभाव नहीं होती है।

Kelvin के नियम में संशोधन (Kapp's) कैप्स ने किया। इसके अनुसार, सम्पूर्ण Line संस्थापन पर पूँजीगत लागत को दो भागों में विभाजित किया जाता है—

एक वह जो Conductor के Sectional area से स्वतन्त्र है।

दूसरे वह जो Conductor के Sectional area के समानुपाती होते हैं।

इस प्रकार वार्षिक ब्याज व मूल्य हानि का वार्षिक मूल्य $= Pa + R$

R : Cable होने पर Cable के Insulation के मूल्य को दर्शाता है जिसे हम Constant मानते हैं।

$$\text{दूसरा व्यय माना} = \frac{Q}{a}$$

Scanned with CamScanner

$$\text{Total वार्षिक व्यय } c = \left(P_a + R + \frac{Q}{a} \right)$$

मितव्ययी की दशा में

$$\frac{dc}{da} = 0$$

$$\frac{dc}{da^2} = P_a - \frac{Q}{a^2} = 0$$

$$Pa = \frac{Q}{a^2}$$

$$a = \sqrt{\frac{Q}{P_a}}$$

इस संशोधन के अनुसार चालक का मितव्ययी क्षेत्रफल $a = \sqrt{\frac{Q}{P_a}}$ होता है।

अत: इससे यह भी सिद्ध होता है कि Insulation का चालक के परिच्छेद क्षेत्रफल की लागत पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

प्रश्न 1—एक त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन जिसके चालक का परिक्षेद क्षेत्रफल A वर्ग cm हो, का मूल्य रु० (100 + 1500 A) प्रति किलोमीटर है। धारा का भार गुणक 40 प्रतिशत तथा ऊर्जा के लिए भार गुणक 10 प्रतिशत है। ब्याज एवं मूल्य की मिश्रित दर 15% प्रतिवर्ष। अत्यन्त मितव्ययी धारा घनत्व की परिकल्पना कीजिये, यदि ऊर्जा क्षति की मूल्य दर 10 रु० प्रति किलोवाट घण्टा हो तथा चालक का प्रतिरोध $1.7 \times 10^{-6}\,\Omega$ cm है।

हल—कुल धन पर ब्याज तथा मूल्य ह्रास $= 1500\,A \times 0.15$

$$= 225\,A \text{ रु०}$$

प्रति किलोमीटर चालक का प्रतिरोध $= \frac{1.7 \times 10^{-6}}{A} \times 1000 \times 100$

$$= \frac{0.17}{A} \text{ ओम}$$

मान लिया कि चालक में अधिकतम धारा का मान I ऐम्पियर है

∴ त्रिकला संचरण लाइन में ऊर्जा क्षति $= 3I^2R$ वाट

लाइन में वार्षिक औसत शक्ति क्षति $= 3I^2R \times 0.1$

∴ लाइन में वार्षिक औसत ऊर्जा हानि $= 0.1 \times 3I^2 \times \frac{0.17}{A} \times \frac{8760}{1000}\ kwH$

और लाइन में वार्षिक औसत ऊर्जा क्षति मूल्य $= 0.1 \times 3I^2 \times \frac{0.17}{A} \times 8.76 \times 1$

$$= \frac{0.051I^2}{A} \times 8.76$$

$$= \frac{0.4476I^2}{A}$$

केल्विन के मितव्ययी नियम से मितव्ययिता हेतु ऊर्जा क्षति मूल्य = ब्याज एवं मूल्य ह्रास व्यय

$$\frac{0.4467I^2}{A} = 225A$$

Scanned with CamScanner

$$\frac{I^2}{A^2} = \frac{225}{0.44676} = 503.626$$

$$\frac{I}{A} = \text{धारा घनत्व} = \sqrt{503.626}$$

$$= 22.442 \text{ A/cm}^2$$

प्रश्न 2—0.8 किलोमीटर लम्बा द्वि क्रोड फीडर केबिल 500 volt पर 100 किलोवोल्ट शक्ति प्रदान करता है। केबिल का संस्थापन सहित मूल्य R_s (69 + 1.3) प्रति मीटर है। यहाँ पर 9 वर्ग सेमी में चालक का अनुप्रस्थ काट का क्षे० पूँजी लागत पर ब्याज तथा मूल्य ह्रास 10% है और ऊर्जा का मूल्य 10 पैसे प्रति यूनिट है। यदि क्रोड के पदार्थ 'ताम्र' का विशिष्ट प्रतिरोध $1.75 \times 10^{-6}\ \Omega$/cm हो तो क्रोड चालक का मितव्ययी साइज तथा सम्बन्धित वोल्टतापात ज्ञात करो।

हल—प्रत्येक क्रोड के चालक का प्रतिरोध (Resistance)

$$R = \frac{\rho l}{9} = \frac{1.75 \times 10^{-6} \times 0.8 \times 1000 \times 100}{9}$$

$$= \frac{0.1400}{9}\ \Omega$$

Full Load Current $\quad i = \frac{w}{V} = \frac{100 \times 1000}{500} = 200$ ऐम्पियर

फीडर में ऊर्जा हानि (Annual Energy Losses)

$$2I^2RT \times 10^{-3} = 2 \times (200)^2 \times \frac{0.14}{9} \times 8760 \times 10^{-3}$$

$$= \frac{112 \times 876}{9}$$

फीडर में ऊर्जा हानि के कारण आर्थिक व्यय

$$\frac{P_3}{9} = \frac{196224}{9}$$

फीडर (केबिल) की लम्बाई $\quad r = 0.8 \times 1000$ m

$$= 800 \text{ m}$$

तथा फीडर की प्रति मीटर पूँजी लागत = (69 + 1.3) रु०

फीडर की कुल पूँजी लागत = (69 + 1.3) × 800

$$= 4800.9 + 1040 \text{ रु०}$$

फीडर केबिल के क्रोड चालक के अनुप्रस्थ काट क्षे० के समानुपाती पूँजी लागत

$$P_2 a = 4809 \times \frac{10}{100} = 4809 \text{ रु०}$$

केबिल के नियमानुसार सर्वाधिक मितव्ययी चालक साइज के लिए स्थिति

$$P_2 a = \frac{P_3}{a},\ 4809 = \frac{1.96224}{9}$$

$$a = 2.0224\ \text{cm}^2$$

Scanned with CamScanner

फीडर में कुल वोल्टतापात (Voltage drop) $= 2IR$

$$= \frac{2 \times 200 \times 01400}{20224} = 28 \text{ volt}$$

प्रश्न 3—लम्बाई में 1 किलोमीटर एक द्विक्रोड केबिल को सम्पूर्ण वर्ष 200 ऐम्पियर का एक स्थिर भार प्रदान करने की आवश्यकता होती है। केबिल की कीमत $(50a + 25)$ है, जहाँ 9 वर्ग सेन्टीमीटर में चालक का अनुप्रस्थ काट क्षे० है। यदि ऊर्जा की कीमत 5 पैसे प्रति किलोवाट आवर और ब्याज तथा मूल्य ह्रास के वसूली की मात्रा 10% का सर्वाधिक मितव्ययी अनुप्रस्थ काट क्षे० ज्ञात कीजिए।

हल—प्रत्येक क्रोड के चालक का प्रतिरोध (Resistance of Conductor)

$$R = \frac{\rho l}{a} = \frac{185 \times 10^{-6} \times 1000 \times 100}{a}$$

$$= \frac{0185}{a}$$

$R \rightarrow$ Resistance of Conductor
$\rho \rightarrow$ Specific Resistance
$l \rightarrow$ Length of Conductor
$a \rightarrow$ Area of Conductor

लाइन हानि $= 2I^2R$ वाट

$$= 2 \times (200)^2 \times \frac{0185}{a} = \frac{14800}{a} \text{ वाट}$$

वार्षिक ऊर्जा हानियाँ $= 2I^2RT \times 10^{-3}$ kwH

$$= \frac{14800}{a} \times 8760 \times 10^{-3} = \frac{129648}{a} kwH$$

वार्षिक ऊर्जा हानियों पर कुल व्यय

$$\frac{P_3}{a} = \frac{129648}{a} \times \frac{5}{100} = \frac{6482}{a}$$

केबिल पर व्यय की गई कुल पूँजी लागत

$$= 509 \times l = 509 \times 1000 = 50{,}0009 \text{ रुपया}$$

ब्याज तथा मूल्य ह्रास के कारण कुल व्यय

$$P_2 a = 50{,}0009 \times \frac{10}{100} = 50009$$

केल्विन के नियमानुसार सर्वाधिक मितव्ययी साइज के लिए स्थिति

$$P_2 a = \frac{P_3}{a}, \ a = \sqrt{\frac{6482.4}{5000}} = 1.14 \text{ cm}^2$$ **Ans.**

प्रश्नावली

1. एक प्रतिरूप (Typical) संचरण तथा वितरण प्रणाली का खाका (Layout) बनाइये।
2. दिष्टधारा प्रदाय तन्त्र के सापेक्ष, प्रत्यावर्ती धारा प्रदाय तन्त्र के गुण-दोषों की विवेचना कीजिए।
3. हाई वोल्टेज ट्रांसमिशन के लाभ (Advantages) बताइए।
4. उच्च वोल्टता दिष्ट धारा शक्ति संचरण (High voltage direct current power transmission) का खाका (Layout) बनाकर समझाइए।
5. ट्रांसमिशन लाइन के चयन के लिए प्रमुख घटकों (Factors) को बताइए।

Scanned with CamScanner

6. वैद्युत ऊर्जा को जनन केन्द्र से उपभोक्ता तक, किस प्रकार लाया जाता है?
7. उच्च वोल्टता दिष्ट धारा परिवर्तित परिणामित्र (transformer) पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
8. संचरण लाइनों का लघु, मध्यम एवं सुदूर के रूप में वर्गीकृत करने का क्या आधार है?
9. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी (Short Notes) लिखिये—
   (i) संचरण लाइनों का वर्गीकरण
   (ii) संचरण लाइनों का वोल्टता नियमन (Voltage Regulation)
   (iii) संचरण लाइनों में वैद्युत हानियाँ (Electric Losses)
   (iv) लाइन की संचरण दक्षता (Transmission Efficiency)
10. लघु संप्रेषण लाइनों का कलीय आरेख (Phasor Diagram) खींचिए तथा आपूर्ति छोर की वोल्टता ज्ञात होने की दशा में प्राप्ति छोर की वोल्टता ज्ञात कीजिए।
11. संचरण लाइन की कार्य कुशलता अर्थात् निष्पादन (Performance) पर शक्ति गुणक के प्रभाव का उल्लेख कीजिए।
12. संचरण लाइन की दक्षता एवं नियमन, लोड के शक्ति गुणक से किस प्रकार प्रभावित होते हैं?
13. किसी संचरण लाइन के नियमन से आप क्या समझते हैं तथा यह लाइन के प्राचलों से किस प्रकार प्रभावित होता है?

आलम्बों सम्बन्धी सैद्धान्तिक प्रश्न

1. शिरोपरि लाइन के आलम्बों पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
2. शिरोपरि लाइनों में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के आलम्बों का स्वच्छ चित्र के साथ प्रत्येक के उपयोग देते हुए वर्णन कीजिए।
3. शिरोपरि लाइन आलम्बों पर सतत् भूतार प्रदान करना क्यों आवश्यक है ? स्पष्ट कीजिए।
4. काष्ठ खम्भे के उपयोग लिखिए तथा इनके विषय में संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
5. आलम्बों की ऊँचाई किन-किन कारकों से प्रभावित होती है ?
6. आजकल स्टील टावर का प्रयोग क्यों सर्वप्रिय है? किसी एक ऐसे टावर का चित्र खींचिए तथा इसे समझाइये।
7. लाइन आलम्ब कौन-कौन से हैं ? उनके अनुप्रयोग क्षेत्र भी लिखिए।

विद्युतरोधकों सम्बन्धी सैद्धान्तिक प्रश्न

1. शिरोपरि लाइनों में इस्तेमाल किये जाने वाले इंस्यूलेटर का नामांकन कीजिए तथा किसी एक इंस्यूलेटर के गुणों, अवगुणों व उपयोगों का उल्लेख कीजिए।
2. डिस्क इंस्यूलेटर के पिन इंस्यूलेटर की तुलना में लाभ बताइये।
3. निलम्बन प्ररूपी विद्युतरोधक से आप क्या समझते हैं तथा उसके क्या लाभ हैं?
4. संचरण एवं वितरण लाइनों में किये जाने वाले विभिन्न प्रकार के विद्युतरोधकों का वर्णन कीजिए। उनके अनुप्रयोग क्षेत्र दीजिए।
5. उच्च वोल्टता शिरोपरि लाइन के लिए, पिन प्रारूपी विद्युतरोधकों की तुलना में, निलम्बन विद्युतरोधक क्यों अच्छे समझे जाते हैं ?
6. विकृतिसह विद्युतरोधक क्या होता है? इसका संक्षिप्त में वर्णन कीजिए तथा उपयोग भी लिखिए।
7. पिन एवं निलम्बन प्रारूपी विद्युतरोधक में भेद बताइए। अति उच्च वोल्टता लाइन हेतु कौन-सा विद्युतरोधक उपयुक्त होगा और क्यों ?

Scanned with CamScanner

लड़ी दक्षता सम्बन्धी सैद्धान्तिक प्रश्न

1. निलम्बित विद्युतरोधकों की लड़ी दक्षता बढ़ाने की व्यावहारिक विधियाँ कौन-कौन हैं ? किसी एक विधि का वर्णन कीजिए।
2. निलम्बित विद्युतरोधक की लड़ी में प्रत्येक यूनिट के एक्रॉस विभवान्तर एक समान क्यों नहीं होता है ?
3. लड़ी दक्षता से आप क्या समझते हैं तथा यह सदैव इकाई से कम क्यों होती है?
4. डोरी-दक्षता से आप क्या समझते हैं तथा इसमें किस प्रकार सुधार किया जा सकता है ?
5. विद्युतरोधक की माला दक्षता से क्या समझते हैं इसका मान बढ़ाने के लिए प्रयोग की जाने वाली विधियों के नाम लिखिए।
6. शृंखला इकाइयों के आर-पार विभव को समान करने की विभिन्न विधियों को समझाइये।
7. स्थैतिक परिरक्षण क्या है ? तथा यह किस प्रकार माला दक्षता को बढ़ाने में सहायता करता है ?

चालकों (Conductors) सम्बन्धी सैद्धान्तिक प्रश्न

1. शिरोपरि लाइनों में प्रयोग किए जाने वाला चालक पदार्थों पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
2. वैद्युत शक्ति संचरण के लिए A.C.S.R. चालक प्रयोग करने से क्या लाभ तथा हानियाँ हैं ?
3. शिरोपरि लाइन में प्रयुक्त होने वाले चार चालक पदार्थों के नाम उनके यान्त्रिक गुणों सहित लिखिये।
4. शिरोपरि लाइनों के लिये प्रयोग किये जाने वाले विभिन्न चालक पदार्थों के नाम लिखिए। उनके आपेक्षिक गुण तथा दोष लिखिए।
5. A.C.S.R. चालक क्या होते हैं तथा शिरोपरि लाइनों के लिये ताम्र चालकों की तुलना में इनको क्यों वरीयता दी जाती है? लड़ीदार चालक क्यों प्रयोग किये जाते हैं ?
6. कम्पन अवमन्दक पर संक्षेप में टिप्पणी लिखो।
7. कम्पन्न अवमन्दकों से आप क्या समझते हैं तथा इनकी क्या उपयोगिता है ?
8. उच्च वोल्टता संचरण लाइन के चालकों पर कोरोना के प्रभाव को कैसे कम किया जाता है ?
9. शिरोपरि लाइन चालकों पर कोरोना के भौतिक महत्व की व्याख्या कीजिए।
10. शिरोपरि संचरण लाइनों पर उत्पादित आभा पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
11. कम्पन अवमन्दक पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
12. कम्पन अवमन्दकों से आप क्या समझते हैं तथा इनकी क्या उपयोगिता है ?
13. उच्च वोल्टता संचरण लाइन के चालकों पर कोरोना के प्रभाव को कैसे कम किया जाता है ?
14. शिरोपरि लाइन चालकों पर कोरोना के भौतिक महत्व की व्याख्या कीजिए।
15. शिरोपरि संचरण लाइनों पर उत्पादित आभा पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
16. आभा से आप क्या समझते हैं ? इनके प्रभावों की व्याख्या कीजिए।

प्रश्नावली

1. झोल (Sag) क्या है? उन कारकों (Factors) के नाम लिखिये, जो झोल को प्रभावित करते हैं।
2. संचरण लाइन के उच्चतम सैग को ज्ञात करने में वायु दबाव तथा बर्फ भारण (Ice loading) को किस प्रकार गणना में लाते हैं?
3. शिरोपरि लाइन में झोल बहुत अधिक अथवा बहुत कम रखना क्यों हानिकारक है? स्पष्ट कीजिए।

Scanned with CamScanner

4. संचरण लाइनो मे झोल की विवेचना कीजिए।
5. समान तथा असमान ऊँचाई पर दो आधारों के बीच आधारित, एक लम्बी लाइन के झोल के लिये व्यंजक स्थापि कीजिए।
6. किसी संचरण लाइन में सैग को प्रभावित करने वाले कारको को लिखिये तथा समझाइये। बहुत कम तथा बहुत अधि सैग रखने के दोषों को लिखिए।
7. शिरोपरि लाइन चालक मे प्राचलो का क्या महत्व है तथा ये कितने प्रकार के होते है। इनके नाम तथा संक्षेप में वर्ण कीजिए?
8. शिरोपरि लाइन चालक के होने वाले त्वाचिक प्रभाव से आप क्या समझते है? त्वाचिक प्रभाव किन-किन बातों प निर्भर करता है? कारण भी बताइये।
9. एकल कला शिरोपरि लाइन चालक के पाश प्रेरकत्व के लिए व्यंजक स्थापित कीजिए? तथा इसके शिरोपरि लाइन चालक मे महत्व बताइये?
10. शिरोपरि लाइन चालकों के बीच की दरी से संचरण लाइन का प्रेरकत्व तथा धारिता किस प्रकार प्रभावित होती है?
11. संक्षेप में वर्णन कीजिए—
    (i) लाइन प्राचल
    (ii) त्वाचिक प्रभाव
    (iii) त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन में प्रेरकत्व का परिकलन।
12. केल्विन के चालक सम्बंधी नियम पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये।
13. केल्विन का नियम क्या है?
14. केल्विन के मितव्ययी नियम तथा सीमाओं की व्याख्या कीजिए।
15. संचरण लाइन के चालक का आकार चयन करने में प्रभावित होने वाली मितव्ययी बातों का उल्लेख कीजिए।
16. केल्विन के नियम तथा इसकी व्यावहारिक परिसीमाओं पर एक संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।

आंकिक प्रश्न

1. एक त्रिकला संचरण लाइन 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर 2000 किलोवाट की वैद्युत शक्ति समर्पित करती है। यदि प्रेषण सिरे पर वोल्टता 11 kV हो, तो अभिग्राही सिरे पर वोल्टता ज्ञात करो। प्रत्येक चालक का प्रतिरोध तथा प्रतिघात क्रमश: 1.2Ω तथा 1.5Ω है।
   (उत्तर—10.554 kV)
2. एक त्रिकला 50 Hz, 10 km लम्बी संचरण लाइन 10 kV पर 2500 kW शक्ति प्रदान करती है। भार का शक्ति गुणक 0.8 पश्चगामी है। चालक का प्रतिरोध $0.3\,\Omega$/km तथा प्रेरकत्व प्रतिघात $0.572\,\Omega$/km है। ज्ञात कीजिए—
   (i) प्रेषण सिरे पर वोल्टता तथा शक्ति गुणक और
   (ii) संचरण लाइन की दक्षता।
   (उत्तर—(i) 11.8 kV (ii) 89.4%)
3. दस किलोमीटर (10 km) लम्बी एक त्रिकला संचरण लाइन के प्रतिरोध तथा प्रतिघात क्रमश: $0.8\,\Omega$ तथा 1Ω प्रति कला प्रति किलोमीटर है। यह लाइन 33 kV तथा 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर 10 MW का लोड प्रदान करती है। प्रेषण सिरा वोल्टता तथा लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन ज्ञात कीजिए।
   (उत्तर—37696.97 volt, 14.23%)

Scanned with CamScanner

4. एक 33 kV त्रिकला संचरण लाइन का प्रतिकला प्रतिरोध तथा प्रतिघात क्रमश: 4Ω तथा 13Ω है। लाइन प्रतिशत नियमन तथा प्रेषण सिरा वोल्टता व शक्ति गुणक ज्ञात कीजिए जबकि पूर्ण भार 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर 8000 kVA है। यह मानते हुए कि अभिग्राही सिरे की लाइन वोल्टता 33 kV है।
(उत्तर—35.67 kV, 0.95; 8.08%)

5. एक एकल कला संचरण लाइन 2 kV पर 5000 KVA प्रदान कर रही है। इसका प्रतिरोध 0.2Ω है तथा प्रेरणिक प्रतिघात 0.4Ω है। यदि भार का शक्ति गुणक—
(i) 0.707 पश्चगामी, तथा
(ii) 0.707 अग्रगामी हो, तो वोल्टता नियमन ज्ञात करो।
(उत्तर—(i) 5.3% (ii) 1.7675%)

6. निम्नलिखित विवरण वाली एक संचरण लाइन का झोल (Sag) ज्ञात कीजिए—
लाइन की कुल विस्तृति (Span) = 300 मीटर (m)
प्रति मीटर तार का भार = 1 किलोग्राम (kg)
लाइन पर तनाव (Tension) = 1500 किग्रा (kg)
[उत्तर—7.5 मीटर (m)]

7. एक शिरोपरि लाइन, जिसका स्पान 220 मीटर है और चालक का भार 0.684 किलोग्राम प्रति मीटर है। यदि लाइन में अधिकतम अनुमन्य तनाव 1450 किलोग्राम हो, तो उसका अधिकतम झोल (Sag) ज्ञात कीजिए।
[उत्तर—2.85 मीटर]

8. एक 132 किलोवोल्ट संचरण लाइन में चालक का विवरण इस प्रकार है—
चालक की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल = 110 वर्ग मिमी
लाइन के चालक का भार = 844 किग्रा प्रति किमी
चालक पर चरम तन्य शक्ति = 7960 किग्रा
लाइन के चालकों का विस्तार = 300 मीटर
चालक के प्रक्षिप्त क्षेत्र पर वायु-दाब = 75 किग्रा/वर्ग मीटर
यदि सुरक्षा गुणांक 2 हो, तो ज्ञात कीजिए कि धरती से 7 मीटर ऊँचाई रखने के लिए चालक किस ऊँचाई पर लगाना चाहिये?
[उत्तर—10.22 m]

9. एक प्रसारण लाइन के निम्न आँकड़े हैं—
खम्भों के बीच की अधिकतम दूरी = 150 मीटर
किलोग्राम में चालक का मूल भार = 0.95 किग्रा प्रति मीटर (kg/m)
किलोग्राम में वायु का दबाव = 1.40 किग्रा प्रति मीटर
किलोग्राम में चालक का तनाव = 3050 किग्रा
सैग की गणना करो।
[उत्तर—1.56 m]

10. एक प्रसारण लाइन के निम्नलिखित आँकड़े उपलब्ध हैं—
खम्भों के बीच की अधिकतम दूरी = 150 मीटर
चालकों का प्रसार क्षेत्र = 258 वर्ग मिलीमीटर

Scanned with CamScanner

किलोग्राम में वायु का भार = 1.4 किग्रा प्रति मीटर

अन्तिम खिंचाव की मात्रा = 42.2 किग्रा प्रति वर्ग मिमी

लाइन के चालकों का आपेक्षिक घनत्व = 8.9 ग्राम प्रति घन सेमी

लाइन के चालको में झोल = 3.5 मीटर, तो पूर्वोक्त दशाओं के लिए आरक्षण-गुणांक की गणना कीजिए।

[उत्तर—5]

11. एक 3142 मीटर लम्बी एक त्रिकला, त्रितार शिरोपरि संचरण लाइन का कुल प्रतिरोध ज्ञात करो : जबकि प्रत्ये ऐल्युमिनियम चालक का अर्द्धव्यास 1 सेमी है और ऐल्युमिनियम का विशिष्ट प्रतिरोध 2.87 micro ohm-cm ($\pi = 3.142$)

(उत्तर—0.8623 Ω)

12. 50 किलोमीटर लम्बी एक त्रिकला, त्रिचालक शिरोपरि संचरण लाइन के प्रत्येक चालक का व्यास 2 cm है। य चालक के पदार्थ इस्पात की प्रतिरोधकता 0.8 माइक्रोओह्म-सेमी० (μΩ-cm) हो, तो लाइन का कुल प्रतिरोध ज्ञ कीजिए?

(उत्तर—46.272 Ω)

13. एक त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन का प्रति किमी प्रेरकत्व का परिकलन कीजिए जिसमें चालकों का व्यास मिलीमीटर है। जबकि—

(i) चालक 5 मीटर भुजा के एक समबाहु त्रिभुज के शीर्षो पर स्थित है।

(ii) चालक 5 व 6 तथा 7 मीटर भुजा के एक त्रिभुज के कोनों पर स्थित है।

(उत्तर—(i) 1.153 mH (ii) 1.172 mH)

14. एक 10 किलोमीटर लम्बी, एकल कला, शिरोपरि संचरण लाइन की धारिता ज्ञात करो, जिसके प्रत्येक चालक व्यास 10 mm है और चालकों के बीच की दूरी एक मीटर (1m) है।

(उत्तर—0.525 माइक्रो फैरेड)

15. एक त्रिकला 50 Hz, 33 kV, त्रिचालक शिरोपरि संचरण लाइन में आवेशन धारा की गणना कीजिए। यह लाइन km लम्बी है। चालक का व्यास 20 mm तथा चालक एक 2.5 m वाले समद्विबाहु त्रिभुजों के कोनों पर रखे गये हैं

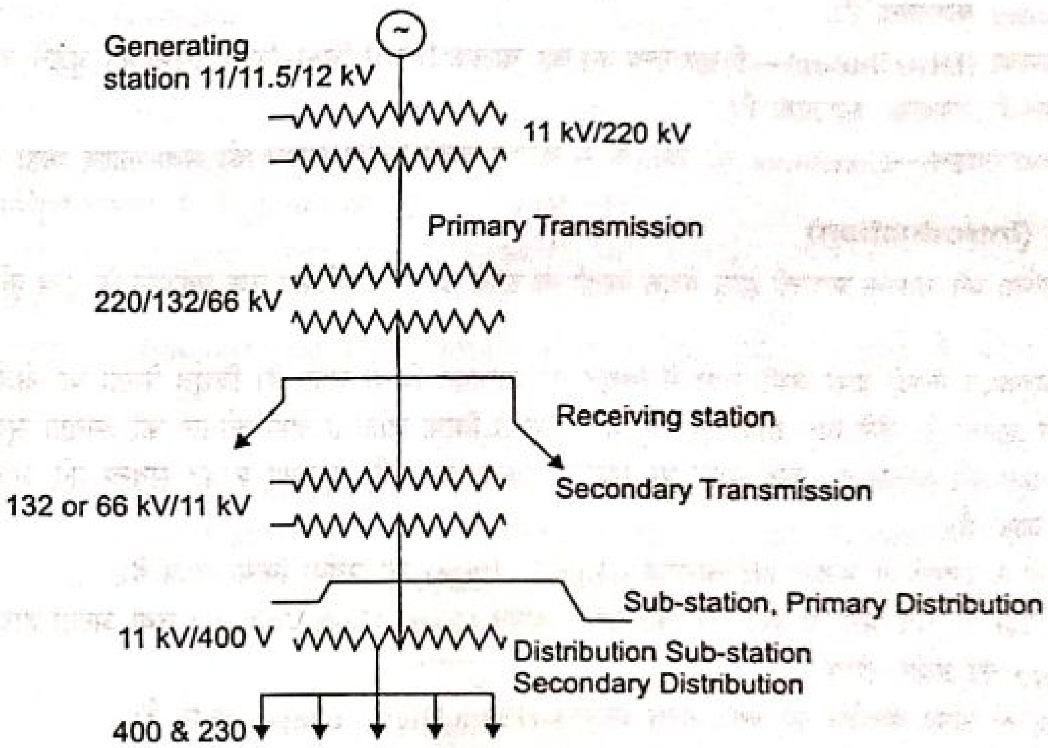
(उत्तर—0.1008 μF and 0.603 amp.)

Scanned with CamScanner

अध्याय 2

वितरण प्रणाली
(Distribution System)

2.1. एच०टी० एवं एल०टी० वितरण प्रणाली का आरेख (Layout of H.T. and L.T. Distribution System)



चित्र–2.1

वह वैद्युत ऊर्जा तन्त्र जो हमें कार्यालयों, औद्योगिक प्रतिष्ठानों आदि में प्रकाश ऊष्मा यान्त्रिक कार्य आदि के लिए विद्युत स्रोत प्रदान करता है, विद्युत प्रदाय तन्त्र कहलाता है। यह विद्युत प्रदाय तन्त्र विद्युत उत्पादन केन्द्र में उत्पादित वैद्युत शक्ति को उपभोक्ता केन्द्रों या उनके निकट स्थिर विद्युत उप स्थानों तक विद्युत शक्ति वहन करती है, संचरण लाइन कहलाता है। संचरण लाइन के बीच कोई शाखा नहीं निकाली जा सकती है। वह विद्युत लाइन प्रणाली जो संचरण लाइन के अन्तिम छोर से विद्युत शक्ति को उपभोक्ता के सेवा लाइन स्रोत तक पहुँचाती है, वितरण लाइन कहलाती है। वह विद्युत लाइन प्रणाली जो वितरण लाइन से निकल कर उपभोक्ता तक जाती है, सेवा लाइन कहलाता है।

विद्युत प्रदाय तन्त्र के अवयव (Components of Electric Supply System)—विद्युत प्रदाय तन्त्र मुख्य रूप से तीन अंगों का संयुक्त रूप है—विद्युत उत्पादन तन्त्र, संचरण तन्त्र तथा वितरण तन्त्र।

(i) वैद्युत उत्पादन तन्त्र—विद्युत का उत्पादन वैद्युत शक्ति उत्पादन केन्द्रों पर किया जाता है। जहाँ आधचालकों को यान्त्रिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। इन केन्द्रों पर सामान्यत: 11 kV पर तीन कलीय चार प्रणाली का विद्युत स्रोत उत्पादित किया जाता है।

Scanned with CamScanner

(ii) विद्युत संचरण तन्त्र—विद्युत शक्ति केन्द्रों पर उत्पादित 11 kV की वैद्युत शक्ति को Step up Transform द्वारा संचरण की आवश्यकतानुसार उच्च voltage में प्राप्त कर संचारित किया जाता है। संचरण तन्त्र की ये विद्युत ला संचरण लाइनें कहलाती है। 32 kV, 220 kV या 400 kV पर किया जाता है और ये Primary Transmission त 66 kV या 33 kV पर किया जाता है, Secondary Transmission कहलाता है।

(iii) विद्युत वितरण केन्द्र (Electric Distribution System)—संचरण तन्त्र के अन्तिम छोर पर एक Ste down Transformer की सहायता से voltage को कम कर वितरण हेतु 11 kV पर वैद्युत प्राप्त की जाती है। वितरण त की ये विद्युत लाइनें वितरण लाइन कहलाता है। 11 kV या इसके अतिरिक्त 66 kV, 33 kV व 11 kV पर किया जाने वा वितरण, प्राथमिक तथा 0.4 kV या 0.23 kV पर किया जाने वाला वितरण, द्वितीयक वितरण लाइन कहलाता है।

विद्युत वितरण तन्त्र शिरोपरि प्रकार का भी हो सकता है तथा भूमिगत प्रकार का भी हो सकता है।

(i) प्रदाय (Feeder)—विद्युत वितरण तन्त्र का वह चालक जो वैद्युत शक्ति को वितरण उपस्थान से वितरक त पहुँचाता है Feeder कहलाता है।

(ii) वितरण (Distributor)—विद्युत तन्त्र का वह चालक जिससे भिन्न-भिन्न उपभोक्ता जुड़ने वाले के लिए से मेन निकाले जाते हैं, वितरक कहलाता है।

(iii) सेवा लाइन—Consumer को वितरक से जोड़ने वाली विद्युत लाइन को सेवा लाइन कहा जाता है।

1. प्रस्तावना (Introduction)

वैद्युत शक्ति को चालक प्रणाली द्वारा वैद्युत केन्द्रों या उपकेन्द्रों से उपभोक्ता तक पहुँचाने के तन्त्र को वितरण प्रणा कहते हैं।

विद्युत उत्पादन केन्द्रों द्वारा बड़ी मात्रा में विद्युत का उत्पादन किया जाता है। विद्युत केन्द्रों का क्षेत्र विद्युत केन्द्र प्रकार पर निर्भर करता है। जैसे ताप शक्ति संयन्त्र वहाँ स्थापित किया जाता है जहाँ कोयले की आयात सुलभ हो तथा ज विद्युत संयन्त्र जल की अधिकता वाले स्थान पर स्थापित किया जाता है। परमाणु शक्ति संयन्त्र को आबादी क्षेत्र से द स्थापित किया जाता है।

दीर्घ संचरण लाइनों में हमेशा हाई वोल्टेज (High Voltage) का प्रयोग किया जाता है।

विभिन्न देशों में दीर्घ संचरण लाइन में अति उच्च विभव (Extra High Voltage) तथा अल्ट्रा हाई वोल्टेज (Ult High Voltage) का प्रयोग होता है।

650 kV से ऊपर वोल्टेज को अति उच्च वोल्टेज (Extra High Voltage) कहते हैं।

2. वितरण प्रणाली (Distribution System)

विद्युत शक्ति तन्त्र का वह भाग जिससे किसी एक क्षेत्र से जुड़े सभी उपभोक्ताओं को विद्युत शक्ति उपलब्ध करा जाती है, वितरण प्रणाली (Distribution system) कहते हैं।

बहुत से विद्युत उपकेन्द्र (Electrical substations) विद्युत उत्पादन केन्द्रों (Power generating stations) से जु रहते हैं। ये विद्युत उपकेन्द्र (Substations) घरेलू, उद्योग तथा अन्य छोटे उपभोक्ताओं को विद्युत शक्ति वितरित करते हैं।

वितरण प्रणाली को दो भागों में बाँटा गया है—

1. प्रत्यावर्ती धारा वितरण तन्त्र (A.C. Distribution System)
2. दिष्ट धारा वितरण तन्त्र (D.C. Distribution System)

3. दिष्ट धारा वितरण तन्त्र (D.C. Distribution System)

दिष्ट धारा वितरण तन्त्र के अन्तर्गत दिष्ट धारा को उपकेन्द्र (Substation) से उपभोक्ता के सर्विस मेन्स मीटर त पहुँचाने की प्रक्रिया को दिष्ट धारा वितरण तन्त्र कहते हैं।

विद्युत शक्ति को दिष्ट धारा के रूप में उत्पादन, संचरण तथा वितरण किया जाता है।

Scanned with CamScanner

दिष्ट धारा सप्लाई का प्रयोग डी०सी० मोटरों को चलाने, विद्युत रासायनिक कार्य (Electro-chemical work) संचायक सेलों के आवेशित करने में किया जाता है। Converting Machinery के द्वारा ए०सी० को डी०सी० में कन्वर्ट किया जाता है।

डी०सी० वितरण दो भागों में बाँटा गया है—

(i) द्वि-तार दिष्ट धारा वितरण तन्त्र
(Two wire D.C. System)

(ii) त्रि-तार दिष्ट धारा वितरण
(Three wire D.C. System)

वितरण प्रणाली के अंग (Parts of Distribution System)—

(i) पोषक या संभरक (Feeder)

(ii) वितरक (Distributor)

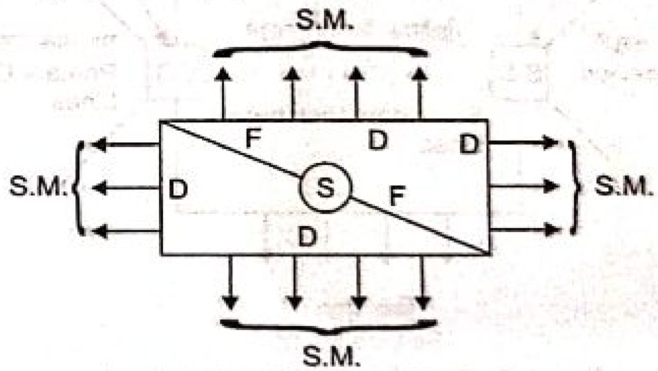
(iii) सेवा मुख्य (Service Mains)

(i) पोषक या संभरक (Feeder)—Feeder एक ऐसा चालक होता है, जो वैद्युत शक्ति को वैद्युत जनन केन्द्र या वैद्युत उपकेन्द्र से वितरक तक पहुँचाया जाता है। पोषक से किसी भी प्रकार का अंश निष्कासन नहीं किया जा सकता है। इसी कारण इसके सम्पूर्ण लम्बाई में वैद्युत धारा का मान एक समान रहता है।

इसका अभिकल्पन उच्च धारा वहन क्षमता के आधार पर किया जाता है, इसलिए इसमें अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल अपेक्षाकृत अधिक होता है।

(ii) वितरक (Distributor)—वह चालक जिसकी सहायता से वैद्युत शक्ति को पोषक से सर्विस मेन्स चालक तक पहुँचाया जाता है, वितरक कहलाता है।

वितरक से विभिन्न उपभोक्ताओं के लिए वैद्युत धारा का निष्कासन सर्विस मेन्स चालक द्वारा किया जाता है। इसलिए इसके विभिन्न भागों में वैद्युत धारा का मान भिन्न-भिन्न होता है। वितरक में वोल्टतापात उपभोक्ताओं द्वारा किये गये वैद्युत भार पर निर्भर करता है, इसलिए इसका अभिकल्पन वोल्टतापात के आधार पर होता है। इसमें जिस स्थान पर पोषक तथा वितरक परस्पर मिलते हैं, वह विन्दु पोषक बिन्दु (Feeding point) कहलाता है।



चित्र–2.2

भारतीय विद्युत नियम के अनुसार विभिन्न स्तर की वोल्टताओं के लिए वोल्टता नियमन में परिवर्तन निम्न प्रकार से निर्धारित हैं—

1. निम्न वोल्टता (250 V से कम) के लिए ±5%
2. मध्यम वोल्टता (250 V से 650 V तक) के लिए ±9%
3. अति उच्च वोल्टता (650 V से ऊपर) के लिए ±12.5%

Scanned with CamScanner

4. वितरण प्रणाली का वर्गीकरण (Classification of Distributor)

विभिन्न घटकों के अनुसार विद्युत वितरण प्रणाली को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया गया है—

(A) वोल्टता के अनुसार (According to Voltage)—

(i) प्राथमिक वितरण प्रणाली (Primary Distribution System)

(ii) द्वितीयक वितरण प्रणाली (Secondary Distribution System)

(B) संयोजन के अनुसार (According to Connection)—

(i) अरीय वितरण प्रणाली (Radial Distribution System)

(ii) वलय वितरण प्रणाली (Ring Distribution System)

(C) विद्युत की प्रकृति के अनुसार (According to Nature of Electricity)—

(i) दिष्ट धारा वितरण प्रणाली (D.C. Distribution System)

(ii) प्रत्यावर्ती धारा वितरण प्रणाली (A.C. Distribution System)

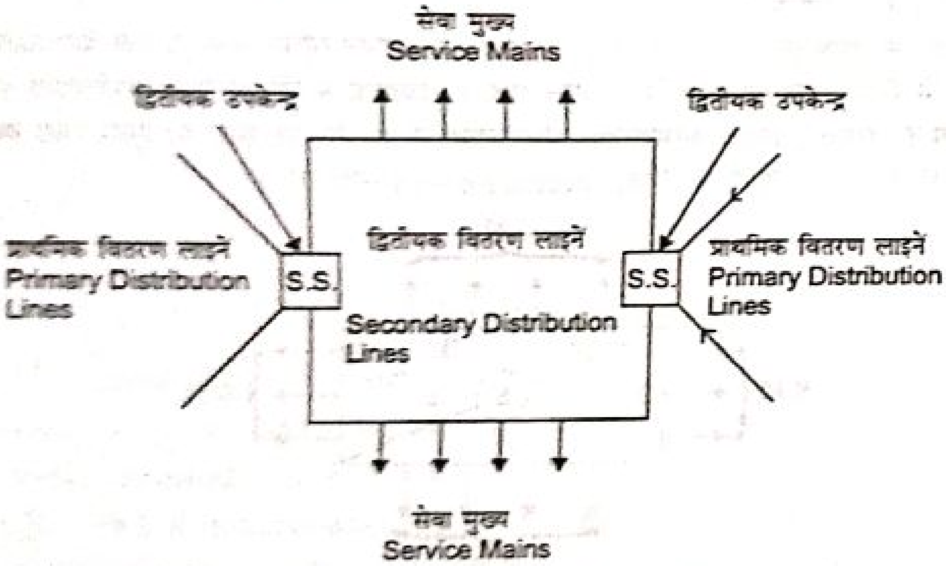
(D) माध्यम के अनुसार (According to Medium)—

(i) भूमिगत वितरण प्रणाली (Underground Distribution System)

(ii) शिरोपरि वितरण प्रणाली (Overhead Distribution System)

(iii) सेवा मुख्य (Service Mains)—वह चालक जिसकी सहायता से वैद्युत शक्ति को वितरक से उपभोक्ता के मीटर बोर्ड तक पहुँचाया जाता है सर्विस मेन्स कहलाता है।

इसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र अपेक्षाकृत कम होता है। इसका अभिकल्पन उपभोक्ता के वैद्युत भार के आधार पर किया जाता है। सामान्यतः ये चालक तार ऋतु-सह तार होते हैं।



चित्र–2.3 : वलय वितरक (Ring distributor)

5. वितरण प्रणालियाँ (Distribution Systems)

वोल्टता के आधार पर वितरण प्रणालियों को निम्न दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) प्राथमिक वितरण प्रणाली (Primary Distribution System)—प्राथमिक वितरण प्रणाली में जनन केन्द्र से वैद्युत शक्ति को प्रायः 33 kV से 800 kV तक की वोल्टता पर प्रेषण लाइनों द्वारा उपकेन्द्रों पर प्रेषित किया जाता है। इस प्रणाली को संचरण प्रणाली कहते हैं, उपकेन्द्रों पर इन वोल्टताओं को step down transformer के द्वारा 1.1 kV से 11 kV तक की वोल्टता में परिवर्तन किया जाता है और यहाँ से इसी वोल्टता पर वैद्युत शक्ति को वितरण के लिए लघु उपकेन्द्रों तथा विपुल प्रदाय उपभोक्ताओं तक पहुँचाया जाता है।

इस प्रणाली को प्राथमिक वितरण प्रणाली कहते हैं।

इस प्रणाली के लिए प्रयुक्त भेजी जाने वाली वैद्युत शक्ति की मात्रा तथा वैद्युत उपकेन्द्र से वैद्युत शक्ति की आवश्यकता वाले स्थान तक की दूरी पर निर्भर करती है।

(ii) द्वितीयक वितरण प्रणाली (Secondary Distribution System)—द्वितीयक वितरण प्रणाली में लघु उपकेन्द्रों पर प्राप्त उच्च वितरण वोल्टता को पुनः step down transformer द्वारा 415 volt की वोल्टता में परिवर्तित किया जाता है जो 415 वोल्ट लाइन वोल्टता तथा 240 वोल्ट फेज वोल्टता होती है जिसे उपभोक्ता तक पहुँचाया जाता है।

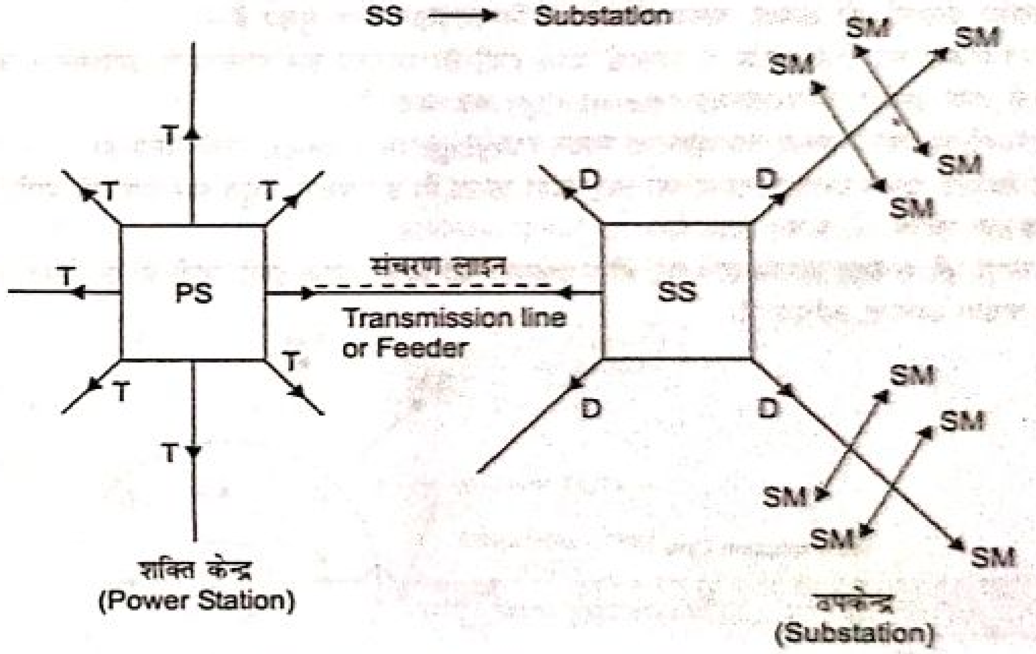
इसे द्वितीयक वितरण प्रणाली या निम्न वोल्टता वितरण प्रणाली कहते हैं।

6. वितरण योजनायें (Distribution Schemes)

संयोजन के आधार पर ये दो प्रकार की होती हैं—

(i) अरीय प्रणाली या त्रिज्यक प्रणाली (Radial System)—अरीय प्रणाली एक सरल और अति मितव्ययी प्रणाली है, जो एक खुला पथ प्रणाली की तरह कार्य करती है। इसमें वितरक एक सरल चालक की तरह उपकेन्द्रों या वैद्युत केन्द्र से जुड़ा होता है। इसलिए इसे अरीय प्रणाली कहते हैं। इस प्रणाली में वितरक पोषक के किसी एक सिरे पर पोषित (Fed) होता है। इस प्रणाली में वितरक केवल एक ही दिशा में धारा प्रवाहित होने की संभावना रहती है।

SM ⟶ Service Mains
D ⟶ Distributor
T ⟶ Transmitting Feeder
PS ⟶ Power Station
SS ⟶ Substation



चित्र–2.4 : अरीय वितरक (Radial distributor)

इस प्रणाली का प्रयोग प्रायः लघु पैमानों पर व्यक्तिगत प्रदाय प्रणाली एवं कम वैद्युत भार के लिए किया जाता है। इसका प्रयोग उन स्थानों पर अधिक किया जाता है जहाँ पर वैद्युत भार के निकट ही जनन केन्द्र से निम्न वोल्टता पर विद्युत उत्पादन किया जाता है।

इस समय में इस प्रणाली का प्रयोग अत्यन्त सीमित है।

Scanned with CamScanner

अरीय वितरण प्रणाली की सीमायें
(Limitations of Radial Distribution System)

निम्नलिखित कमियों के कारण इस प्रणाली का प्रयोग अत्यन्त सीमित है—

(i) इस प्रणाली में खुला पथ प्रदोष की स्थिति में एकल सिरा पोषित वितरक द्वारा प्रदोषी बिन्दु के बाद वाले उपभोक्ताओं को विद्युत प्राप्त नहीं होती।

(ii) इस प्रणाली में वितरक, पोषक सिरे के निकट अधिक भारित रहता है, दूसरे वितरक के इस अंग पर यथोचित वोल्टता प्राप्त होने के कारण, निकटवर्ती उपभोक्ता अधिक लाभान्वित होते हैं।

(iii) वोल्टता के कारण, वितरक के अन्य सुदूर सिरे के निकट उपभोक्ताओं को कम वोल्टता पर वैद्युत शक्ति प्राप्त होती है और वैद्युत भार में परिवर्तन के कारण वोल्टता स्पंदन (Voltage fluctuation) अधिक होता है।

(iv) उपभोक्ता को केवल एक ही विद्युतीय प्रदाय पर निर्भर रहना पड़ता है जिसके कट ऑफ होने पर उपभोक्ताओं के वैद्युत सम्बन्धी कार्य बन्द हो जाते हैं।

(v) इस प्रणाली में मरम्मत एवं अनुरक्षण के समय में भी विद्युत नहीं प्राप्त होती है।

(vi) उपरोक्त सभी कारणों से इस प्रणाली की विश्वसनीयता (Reliability) अति कम है यही कारण है कि आजकल इस प्रणाली को कम अपनाया जाता है।

(ii) वलय प्रणाली (Ring System)—इस वलय प्रणाली में वितरक को एक बन्द परिपथ के रूप में कनेक्ट किया जाता है। यह एक बन्द परिपथ प्रणाली होती है इसलिए इसे वलय प्रणाली (Ring System) कहते हैं। इस प्रणाली में प्रत्येक सर्विस मेन्स के लिए वलय वितरक दो समान्तर वितरकों की तरह कार्य करता है। इसलिए इस प्रणाली में सर्विस मेन्स के दोनों तरफ सप्लाई प्राप्त होने की सम्भावना रहती है। अत: वितरक के मरम्मत एवं अनुरक्षण के समय या प्रदोष अवस्था में भी उपभोक्ताओं को सप्लाई प्राप्त होती रहती है। इसलिए यह प्रणाली अधिक विश्वसनीय है।

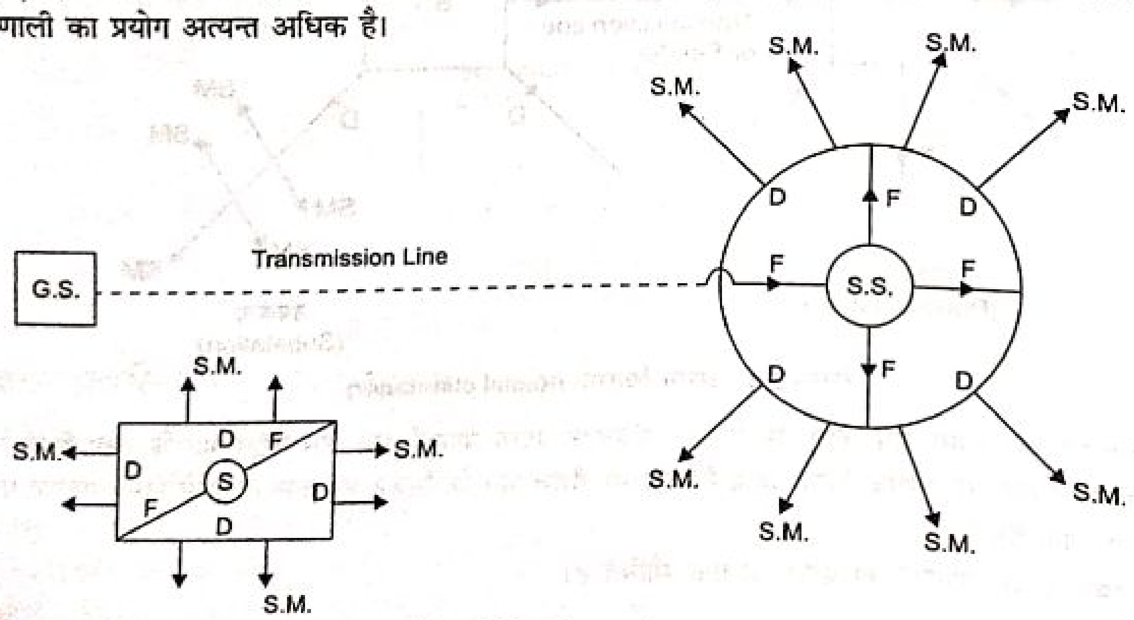
उपरोक्त अरीय प्रणाली की अपेक्षा वलय प्रणाली के निम्नलिखित लाभ मुख्य हैं—

(i) इसमें उपभोक्ता को दोनों तरफ से सप्लाई प्राप्त होती है। इसलिए इस प्रणाली में अपेक्षाकृत कम चालक की आवश्यकता होती है तथा इसकी विश्वसनीयता (Reliability) बढ़ जाती है।

(ii) इस प्रणाली में किसी प्रकार का वोल्टता स्पंदन (Voltage fluctuation) नहीं होता है।

(iii) वलय वितरक दो समान्तर वितरकों की तरह कार्य करता है। इस प्रकार वैद्युत भार धारा दो भागों में विभाजित हो जाती है जिससे चालक पदार्थ की बचत होती है।

(iv) एक तरफ की सप्लाई खराब होने पर भी उपभोक्ता को विद्युत प्राप्त होती रहती है। उपरोक्त लाभों के कारण वलय प्रणाली का प्रयोग अत्यन्त अधिक है।



चित्र–2.5 : Ring system

2.2. दिष्ट-धारा वितरण प्रणाली (D.C. Distribution System)

1. प्रस्तावना (Introduction)

D.C. Distribution System भी A.C. Distribution System की तरह ही बहुत उपयोगी है। विद्युत संयन्त्र द्वारा विद्युत ऊर्जा का उत्पादन होने के बाद हमारी प्राथमिकता रहती है कि ऊर्जा का अधिक से अधिक सदउपयोग हो सके जिसके लिए High voltage संचरण लाइन Distribution substation तक उपयुक्त युक्तियों का उपयोग करते हुये पावर (Power) का संचरण करती है। इसके बाद A.C. की D.C. में रूपान्तरित कर D.C. Distributor द्वारा D.C. Electrical energy का उपयोग H.V. D.C. और low level पर D.C. traction, D.C. lift, D.C. conveyors एवं D.C. hoist में उपयोग किया जाता है जिसमें कि ज्यादा उपयोग D.C. Traction में किया जाता है। इस प्रकार से हम दैनिक जीवन में विभिन्न विद्युत तन्त्र के माध्यम से electrical energy का usable form में स्थान्तरित कर उपयोग करते हैं। D.C. distribution में two wire distribution को एक शिरे द्वारा पोषित एवं दो शिरे द्वारा पोषित करके या Ring distributor का उपयोग करके D.C. का एक जगह से दूसरी जगह तक ले जाने में उपयोग करते हैं।

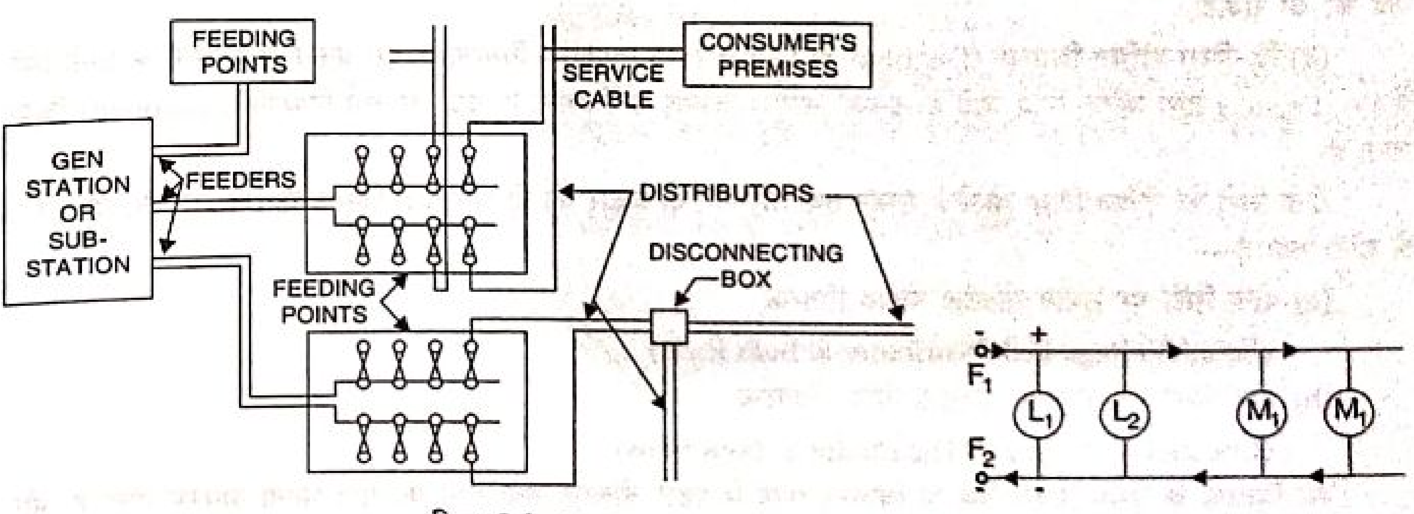
2. दिष्ट-धारा द्वितार वितरण प्रणाली (D.C. Two Wire Distribution System)

D.C. पद्धति में वैद्युत ऊर्जा को द्वितार एवं तीन तार (Two wire and three wire) पद्धति द्वारा पोषित एवं वितरित किया जाता है। अत: हम उक्त दो विधि का प्रयोग करते हैं—

(a) दिष्ट–धारा द्वितार वितरण प्रणाली
 (D.C. Two Wire Distribution System)

(b) दिष्ट–धारा त्रितार वितरण प्रणाली
 (D.C. Three Wire Distribution System)

चित्र संख्या (2.6) में विद्युत उत्पादन केन्द्र (Electricity generating station) अथवा उपकेन्द्र (Sub-station) से दिष्ट–धारा द्वितार प्रणाली का प्रयोग कर उपभोक्ता तक पहुँचाया गया है। वितरण क्षेत्र में उचित पोषित बिन्दुओं द्वारा बिना अंश निष्कासन किए गए फीडर बसबार के लिए रन (Run) कराए गये होते हैं। वितरण केबिल बसबार से फ्यूज अथवा लिंक से जुड़ी होती है और आवेदित (Permises) आवश्यक सप्लाई को उपभोक्ता की ओर वितरित करायी जाती है। प्रत्येक उपभोक्ता को नजदीकी वितरक बिन्दु से सर्विस मेन्स केबिल द्वारा सर्विस मेन्स तक पहुँचायी जाती है।



चित्र–2.6 : Two-wire DC Distribution System.

इस वितरण प्रणाली में दो तार होती हैं जिसमें एक चालक, जाने वाला चालक (Outgoing conductor) होता है, जिसे धनात्मक तार (Positive wire) कहते हैं। अन्य दूसरा चालक, आने वाला वापसी चालक होता है, जिसे ऋणात्मक तार (Negative wire) कहते हैं। धनात्मक और ऋणात्मक दोनों तार एक दूसरे से विलग (Isolate) रहते हैं। इनके बीच लैम्प,

Scanned with CamScanner

दिष्ट धारा पंखे (D.C. fans), दिष्ट धारा मोटरें तथा अन्य वैद्युत अनुप्रयुक्तियाँ (Electrical appliances) समान्तर क्रम में संयोजित रहते हैं ताकि पूर्ण एवं समान वोल्टता प्राप्त हो सके। वितरण प्रणाली में अभिग्राही सिरे (Receiving end) का वोल्टेज, प्रेषण सिरे (Sending end) से वोल्टतापात (*Ir*-drop) के कारण कम होता है।

वितरक के प्रकार (Types of Distributors)—

यह निम्न प्रकार का होता है—

(i) एक सिरा पोषित वितरक (Distributors Fed at One End)

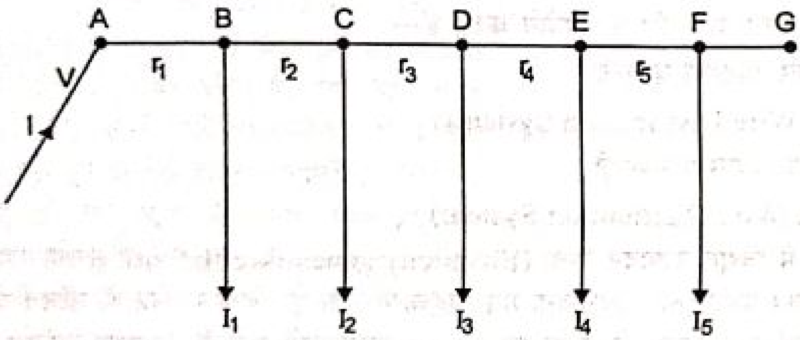
(ii) द्वि-सिरा पोषित वितरक (Distributors Fed at Two Ends)

(iii) केन्द्र पोषित वितरक (Distributors Fed at the Centre)

(iv) रिंग मेन वितरक (Ring Main Distributor)

(i) एक सिरा पोषित वितरक (Distributors Fed at One End)—वितरण की इस प्रकार में, वितरक सप्लाई मेन्स के केवल एक सिरे से संयोजित होता है और वितरक की सम्पूर्ण लम्बाई के विभिन्न बिन्दुओं से अंश निष्कासित (tapped) किया जाता है जिसके कारण इसके विभिन्न भागों में वोल्टता तथा धारा का मान भिन्न-भिन्न होता है।

इसके फीडिंग सिरा (Feeding end) पर वोल्टता तथा धारा का मान अधिकतम (Maximum) तथा दूरस्थ बिन्दु पर वोल्टता तथा धारा का मान न्यूनतम (Minimum) होता है।



चित्र–2.7 : एकल सिरा पोषित वितरक (Distributors fed at one end)

इसके प्रदोष की स्थिति में सम्पूर्ण प्रदाय विच्छेदित (Cut-off) हो जाता है, जिसके कारण इससे वैद्युत शक्ति प्राप्त नहीं की जा सकती।

(ii) द्वि-सिरा पोषित वितरक (Distributors Fed at Two Ends)—वितरण के इस प्रकार में वितरक के दोनों सिरे पोषक (Feeder) द्वारा पोषित किए जाते हैं। इसकी सम्पूर्ण लम्बाई के विभिन्न बिन्दुओं से अंग निष्कासित (Tapped) किया जाता है।

दोनों सिरों पर पोषित किया वोल्टेज समान तथा असमान दो प्रकार का हो सकता है जिसके कारण इसे पुनः दो प्रकार से बाँटा गया है—

(a) दोनों सिरों पर समान वोल्टता पोषित वितरक
(Equal Voltage Fed Distributor at both Ends)

(b) दोनों सिरों पर असमान वोल्टता पोषित वितरक
(Unequal Voltage Fed Distributor at both Ends)

इस वितरक के प्रथम पोषण सिरे से विभिन्न भागों में पहले वोल्टता तथा धारा का मान घटना आरम्भ होता है और एक निश्चित न्यूनतम वोल्टता तथा शून्य धारा के बाद पुनः बढ़ना आरम्भ हो जाता है जो द्वितीय पोषण सिरे तक बढ़ता जाता है।

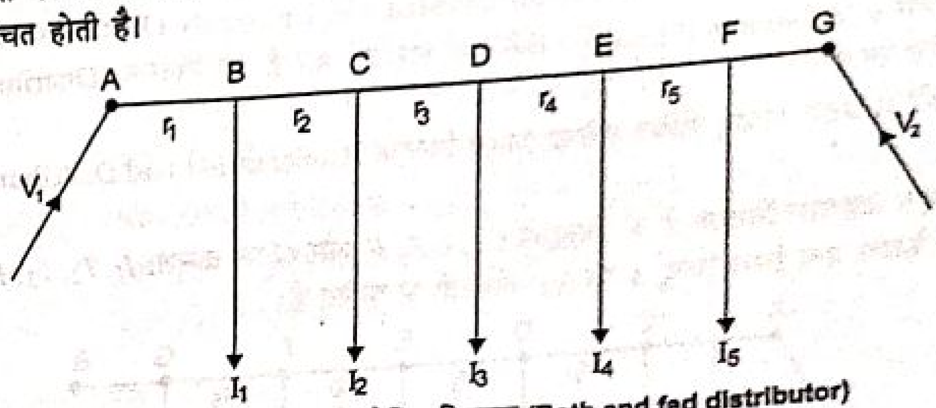
स्पष्ट है कि वितरक की इस विधि में दोनों पोषण सिरों पर वोल्टता तथा धारा का मान अधिक होता है तथा शेष भाग पर अपेक्षाकृत कम होता है।

Scanned with CamScanner

लाभ (Advantages)

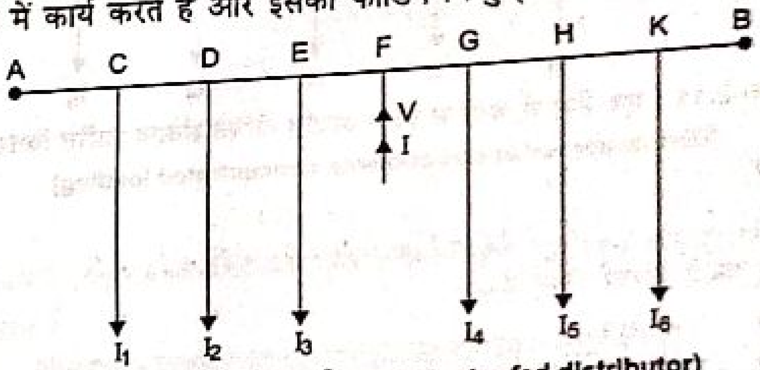
(i) प्रदोष की स्थिति में, एक पक्ष (End) की सप्लाई विच्छेदित (Cut-off) होने पर दूसरे पक्ष से सप्लाई लगातार प्राप्त होती रहती है। इस प्रकार सप्लाई की Continuity दोनों सिरों पर पोषित करने के कारण बनी रहती है।

(ii) दोनों सिरों पर पोषित होने के कारण, वितरक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल अपेक्षाकृत कम होता है। इस प्रकार चालक पदार्थ की बचत होती है।



चित्र–2.8 : दोनों सिरों से पोषित वितरक (Both end fed distributor)

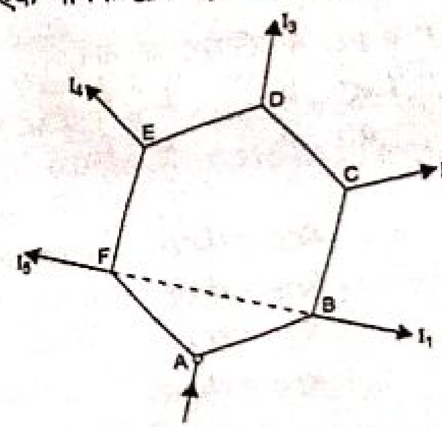
(iii) केन्द्र पोषित वितरक (Centre Fed Distributor)—केन्द्र पोषित वितरक एकल सिरा पोषित वितरक का ही एक विकसित रूप है, जिसमें लगभग समान लम्बाई के दो वितरक एक साथ एकल सिरा पोषित वितरक की तरह भिन्न-भिन्न दिशाओं के क्षेत्र में कार्य करते हैं और इसका फीडिंग बिन्दु (Feeding point) एक ही होता है।



चित्र–2.9 : केन्द्र पोषित वितरक (Centre fed distributor)

(iv) वलय मुख्य वितरक (Ring Main Distributor)—जब वितरक के दोनों सिरे से पोषित को समान वोल्टता पर किसी एक बिन्दु से पोषित किया जाए तो यह वितरक, वलय मुख्य वितरक कहलाता है। इसमें दोनों वितरक समानान्तर वितरकों की तरह कार्य करते हैं।

प्राय: वलय मुख्य वितरक केवल एक पोषक द्वारा एक ही बिन्दु पर पोषित होते हैं।



चित्र–2.10 : वलय मुख्य वितरक

Scanned with CamScanner

3. वैद्युत वितरक पर भारों के प्रकार (Types of Electric Loads)

सामान्यत: वितरक पर निम्न तीन प्रकार के भार होते हैं—

(a) संकेन्द्रित भार (Concentrated Load)

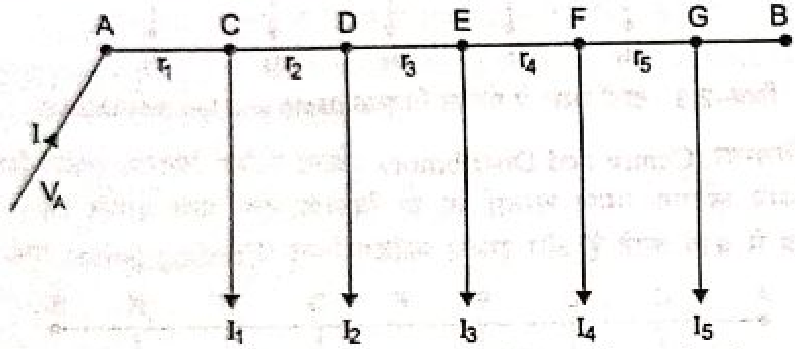
(b) एक समान वितरित भार (Uniformly Distributed Load)

(c) संकेन्द्रित तथा एक समान वितरित भार (Concentrated and Uniformly Distributed Load)

(a) संकेन्द्रित भार (Concentrated Load)—संकेन्द्रित भार वह भार है, जो वितरक (Distributor) के किसी एक निश्चित बिन्दु पर भारित रहता है।

एक सिरे से भारों से प्रदत्त अर्थात् पोषित संकेन्द्र भारित वितरक (Concentric Load Distributor Fed from One End)—

माना कि AB एक दिष्टधारा वितरक है जो बिन्दुओं C, D, E, F और G पर क्रमश: I_1, I_2, I_3, I_4 और I_5 संकेन्द्रित भारों से भारित है जो केवल एक सिरा बिन्दु A पर V_A वोल्टता से पोषित है।



चित्र–2.11 : एक सिरे से भारों से प्रदत्त अर्थात् पोषित संकेन्द्र भारित वितरक
(Distributor fed at one end with concentrated loading)

बिन्दु A पर कुल धारा,

$$I_A = I_{AC} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$$

विभिन्न भागों में बहने वाली धाराएँ निम्न हैं—

भाग (Sections)	धारा
AC	$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$
CD	$I_2 + I_3 + I_4 + I_5$
DE	$I_3 + I_4 + I_5$
EF	$I_4 + I_5$
FG	I_5

...(1)

वितरक के खण्ड AC, CD, DE, EF व FG के प्रतिरोध का मान,

$$R_{AC} = r_1 = \rho\frac{L_{AC}}{a} = \frac{\rho}{a}L_{AC} \times \frac{L}{L} = \frac{R}{L}\cdot L_{AC} = rL_{AC}$$

इसी प्रकार

$$R_{CD} = rL_{CD}$$
$$R_{DE} = rL_{DE}$$
$$R_{EF} = rL_{EF}$$
$$R_{FG} = rL_{FG}$$

Scanned with CamScanner

जहाँ, $\rho = \Omega\text{-m}$ में वितरक के तार का विशिष्ट प्रतिरोध

$a = (\text{m})^2$ में वितरक के तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र

$R = \Omega$ मात्रक में वितरक के तार का कुल प्रतिरोध

$L =$ मीटर में वितरक के तार की कुल लम्बाई

$r = \Omega/\text{m}$ में वितरक के तार की इकाई लम्बाई का प्रतिरोध

$$\left.\begin{aligned} \text{भाग } AC \text{ में वोल्टतापात} &= (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5) r_1 \\ \text{भाग } CD \text{ में वोल्टातापात} &= (I_2 + I_3 + I_4 + I_5) r_2 \\ \text{भाग } DE \text{ में वोल्टतापात} &= (I_3 + I_4 + I_5) r_3 \\ \text{भाग } EF \text{ में वोल्टतापात} &= (I_4 + I_5) r_4 \\ \text{भाग } FG \text{ में वोल्टतापात} &= I_5 r_5 \end{aligned}\right\} \quad ...(2)$$

वितरक में कुल वोल्टतापात,

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EF} + V_{FG}$$

$$= (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5) r_1 + (I_2 + I_3 + I_4 + I_5) r_2 + (I_3 + I_4 + I_5) r_3 + (I_4 + I_5) r_4 + I_5 r_5$$

वितरक के बिन्दुओं C, D, E, F एवं G पर वोल्टता का मान

$$V_C = V_A - V_{AC}$$

$$V_D = V_C - V_{CD}$$

$$V_E = V_D - V_{DE}$$

$$V_F = V_E - V_{EF}$$

$$V_G = V_F - V_{FG}$$

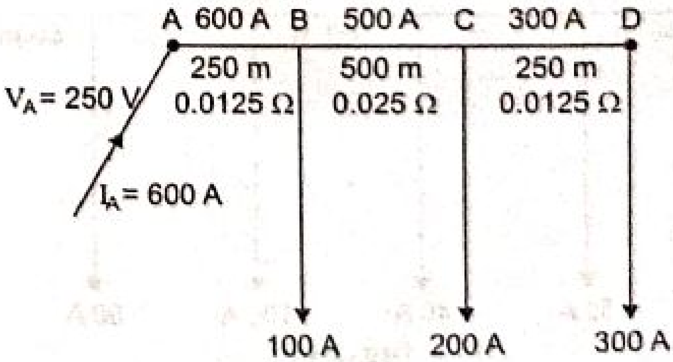
समीकरण (1) व समीकरण (2) से स्पष्ट है कि धारा तथा वोल्टता का मान फीडिंग बिन्दु पर सबसे अधिक तथा दूरस्थ बिन्दु पर सबसे कम होती है।

साधित उदाहरण (Solved Examples)

Example 1. एक 1000 मीटर लम्बी डी०सी० डिस्ट्रीब्यूटर केबिल जिसकी लोडिंग स्थिति निम्नलिखित है—

फीडिंग बिन्दु से दूरी (m में)	250	750	1000
लोड (amp में)	100	200	300

तथा प्रत्येक चालक का प्रति किलोमीटर प्रतिरोध 0.025 Ω है। चित्र 2.12 में प्रदर्शित प्रत्येक लोड बिन्दु पर वोल्टेज की गणना कीजिए यदि बिन्दु A पर पोषित वोल्टेज 250 V है।



चित्र–2.12

हल—भाग AB का प्रतिरोध (दोनों चालकों का)

$$R_{AB} = \frac{0.025}{1000} \times 250 \times 2$$
$$= 0.0125\,\Omega$$

इसी प्रकार

$$R_{BC} = 0.025\,\Omega$$
$$R_{CD} = 0.0125\,\Omega$$

भाग AB में धारा $\quad I_{AB} = 300 + 200 + 100 = 600$ A

भाग BC में धारा $\quad I_{BC} = 300 + 200 = 500$ A

भाग CD में धारा $\quad I_{CD} = 300$ A

$$V_{AB} = I_{AB}R_{AB} = 600 \times 0.0125$$
$$= 7.5 \text{ volt}$$
$$V_{BC} = I_{BC}R_{BC} = 500 \times 0.025$$
$$= 12.5 \text{ volt}$$
$$V_{CD} = I_{CD}R_{CD} = 300 \times 0.0125$$
$$= 3.75 \text{ volt}$$

अब,

$$V_B = V_A - V_{AB}$$
$$= 250 - 7.5$$

$= \mathbf{242.5\ volt}$ उत्तर

$$V_C = V_B - V_{BC}$$
$$= 242.5 - 12.5$$

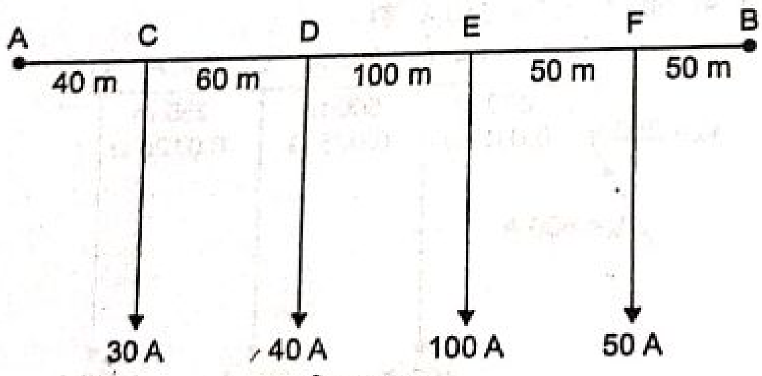
$= \mathbf{230.0\ volt}$ उत्तर

$$V_D = V_C - V_{CD}$$
$$= 230 - 3.75$$

$= \mathbf{226.25\ volt}$ उत्तर

Example 2. चित्र में प्रदर्शित डिस्ट्रीब्यूटर का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल प्रति मीटर ज्ञात कीजिए जिसका विशिष्ट प्रतिरोध (प्रतिरोधकता) $1.78 \times 10^8\ \Omega$-m है जिसका पोषित बिन्दु A है और डिस्ट्रीब्यूटर का अधिकतम वोल्टतापात 10 वोल्ट है।

हल—माना कि 100 m वितरक चालक (दोनों चालकों) का प्रतिरोध $r\,\Omega$ है।



चित्र–2.13

Scanned with CamScanner

∴ भाग AC का प्रतिरोध $R_{AC} = \frac{40}{100} \times r$

$= 0.4r\ \Omega$

भाग CD का प्रतिरोध $R_{CD} = \frac{60}{100} \times r$

$= 0.6r\ \Omega$

भाग DE का प्रतिरोध $R_{DE} = \frac{100}{100} \times r$

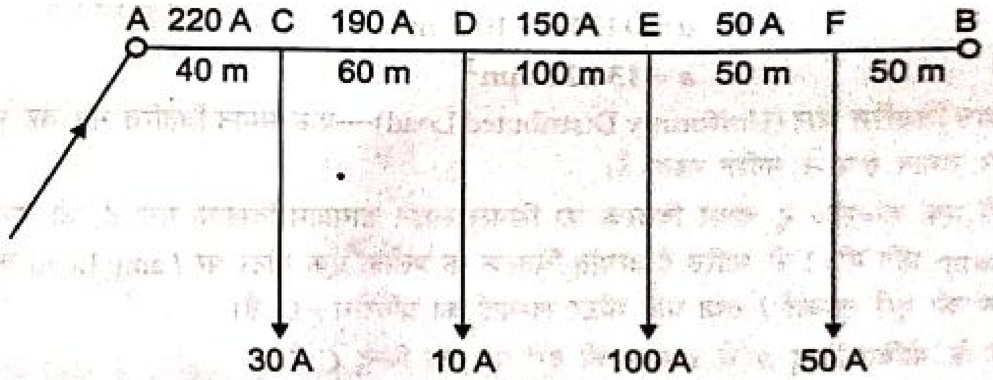
$= r\ \Omega$

भाग EF का प्रतिरोध $R_{EF} = \frac{50}{100} \times r$

$= 0.5r\ \Omega$

भाग FB का प्रतिरोध $R_{FB} = \frac{50}{100} \times r$

$= 0.5r\ \Omega$



चित्र–2.14

वितरक के भिन्न-भिन्न भागों में बहने वाली धारा को चित्र 2.14 में दिखाया गया है।
वितरक में कुल वोल्टतापात,

$$V = V_{AC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EF}$$

$$V = I_{AC}R_{AC} + I_{CD}R_{CD} + I_{DE}R_{DE} + I_{EF}R_{EF}$$

$$= 220 \times 0.4r + 190 \times 0.6r + 150 \times r + 50 \times 0.5r$$

$$= 377r$$

प्रश्नानुसार अधिकतम वोल्टतापात

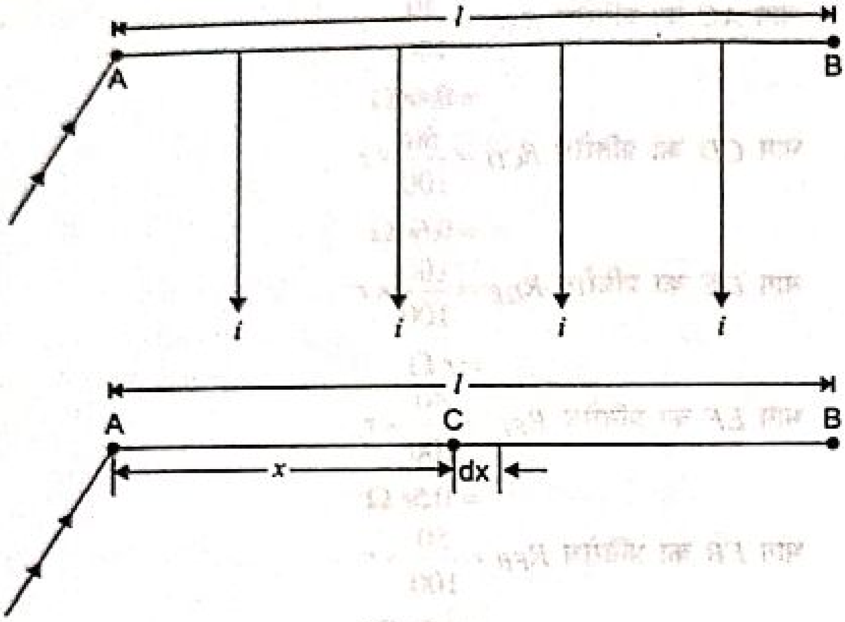
$$= 10\ V$$

∴ $377r = 10$

or $r = \frac{10}{377}\ \Omega$

∵ $a = \rho \frac{l}{r}$ से—

$$a = \frac{1.78 \times 10^{-8} \times 2 \times 100}{10/377}$$



चित्र–2.15

$$a = 0.13421 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$a = 134.21 \text{ mm}^2$$

(ii) एक समान वितरित भार (Uniformly Distributed Load)—एक समान वितरित भार वह भार है, जो वितरक के सभी बिन्दुओं पर समान रूप से भारित रहता है।

चित्र–2.15 में एक डी०सी० टू-वायर वितरक का सिंगल लाइन डायग्राम दिखाया गया है, जो एक बिन्दु A से तथा एक समान भार (l amp प्रति मी०) से भारित है अर्थात् वितरक के प्रत्येक एक मीटर पर l amp Load को टेप्ड किया गया है। माना कि वितरक की पूरी लम्बाई l तथा प्रति मीटर लम्बाई का प्रतिरोध $r\,\Omega$ है।

माना वितरक के पोषित विन्दु A से x मी० की दूरी पर एक बिन्दु C है।

बिन्दु C पर धारा,

$$= il - ix \text{ amp}$$

$$= i(l - x) \text{ amp}$$

माना बिन्दु C के निकट एक छोटी दूरी dx है जिसका प्रतिरोध $r\,dx$ तथा उसमें (dx भाग में) वोल्टतापात

$$dv = i(l - x) \times r\,dx$$

$$= ir(l - x)\,dx$$

बिन्दु C पर वितरक में कुल वोल्टतापात

$$v = \int_0^x ir\,(l - x)\,dx$$

$$= ir\left(lx - \frac{x^2}{2}\right)$$

बिन्दु B तक कुल वोल्टतापात (कुल वितरक चालक का) के लिए $x = l$ रखने पर

कुल वितरक में वोल्टतापात (V_{AB})

$$= ir\left(l \times l - \frac{l^2}{2}\right)$$

$$= \frac{1}{2} i r l^2$$

$$= \frac{1}{2} (il)(lr)$$

$$V_{AB} = \frac{1}{2} IR$$

जहाँ $il = I =$ बिन्दु A पर निवेशित कुल धारा

and $rl = R =$ वितरक का कुल प्रतिरोध।

स्पष्ट है कि एक समान भारों से भारित तथा एक सिरे से पोषित वितरक में होने वाला कुल वोल्टतापात, वितरक के मध्य बिन्दु पर संकेन्द्रित भार में वोल्टतापात के बराबर होता है।

साधित उदाहरण (Solved Examples)

Example 1. एक समान रूप से भारित 200 m लम्बा दो तार वितरक 2 amp/m से भारित है जिसके एक तार का प्रतिरोध 0.3Ω/km है। यदि वितरक को एक सिरे से पोषित किया जाए तो निम्नलिखित की गणना कीजिए—

(i) पोषित सिरे में 150 m की दूरी पर वोल्टेज ड्रॉप।

(ii) अधिकतम वोल्टेज ड्रॉप।

हल— लोडिंग धारा $i = 2$ amp/m

वितरक में प्रति मीटर रन का प्रतिरोध

$$r = 2 \times \frac{0.3}{1000} \Omega$$

$$r = 0.0006\,\Omega$$

वितरक की कुल लम्बाई,

$$l = 200 \text{ m}$$

हल–(i) पोषित बिन्दु से x मीटर की दूरी पर वोल्टतापात

$$V = ir\left(lx - \frac{x^2}{2}\right)$$

$\because$ $x = 150$ m

आवश्यक वोल्टतापात,

$\therefore$
$$V = 2 \times 0.0006\left(200 \times 150 - \frac{150 \times 150}{2}\right)$$

$$V = 22.5 \text{ V}$$

अत: पोषित बिन्दु से 150 m की दूरी पर वोल्टतापात,

$\Rightarrow$ $V = 22.5$ **volt** उत्तर

(ii) वितरक में प्रवेशित कुल धारा,

$$I = i \times l$$
$$= 2 \times 200$$
$$= 400 \text{ amp}$$

वितरक का कुल प्रतिरोध,

$$R = r \times l$$

Scanned with CamScanner

$$= 0.0006 \times 200$$

$$R = 0.12\,\Omega$$

∴ वितरक में कुल वोल्टतापात,

$$= \frac{1}{2} IR$$

$$= \frac{1}{2} \times 400 \times 0.12$$

$$= 24 \text{ V}$$

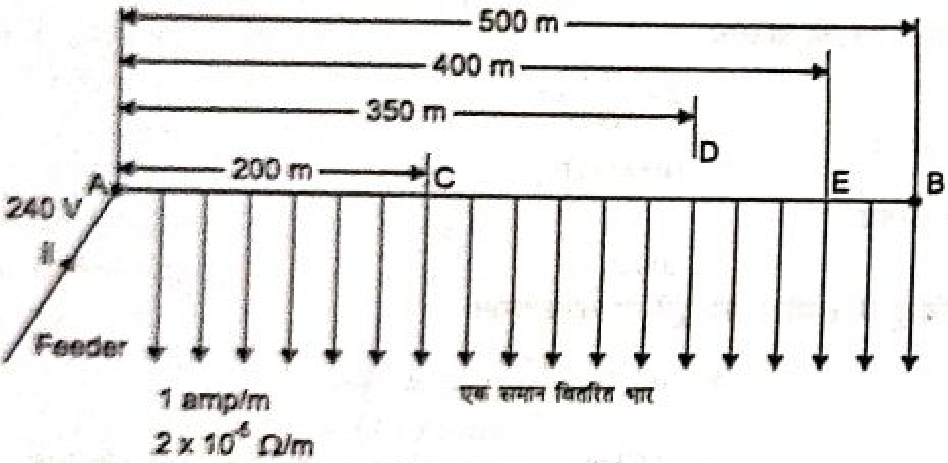
Example 2. एक 500 m लम्बी वितरण लाइन का सम-सन्तुलित वितरण भार 1 amp/m आँका गया है। वितर लाइन में एक सिरे पर 240 V की विद्युत शक्ति दी गई है। गणना कीजिए कि भरण बिन्दु (Feeding point) से 200 m, 350 m तथा 400 m की दूरियों पर कितनी-कितनी वोल्टतापातें होंगी और अधिकतम वोल्टतापात कितनी होगी, जबकि ला का प्रतिरोध $2 \times 10^{-5}\,\Omega/\text{m}$ मान लिया जाये।

हल—धारण बिन्दु पर वोल्टता $V_A = 240 \text{ V}$

$$i = 1 \text{ amp/m}$$

$$r = 2 \times 10^{-5}\,\Omega/\text{m}$$

$$l = 500 \text{ m}$$



चित्र–2.16

∵ पोषित बिन्दु (Feeding point) से x मीटर की दूरी पर वोल्टतापात

$V = ir\left(lx - \frac{x^2}{2}\right)$ से—

(a) जब $x = 200$ m है तो $\quad V_1 = 1 \times 2 \times 10^{-5}\left(500 \times 200 - \frac{200 \times 200}{2}\right)$

$$V_1 = 1.6 \text{ volt}$$

(b) जब $x = 350$ m है तो $\quad V_2 = 1 \times 2 \times 10^{-5}\left(500 \times 350 - \frac{350 \times 350}{2}\right)$

$$= 2.07 \text{ volt}$$

Scanned with CamScanner

(c) जब $x = 400$ m है तो $$V_3 = 1 \times 2 \times 10^{-5}\left(500 \times 400 - \frac{400 \times 400}{2}\right)$$

$$= 2.4 \text{ volt}$$

वितरक में अधिकतम वोल्टतापात

अर्थात् जब $x = l = 500$ m

$$V = \frac{1}{2} IR$$

$$= \frac{1}{2}(il)(rl)$$

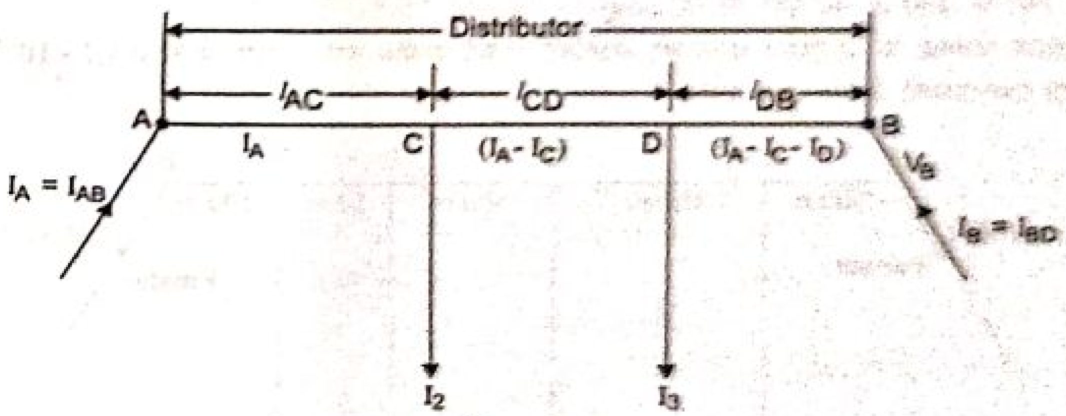
$$= \frac{1}{2}(1 \times 500)(2 \times 10^{-5} \times 500)$$

$$= \frac{1}{2} \times 500 \times 2 \times 10^{-5} \times 500$$

$$V = 2.5 \text{ volt}$$

4. दोनों सिरों से प्रदत्त अर्थात् पोषित, संकेन्द्र भारित वितरक (Concentric Loaded Distributor Fed from both Ends)

माना AB एक l मीटर लम्बी एक दिष्ट धारा वितरक है जो अपने दोनों सिरों A तथा B पर क्रमशः V_A व V_B वोल्ट की वोल्टताओं से प्रदत्त (Fed) है तथा दोनों आन्तरिक बिन्दुओं C तथा D पर क्रमशः I_C तथा I_D amp की विद्युत भारों से संयोजित है।



चित्र–2.17

माना कि एक वितरक AB अपने प्रथम सिरा बिन्दु A पर संभरक (Feeder) से I_A amp की धारा लेता है तब वितरक में AC, CD तथा DB भागों में धाराएँ—

$$I_{AC} = I_A \text{ amp}$$

$$I_{CD} = (I_A - I_C) \text{ amp}$$

$$I_{DE} = (I_A - I_C - I_D) \text{ amp}$$

माना कि वितरक AB का प्रतिरोध $r\ \Omega$/m हो, तो वितरक के भाग AC, CD तथा DB भागों के प्रतिरोध

$$R_{AC} = r \times l_{AC}$$

$$R_{CD} = r \times l_{CD}$$

$$R_{DB} = r \times l_{DB}$$

Scanned with CamScanner

अब वितरक के AC, CD तथा DB भागों के across वोल्टतापात,

$$V_{AC} = I_A \times R_{AC} \text{ volt}$$

$$V_{CD} = (I_A - I_C)R_{CD} \text{ volt}$$

$$V_{DB} = (I_A - I_C - I_D)R_{DB} \text{ volt}$$

नोट–1. प्रथम स्थिति—जब वितरक के दोनों सिरों को असमान वोल्टताओं से पोषित किया जाए अर्थात् $V_A > V_B$ तब वोल्टतापात समीकरण

$$V_A - V_{AC} - V_{CD} - V_{DB} = V_B$$

$$V_A - V_B = V_{AC} + V_{CD} + V_{DB}$$

or
$$V_A - V_B = I_A R_{AC} + (I_A - I_C)R_{CD} + (I_A - I_C - I_D)R_{DB}$$

2. द्वितीय स्थिति—जब वितरक के दोनों सिरों को समान वोल्टताओं से पोषित किया जाए अर्थात् $V_A = V_B$, तब वोल्टतापात समीकरण

$$V_A = V_B \text{ or } V_A - V_B = 0$$

$\therefore$
$$0 = I_A R_{AC} + (I_A - I_C)R_{CD} + (I_A - I_C - I_D)R_{DB}$$

Example : 500 मीटर लम्बी 2 तार प्रणाली वितरण लाइन AB में A सिरे से 250 volt तथा B सिरे से 255 वोल्ट की वोल्टताएँ स्थिर रखी जाती हैं और इस पर संकेन्द्रित भार निम्न प्रकार से अंश निष्कासित (tapping) किए जाते हैं—

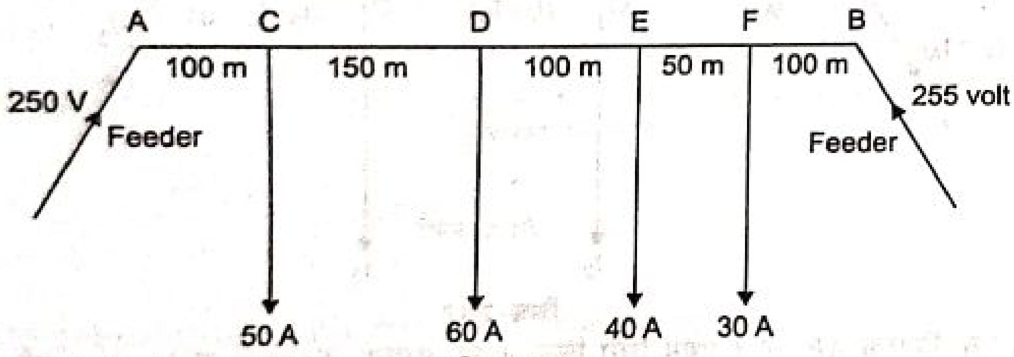
A सिरे से 100 m की दूरी पर 50 amp

A सिरे से 250 m की दूरी पर 60 amp

A सिरे से 350 m की दूरी पर 40 amp

A सिरे से 400 m की दूरी पर 30 amp

यदि प्रत्येक चालक के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1 वर्ग सेमी० तथा विशिष्ट प्रतिरोध 1.7×10^{-6} Ω-cm हो, तो न्यूनतम वोल्टता तथा इसकी स्थिति ज्ञात करो।



चित्र-2.18

माना कि लाइन के एक चालक का प्रतिरोध

$$= r\ \Omega/\text{m है}$$

तथा $r = \rho \dfrac{l}{a}$ से—

$\because$
$$\rho = 1.7 \times 10^{-6}\ \Omega\text{-cm}$$

$$= 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m}$$

$$a = 1\ \text{cm}^2$$

$$= 1 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$$

$\therefore$ $$r = \frac{1.7\times10^{-8}\times1}{1\times10^{-4}}$$
$$=1.7\times10^{-4}\ \Omega/m$$

$\therefore$ दोनों तारों का प्रतिरोध

$$=2\times1.7\times10^{-4}$$
$$=3.4\times10^{-4}\Omega/m$$

हल—माना कि बिन्दु A से I_A ऐम्पियर की धारा प्रवाहित हो रही है। तब वितरक के विभिन्न भागों में धारायें

भाग AC में धारा $=I_A$ amp

भाग CD में धारा $=(I_A-50)$ amp

भाग DE में धारा $=(I_A-50-60)=(I_A-110)$ amp

भाग EF में धारा $=(I_A-50-60-40)=(I_A-150)$ amp

भाग FB में धारा $=(I_A-50-60-40-30)=(I_A-180)$ amp

अब वितरक के विभिन्न भागों का प्रतिरोध,

$$R_{AC}=3.4\times10^{-4}\times100=0.034\,\Omega$$
$$R_{CD}=3.4\times10^{-4}\times150=0.051\,\Omega$$
$$R_{DE}=3.4\times10^{-4}\times100=0.034\,\Omega$$
$$R_{EF}=3.4\times10^{-4}\times50=0.017\,\Omega$$
$$R_{FB}=3.4\times10^{-4}\times100=0.034\,\Omega$$

अब वितरक के विभिन्न भागों में वोल्टतापात

$$V_{AC}=I_AR_{AC}=I_A\times0.034 \text{ volt}$$
$$V_{CD}=(I_A-50)\times0.051 \text{ volt}$$
$$V_{DE}=(I_A-110)\times0.034 \text{ volt}$$
$$V_{EF}=(I_A-150)\times0.017 \text{ volt}$$
$$V_{FB}=(I_A-180)\times0.034 \text{ volt}$$

$\because$ $V_A-V_B=$ वितरक AB में वोल्टतापात

$$250-255=0.034I_A+0.051(I_A-50)+(I_A-110)\times0.034+(I_A-150)\times0.017+(I_A-180)\times0.034$$

$$-5=0.170I_A-14.96$$
$$I_A=\frac{9.96}{0.170}$$
$$I_A=58.59 \text{ amp}$$
$$I_{CD}=58.59-50=8.59 \text{ amp}$$
$$I_{DE}=58.59-110=-51.41 \text{ amp}$$
$$I_{EF}=58.59-150=-91.41 \text{ amp}$$
$$I_{FB}=58.59-180=121.41 \text{ amp}$$

$\because$ बिन्दु D से टेप होने वाली धारा दोनों सिरों A व B से आती है। इसलिए बिन्दु D न्यूनतम विभव का बिन्दु होगा।

Scanned with CamScanner

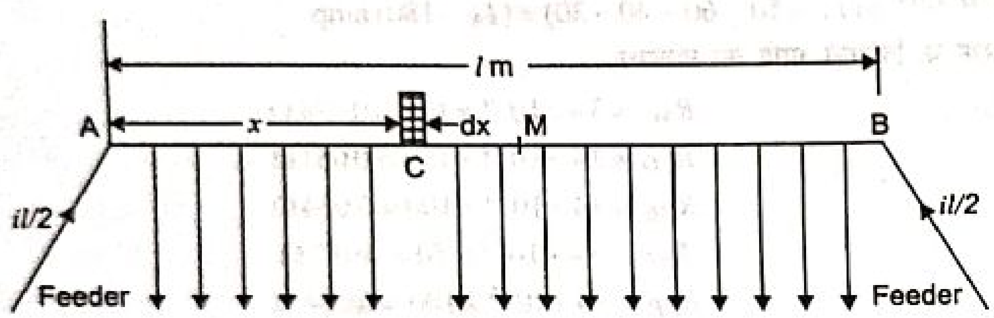
बिन्दु D पर विभव

$$= \text{बिन्दु } A \text{ पर विभव } (V_A) - AD \text{ में वोल्टतापात } (V_{AD})$$
$$= 250 - \{58.59 \times 3.034 + 8.59 \times 0.051\}$$
$$= 250 - \{1.99 + 0.438\}$$
$$= 250 - 2.43$$
$$= \mathbf{247.57 \text{ volt}}$$

5. दोनों सिरों से समान वोल्टताओं पर पोषित एक समान वितरक

(Uniformly Loaded Distributor fed from both Ends at Equal Voltage)

माना कि AB एक l मीटर लम्बाई की दिष्ट-धारा त्रिज्यक वितरक है जिस पर l amp प्रति मीटर का एक समान वैद्युत भार लगा हुआ है। वितरक के दोनों चालकों का प्रतिरोध r ओह्म प्रति मीटर है तथा यह दोनों सिरों पर समान वोल्टता V से प्रदत्त (Fed) है।



1 ampere per metre
r ohm per metre run

चित्र-2.19

माना कि AB वितरक के सिरे A से x मीटर की दूरी पर एक बिन्दु C है, जिस पर dx मीटर लम्बाई पर एक लघु अवयव है।

वितरक की कुल लम्बाई $= l$

वितरक के प्रति मीटर लम्बाई का लोड $= i$ amp/मीटर

वितरक का कुल वैद्युत भार $= il$ amp

वितरक के प्रत्येक सिरे पर पोषित धारा $= \dfrac{il}{2}$ amp

वितरक के AC खण्ड पर कुल वैद्युत भार $= ix$ amp

dx लम्बाई के लघु अवयव में धारा $= \left(\dfrac{il}{2} - ix\right)$ amp

dx लम्बाई के लघु अवयव का प्रतिरोध $= r\, dx\, \Omega$

लघु अवयव के आर-पार वोल्टतापात (Voltage drop)

$$= \text{धारा} \times \text{प्रतिरोध}$$
$$dV_x = \left(\frac{il}{2} - ix\right) \times r\, dx \text{ volt}$$
$$= \int_0^x ir\left(\frac{l}{2} - x\right) dx$$

Scanned with CamScanner

वितरक के खण्ड AC में वोल्टतापात (Voltage drop)

$$\int_0^x dV_x = \int_0^x ir\left(\frac{l}{2}-x\right)dx$$

$$V_{AC} = ir\int_0^x \left(\frac{l}{2}-x\right)dx$$

$$V_{AC} = ir\left(\frac{lx}{2}-\frac{x^2}{2}\right)_0^x$$

$$V_{AC} = \frac{ir}{2}(lx-x^2)$$

$$\boxed{V_{AC} = \frac{ir}{2}(lx-x^2)\text{ volt}}$$

मेक्सिमम (Maximum) वोल्टतापात (Voltage drop) की स्थिति—

$$\frac{dV_{AC}}{dx} = 0$$

$$\therefore \quad \frac{dV_{AC}}{dx} = \frac{ir}{2}[l-2x] = 0$$

$$\frac{ir}{2}[l-2x] = 0$$

$$l-2x = 0$$

$$l = 2x$$

$$\boxed{x = \frac{l}{2}}$$

स्पष्ट है कि मध्य-बिन्दु पर वोल्टतापात सर्वाधिक (Maximum) होने के कारण, मध्य-बिन्दु (M) पर न्यूनतम वोल्टता का बिन्दु होगा।

इस बिन्दु (M) पर धारा का मान शून्य होगा, क्योंकि यहाँ पर दो समान परिमाण वाली धारायें विपरीत दिशा में आकर मिलती हैं।

मध्य-बिन्दु पर ($x = l/2$) पर उच्चतम वोल्टतापात

$$V_{AM} = \frac{ir}{2}\left[l\cdot\frac{l}{2}-\left(\frac{l}{2}\right)^2\right]$$

$$= \frac{irl^2}{8}\text{ volt}$$

वितरक में x दूरी वाले बिन्दु C पर वोल्टता (Voltage at C point)

$$V_C = \left[V-\frac{ir}{2}(lx-x^2)\right]\text{ volt}$$

Example : एक समान भारित, द्वितार दिष्ट-धारा त्रिज्यक वितरक 100 m लम्बा है। इस पर 4 A/m लोड समान रूप से डाला गया है। एक तार का प्रतिरोध 0.50 ohm/km है। यदि इस वितरक के दोनों सिरों में एक समान वोल्टता दी गई हो, तो वितरक में अधिकतम वोल्टतापात ज्ञात करिये।

हल—वितरक की कुल लम्बाई $l = 100$ m

Scanned with CamScanner

वितरक पर वितरित एक समान भार $= I = 4$ A/m

वितरक के दोनों तारों का प्रतिरोध,

$$r = \frac{2 \times 0.5}{1000} \Omega/\text{metre}$$
$$= 10^{-3} \Omega/\text{m}$$

∵ दोनों सिरों से समान वोल्टता पर भारित तथा एक समान भारित वितरक के मध्य-बिन्दु पर वोल्टतापात अधिकतम होता है अर्थात् $x = l/2$ पर

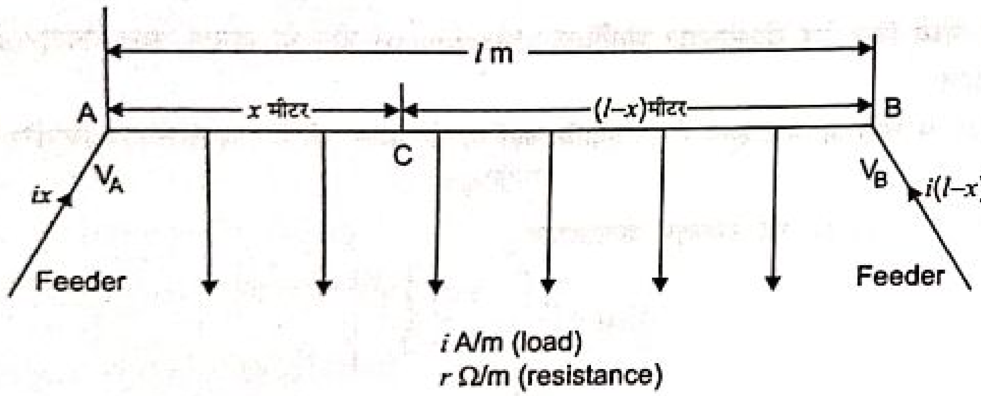
∵ $V_{AC} = \frac{ir}{2}(lx - x^2)$ से, $x = l/2$ लेने पर

$$V_{AC} = \frac{ir}{2}\left(\frac{l^2}{2} - \frac{l^2}{4}\right)$$
$$= \frac{irl^2}{8}$$
$$= \frac{4 \times 10^{-3} \times 100 \times 100}{8}$$
$$= 5 \text{ volt}$$

उत्तर

6. दोनों सिरों से असमान वोल्टताओं पर प्रदत्त अर्थात् पोषित एक समान भारित वितरक (Uniformly Loaded Distributor Fed from both Ends at Unequal Voltages)

माना कि AB एक l मीटर लम्बी दिष्ट-धारा अरीय वितरक है जो i amp प्रति मीटर एक समान वैद्युत भार से भारित है। वितरक के दोनों चालकों का प्रतिरोध r Ω/m है और वितरक अपने दोनों सिरों पर V_A व V_B असमान वोल्टताओं पर पोषित किया गया है।



चित्र-2.20

माना कि वितरक के सिरा बिन्दु A से x मीटर की दूरी पर न्यूनतम वोल्टता बिन्दु C है। इस पर धारा का मान शून्य है, क्योंकि इस बिन्दु पर दो समान धाराएँ, विपरीत दिशा में आकर मिलती हैं। अब वितरक के खण्ड AC तथा BC जिनकी लम्बाइयाँ क्रमशः x तथा $(l-x)$ हैं, एकल सिरा पोषित वितरक की भाँति कार्य करते हैं।

वितरक के खण्ड AC पर कुल वैद्युत भार

$$= ix \text{ amp}$$

Scanned with CamScanner

वितरक के भरण बिन्दु A पर कुल भरण धारा

$$= ix \text{ amp}$$

वितरक के खण्ड BC पर कुल वैद्युत भार

$$= i(l-x) \text{ amp}$$

वितरक के भरण बिन्दु B पर कुल भरण धारा

$$i = (l-x) \text{ amp}$$

वितरक के खण्ड AC का कुल प्रतिरोध

$$R_{AC} = rx\,\Omega$$

वितरक के खण्ड BC का कुल प्रतिरोध $= r(l-x)\,\Omega$

वितरक के खण्ड में वोल्टतापात = औसत धारा × प्रतिरोध

∴ वितरक के खण्ड AC में वोल्टतापात $= \frac{ix+0}{2} \times rx$

$$V_{AC}(\text{अधिकतम}) = \frac{irx^2}{2} \text{ volt}$$

इसलिए वितरक के बिन्दु C पर वोल्टता

$$= V_A - V_{AC}$$

$$V_c(\text{न्यूनतम}) = V_A - \frac{irx^2}{2} \quad ...(1)$$

वितरक के खण्ड BC में वोल्टतापात

$$= \frac{i(l-x)+0}{2} \times r(l-x)$$

$$V_{BC}(\text{अधिकतम}) = \frac{ir(l-x)^2}{2} \text{ volt}$$

इसलिए वितरक के बिन्दु C पर वोल्टता $= V_B - V_{BC}$

$$V_C(\text{न्यूनतम}) = V_B - \frac{ir(l-x)^2}{2} \quad ...(2)$$

समीकरण (1) व (2) से—

$$V_A - \frac{ir^2}{2} = V_B - \frac{ir(l-x)^2}{2}$$

$$x = \frac{V_A - V_B}{irl} + \frac{l}{2} \quad ...(3)$$

Example : एक 400 m लम्बा, द्वितार दिष्ट-धारा त्रिज्यक वितरक को बिन्दु A पर 230 वोल्ट तथा बिन्दु B पर 223 वोल्ट की वोल्टता प्रदान की जा रही है। यदि वितरक पर एक समान वितरित भार 1.75 amp/मीटर हो और वितरक के प्रत्येक तार का प्रतिरोध 0.05 Ω/km हो, तो ज्ञात कीजिए—

(i) न्यूनतम वोल्टता की स्थिति,

(ii) न्यूनतम वोल्टता का मान,

(iii) and (iv) A तथा B सिरों पर भरण धारा।

हल—वितरक AB की कुल लम्बाई $l = 400$ m

Scanned with CamScanner

वितरक के बिन्दु A पर प्रदत्त वोल्टता $V_A = 230$ वोल्ट

वितरक के बिन्दु B पर प्रदत्त वोल्टता $V_B = 223$ वोल्ट

वितरक पर एक समान वितरित भार $i = 1.75$ amp/m

वितरक के प्रत्येक तार का प्रतिरोध $= 0.05\ \Omega/\text{km}$

$\therefore$ वितरक के दोनों तारो का प्रतिरोध $r = \dfrac{2 \times 0.05}{1000} = 0.1 \times 10^{-3}\ \Omega/\text{m}$

(i) वितरक मे न्यूनतम वोल्टता की स्थिति में—

$x = \dfrac{V_A - V_B}{irl} + \dfrac{l}{2}$ से,

$$x = \frac{230 - 223}{1.75 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 400} + \frac{400}{2}$$
$$= 100 + 200$$
$$x = 300 \text{ m}$$

उत्तर

(ii) वितरक में न्यूनतम वोल्टता (Minimum voltage)

$$V_{\min} = V_A - \frac{irx^2}{2}$$
$$= 230 - \frac{1.75 \times 0.1 \times 10^{-3} \times (300)^2}{2}$$
$$= 222.125 \text{ volt}$$

अथवा

$$V_{\min} = V_B - \frac{ir(l-x)^2}{2}$$
$$= 223 - \frac{1.75 \times 0.1 \times 10^{-3} \times (400 - 300)^2}{2}$$
$$= 223 - 0.875$$
$$= 222.125 \text{ volt}$$

उत्तर

(iii) वितरक के सिरा विन्दु A पर भरण धारा

$$I_A = ix = 1.75 \times 300 = 525 \text{ amp}$$

उत्तर

(iv) वितरक के सिरा विन्दु B पर भरण धारा

$$I_B = i(l - x)$$
$$= 1.75 \times (400 - 300)$$
$$= 1.75 \times 100$$
$$= 175 \text{ amp}$$

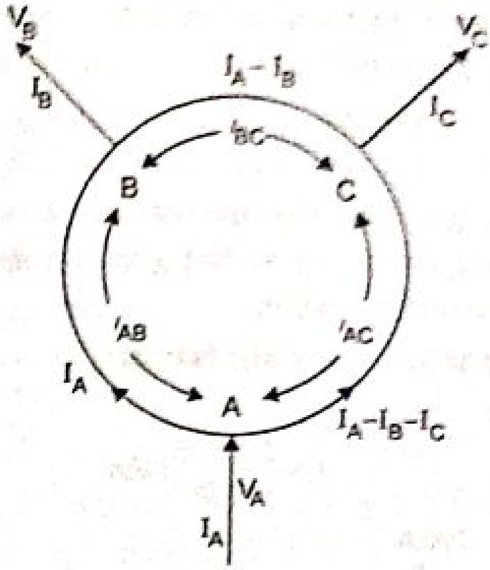
उत्तर

7. किसी एक बिन्दु पर पोषित संकेन्द्र भारित वलय वितरक
(Concentric Loaded Ring Distributor Fed at any one Point)

एक बिन्दु से सम्भारित संकेन्द्र भारित दिष्ट-धारा वलय वितरक, दोनों सिरों पर समान वोल्टताओं से पोषित संकेन्द्र भारित दिष्ट-धारा अरीय वितरक के समान ही कार्य करता है।

प्रस्तुत चित्र में ABC एक दिष्टधारा वलय वितरक है, जो बिन्दु A पर V_A वोल्टता से पोषित (Fed) है और बिन्दु B तथा C पर क्रमशः संकेन्द्र भार I_B तथा I_C भारों से भारित है।

Scanned with CamScanner



चित्र-2.21

माना कि वितरक के प्रत्येक तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल a वर्ग मीटर तथा तार के पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध ρ है तथा वितरक के दोनों तारों का प्रतिरोध $r\ \Omega/m$ है तो वितरक के भागों AB, BC तथा CA खण्डों का दोनों तारों सहित प्रतिरोध

$$R_{AB} = \rho \frac{2l_{AB}}{a} \text{ or } r \times l_{AB}$$

$$R_{BC} = \rho \frac{2l_{BC}}{a} \text{ or } r \times l_{BC}$$

$$R_{CA} = \rho \frac{2l_{CA}}{a} \text{ or } r \times l_{CA}$$

माना कि वितरक के सम्भरण बिन्दु A से B की ओर (Clockwise direction में) I_A amp की धारा बहती है। तब वितरक के AB, BC तथा CA खण्डों में धाराएँ

$$I_{AB} = I_A$$

$$I_{BC} = I_A - I_B$$

$$I_{CA} = (I_A - I_B - I_C) = I_A - (I_B + I_C)$$

अब वितरक के AB, BC तथा CA खण्डों में वोल्टतापात (Voltage drop)

$$V_{AB} = I_{AB}R_{AB} = I_A R_{AB}$$

$$V_{BC} = I_{BC}R_{BC} = (I_A - I_B)R_{BC}$$

$$V_{CA} = I_{CA}R_{CA} = (I_A - I_B - I_C)R_{CA}$$

किरचॉफ के वोल्टता (KVL) नियम से—

किसी बन्द वैद्युत परिपथ में समस्त वोल्टताओं तथा वोल्टतापातों का बीजीय योग (Algebraic sum) शून्य होता है।

∴ KVL से—

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CA} = 0$$

$$I_A R_{AB} + (I_A - I_B)R_{BC} + (I_A - I_B - I_C)R_{CA} = 0$$

Scanned with CamScanner

उपरोक्त से I_A का मान ज्ञात करके, वितरक के विभिन्न खण्डों में धारा तथा वोल्टतापात का वास्तविक मान ज्ञात किया जा सकता है। इसके पश्चात् B तथा C बिन्दुओं पर Voltage का मान ज्ञात किया सकता है—

$$V_B = V_A - V_{AB} \text{ or } V_A - V_{AB}R_{AB}$$

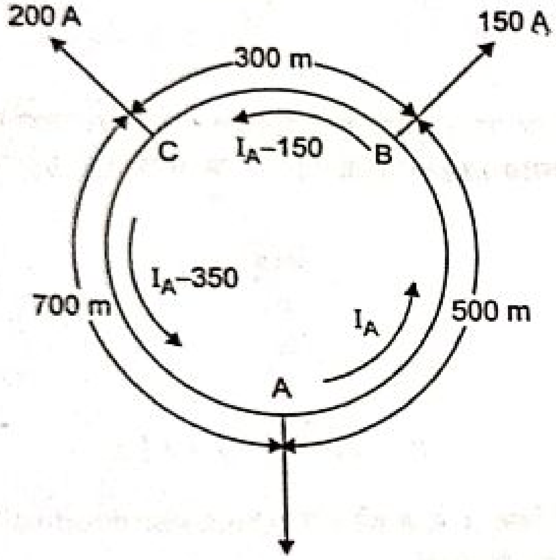
$$V_C = V_A - V_{AB} - V_{BC} \text{ or } V_B - V_{BC}$$

Example : एक 1500 मीटर लम्बा द्वितार दिष्ट-धारा वलय वितरक (Ring distributor) निम्न चित्रानुसार भारित है। प्रत्येक चालक का प्रतिरोध 0.03 Ω/km है। वितरक को बिन्दु A पर 500 वोल्ट की वोल्टता पर प्रदत्त (Fed) किया गया है। वितरक के बिन्दु B तथा C पर वोल्टता ज्ञात कीजिए।

वितरक के प्रत्येक चालक का प्रतिरोध = 0.03 ओह्म/किलोमीटर

∴ दोनों चालकों का प्रतिरोध

$$r = \frac{2 \times 0.03}{1000} \Omega/\text{m}$$



चित्र-2.22

$$r = 0.06 \times 10^{-3} \ \Omega/\text{m}$$

$$R_{AB} = 0.06 \times 10^{-3} \times 500$$

$$= 0.03 \ \Omega$$

$$R_{BC} = 0.06 \times 10^{-3} \times 300$$

$$= 0.018 \ \Omega$$

$$R_{CA} = 0.06 \times 10^{-3} \times 700$$

$$= 0.042 \ \Omega$$

माना कि वितरक के भाग AB में $I_{AB} = I_A$ ऐम्पियर की वैद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। तब वितरक के भाग BC में वैद्युत धारा

$$I_{BC} = (I_A - 150) \text{ amp}$$

$$I_{CA} = (I_A - 150 - 200) \text{ amp}$$

रिंग मेन्स वितरक में KVL (किरचॉफ वोल्टेज नियम) से—

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CA} = 0$$

$$I_{AB}R_{AB} + I_{BC}R_{BC} + I_{CA}R_{CA} = 0$$

Scanned with CamScanner

$$0.03I_A + (I_A - 150) \times 0.018 + (I_A - 350) \times 0.092 = 0$$

$$I_A = \frac{17.40}{0.09} = 193.3 \text{ amp}$$

∴ वितरक के भाग AB में वैद्युत धारा (Current)

$$I_{AB} = I_A = 193.3 \text{ amp}$$

वितरक के भाग BC में वैद्युत धारा

$$I_{BC} = I_A - 150$$
$$= 193.3 - 150$$
$$= 43.3 \text{ amp}$$

वितरक के भाग CA में वैद्युत धारा

$$I_{CA} = I_A - 350$$
$$= 193.3 - 350$$
$$I_{CA} = -156.7 \text{ amp}$$

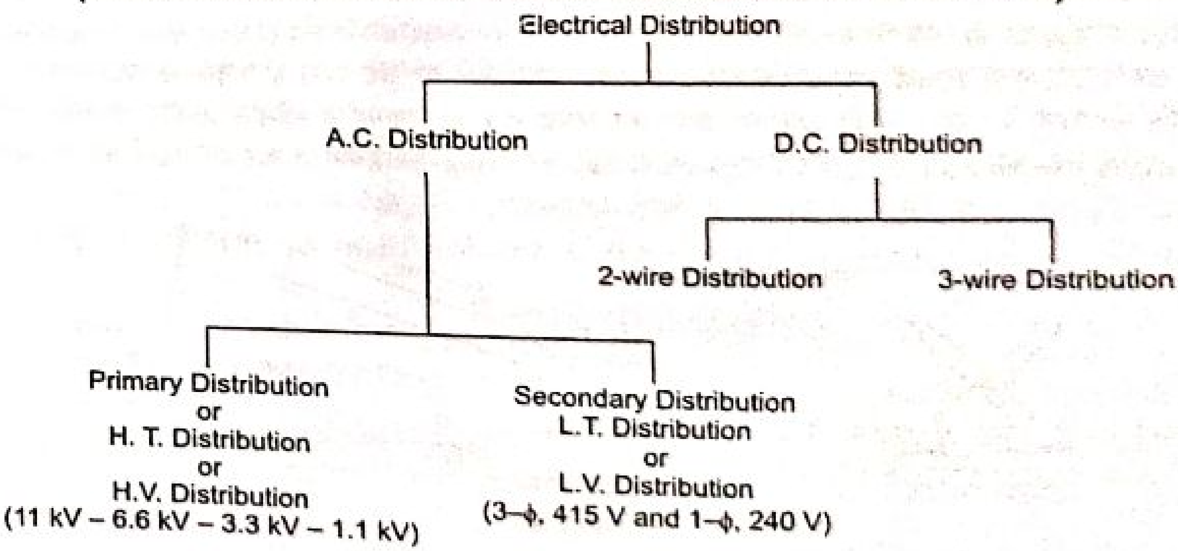
अर्थात्

$$I_{AC} = 156.7 \text{ amp}$$
$$V_B = V_A - V_{AB}$$
$$= 500 - 193.3 \times 0.03$$
$$= 500 - 5.8$$
$$V_B = 494.2 \text{ volt}$$

बिन्दु C पर वोल्टता

$$V_C = V_B - V_{BC}$$
$$= 494.2 + I_{BC}R_{BC}$$
$$= 494.2 - 43.3 \times 0.018$$
$$= 494.2 - 0.77$$
$$= \mathbf{493.43 \text{ volt}}$$

वितरण लाइन की संरचना व निर्माण
(Construction Feature of Distribution line and Their Erection)



Scanned with CamScanner

परिचय (Introduction)

वैद्युत वितरण का तात्पर्य, वैद्युत ऊर्जा को विभिन्न प्रकार के विद्युत उपभोक्ता (Electric Consumer) में उनकी आवश्यकतानुसार अथवा माँग के अनुसार वितरित करना है। ये इलेक्ट्रिक उपभोक्ता कई प्रकार के होते हैं। जैसे डोमेस्टिक कंज़्यूमर्स, इण्डस्ट्रियल कंज़्यूमर्स, कामर्शियल कंज़्यूमर्स, इन्स्टीट्यूशन कंज़्यूमर्स आदि।

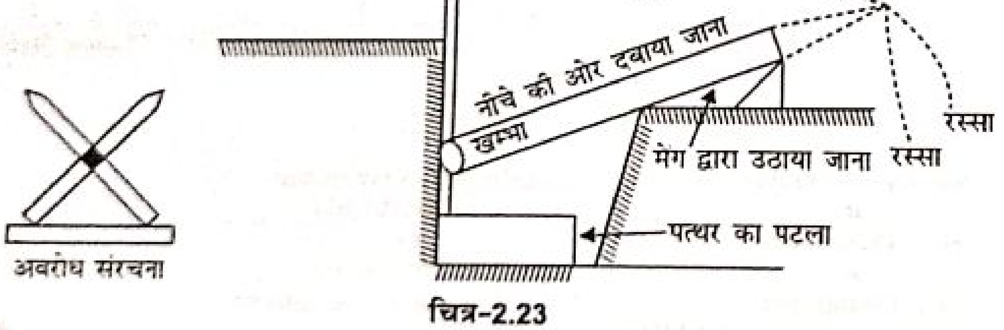
विद्युत ऊर्जा की चार कड़ियो में से विद्युत वितरण एक अति महत्त्वपूर्ण कड़ी है।

किसी नगर के औद्योगिक क्षेत्र, कस्बे अथवा गाँव के विद्युतीकरण हेतु वितरण लाइन का निर्माण किया जाता है। जिस क्षेत्र का विद्युतीकरण करना होता है, सबसे पहले उस क्षेत्र की भौगोलिक स्थिति का निरीक्षण कर सड़क अथवा रास्ते का एक रैखीय विन्यास बनाकर रास्ते मे पड़ने वाले मोड़, मोड़ से मोड़ की दूरी अंकित कर प्रत्येक मोड़ पर एक लाइन खम्भे दर्शाते हैं तथा एक Suppart को लाइन के अन्तिम सिरे पर दर्शाते हैं। लाइन का आरम्भिक आलम्भ विद्युत उपस्थान के निकट दर्शाते हैं। यदि उपस्थान खम्भा आरूढित (Pole Mounted) है तो आरम्भिक आलम्भ के रूप में उपस्थान पर एक खम्भा (Pole) का उपयोग किया जाता है।

विद्युत वितरण की कार्य प्रणाली (Working System of Electric Distribution)—किसी भी क्षेत्र का विद्युतीकरण (Electrification) करने के लिए उस क्षेत्र का ये ओवरहैड Distribution Line का प्रतिष्ठापन नितान्त आवश्यक होता है। इसके लिए निम्नलिखित कार्य प्रणाली अपनाई जाती है—

(a) जमीन में गड्ढा खोदना
(b) बनाए गए गड्ढे में खम्भे को vertical खड़ा करना
(c) Cross Arms को कसना
(d) Instulator को आरोपित करना
(e) Distribution लाइन चालन को बाँधना
(f) Service connection cables को Consumers को प्रदान करना
(g) वैद्युत भार की प्रकृति के अनुसार उपभोक्ता पर टैरिफ लागू करना।

जमीन में गड्ढा खोदना (Dig the Pit in the Earth)—वैद्युत शक्ति वितरण लाइन को ले जाने के लिए खम्भे का 1/6 भाग भूमि के अन्दर गाड़ने हेतु अर्थ ऑगर (Earth auger) के द्वारा भूमि में छेद किया जाता है। आजकल अर्थ ऑगर उपलब्ध न होने के कारण पिक एक्सिल (Pic Axil) क्रो बार (Crow Bar) एवं फावड़े आदि का प्रयोग किया जाता है। यह गड्ढा लगभग 30 cm × 90 cm आकार का गड्ढा खोद कर उसकी तली में एक किनारे पर पत्थर का पटला (Stan Pad) रख दिया जाता है। खम्भे के ऊपरी सिरे पर कम से कम तीन रस्से बाँधकर उसके नीचे वाले सिरे की लकड़ी के तख्ते से मिलाकर रखकर गैंगमैन खम्भे के ऊपरी सिरे को ऊपर उठाते हैं तथा लाइनमैन उसके नीचे वाले सिरे को लकड़ी के तख्ते के सहारे गड्ढे में ढकेलते हैं। जब गैंगमैन खम्भे को उठाते हुए खम्भे को अवरोध संरचना (Dead man Structure) का सहारा देते हुए खम्भों की आधी लम्बाई पार कर जाते हैं तब उसके ऊपरी सिरे पर बँधे रस्से के सहारे भी उठाना प्रारम्भ कर देते हैं और खम्भे को रस्से के सहारे सीधा ऊर्ध्वाधर खड़ा कर गड्ढे में 1:6 अनुपात में सीमेन्ट क्रंकीट डालकर भूमि के ऊपर 25 cm ऊँचाई तक Muffler तैयार कर दिया जाता है। यदि Muffing का प्रयोग न करें तो Pale का जो भाग जमीन के



चित्र-2.23

सम्पर्क में रहता है, वहाँ पर जंग लगकर गिरने का डर बना रहेगा। इसलिए खम्भों के नीचे चारों ओर Muffing का प्रयोग किया जाता है।

गड्ढे में खम्भों को खड़ा करना (Erect the Pole)—खम्भे कई प्रकार के होते हैं—

(a) वुड पोल (Wood Pole)

(b) आयरन पोल

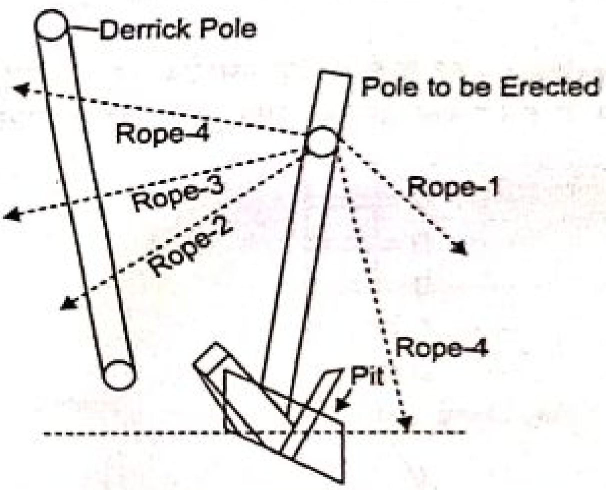
(c) सीमेन्ट पोल

खम्भों को निम्नलिखित प्रकार से खड़ा किया जाता है।

(i) डेरिक पोल विधि (Derric Pole Method)

(ii) डेड मेन की विधि (Dead Mans' Method)

(i) डेरिक पोल विधि (Derric Pole Method)—इस विधि में खम्भों को एक डेरिक पोल (घिरनी लगे पोल) की सहायता से खड़ा किया जाता है। इसलिए इस विधि को डेरिक विधि कहते हैं। इस विधि में खम्भे के शीर्ष (आधी लम्बाई के ऊपरी) भाग पर पाँच लम्बी तथा मजबूत रक्षक रस्सिया बाँधी जाती हैं। इस विधि में तख्ती पर खम्भे को सावधानीपूर्वक खड़ा किया जाता है और फिर सरकन तख्ती से गड्ढे में खिसका दिया जाता है।



चित्र-2.24 : डेरिक विधि से पोल को खड़ा करना

(ii) डेड मेन विधि (Dead Man's Method)—इस विधि के अन्तर्गत खम्भों को एक डेड मेन टेक की सहायता से खड़ा किया जाता है। इसलिए यह डेड मेन विधि कहलाती है। इस विधि में लाइन पथ में लिटाए गए खम्भों को अर्द्ध ऊँचाई से कुछ अधिक ऊपर लम्बी तथा मजबूत तीन रक्षक रस्सियों से बाँधा जाता है और गड्ढे के ऊपर लकड़ी के सरकन तख्ते को ऊर्ध्वाधर स्थिति में खड़ा किया जाता है।

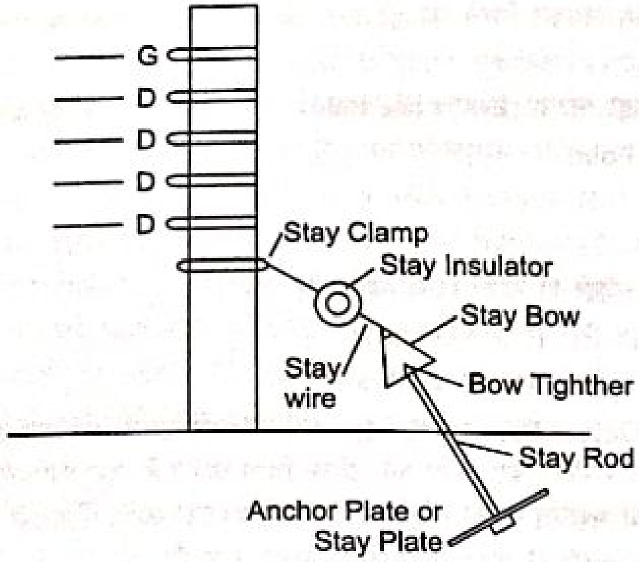
टेक का उद्घर्षण (Erection of Stay)—Orverhead Primary तथा Overhead secondary distributor लाइन के आरम्भिक, अन्तिम और मोड़ पर तथा प्रत्येक अंश निष्कासन बिन्दु पर स्थापित खम्बो पर आवश्यकता के अनुसार एक टेक का चयन किया जाता है। टेक का प्रयोग दो प्रकार से जाता है—

(i) नम्य टेक (Flexible Stay)

(ii) अनम्य टेक (Non Flexible Stay)

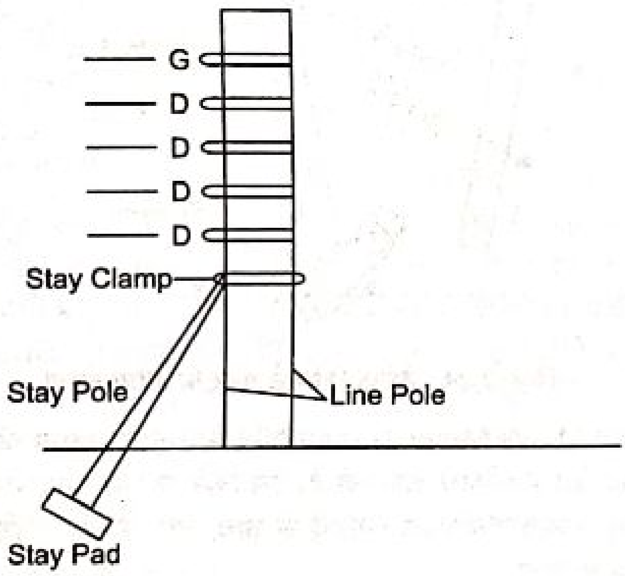
(i) नम्य टेक (Flexible Stay)—आलम्ब उद्घर्षण के उपरान्त उद्घर्षण हेतु टेक गड्ढे की खुदाई की जाती है। टेक गड्ढे में टेक पट्टिका में से टेक छड़ (Stay Rod) डालकर गड्ढे को मिट्टी में भरकर पुष्ट कर देते हैं। टेक छड़ का झुकाव खम्बे तथा टेक मध्य के कोण को टेक कोण कहते हैं। टेक कोण की माप 30° से 45° तक रखी जाती है।

Scanned with CamScanner



चित्र-2.25 : Flexible Stay

(ii) अनम्य टेक (Non Flexible)—यह खम्भे के पीछे नम्य टेक उद्घर्षण हेतु स्थान उपलब्ध न हो तो अनम्य टेक उद्घर्षित करनी चाहिए। अनम्य टेक के रूप में एक खम्भे का प्रयोग किया जाता है, जिसका चित्रण 2.26 में किया गया है।



चित्र-2.26 : Non-flexible Stay

अनुप्रस्थ बाहु स्थापन (Fixing of Cross Arm)—Primary Distribution line (650 volt से 11 kV) के खम्भों एवं टेक उद्घर्षण के बाद खम्भों पर अनुप्रस्थ बाहु स्थापन कार्य करता है। कुछ प्रचलित Cross arm का नाम निम्न है–

(i) Wooden cross arm (लकड़ी की अनुप्रस्थ बाहु)
(ii) Mild steel channel cross arm (मृदु इस्पात सारणी अनुप्रस्थ बाहु)
(iii) Zig-Zag cross arm (टेढ़ी-मेढ़ी अनुप्रस्थ बाहु)
(iv) U-shaped cross arm (U-आकृति इस्पात अनुप्रस्थ बाहु)
(v) V-shaped cross arm (V-आकृति इस्पात अनुप्रस्थ बाहु)

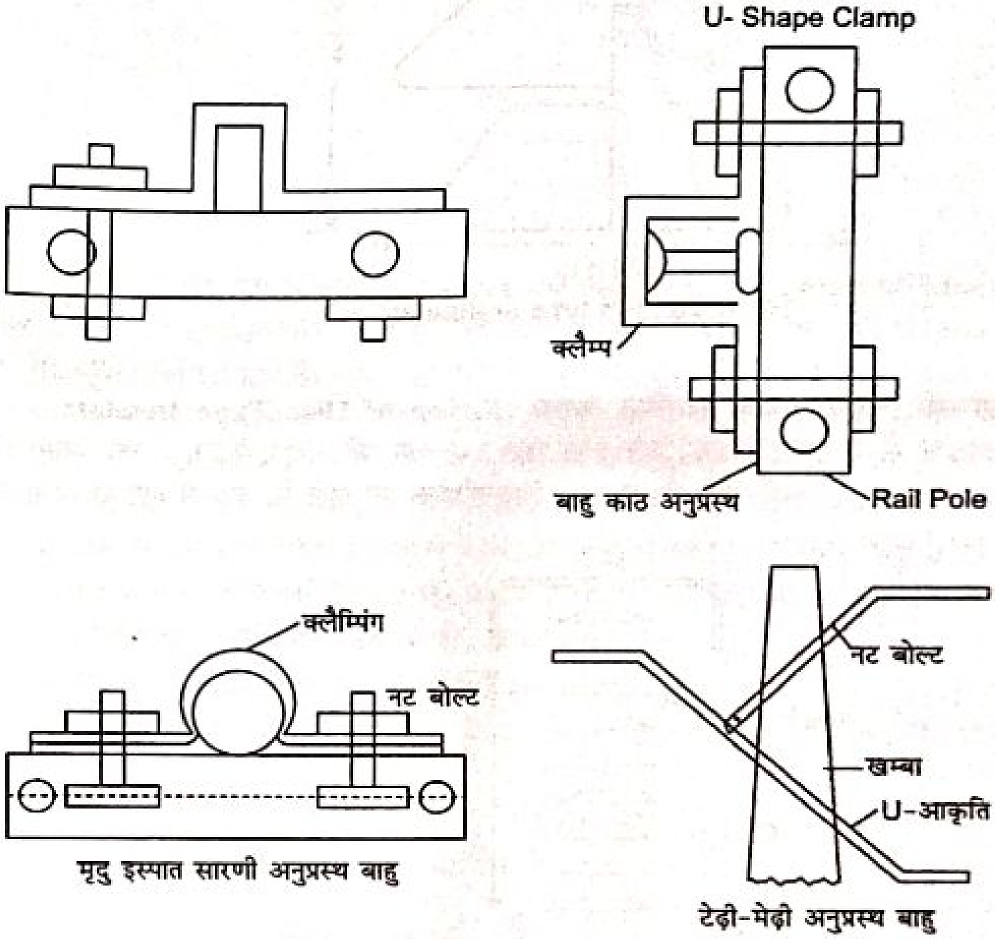
Scanned with CamScanner

(i) लकड़ी के अनुप्रस्थ बाहु (Wooden cross arm)—काष्ठ अनुप्रस्थ बाहु को खम्भे पर क्लैंप एवं नट बोल्ट की सहायता से स्थापित किया जाता है। क्लैम्प की आकृति खम्भे के अनुप्रस्थ के अनुसार U-आकारित चुनी जाती है।

(ii) मृदु इस्पात सारणी अनुप्रस्थ बाहु (Mild steel channel cross arm)—मृदु इस्पात सारणी अनुप्रस्थ बाहु को खम्भे के अनुप्रस्थ काट के अनुसार U आकारित एवं नट बोल्ट की सहायता से स्थापित किया जाता है।

(iii) टेढ़ी-मेढ़ी अनुप्रस्थ बाहु (Zig-Zag cross arm)—टेढ़ी-मेढ़ी अनुप्रस्थ बाहु को खम्भे के अनुप्रस्थ काट के अनुसार उसकी दो भुजाओं पर U-आकृति कलैम्प एवं नट बोल्ट की सहायता से स्थापित किया जाता है।

(iv) U-आकृति इस्पात अनुप्रस्थ बाहु (U-shaped cross arm)—U-आकृति इस्पात अनुप्रस्थ बाहु मृदु इस्पात की ढाली गई अनुप्रस्थ बाहु होती है तथा U-क्लैम्प (अर्ध वृत्ताकार क्लैम्प) की नट बोल्ट की सहायता से खम्भे पर स्थापित की जाती है।



चित्र-2.27

(v) V-आकृति इस्पात अनुप्रस्थ बाहु (V-Shaped cross arm)—V-आकृति मृदु इस्पात अनुप्रस्थ बाहु को U-आकृति क्लैम्प एवं नट बोल्ट की सहायता से खम्भे पर स्थापित की जाती है।

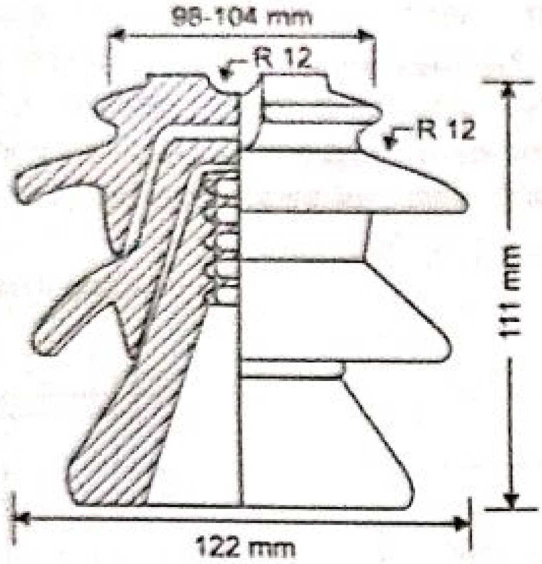
अनुप्रस्थ बाहु पर विद्युतरोधक स्थापित करना (Fixing of Insulator on Cross Arm)—प्राथमिक वितरण लाइनों (11000 volt) के खम्भों पर अनुप्रस्थ बाहु स्थापित करने के उपरान्त अनुप्रस्थ बाहु पर विद्युतरोधक स्थापित किए जाते हैं। अनुप्रस्थ बाहु पर विद्युतरोधक निम्नलिखित प्रकार से स्थापित किए जाते हैं—

(i) कीली विद्युतरोधक (Fixing of Pin Insulator)

(ii) चक्रिका प्रारूपी विद्युतरोधक स्थापित करना (Fixing of Disc Type Insulator)

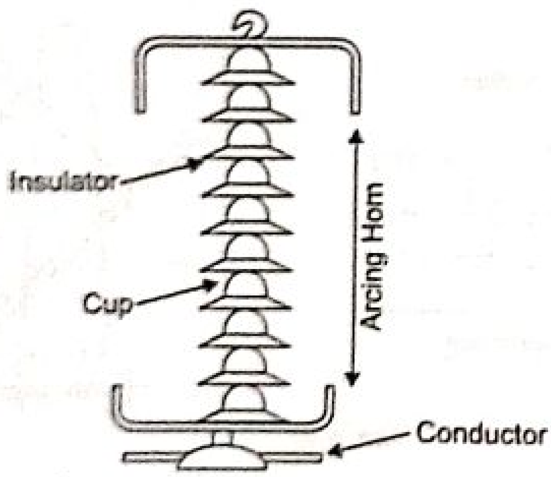
Scanned with CamScanner

(i) कीली विद्युत रोधक स्थापित करना (Fixing of Pin Insulator)—Pin Insulator का प्रयोग Low voltage 11 kV लाइन तक किया जाता है। उपर्युक्त सभी प्रारूप अनुप्रस्थ बाहुओं में बने छेद में विद्युतरोधक की पिन डालकर उसके नीचे वाशर लगाकर नट के द्वारा कीली विद्युतरोधक को ऊर्ध्वाधर स्थिति में स्थापित कर दिया जाता है।



चित्र-2.28 : Pin type of insulator.

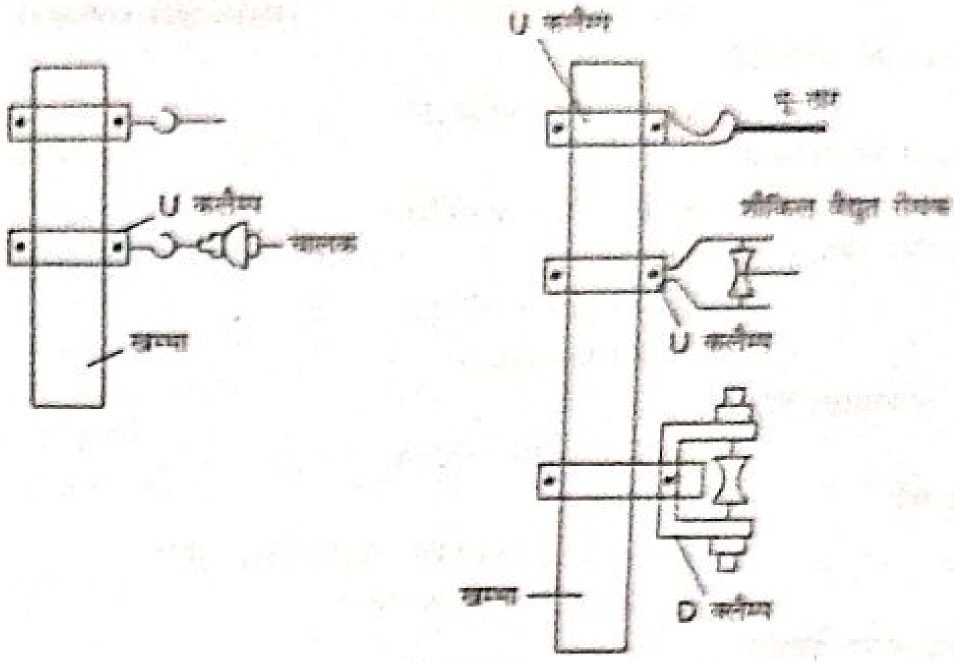
(ii) चक्रिका प्रारूपी विद्युत रोधक स्थापित करना (Fixing of Disc Type Insulator)—Disc Type Insulator का प्रयोग 11 kV से लेकर 220 kV, 400 kV, 765 kV तक की लाइन में Disc का प्रयोग किया जाता। प्रत्येक Disc को 11 kV की String बनाई जाती है। String विद्युतरोधक को झूले के रूप में लटका दिया जाता है।



चित्र-2.29 : Disc Type of Insulator

खम्भों पर विद्युत रोधक को स्थापित करना (Fixing of Insulators on Pole)—Pole पर Insulator स्थापित करने के लिए D क्लैम्प, U क्लैम्प का उपयोग किया जाता है। खम्भों पर High voltage के लिए Disc Insulator तथा Low voltage, Medium voltage के लिए शॉकिल विद्युत रोधक का प्रयोग किया जाता है। Shockle Insulator का प्रयोग Pine Type Insulator के रूप में भी किया जाता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–2.30

लाइनों का कार्य अर्पण एवं संचालन (Commissoning and Operation of Line)—लाइन Testing के उपरान्त लाइन कार्य करने के उपर्युक्त मानी जाती है तथा प्रदेश के मुख्य वैद्युत परीक्षक (Chief Electrical Inspector) को उनके निरीक्षण हेतु सूचित किया जाता है। लाइन के परीक्षण के बाद मुख्य वैद्युत परीक्षक (Chief Electrical Inspector) द्वारा लाइन को कार्य अर्पण के उपरान्त लाइन को निर्धारित वोल्टता पर अर्जित किया जाता है। जब वैद्युत लाइन पूरी तरह से Charged हो जाता है, तब उसके बाद निवासियों को सूचित किया जाता है। जब प्रथम बार निर्धारित वोल्टता पर ऊर्जायन कार्य अर्पण तथा उसके बाद लाइन को चालू करने की प्रक्रिया को operate किया जाता है।

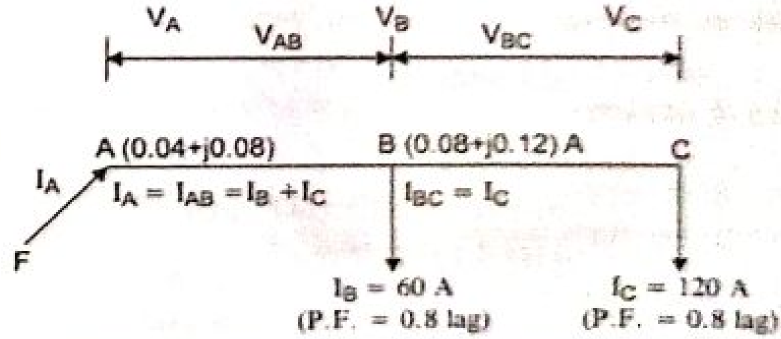
Example–एक द्वितार प्रत्यावर्तीधारा वितरण *ABC* में बिन्दु *C* पर 120 A तथा बिन्दु *B* पर 60 A के वैद्युतभार हैं। दोनों भारों के शक्तिगुणक 0.8 पश्चगामी हैं। *AB* की प्रतिबाधा (0.04 + j0.08) तथा *BC* की प्रतिबाधा (0.08 + j0.12)Ω है। यदि दूरस्थ सिरा बिन्दु *C* पर वोल्टता 400 V हो, तो ज्ञात कीजिए–

(a) वितरक के बिन्दु *B* पर वोल्टता तथा इसका अग्र कोण।

(b) सुदूर सिरा वोल्टता V_C के सापेक्ष प्रेषण सिरा शक्तिगुणक अर्थात् V_C तथा I_A के बीच वाले कला कोण की कोज्या।

(c) वितरक के बिन्दु *A* पर सप्लाई वोल्टेज तथा इसकी अग्रता।

(d) V_A तथा I_A के बीच कला कोण की कोज्या।



चित्र–2.31 : Single line diagram representation.

Scanned with CamScanner

Sol. (a) माना $V_C = (400 + 10)\ V$ (Reference voltage)

वितरण के अंग AB की प्रतिबाधा

$$Z_{AB} = (0.04 + j0.08)\Omega$$

वितरण के अंग BC की प्रतिबाधा

$$Z_{BC} = (0.08 + j0.012)\Omega$$

वितरक के सुदूर सिरा बिन्दु C पर load current

$$I_C = 120(0.8 - j0.6)$$
$$= (96 - j72)A$$

वितरक के BC में प्रवाहित धारा

$$I_{BC} = I_C = (96 - j72)A$$

BC में वोल्टता पाट,

$$V_{BC} = Z_{BC}\, I_C = (0.08 + j0.12)(96 - j72)$$
$$= (16.32 + j5.76) \text{ वोल्ट}$$

वितरक के बिन्दु B पर वोल्टता

$$V_B = V_C + V_{BC}$$
$$= (400 + j0) + (16.32 + j5.76)$$
$$= (416.32 + j5.76) \quad \text{(j रूप व्यंजक)}$$
$$= 416.36 < 0.7927 \text{ वोल्ट} \quad \text{(ध्रुवीय रूप)}$$
$$V_B = 416.36\ V \quad \text{तथा} \quad \alpha_1 = 0.79°$$

(b) वितरक के बिन्दु B पर भारधारा

$$I_B = 60(0.8 - j0.6)$$
$$= (48 - j36)A$$

वितरक के अंग AB में प्रवाहित धारा

$$I_{AB} = I_B + I_C$$
$$= (48 - j36) + (96 - j72)$$
$$= (144 - j108)A$$

∴ वितरक के सिरे A से प्रदत्त धारा,

$$I_A = I_{AB} = (144 - j108)A \quad \text{(j रूप व्यंजक)}$$
$$= 180 < -36.87°A \quad \text{(Polar form व्यंजक)}$$

V_C के सापेक्ष प्रेषक सिरे का शक्तिगुणक,

$$0836.87 = 0.8 \text{ (lag)}$$

(c) वितरक के अंग AB में वोल्टतापात

$$V_{AB} = Z_{AB}\, I_{AB}$$
$$= (0.04 + j0.08) \times (144 - j108)$$
$$= (14.4 + j7.2) \text{ वोल्ट}$$

वितरक के भरण बिन्दु A पर भरण वोल्टता

$$V_A = V_B + V_{AB}$$
$$= (416.32 + j5.76) + (14.4 + j7.2)$$

Scanned with CamScanner

$$=(560.72+j12.96) \quad \text{(j रूप)}$$
$$=560.87<1.324° \quad \text{(Polar form)}$$
$$V_A=560.87\text{ V} \quad \text{तथा} \quad \alpha=1.324°$$ उत्तर

(d) वितरक के भरण सिरा बिन्दु A की वोल्टता V_A तथा धारा I_A के बीच कला कोण (Phase Angle)

$$\phi=-36.870°-1.324°=-38.194°$$

इसलिए Supply voltage V_A के सापेक्ष सिरा शक्तिगुणक

$$\cos\phi=\cos(-38.194)°=0.786(\log)$$ उत्तर

एक द्वितार प्र.धा. अरीय पोषक 0.8 पश्चगामी शक्तिगुणक पर 150 A की सिरा धारा प्रदान कर रहा है। पोषक की प्रतिबाधा $(0.08+j0.1)\Omega$ है। यदि भार सिरे पर वोल्टता 400 V हो, तो सप्लाई वोल्टेज ज्ञात कीजिए।

Sol. माना AB एक द्वितार की वोल्टता तथा 0.8 पश्चगामी सुदूर सिरा B से 400 V की वोल्टता तथा 0.8 पश्चगामी p.F. पर 150 A का वैद्युत भार लगाया गया है। तब पोषक के बिन्दु B पर वोल्टता (voltage)

$$V_{BL}=(400+j0)\text{ V}$$

बिन्दु B पर वैद्युत भार धारा,

$$I_B=150(0.8-j0.6)$$
$$=(120-j90)\text{A}$$

पोषक की कुल प्रतिबाधा,

$$Z_{AB}=(0.08+j0.1)\Omega$$

पोषक में कुल वोल्टतापात (Total voltage drop)

$$V_{AB}=Z_{AB}\,I_B$$
$$V_{AB}=(0.08+j0.1)(120-j90)$$
$$=(18.6+j4.8)\text{V}$$

पोषक के सिरे A पर Supply voltage,

$$V_A=V_B+V_{AB}$$
$$=(400+j0)+(18.6+j4.8)$$
$$=(418.5+j4.8)\text{V}$$
$$\text{परिणाम}=\sqrt{(418.6)^2+(4.8)^2}$$
$$=418.63\text{ V}$$ उत्तर

चालक तार का आकार ज्ञात करना (Determination of Size of Conductor)—बिजली वितरण प्रणाली में आमतौर पर एल्यूमिनियम और ए.सी.एस.आर. दोनों चालकों का प्रयोग किया जाता है। वितरण प्रणाली में एल्युमिनियम वितरण प्रणाली के लिए डिजाइन किए गए चालक का आकार तय करने वाले कुछ प्रमुख कारण निम्नलिखित हैं—

- कंडक्टर या वितरण लाइन को ले जाने की क्षमता
- स्वीकार्य वोल्टेज ड्राप या लाइन विनियमन
- कंडक्टर की टूटने की ताकत

लाइन की वर्तमान कैरिंग क्षमता—कंडक्टर तापमान वृद्धि या आपरेटिंग तापमान द्वारा तय किए गए कंडक्टर की वर्तमान वहन क्षमता (आपरेटिंग तापमान यान्त्रिक पहुलाओं जैसे स्वीकार्य अवधि, मध्य अवधि, के शिथिल जोड़ आमतौर पर 85°C पर (AAAC) 75°C, 65°C या 60°C (ACSR) अधिकतम आपरेटिंग तापमान का उपयोग किया जाता है।

वोल्टेज ड्राप और वोल्टेज विनियमन—स्वीकार्य voltage drop का 11 kV और थर्मल टेशन (एम्पीयर लोडिंग) के साथ, कंडक्टर का आकार को निर्धारित करने में महत्त्वपूर्ण कारकों के रूप में माना जाता है, जो अधिकतम आपरेटिंग

Scanned with CamScanner

तापमान के आधार पर सामान्य थर्मल रेटिंग का लगभग 80 प्रतिशत है। वितरण लाइन में कार्यरत बड़े कंडक्टर लाइन में I^2R नुकसान और वोल्टेज गिरता है और इसलिए वोल्टेज नियमन का सुधार होता है।

कंडक्टर में यान्त्रिक लक्षण—यान्त्रिक दृष्टिकोण से कंडक्टर के आकार का चुनाव निम्न पर निर्भर करता है

बाहरी लोडिंग—हवा की गति, बर्फ की लोडिंग और परिवेश का तापमान।

आंतरिक लोडिंग—स्ट्रैंडिंग बिजली का मापांक, रेंगना का थर्मल विस्तार, उदाहरण के लिए, रेंगना और अर्थशास्त्र पर विचार ए.सी. का उपयोग LT वितरण लाइन में किया जाता है। लाइन विशेषताओं में शामिल है वोल्टेज विनियमन वितरण लाइन मापदंडों और सिस्टम आवृत्ति से प्रभावित होता है।

चालक दो प्रकार के होते हैं–

(i) **ठोस चालक (Solid Conductor)**—ये ठोस या नालीदार चालकों के बने होते हैं। इन्हें बहुक्रोड (Multicore Conductor) भी कहते हैं।

(ii) **लड़ीदार चालक (Strand Conductor)**—प्राय: लाइन चालकों में नम्यता प्रदान करने धारा क्षमता एवं तन्य सामर्थ्य बढ़ाने तथा किरीट हानि कम करने के लिए लड़ीदार चालकों की संरचना की होती है। उच्च वोल्टता पर लड़ीदार चालकों में किरीट हानियों को कम करने के लिए नम्य खोखले नाल (Flexible Hollow tube) चालकों का प्रयोग किया जाता है।

लड़ीदार चालक के लिए निम्नलिखित सूत्र का प्रयोग किया जाता है—

क्र.सं.	उद्देश्य	एकल तार	तीन तार	चार तार
1.	केन्द्र से ηवीं पर्त में तारों की संख्या	η	$3+6\eta$	$4+6\eta$
2.	η पर्तों की लड़ी में तारों की संख्या	$1+3\eta(1+\eta)$	$3(1+\eta)^2$	$(4+3\eta)(1+\eta)$

ठोस चालक (Solid Conductor) (7 Wire Stranded Conductor)

चित्र–2.32

$$\eta \text{ पर्तों की लड़ी में तारों की संख्या} = (1+3\eta)(1+\eta)$$

$$\text{यदि } \eta = 1 \text{ तब}$$

$$\text{तब पर्तों की संख्या} = 1+3\times 1(1+1)$$

$$= 7 \text{ wire}$$

2.3. शिरोपरि लाइनों का आगणन (वितरण लाइन)

(Preparation of Estimates of HT and LT Lines (OH and Cable))

11 kV पर विद्युत शक्ति केन्द्रों पर उत्पादित की जाती है तथा उत्पादित किन्द्र से विद्युत ऊर्जा को विभिन्न वितरण स्टेशनों तक संचरण द्वारा भेजा जाता है। वितरण केन्द्र से वितरण लाइनों से उपभोक्ता तक प्रदाय (Feeder) वितरक तथा सेवा लाइन के द्वारा वितरित किया जाता है, जो कि निम्न प्रकार से होता है–

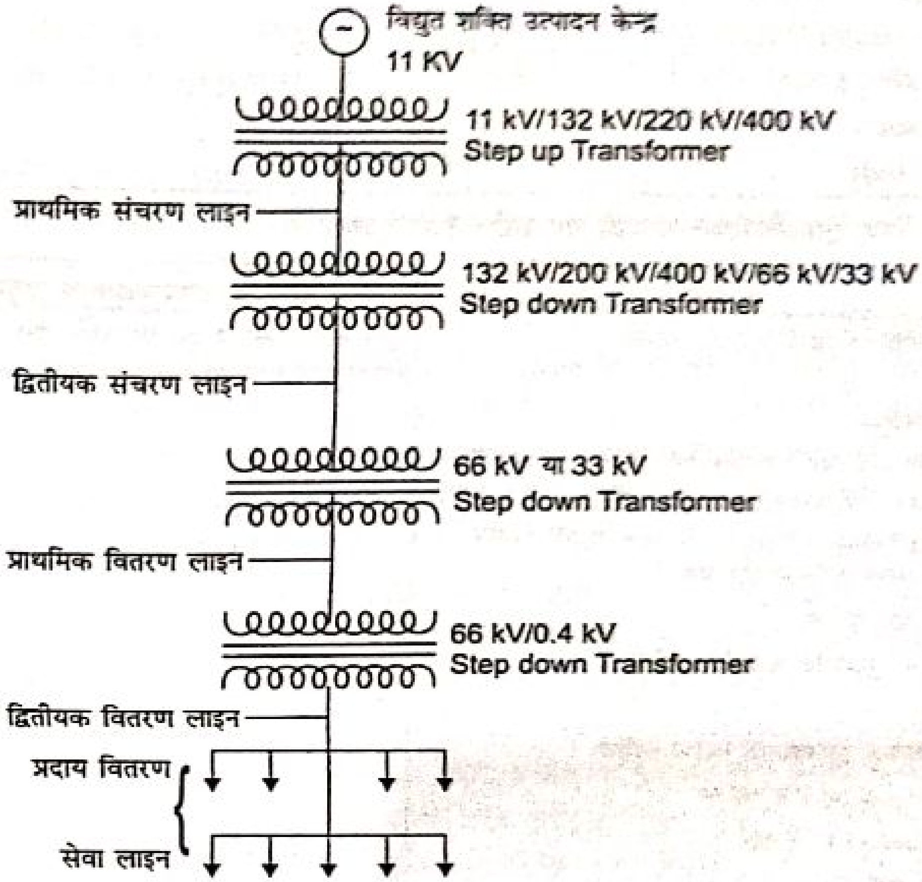
(i) प्राथमिक संचरण लाइन—132 kV, 200 kV, 400 kV तथा 800 kV

(ii) द्वितीयक संचरण लाइन—66 kV तथा 33 kV

Scanned with CamScanner

(iii) प्राथमिक वितरण लाइन—11 kV, 6.6 kV, 3.3 kV तथा 1.1 kV

(iv) द्वितीयक वितरण लाइन—440 तथा 220



चित्र–2.33

L.T. लाइन के लिए निम्नलिखित सामग्री का प्रयोग किया जाता है—

क्र.सं.	सामग्री का पूर्ण विवरण	आवश्यकता के अनुसार
1.	इस्पात नलीय पोल	चूँकि लाइन की दूरी पता न होने के कारण सारे उपकरणों को आवश्यकता के अनुसार लिया जाएगा।
2.	शैकल पृथक्कारक	
3.	शैकल पृथक्कारक T क्लैम्प (सामान्य पोल)	
4.	शैकल पृथक्कारक D टर्मिनल पोल	
5.	7 / 3.10 mm AAC चालक तार (2% झोल सहित)	
6.	3 / 8.00 mm AAC उदासीन तार	
7.	भू-तार 8SWG GI वायर	
8.	भू-तार आई बोल्ट	
9.	5 mm ऐल्युमिनियम बंधक तार	
10.	रक्षण पाश तार 5 ×12	
11.	भू-सम्पर्कन तार	
12.	टेक तार सेट	

Scanned with CamScanner

13.	स्प्लिट पृथक्कारक	
14.	बार बेंड वायर	
15.	गली प्रकाश व्यवस्था	
16.	खतरा पर क्लैम्प के साथ	
17.	खम्भों की कंक्रीट	
18.	नट, बोल्ट, वाशर	

HT लाइन के लिए निम्नलिखित सामग्री का प्रयोग किया जाता है—

क्र.सं.	सामग्री	आवश्यकता के अनुसार
1.	नालीदार लोहे के खम्भे 11 मी. लम्बा	चूँकि लाइन कितनी दूरी पर जागी, इसकी जानकारी न होने के कारण उपकरणों को आवश्यकता के अनुसार लिया जाएगा।
2.	अनुप्रस्थ बाहु— (i) 100 m ×50 mm ×8 mm MS चैनल, 1.5 m लम्बा (ii) 100 m ×50 mm ×8 mm MS चैनल, 2.0 m लम्बा	
3.	ब्रेसिंग (i) 75 mm ×75 mm ×10 mm ऐंगल आयरन चार मी. लम्बा टर्मिनल पोर्ट हेतु	
4.	अनुप्रस्थ बाहु क्लैम्प	
5.	11 kV पिन पृथक्कारक क्लैम्प सहित	
6.	F क्लैम्प	
7.	11 kV डिस्क पृथक्कारक क्लैम्प सहित	
8.	6/12.79 mm ACSR चालक	
9.	7 /16 SWG G.I. भू-तार	
10.	बाद वेड तार (5 m)	
11.	5 mm ऐल्युमिनियम बंधक तार 3 m प्रति पृथक्कारक	
12.	भू-तार क्लैम्प	
13.	टेक तार	
14.	भू-सम्पर्कन सेट	
15.	खतरा पट क्लैम्प सहित	
16.	खम्भों की कंक्रीटिंग	
17.	नट, बोल्ट, वाशर	
18.	तड़ित रोधक सेट	

2.4. भूमिगत केबिलें (Underground Cables)

1. प्रस्तावना (Introduction)

भूमिगत केबिलों का प्रयोग विद्युत शक्ति के संचरण व वितरण में होता है। ऐसे स्थान जहाँ शिरोपरि (Overhead) संचरण या वितरण पद्धति बाधित होता है वहाँ पर भूमिगत केबिलों का प्रयोग किया जाता है।

वोल्टता, प्रयोग करने की आवश्यकताओं (Requirements) के आधार पर केबिल कई प्रकार के होते हैं। भूमिगत केबिलों में अच्छाइयाँ हैं तो कुछ बुराइयाँ भी हैं इसकी प्रारम्भिक कीमत बहुत ज्यादा हो सकती है। इस अध्याय में हम भूमिगत केबिलों के बारे में विस्तृत रूप से अध्ययन करेंगे।

Scanned with CamScanner

2. भूमिगत केबिलों का वर्गीकरण (Classification of Underground Cables)

यांत्रिक संरचना व वोल्टता के आधार पर विभिन्न प्रकार के underground cables का प्रयोग किया जाता है। प्राय: केबिलों की प्रचालन वोल्टता से केबिल में विभिन्न प्रकार के उपयुक्त विद्युतरोधकों का निर्धारण किया जाता है। वोल्टता के आधार पर केबिलों का विभिन्न categories में प्रयोग किया जाता है, इसी आधार पर केबिलों का वर्गीकरण निम्न रूप से किया गया है—

(i) निम्न वोल्टता केबिलें (Low Voltage Cables) (1000 वोल्ट तक)
(ii) उच्च वोल्टता केबिलें (High Voltage Cables) (11000 वोल्ट तक)
(iii) सर्वोच्च वोल्टता केबिलें (Super Tension Cables) (33000 वोल्ट तक)
(iv) अतिरिक्त उच्च वोल्टता केबिलें (Extra High Tension Cables) (13200 वोल्ट तक)
(v) अतिरिक्त सर्वोच्च वोल्टता केबिलें (Extra Super Tension Cables) (132000 वोल्ट से ऊपर)

(i) निम्न वोल्टता केबिलें—इन केबिलों का प्रयोग अधिकतम 1 kV वोल्टता के लिये किया जाता है। इसके लिये किसी विशेष संरचना की आवश्यकता नहीं होती है। इसमें विद्युतरोधकों के रूप में संसेचित कागज (Impregnated paper) वार्निश्ड काम्ब्रिक (Varnished cambric), वल्कनाइज्ड रबर (Vulcanized rubber) आदि।

(ii) उच्च वोल्टता केबिलें—इन केबिलों का प्रयोग अधिकतम 11 kV वोल्टता के लिये किया जाता है। ये केबिलें प्राय: गोलाकार (Circular) अथवा अण्डाकार (Oval) होता है। इनमें Standard copper conductor संसेचित कागज (Impregnated paper) से बंधे (Wrapped) होते हैं। संसेचित कागज के ऊपर कवचन (Armouring) के लिये शीसे की परत (Lead sheathed) चढ़ायी जाती है। यह हमारे केबिल के लिये एक सुरक्षित आवरण के रूप के कार्य करता है। अत: इन केबिलों की संरचना विशेष रूप से तैयार किया जाता है।

(iii) सर्वोच्च वोल्टता केबिलें—इन केबिलों का प्रयोग अधिकतम 33 kV वोल्टता के लिये किया जाता है। इनका प्रयोग उच्च संचरण लाइनों में प्रयोग किया जाता है। इसमें उच्च गुणवत्ता विद्युतरोधकों का प्रयोग किया जाता है।

(iv) अतिरिक्त उच्च वोल्टता केबिलें—इनका प्रयोग अधिकतम 66 kV तक की वोल्टता के लिये किया जाता है। इनमें high voltage bearing insulators की आवश्यकता होती है।

(v) अतिरिक्त सर्वोच्च वोल्टता केबिलें—इन केबिलों का प्रयोग 132 kV या इससे अधिक voltage के लिये किया जाता है। ये केबिलें high transmission lines में प्रयोग की जाती हैं। इनकी संरचना कुछ विशेष तरह की होती है। इनमें ज्यादा insulating materials प्रयोग होने के कारण इनकी cost ज्यादा आती है।

3. केबिलों की सामान्य संरचना (General Construction of Cables)

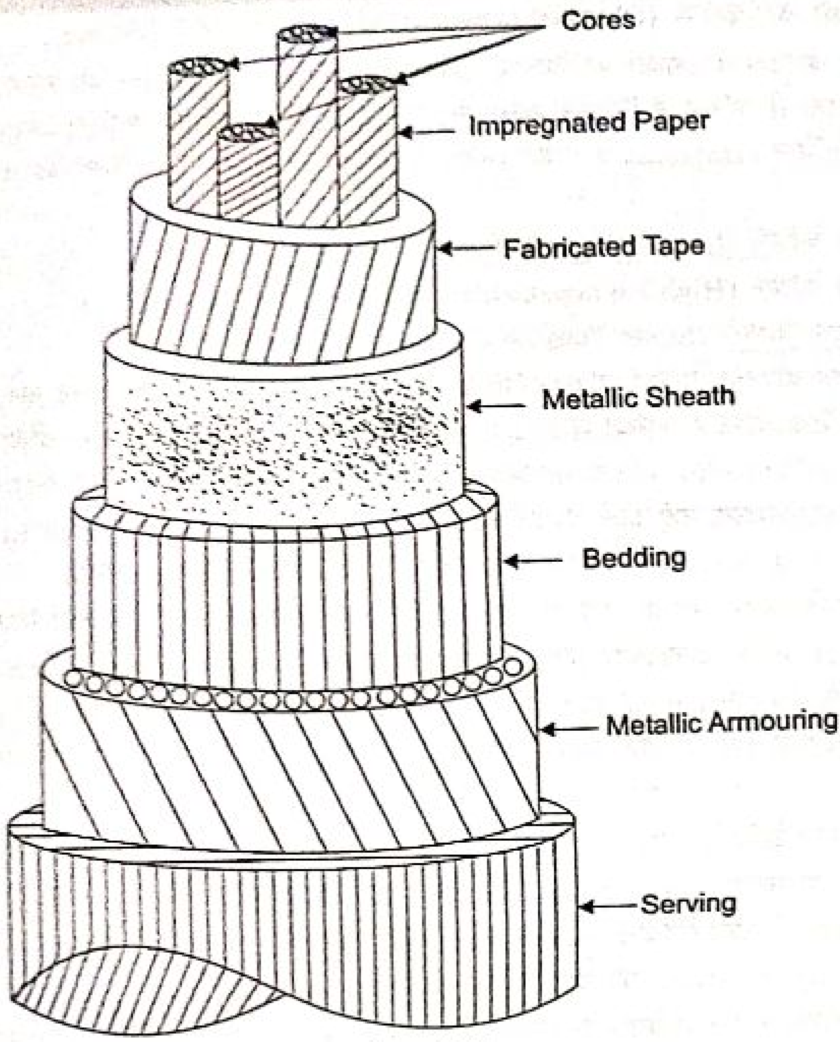
भूमिगत केबिलों का प्रयोग उच्च वोल्टता (High voltage) पर power को संचरित (Transmit) करना होता है। ये Single core अथवा Multi core दोनों प्रकार के हो सकतें हैं तथा ये core आपस में vulcanized bitumen अथवा संसेचित कागज (Impregnated paper) द्वारा बँधे रहते हैं। इनकी संरचना को चित्र 2.34 से समझाया गया है।

इनमें प्रमुख parts होते हैं जिन्हें निम्न रूप से समझाया गया है—

(i) क्रोड (Core)—भूमिगत केबिलें प्राय: single core अथवा multi core types होती है। ये प्राय: Copper, Aluminium or Alloy (मिश्र धातु) के होते हैं। ये core सीधे अथवा लड़ीदार होते हैं। ये suitable shape में होते हैं। इन केबिलों के cores की cross-sectional area इनकी Current carrying capacity पर निर्भर करती है। अगर इसमें core neutral का है तो उसका cross-sectional area अन्य cores की अपेक्षा कम होता है। सभी क्रोड (Cores insulation) से isolated होते हैं।

(ii) संसेचित कागज (Impregnated Paper)—केबिल में सभी cores आपस में संसेचित कागज द्वारा बंधे रहते हैं। इसके लिये प्राय: अन्य पदार्थों जैसे vulcanized bitumen अथवा varnished combric का भी प्रयोग किया जाता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–2.34

(iii) धात्विक म्यान (Metallic Sheath)—नमी, गैस और विभिन्न प्रकार के क्षतिपूर्ति component से बचाने के लिये इसके ऊपर Aluminium व Lead के मिश्रण (Alloy) को लपेटा जाता है। Metallic sheath का सबसे महत्वपूर्ण लाभ यह है कि यह लचकदार होता है तथा यह उच्च संक्षारण रोधी (Corrosive Resistance) होते हैं। यह परत केबिल को earthing भी प्रदान करता है।

(iv) संस्तरण (Bedding)—Metallic sheath की सुरक्षा के लिये उसके ऊपर paper tape जो की Fibrous व Jute, Cotton अथवा hessian tape का यौगिक (Compound) होता है लपेटा जाता है। Bedding की परत armouring की परत के साथ कोई क्रिया (Reaction) नहीं करती है। इसकी परत P.V.C. के रूप में नहीं प्रयोग की जा सकती है।

(v) कवचन (Armouring)—केबिल को यांत्रिक आघात या क्षति (Mechanical injury) से बचाने के लिये उसके bedding परत के ऊपर galvanized steel अथवा steel tape की एक परत का प्रयोग किया जाता है जिसे कि कवचन (Armouring) कहा जाता है। उच्च सुरक्षा (Higher protection) के लिये armouring की double परत चढ़ायी जाती है।

(vi) सेवा आवरण (Serving Layer)—Armoring की परत के ऊपर एक परत चढ़ायी जाती है जो कि fabric material की बनी होती है उसे सेवा आवरण (Serving layer) कहा जाता है। यह cable के सम्पूर्ण अवयवों को सुरक्षा प्रदान करता है। इससे cable देखने में charming and attractive लगते हैं।

Scanned with CamScanner

4. भूमिगत केबिलों के बिछाने की विधियाँ (Methods of Laying of Underground Cables)

केबिल को बिछाने की चार प्रमुख विधियाँ हैं जो कि निम्नलिखित हैं—

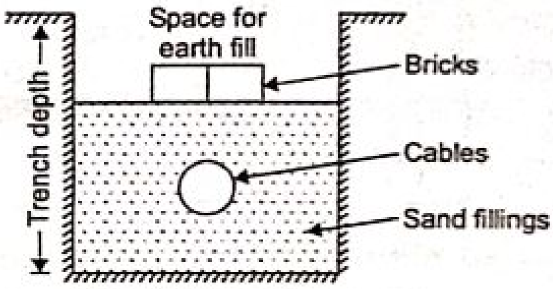
(i) प्रत्यक्ष प्रणाली (Direct System)

(ii) अनुकर्षण प्रणाली (Draw in System)

(iii) ठोस प्रणाली (Solid System)

(iv) रेक एवं क्लीट प्रणाली (Rack and Cleat System)

(i) प्रत्यक्ष विधि (Direct System)—इस विधि में प्रयुक्त केबिलों की armouring, steel tape से की जाती है। इस विधि में कागज विद्युतरोधित (Paper insulated) केबिल का प्रयोग किया जाता है। इसमें P.V.C. द्वारा कवचित (Armoured) केबिलों का प्रयेाग किया जाता है।



Direct laying system

चित्र–2.35

इस विधि में लगभग 1.20 metre से 1.50 metre गहरी खाई खोदकर उसके Base पर sand (बालू) की परत बिछायी जाती है। फिर इसमें केबिल को डालकर उसके चारों ओर से दीवार बनायी जाती है। ज्यादा केबिलों को बिछाने के लिये जगह को और चौड़ा कर दिया जाता है तथा दो केबिलों के बीच की दूरी 40 cm से कम नहीं होनी चाहिए। प्राय: केबिलों को सीधा (Straight) ही बिछाना चाहिए।

Ist specification के अनुसार विभिन्न वोल्टताओं की केबिलों के लिये सतह से गहराई निम्न प्रकार से होनी चाहिए।

(i) 11 kV से कम Rating वाले cables के लिये 0.45 मीटर (सम्पूर्ण केबिल की त्रिज्या सहित)

(ii) 11 kV से 22 kV के बीच की rating वाले cables के लिये 0.75 मीटर (सम्पूर्ण केबिल की त्रिज्या सहित)

(iii) 22 kV से 33 kV के बीच Rating वाले cables के लिये 1.0 मीटर (सम्पूर्ण केबिल की त्रिज्या सहित)

अत: केबिल के बिछाने की यह विधि साफ, सुरक्षित व सस्ती होती है। केबिल में उच्च धारा वहन होने के कारण उत्पन्न हुई ऊष्मा पूर्ण रूप से विसरित हो जाती है।

गुण (Merits)—

(i) यह विधि सरल है।

(ii) यह विधि सस्ती होती है।

(iii) यह विधि ज्यादा मितव्ययी (Economical) होती है।

कमियाँ (Demerits)—

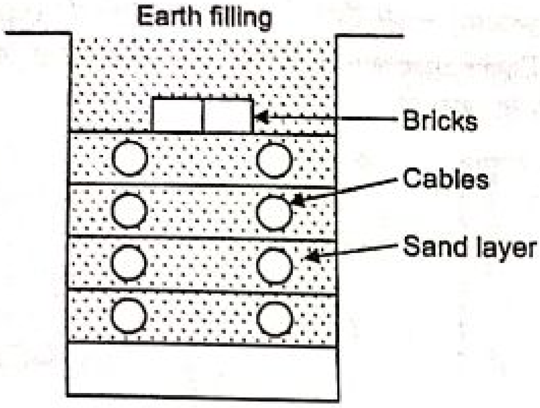
(i) इसमें प्रदोष स्थानीकरण (Fault localization) आसान नहीं होता है।

(ii) इनकी अनुरक्षण (Maintenance) कीमत अधिक होता है।

(ii) अनुकर्षण प्रणाली (Draw in System)—केबिल बिछावन के इस विधि में खुदे हुए गड्ढे में conduits, Ducts, glazed stoneware अथवा clay cement tubes में से कोई एक डाल दिया जाता है। दूसरे pipes अथवा ducts (दूसरे Cable के लिये) उसी के बगल में डाल दिया जाता है। एक निश्चित दूरी पर tubes or ducts, pipes के सिरों पर

Scanned with CamScanner

ईंट के कुण्ड बनाये जाते हैं। ये कुण्ड ही Main holes कहलाते हैं। इन्हीं holes से cable को खींचकर pipes में बिछाया जाता है। प्राय: केबिल किसी रस्सी (Rope) अथवा लचकदार (Flexible) steel wire गे खींचे जाते हैं। pipe का व्यास केबिल के बाह्य व्यास (Dia) से अधिक होना चाहिए जिससे कि केबिल आसानी से खींचा जा सके। जमीन के Surface से गड्ढे की गहराई pipe का ऊपरी भाग surface से 0.6 m नीचे रहे तथा गड्ढे की चौड़ाई उसमें डाले गये Pipes की संख्या पर निर्भर करती है। सामान्यत: दो pipes के बीच की दूरी (0.25 से 0.75 मीटर) तक होती है। Main hole प्राय: उस जगह पर लगाये जाते हैं जहाँ से सभी directions में cable आ अथवा जा सकें। Main Hole का size इतना होना चाहिए कि आसानी से जा सके और यह size उसमें duct or pipes की संख्या पर निर्भर करती है।



चित्र-2.36

5. अनुकर्षण प्रणाली के गुण (Merits of Draw in System)

(i) Ducts or pipe की वजह से cable के armouring की आवश्यकता नहीं होती है।

(ii) इस विधि में cable, mechanical injuries से सुरक्षित (Safe) रहती है।

(iii) इस विधि में गड्ढे को ज्यादा खोदने की आवश्यकता नहीं होती है।

(iv) इस विधि में यदि cable में कोई Fault आ जाता है, या किसी Network से केबिल को जोड़ने की आवश्यकता होती है तो गड्ढे को विना खोदे ही कार्य को पूरा किया जा सकता है।

(v) चूँकि इस विधि में cable, मिट्टी (Soil) या किसी अन्य रासायनिक पदार्थ (Chemicals) के सम्पर्क में नहीं होते अत: उनका जीवनकाल (Life period) बढ़ जाता है।

(vi) यह विधि direct system से मितव्ययी (Economical) साबित होती है।

कमियाँ (Demerits)

(i) यह पद्धति secondary distribution के लिये उपयुक्त (Suitable) नहीं होती है।

(ii) इसमें से tapping नहीं की जा सकती है।

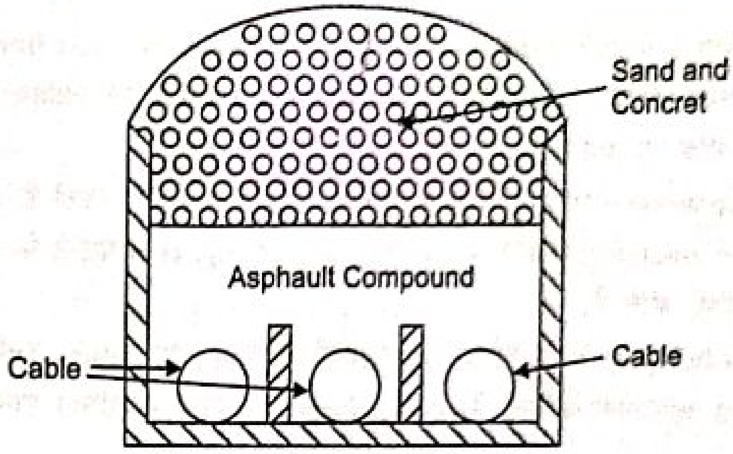
(iii) इसमें ऊष्मा का विसरण (Heat Dissipation) श्रेष्ठ नहीं होता है।

(iv) उत्पन्न ऊष्मा cable के life period पर असर डालती है।

इसके बिछावन में कुशल कारीगरों (Trained workers) की आवश्यकता होती है जिससे यह विधि ज्यादा महँगी (Costly) साबित होती है।

(iii) ठोस प्रणाली (Solid System)—इस पद्धति में केबिलें पूर्णत: खुले हुए गड्ढे (Open trench) में बिछाये जाते हैं। इन गड्ढों को द्रोणिका (Trough) कहा जाता है। केबिल को बिछाने के बाद trough को बिटुमिन अथवा एस्फाल्ट (asphault) यौगिकों द्वारा भर दिया जाता है। जब तक यह यौगिक द्रवित रहता है, तब इसके ऊपर ईंट अथवा टाइल लगा दिया जाता है। Trough, cast iron, एस्फाल्ट अथवा सूखी हुई लकड़ी से बना रहता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–2.37

एस्फाल्ट (Asphault) व यौगिकों के जमने के बाद cable trough का आकार ग्रहण कर लेती है। इस विधि में प्रयुक्त cables की armouring नहीं रहती है। केबिल पर सीसा (Lead) की परत अवश्य चढ़ी रहती है।

इस विधि में केबिलों को उपयुक्त यांत्रिक सुरक्षा प्रदान होती है।

गुण (Merits)—

इस पद्धति में निम्नलिखित गुण हैं—

(i) चूँकि cables की armouring नहीं रहती अत: इनकी cost थोड़ा कम हो जाती है।

(ii) इस विधि में cable नमी व आघातों से पूर्णत: सुरक्षित रहती है।

(iii) इस पद्धति में cable का life period बढ़ जाता है।

(iv) यह एक विश्वसनीय प्रणाली है।

(v) इस विधि में किसी प्रकार के खतरे की आशंका नहीं रहती है।

अवगुण (Demerits)—

(i) केबिल बिछाने की इस पद्धति में बहुत ज्यादा लागत आती है।

(ii) इस विधि में ऊष्मा का विसरण (Heat dissipation) श्रेष्ठ रूप से नहीं हो पाता है।

(iii) इस विधि में कुशल कारीगरों (Trained workers) की आवश्यकता होती है जिससे इसमें लागत (Cost) ज्यादा आती है।

(iv) इस पद्धति में केबिल के बिछाने में समय अधिक लगता है।

(v) इसके अनुरक्षण में लागत व समय दोनों अधिक लगते है।

(vi) इस पद्धति में बिछावन (Laying) व अनुरक्षण (Repairing) दोनों बरसात के मौसम (Rainy season) में नहीं किये जा सकते हैं।

6. विशेष स्थानों पर केबिल बिछाना (Laying of Cables in Special Locations)

(i) Road Crossing—सड़कों के नीचे से cable गुजारने के लिये गैल्वनाइज्ड स्टील अथवा R.C.C. पाइपों (Pipes) का प्रयोग किया जाता है। पाइपों को उनके झुकाव कोण के order में लगाना चाहिए।

(ii) Railway Crossing—Railway Authorities के specification तथा नियमों के अनुसार Railway Crossing पर cables बिछाने चाहिएँ। सामान्यत: cables, steel, cast iron अथवा R.C.C. के pipes में बिछाये जाते हैं। Pipe formation level से 1 metre नीचे रहना चाहिए तथा उसे track से कम से कम 2 मीटर की दूरी रखनी चाहिए।

(iii) Water Main Crossing—जब किसी water supply mains का power cable द्वारा पार (Cross) किया जाता है तो दोनो के बीच 0.4 met. की gapping रखी जाती है।

Scanned with CamScanner

(iv) **Communication Line Crossing**—संचार लाइनों (Communication lines) के पास power cables को बिछाने के लिये दोनों के बीच क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर 0.6 metre की gapping होनी चाहिए। इससे communication में विरूपण (Disturbance) से बचा जा सकता है।

(v) मीनारों पर (In Tunnels)—मीनारों पर प्राय: केबिल दीवारों में चिनाई जाती हैं *अथवा*

(vi) **On Bridges**—Concrete (कंक्रीट) के बने हुए पुलों (Bridges) में पाइपों के रूप में ढकी हुई Ducts बनी होती हैं। इन्हीं मे केबिलें बिछायी जाती हैं।

स्टील के पुलों (Steel bridges) मे स्टील की पाइपें बिछी रहती है तथा cables इन्हीं पाइपों में बिछायी जाती हैं। पाइपों का व्यास (Diameter) आवश्यक केबिलों के कुल diameter से बड़ा (पर्याप्त) होना चाहिए।

7. केबिलों का गर्म होना (Heating of Cables)

केबिल की त्वचा के तापमान का बढ़ना इसकी उत्पादित तथा विसरित ताप की दर पर निर्भर करता है। तापमान तब तक बढ़ता है जब तक ऊष्मा उत्पादन ऊष्मा विसरण के बराबर नहीं हो जाता है।

प्रचालन की अवस्था में केबिल के तापमान का बढ़ना निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

(i) केबिल में उत्पन्न कुल ऊष्मा पर।

(ii) केबिल के बाहरी परिधि पर भेजी गयी ऊष्मा पर।

(iii) केबिल के द्वारा बाहरी माध्यम को भेजी गयी ऊष्मा पर।

(iv) केबिल की धारा वहन क्षमता पर।

(v) भार (Load) की प्रकृति तथा लघुपथ (Short circuit) आदि पर।

(i) *केबिलों में उत्पन्न कुल ऊष्मा* (Total heat generation in cables)

केबिल के उष्मा उत्पन्न होने के निम्न (sources) हैं—

(a) चालक में I^2R के कारण।

(b) Cable के विद्युतरोधन (Insulation) में परावैद्युत हानियाँ (Dielectric Losses) के कारण।

(c) Metallic Sheath और Armouring में हानियाँ।

8. केबिल की वैद्युतरोधन प्रतिरोधकता (Insulation Resistance of Cables)

केबिल में उपयोगी वैद्युत धारा केबिल की अनुदैर्घ्य दिशा अर्थात् अक्षीय (axial) दिशा में प्रवाहित होती है। परन्तु क्षरण धारा (Leakage current) हमेशा अरीय दिशा (Radial direction) में होकर प्रवाहित होती है।

Leakage current के मार्ग में कार्यरत प्रतिरोध को वैद्युतरोधन प्रतिरोध व इसकी प्रतिरोधकता वैद्युतरोधन प्रतिरोधकता कहलाती है।

यह निम्नलिखित कारकों (Factors) पर निर्भर करता है—

(i) Insulation की मोटाई पर।

(ii) केबिल की लम्बाई पर।

(iii) Insulation की प्रकृति पर।

(iv) तापक्रम पर।

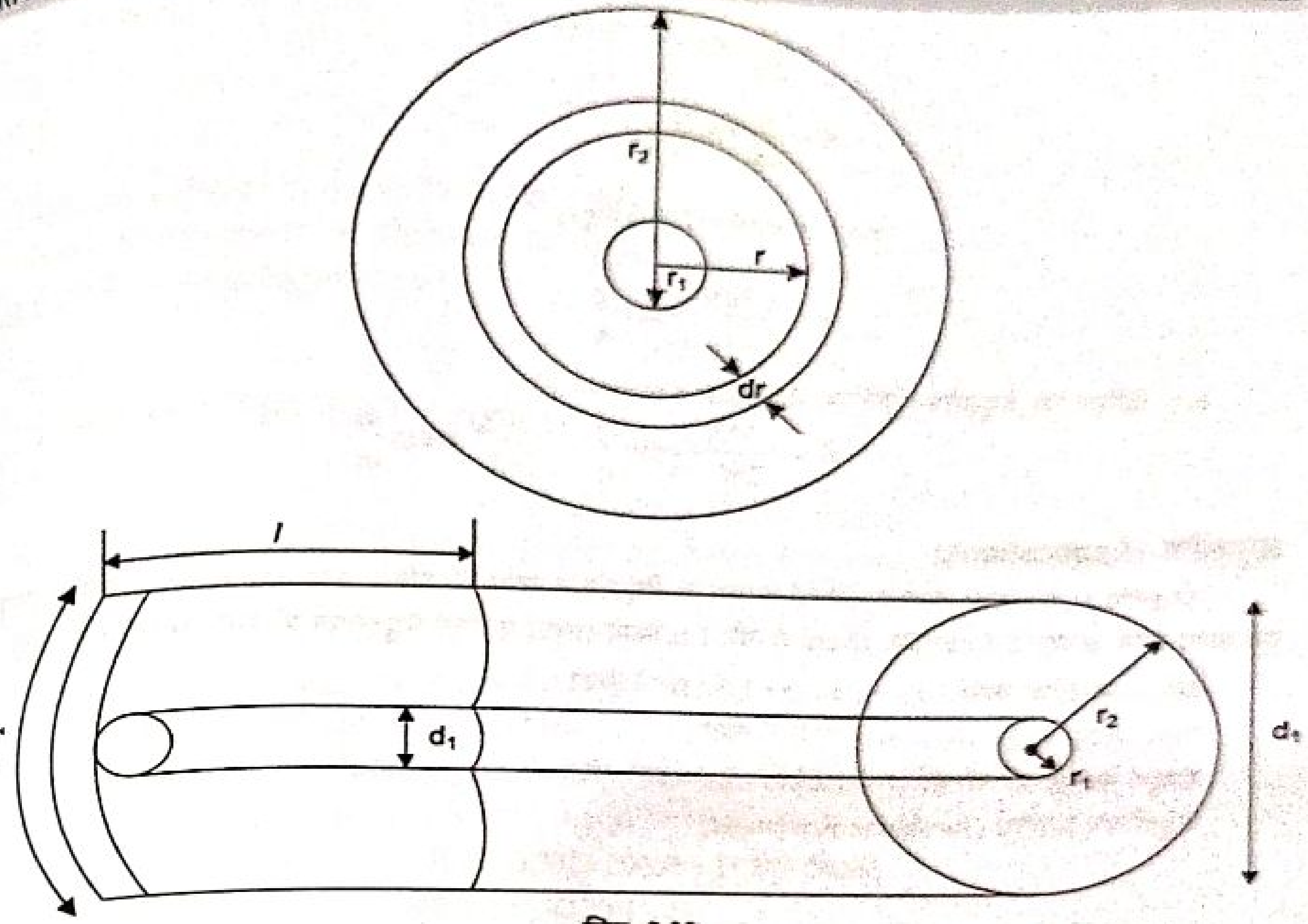
माना कि एक Single core cable में

Specific Resistance (विशिष्ट प्रतिरोध) $= \rho$ (Ω-मीटर में)

कुल लम्बाई (Total length) $= l$ (मी में)

Cable के core की त्रिज्या (Radius) $= r_1$ (मीटर में)

Scanned with CamScanner



चित्र–2.38

Cable की कुल त्रिज्या (Radius) $= r_2$ (मीटर में)

माना कि cable के अन्दर एक काल्पनिक बेलन है

बेलन की त्रिज्या (Radius) $= r$ (मीटर में)

बेलन की मोटाई (Width) $= dr$ (मीटर में)

काल्पनिक बेलन का कुल पृष्ठीय क्षेत्र $= 2\pi rl$ (मीटर^2 में)

काल्पनिक बेलन का सूक्ष्म प्रतिरोध $= \rho \dfrac{dr}{2\pi l} \Omega$

$$\boxed{dR = \rho \frac{dr}{2\pi l} \Omega}$$

∴ केबिल से सम्पूर्ण प्रतिरोधन का प्रतिरोध

$$\int_a^R dR = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho\, dr}{2\pi rl}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r}\, dr$$

$$= \frac{\rho}{2\pi l} [\log r]_{r_1}^{r_2}$$

Scanned with CamScanner

$$= \frac{\rho}{2\pi l}[\log r_2 - \log r_1]$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$\log \rho = \log h = 2.303 \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$$

$$R = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$$

अतः केबिल का वैद्युतरोधन प्रतिरोध (Insulation resistance)

$$R = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{r_2}{r_1} = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{d_2}{d_1}$$

अनुप्रयोग (Applications)

उदाहरण 1. एक उच्च वोल्टता सेंकेन्द्री केबिल के वैद्युतरोधन पदार्थ की प्रतिरोधकता ज्ञात कीजिए। इसकी आन्तरिक एवं बाह्य व्यास क्रमशः 1.5 cm तथा 10 cm है और 1.6 किमी लम्बाई के लिये वैद्युतरोधन प्रतिरोध 50000 मेगा ओह्म है।

हल—आन्तरिक व्यास $(d_1) = 1.5 \text{ cm} = 1.5 \times 10^{-2}$ मीटर

बाह्य व्यास $(d_2) = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2}$ मीटर

सम्पूर्ण केबिल की लम्बाई $(l) = 1.6 \text{ km} = 1.6 \times 10^3$ मीटर

वैद्युतरोधन प्रतिरोध (Insulation Resistance)

$$50000 \text{ मेगा } \Omega = 50000 \times 10^6 \,\Omega$$
$$= 5 \times 10^{10} \,\Omega$$

हम जानते हैं कि

$$R = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \times \log \frac{d_2}{d_1}$$

$$\Rightarrow \quad \rho = \frac{2\pi R l}{2.303} \times \frac{1}{\log (d_2 / d_1)}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 10^{16} \times 1.6 \times 10^3}{2.303 \log_{10} \frac{10 \times 10^{-2}}{1.5 \times 10^{-2}}} = 2.64 \times 10^4 \,\Omega\text{-मीटर}$$

उदाहरण 2. A तथा B दो भूमिगत केबिलों के क्रोडो क्रमशः $1.6\,\Omega$ तथा $0.4\,\Omega$ है और उसके विद्युतरोधन का प्रतिरोध क्रमशः 12 मेगा ओह्म तथा 8 मेगा ओह्म है। क्रोडों तथा विद्युतरोधनों का तुल्य प्रतिरोध ज्ञात करो, जबकि—

1. केबिल श्रेणी में संयोजित हों।
2. केबिल समानान्तर में संयोजित हों।

हल—केबिल A के क्रोड का प्रतिरोध $= 1.6\,\Omega$

केबिल B के क्रोड का प्रतिरोध $= 0.4\,\Omega$

1. श्रेणी में संयुक्त क्रोड का प्रतिरोध (Resistance)

$$= 1.6 + 0.4$$
$$= 2\,\Omega \qquad \text{उत्तर}$$

Scanned with CamScanner

2. समानान्तर में संयुक्त क्रोड का प्रतिरोध (Resistance)

$$= \frac{1.6 \times 0.4}{1.6 + 0.4}$$

$$= 0.32 \Omega$$ उत्तर

केबिल A के विद्युतरोधन का प्रतिरोध $= 12$ मेगा ओह्म

केबिल B के विद्युतरोधन का प्रतिरोध $= 8$ मेगा ओह्म

1. श्रेणी में संयुक्त विद्युतरोधन का प्रतिरोध

$$= \frac{12 \times 8}{12 + 8} = 4.8$$ मैगा ओह्म (Megha Ω)

2. समानान्तर में संयुक्त विद्युतरोधन का प्रतिरोध

$$= 12 + 8$$

$= 20$ मैगा ओह्म or (20 Megha ohm)

उदाहरण 3. एक एकल क्रोड केबिल, जिसकी विशिष्टताएँ निम्नवत् हैं, का विद्युतरोधन प्रति किलोमीटर लम्बाई ज्ञात कीजिये।

क्रोड व्यास (Core diameter) $= 3$ सेमी०

विद्युतरोधन मोटाई (Insulation thickness) $= 1.5$ cm

विद्युतरोधन प्रतिरोधकता (Insulation resistivity) $= 4.5 \times 10^{12} \Omega$-मीटर

हल—केबिल के क्रोड का व्यास $(d_1) = 3$ सेमी० $= 0.03$मीटर

केबिल का कुल व्यास $(d_2) = 6$ सेमी० $= 0.06$ मीटर

परावैद्युत प्रतिरोधकता $(\rho) = 4.5 \times 10^{12} \Omega$-m

केबिल का लम्बाई $l = 1$ km $= 1000$ मीटर

∵ किसी केबिल का परावैद्युत प्रतिरोध

$$R = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{d_2}{d_1}$$ से

$$R = \frac{2.303 \times 4.5 \times 10^{12}}{2 \times 3.14 \times 1000} \log_{10} \frac{0.06}{0.03}$$

$$R = 4.9677 \times 10^8 \Omega$$

महत्वपूर्ण सूत्र :

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{r_2}{r_1} \text{ or } \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{d_2}{d_1}$$

$$R = \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \text{ or } \frac{2.303\rho}{2\pi l} \log_{10} \frac{d_2}{d_1}$$

∴ $$\frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1}$$ (समान मात्रकों के लिए)

9. केबिलों की विशिष्टताएँ (Specifications of Cables)

विशिष्टता का तात्पर्य किसी दिये गये परियोजना कार्य में प्रयुक्त सामग्री की गुणता के सम्बन्ध में व्याख्या की

Scanned with CamScanner

आवश्यकता से है। (Specifications of cable means, particulars required regarding the quality of a natural used material in any given project work) ताकि सामग्री का भली-भाँति निरिक्षण करके सही स्थान पर प्रयोग किया जा सके। किसी वस्तु की विशिष्टताओं की आवश्यकता उसके आदान-प्रदान करने (Giving and taking), निर्माण कार्य (Manufacturing), चित्र या नक्शा ड्राइंग को बनाने (Preparing figure of map or drawing) आदि में होती है।

10. विशिष्टताओं के सामान्य घटक या कारक (General Factors)

किसी वस्तु या पदार्थ की विशिष्टताओं (Specifications) की सामान्य घटकें, जिन पर विशिष्टताएँ सामान्य रूप से निर्भर करती हैं निम्नलिखित हैं—

प्रथम घटक (First Factor)—वास्तविक नाम (Actual Name), प्रचलित नाम (Speaking name), लघु नाम (Short name), विशिष्ट नाम (Specific name) आदि।

द्वितीय घटक (Second Factor)—प्ररूप (Type), किस्म (Kind), वर्ग (Class), रूप (Form), विभाग (Section), स्तर (Level), क्रम (Serial or sequence), भाग (Division), मण्डल (Group) आदि।

तृतीय घटक (Third Factor)—आकार या प्रमाण (Size), नाप या विमा (Dimension), परिमाण (Magnitude), क्षमता (Capacity), भार (Weight) आदि।

चतुर्थ घटक (Fourth Factor)—निर्माणकर्त्ता का नाम (Name of manufacture), बनाने वाले का नाम (Name of maker), उत्पादन करने वाले का नाम (Name of the producer) आदि।

पंचम घटक (Fifth Factor)—गुणता (Quality), निम्न गुणता (Low quality), मध्यम गुणता (Medium quality), उच्च गुणता (High quality), घटिया गुणता (Interior Quality), बढ़िया गुणता (Superior quality) आदि।

11. केबिल की विशिष्टताओं के घटकों की विवेचना (Description of Cables Specifications)

केबिल के खुलासा विवरण के लिये निम्न कारकों पर विचार किया जाता है—

(i) केबिल का वास्तविक नाम (Actual Name of Cable)—जैसे कैट टायर शीथ्ड केबिल (C.T.S. cable), टफ रबर शीथ्ड केबिल (T.R.S. cable), वल्कनाईज्ड इन्डियन रबर केबिल (V.I.R. cable), ऋतुसह केबिल (Weather proof cable), लचकदार केबिल (Flexible cable), सामान्य केबिल (General cable), तेल पूरित केबिल (Oil filled cable), गैस दाब केबिल (Gas pressure cable) आदि।

(ii) केबिल का प्रारूप (Type of Cable)—जैसे निम्न वोल्टता केबिल (L.T. cable), उच्च वोल्टता केबिल (H.T. cable), श्रेष्ठ वोल्टता केबिल (S.T. cable), अति उच्च वोल्टता केबिल (E.H.T. cable), अति श्रेष्ठ वोल्टता केबिल (E.S.T. cable) आदि।

(iii) केबिल का वोल्टता क्रम करण (Voltage Grading of Cable)—जैसे 250/440 V, 440/650 V, 650/1100 V, 1.1/11 kV, 11/22 kV, 22/33 kV, 33/66 kV, 66/132 kV, 132/220 kV, 220/440 kV.

(iv) केबिल का विद्युतरोधी पदार्थ (Insulating Material of Cable)—जैसे—रबर (Rubber), वल्कनाइज्ड इन्डियन रबर (V.I.R.), संसेचित कागज (Impregnated paper), वार्निश्ड केम्ब्रिक (Varnished cambric), एम्पायर tap, पोलीविनायल क्लोराइड (P.V.C.), वल्कनाइज्ड बिटुमन (Vulcanized bitumen), पेपर इंसुलेटिड लैड एलॉय शीथ्ड (Paper insulated lead alloy sheathed), वार्निश केलिको टेप (Varnished calico taped), ऋतु प्रतिरोध कम्पाउण्ड से ब्रेडड एण्ड संसेचित (Braided and impregnated with weather resisting compound)

(v) वैद्युत चालकीय क्रोड पदार्थ (Conductive Core Material)—जैसे-ताम्र क्रोड (Copper core), एल्युमिनियम क्रोड (Aluminium core)

(vi) वैद्युत चालकीय क्रोडों की संख्या (Number of Conductive Cores)—जैसे-एकल क्रोड केबिल (Single core cable), द्वि-क्रोड केबिल (Twin core cable), त्रि-क्रोड केबिल (Triple core cable), ई० सी० सी० सहित द्वि-क्रोड केबिल (Twin-core cable with E.C.C.)

Scanned with CamScanner

(vii) क्रोड में बलदार या भांजित तारों की संख्या (Number of Standard Wires in Core)—
जैसे—1-3-7-19-37-61-91-127-169 ...etc. numbers.

(viii) बलदार या भांजित तार का आकार या प्रमाप (Size of Standard Wire)—
जैसे—0.193-1.13-1.32-1.40-1.626-1.70-1.80-2.50-2.80-3.00-3.55...etc. mm (diameter)

12. ओवरहेड सिस्टम की अपेक्षा, अण्डरग्राउण्ड सिस्टम के लाभ

(i) जलवायवी प्रभावों से मुक्त (Free form Climatic Effects)—भूमिगत प्रणाली (केबिलों) पर तूफान, बर्फ, बिजली, पानी आदि का प्रभाव नहीं पड़ता है।

(ii) कम-प्रदोष की सम्भावना (Less Possibility of Fault)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली में प्रदोष की सम्भावना कम रहती है।

(iii) किरीट हानियाँ रहित (No Corona Losses)—भूमिगत प्रणाली, किरीट प्रभाव से रहित है।

(iv) उच्च धारा-वहन क्षमता (High Current Carrying Capacity)—शिरोपरि लाइन चालक की अपेक्षा, केबिलों में प्रयुक्त क्रोड (चालक) अधिक मोटा होता है। इसलिये केबिल की धारा-वहन क्षमता उच्च होती है।

(v) प्रदाय भंजन की कम सम्भावना (Less Possibility of Failure of Supply)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली (केबिलों) पर विद्युत रोधन (Insulation) श्रेष्ठ होता है। इससे प्रदाय भंग (Supply fail) होने की सम्भावना कम हो जाती है।

(vi) कम दुर्घटनाएँ (Less Accidents)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली में दुर्घटनाएँ कम होने की सम्भावना होती है।

(vii) कम शक्ति हानियाँ (Less Power Losses)—शिरापरि लाइनों की अपेक्षा, भूमिगत केबिलों में वैद्युत शक्ति हानियाँ (I^2r – losses) कम होती हैं।

(viii) बाधा रहित (No Interference)—शिरोपरि चालकों की तरह, भूमिगत केबिलें निकटवर्ती संचार प्रणाली (Communication System) में बाधक नहीं होतीं।

(ix) कम वोल्टतापात (Less Voltage Drop)—शिरोपरि चालकों की अपेक्षा भूमिगत केबिलों में क्रोडों के बीच की दूरी कम होती है। इससे क्रोड का प्रकत्व कम होता है। क्रोड का प्रेरकीय प्रतिघात (Inductive reactance) कम होने के कारण भूमिगत प्रणाली में वोल्टतापात कम होती है।

(x) श्रेष्ठ वोल्टता नियमन (Better Voltage Regulation)—शिरोपरि चालकों की अपेक्षा भूतिगत केबिलों में वोल्टतापात कम होती है जिसके कारण शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा भूमिगत प्रणाली का वोल्टता नियमन श्रेष्ठ होता है।

(xi) शहरी सुन्दरता (City Decoration)—शिरोपरि लाइनों की तरह भूमिगत केबिलें शहरी सुन्दरता को कम नहीं करतीं, अपितु शहरी सुन्दरता को किसी सीमा तक बढ़ाती हैं।

(xii) कम मरम्मत एवं अनुरक्षण (Less Repairing and Maintenance)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली में मरम्मत कम है।

(xiii) कम-प्रचालन कीमत (Less Operating Cost)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा भूमिगत प्रणाली की प्रचालन कीमत कम होती है।

13. ओवरहैड सिस्टम की अपेक्षा, अण्डरग्राउन्ड सिस्टम में कमियाँ

(i) प्रदोषण स्थानीकरण में कठिनता (Difficulty in Fault Localization)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली का दोष ढूंढना कठिन होता है।

(ii) अंश निष्कासन में कठिनाई (Difficult in Tapping)—शिरोपरि चालकों की अपेक्षा, भूमिगत केबिलों से वैद्युत भार के लिए अंश निष्कासन करना तथा सेवा मेन (Service main) को संयोजित करना कठिन कार्य है।

Scanned with CamScanner

(iii) उच्च आवेशन-धारा (High Charging Current)—शिरोपरि चालकों की अपेक्षा भूमिगत केबिलों में क्रोड-चालकों के बीच की दूरी कम होती है इससे केबिलों की धारिता (Capacitance) बढ़ जाती है। परिणामस्वरूप भूमिगत प्रणाली में आवेशित धारा (Charging current) का मान अधिक होता है।

(iv) मरम्मत में असुविधा (Inconvenience in Repairing)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली की मरम्मत में अधिक असुविधा होती है।

(v) जोड़ने में कठिनाई (Difficulty in Jointing)—शिरोपरि चालकों की अपेक्षा, भूमिगत केबिलों में जोड़ लगाना अति कठिन कार्य है।

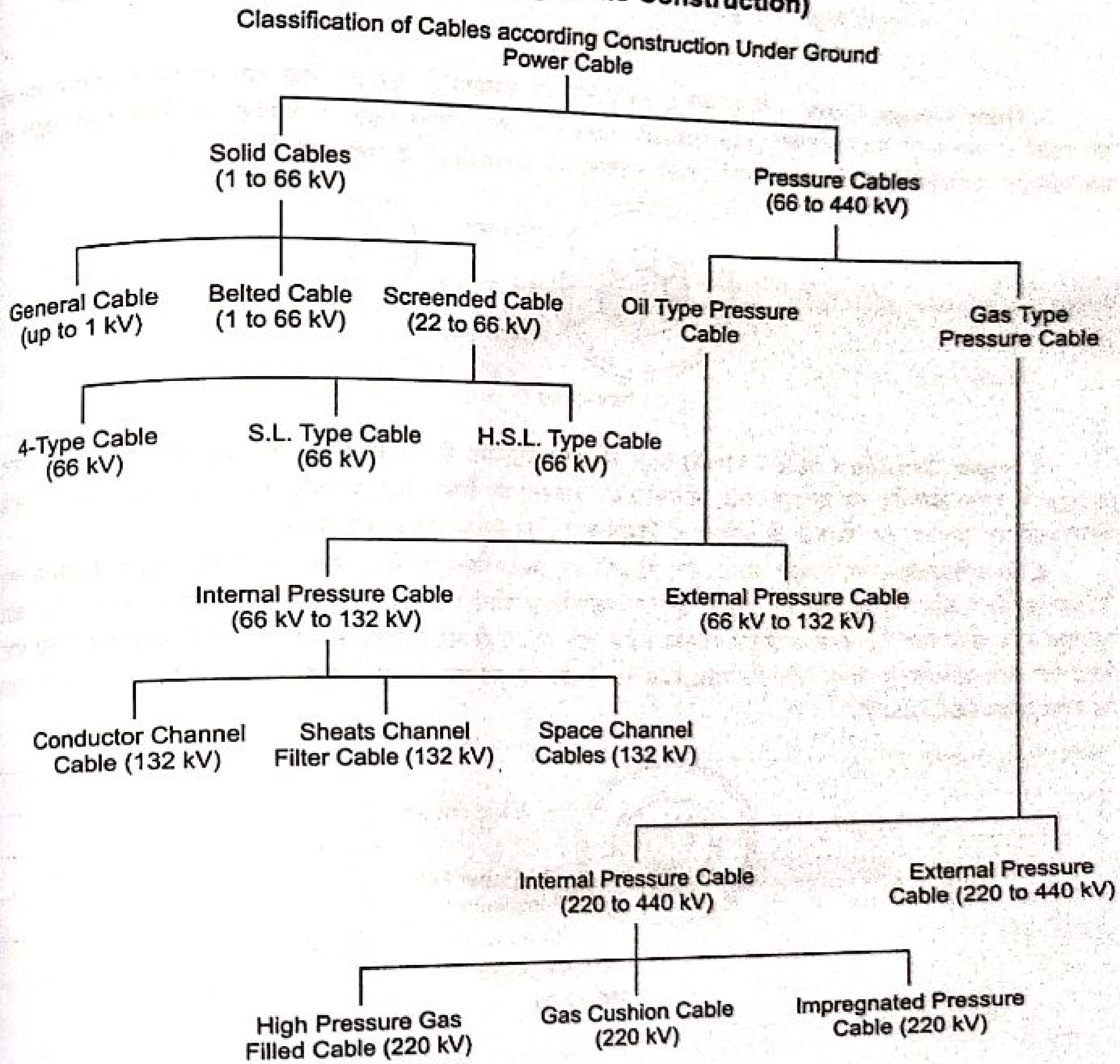
(vi) उच्च प्रारम्भिक कीमत (High Initial Cost)—शिरोपरि प्रणाली की अपेक्षा, भूमिगत प्रणाली की प्रारम्भिक कीमत उच्च होती है।

तालिका 2.1 : शिरोपरि चालक प्रणाली तथा भूमिगत केबिल प्रणाली का तुलनात्मक अध्ययन

क्रम संख्या	तुलनात्मक घटक	शिरोपरि प्रणाली	भूमिगत प्रणाली
1.	प्रतिरोध (*R*)	अधिक	कम
2.	प्रेरकत्व (*L*)	अधिक	कम
3.	धारिता (*C*)	कम	अधिक
4.	प्रतिबाधा (*Z*)	अधिक	कम
5.	वोल्टतापात (*IZ*)	अधिक	कम
6.	वोल्टता नियमन	अश्रेष्ठ	श्रेष्ठ
7.	चालक की मोटाई	कम	अधिक
8.	धारा-वहन क्षमता	कम	अधिक
9.	चालक की स्थिति	अनावरित	आवरित
10.	सुरक्षा गुणांक (S.F.)	निम्न	उच्च
11.	अतिरिक्त क्षमता	कम	अधिक
12.	अतिभार क्षमता	सम्भव	असम्भव
13.	प्रदोष सम्भावना	अधिक	कम
14.	प्रदोष अवलोकन	सरल	कठिन
15.	अनुरक्षण	अधिक	कम
16.	अनुरक्षण समय	कम	अधिक
17.	अनुरक्षण मूल्य	अधिक	कम/नगण्य
18.	प्राम्भिक लागत	कम	अधिक
19.	उद्घर्षण लागत	कम	अधिक
20.	प्रतिष्ठापन लागत	कम	अधिक
21.	अंश निष्कासन	सरल	कठिन
22.	चालक विस्थापन	सरल	कठिन
23.	वोल्टता बढ़ाने पर	इंस्यूलेटर विस्थापन	केबिल विस्थापन
24.	विस्तृत (Span)	परिवर्तन	सम्भव नहीं

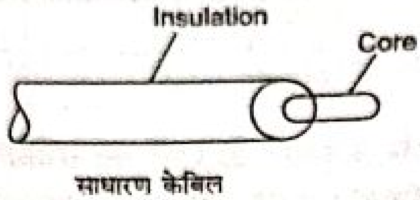
25.	पथ में चलन	कम	अधिक
26.	पक्षी प्रदोष (Fault)	सम्भव	असम्भव
27.	पथ चयन	कठिन	सरल
28.	रुकावट (बाधा)	अधिक	कम
29.	शक्ति गुणक (P.F.)	कम	अधिक
30.	शहरी सुन्दरता	घटती है	बढ़ती है
31.	अनुप्रयोग (Use)	आबादी रहित क्षेत्र	आबादी युक्त क्षेत्र

2.5. संरचना के अनुसार केबिलों का वर्गीकरण (Classification of Cables According to the Construction)



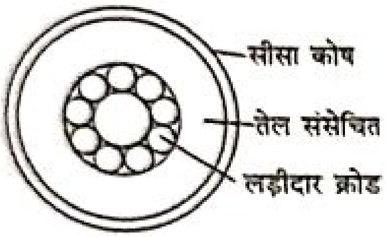
Scanned with CamScanner

1. Low Tension Cable—सामान्य संरचना के केबिल 1000 वोल्ट तक के लिए लगाये जाते हैं। साधारण संरचना में (Tinned) ताम्र के वृत्ताकार आकृति के क्रोड पर Insulation की समकक्ष परतें होती हैं। अनेक क्रोड (Multicore) केबिल में सभी क्रोडों को एक साथ मिलाकर वृत्ताकार आकृति प्रदान कर विद्युत रोधन की एक परत चढ़ा देते हैं। यह परत पैराफिन अथवा नैफ्थेलीन संसेचित कागज, रबड़, कैबटायर, पालीविनायल क्लोराइड अथवा वार्निश युक्त कैम्ब्रिक की होती है।



चित्र–2.39

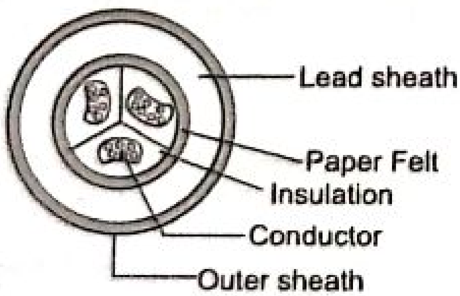
2. High Voltage Cable—ये केबिल 6.6 kV तक ही उपयोगी है। 6.6 kV तक ताप चालकता अधिक महत्व नहीं रखती है और न ही स्थिर प्रतिबल (Electrostatic Stresses) कुछ महत्त्व रखता है। क्योंकि इस वोल्टता पर बहुत ही कम परिमाण में उत्पन्न होती है। अत: किसी विशेष संरचना की आवश्यकता भी नहीं होती है।



चित्र–2.40

3. Super Tension Cable—11000 Volt से ऊपर वोल्टता से परावैद्युत प्रतिबल बढ़ जाता है, जिस कारण design में बहुत परिवर्तन आ जाता है। यदि अधिक उच्च वोल्टता पर स्थिर वैद्युत प्रतिबल (Electrostatic Stress) सभी वोल्टताओं पर सामान्य रूप से बढ़े तो केबिल के विद्युत रोधन का मूल्य अधिक बढ़ जाएगा।

4. बेल्ट केबल्स—इन केबलों का उपयोग 22 kV तक किया जाता है। बेल्ट केबल का चित्र 2.41 में दिखाया गया है। इस मामले में कोर परिवत्त नहीं है। उपर्युक्त इन्सुलेट सामग्री के उपयोग से कोर एक दूसरे से अछूता रहता है। तीनों कोर का एक साथ बाँधा गया है। अंतराल रेशेदार सामग्री (जैसे जूट आदि) से भरे होते हैं। केबल को नमी से बचाने के लिए पेपर बेल्ट को लीड शीथ कवर किया जाता है। लीड शीथ भी केबल को यान्त्रिक शक्ति देता है। लीड म्यान अंत में बाहरी म्यान के साथ कवर किया गया है।



चित्र–2.41

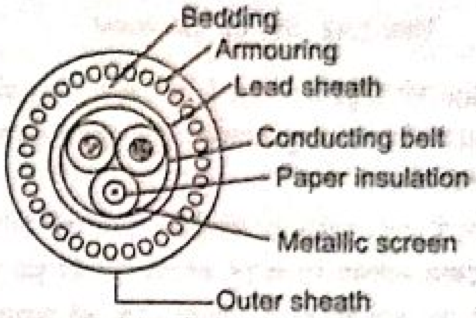
Scanned with CamScanner

5. स्क्रीनिंग केबल्स—इन केबल का उपयोग 22 kV और 33 kV के वोल्टेज स्तर के लिए किया जाता है। लेकिन विशेष मामलों में इनका उपयोग 66 kV तक बढ़ाया जा सकता है। दो प्रकार के स्क्रीन वाले केबल हैं—

(i) H प्रकार केबल

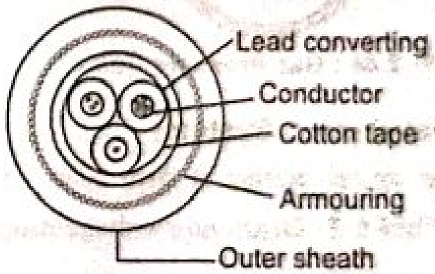
(ii) L प्रकार केबल

(i) H प्रकार केबल—इस प्रकार के केबलों में कोई पेपर बेल्ट नहीं है। प्रत्येक कंडक्टर इस मामले में कागज के साथ अछूता है। एक धातु स्क्रीन के साथ कवर किया जाता है, जो आमतौर पर एक एल्युमिनियम पन्नी है। धात्विक स्क्रीन एक दूसरे को छूती है। एक पेपर बेल्ट के बजाय तीन कोर एक कंडक्टिंग बेल्ट के साथ लिपटे हुए हैं जो आमतौर पर तांबा बुना हुआ कपड़ा टेप है। फिर सीसे से बना एक अतिरिक्त म्यान है। लेड शीट के बाद बेड, आर्मरिंग और बाहरी शीट की परतें होती हैं।



चित्र–2.42

(ii) S-L केबल्स—S-L (अलग लीड) केबलों में प्रत्येक कोर को संसेचित कागज के साथ अछूता किया जाता है और प्रत्येक को फिर एक अलग म्यान द्वारा कवर किया जाता है। एक समग्र लीड म्यान के बजाय एक कपास टेप कवरिंग का उपयोग तीन कोर को एक साथ लपेटने के लिए किया जाता है। फिर आर्मरिंग की परतें और बाहरी म्यान है।



चित्र–2.43

SL प्रकार केबल के विभिन्न लाभ—

- तीनों कोर को कवर करने वाले सामान्य लीड शीथ की अनुपस्थिति इस मामले में केबल के लचीलेपन को बढ़ाता है।
- प्रत्येक कोर पर लीड म्यान केबल की गर्मी लपटता को बढ़ाता है।
- विद्युत तनाव प्रकृति में रेडियल है।

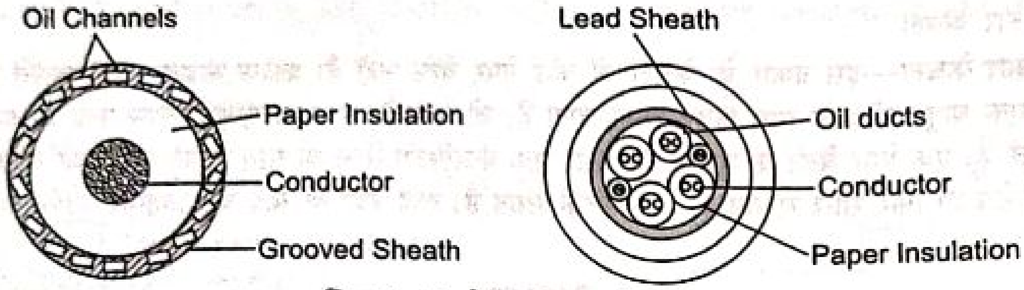
6. दबाव केबल—66 kV से अधिक वोल्टेज के लिए दबाव केबल का उपयोग किया जाता है। इन केबलों में इन्सुलेटिंग माध्यक (यानी गैस तेल) के दबाव में वृद्धि करके शून्य गठन की संभावना पूरी तरह से समाप्त हो जाती है। इन केबल्स को प्रेशर केबल्स के रूप में जाना जाता है। ये दो प्रकार के होते हैं—

(i) तेल से भरा केबल

(ii) गैस प्रेशर केबल

Scanned with CamScanner

(i) तेल भरा हुआ केबल—इन केबल में तेल नलिकाओं को भीतर या कोर से सटे बनाया जाता है। दबाव में तेल इन नलिकाओं में परिचलित किया जाता है। केबल को तेल से भर दिया जाता है और केबल के मार्ग के साथ उपयुक्त दूरी पर रखे गए टैंकों में तेल चैनलों को जोड़कर केबल में दबाव बनाए रखा जाता है।



चित्र–2.44 : तेल धरा हुआ केबल

तेल का दबाव कागज के Insulation को संकुचित करता है और शून्य गठन की संभावना को पूरी तरह से हटा देता है। Vaids के उन्मूलन के कारण Insulation ने ढांकता हुआ ताकत ऐसी ताकत बहुत अधिक हो जाता है। इन केबलों का आपरेटिंग वोल्टेज 66 kV से 230 kV तक होता है।

(ii) गैस प्रेशर केबल्स—इन केबल में उच्च दबाव पर नाइट्रोजन जैसी एक अक्रिय गैस का उपयोग केबल में दबाव बनाने के लिए किया जाता है। गैस का दबाव लगभग 12 से 15 वायुमण्डल है। इस तरह के एक उच्च दबाव के कारण Insulation का Radial संपीडन होता है जो शून्य गठन और आयनीकरण की संभावना को समाप्त करता है।

चित्र–2.44 : Gas Pressure Cable

वितरण प्रणाली में हानि (Loss in Distribution System)

वितरक (Distributor)—वह चालक जिसकी सहायता से वैद्युत शक्ति को पोषक से सर्विस मेंस चालक तक पहुँचाया जाता है, Distributor (वितरक) कहलाता है। Distributor voltage drop के आधार पर डिजाइन किया जाता है।

Voltage के आधार पर distribution दो प्रकार से होता है–

(i) प्राथमिक वितरण (Primary distribution)

(ii) द्वितीयक वितरण (Secondary distribution)

प्राथमिक वितरण (Primary distribution) सदैव 33 / 11 kV होता है जबकि Secondary distribution सदैव 11 / 0.4 kV होता है।

विद्युत वितरण में Primary distribution से लेकर Secondary distribution तक हानि Feeder में Heat Loss (I^2Rt) तथा Voltage drop IR के आधार पर होता है तथा कुछ हानि तकनीकी और गैर-तकनीकी भी होता है।

1. तकनीकी हानि (Technical Loss)—तकनीकी हानि कंडक्टरों में ऊर्जा के क्षय, उपकरण, ट्रांसमिशन लाइन, ट्रांसफार्मर एवं ट्रांसमिशन लाइन, वितरण लाइन और ट्रांसफार्मर में चुम्बकीय नुकसान के कारण होती है। तकनीकी हानि दो प्रकार की होती हैं–

(i) स्थायी हानि (Permanent Loss)—वे हानि जिनका मान धारा के अनुसार नहीं बदलता है, Permanent Loss कहलाती है। यह हानि केवल ऊष्मा, ध्वनि और ट्रांसफार्मर को अर्जित करने में व्यय होती है।

Scanned with CamScanner

(ii) अस्थायी हानि (Temporary Loss)—यह हानि वितरित की गई बिजली की मात्रा के वर्ग तथा समय के अनुपातिक होती है। यह हानि I^2RT कहलाती है।

2. गैर तकनीकी हानि—गैर-तकनीकी नुकसान जिसे वाणिज्यिक नुकसान के रूप में भी जाना जाता है, अमीटर्ड आपूर्ति, गलत बिलिंग, असमान बिलिंग, गलत टैरिफ, दोषपूर्ण मीटर और ऊर्जा चोरी से सम्बन्धित है। अनमीटर्ड सप्लाई वे हैं जिन्हें अनुमानित राशि का उपयोग करने पर बिल के बिजली की मात्रा की गणना करने के लिए छेड़छाड़ कर सकते हैं, ताकि उन्हें वास्तव में उपयोग की जाने वाली शक्ति से कम शक्ति का संकेत मिले।

2.6. केबिल प्रदोष एवं परीक्षण (Cable Fault and Testing)

1. प्रस्तावना (Introduction)

वैद्युत शक्ति का संचरण शिरोपरि अथवा भूमिगत केबिलों के द्वारा किया जाता है। भूमिगत केबिलों द्वारा संचरण में कुछ लाभ (Advantages) हैं व कुछ अलाभ (Disadvantages) भी हैं। इनसे लाभ यह है कि इनकी रख-रखाव की कीमत कम होती है (Low maintenance cost), इनमें प्रदोष की सम्भावना कम होती है (Less chances of fault), इनमें वोल्टतापात कम होता है (Low voltage drop) आदि और इनकी कमियों में सबसे बड़ी कमी यह होती है कि इसमें विद्युतरोधकों का बहुत अधिक प्रयोग होता है जिससे इनकी प्रारम्भिक कीमत (Primary cost) बढ़ जाती है और यदि इनमें Fault आ जाता है तो उसे ढूंढने में सबसे अधिक समस्या होती है।

इस अध्याय में हम केबिलों में होने वाले प्रदोष व उनके विभिन्न परीक्षणों का अध्ययन करेंगे।

2. केबिलों में प्रदोष के प्रकार (Types of Cable Fault)

भूमिगत वितरण पद्धति में केबिलों को जमीन में सीधे अथवा विभिन्न प्रकार के पाइपों (Ducts) में बिछाया जाता है। यही कारण है कि उनमें प्रदोष (Faults) होते हैं। जब कभी इनमें प्रदोष आते हैं तो लाइन चालक (Line conductor) न दिखने के कारण इनमें प्रदोषों का स्थानीकरण कठिन होता है।

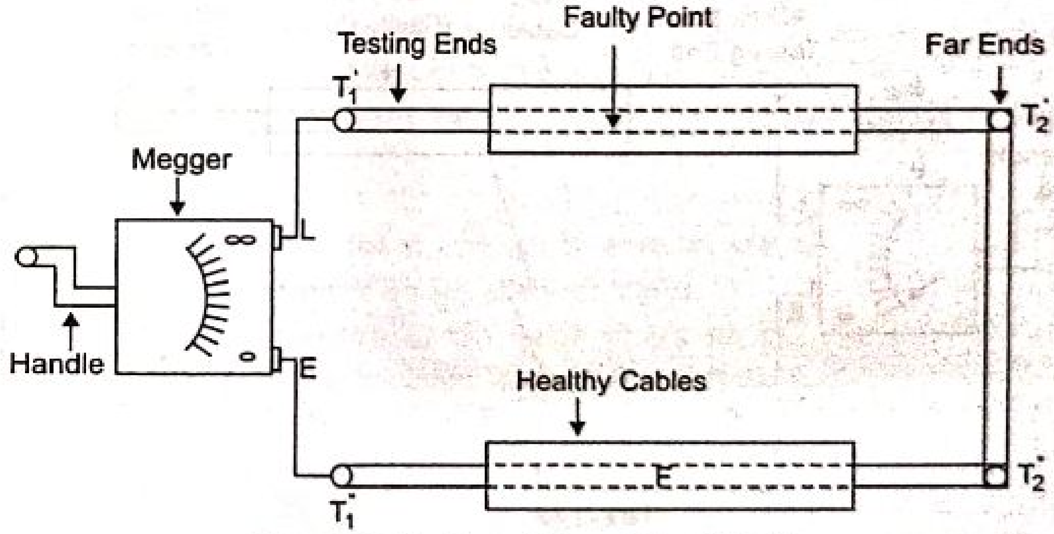
सामान्यत: केबिलों में तीन प्रकार के प्रदोष (Faults) आते हैं—

(i) खुला पथ प्रदोष (Open Circuit Fault)

(ii) लघु पथ प्रदोष (Short Circuit Fault)

(iii) भू-प्रदोष (Earth Fault)

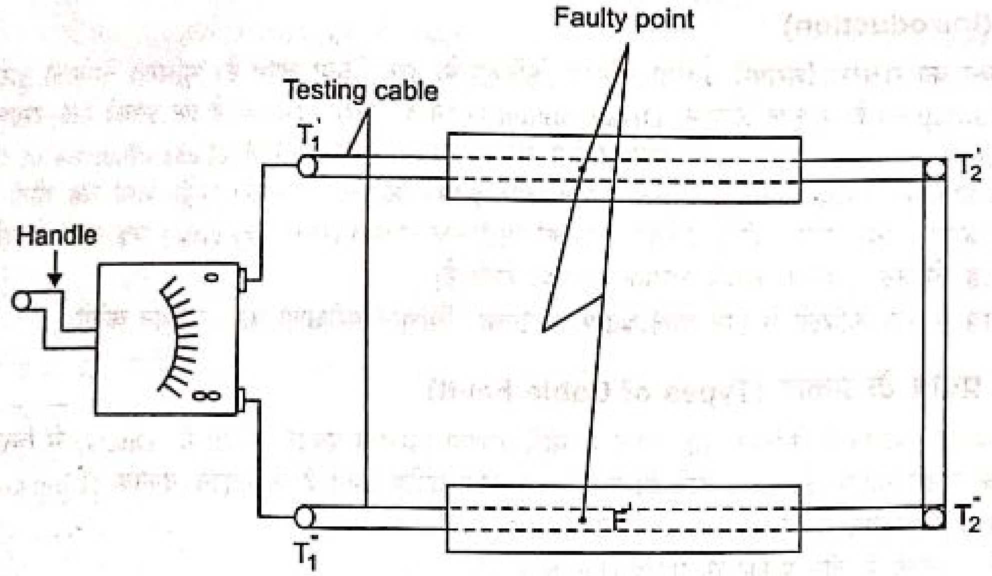
(i) खुला पथ प्रदोष (Open Circuit Fault)—केबिल का चालक जब कहीं से टूट (Break) जाता है तो इसे हम खुला पथ प्रदोष (Open circuit fault) कहते हैं। इस प्रदोष को हम मेगर (Megger) द्वारा परीक्षण करते हैं। इसके लिये हम केबिल के सुदूर सिरे (Far end) के सभी चालकों (Cores) को आपस में short कर उनको भू-सम्पर्कित (Earthed)



चित्र–2.46 : Testing of Open Circuit Fault

कर देते हैं। इसके बाद मेगर (Megger) के द्वारा भूमि व चालक के बीच का प्रतिरोध ज्ञात करते हैं। यदि चालक टूटा नहीं है तो Megger में शून्य सूचित (Indicate) होता है और जब चालक टूटा होता है तो Megger में अनन्त (Infinite) सूचित (Indicate) होता है।

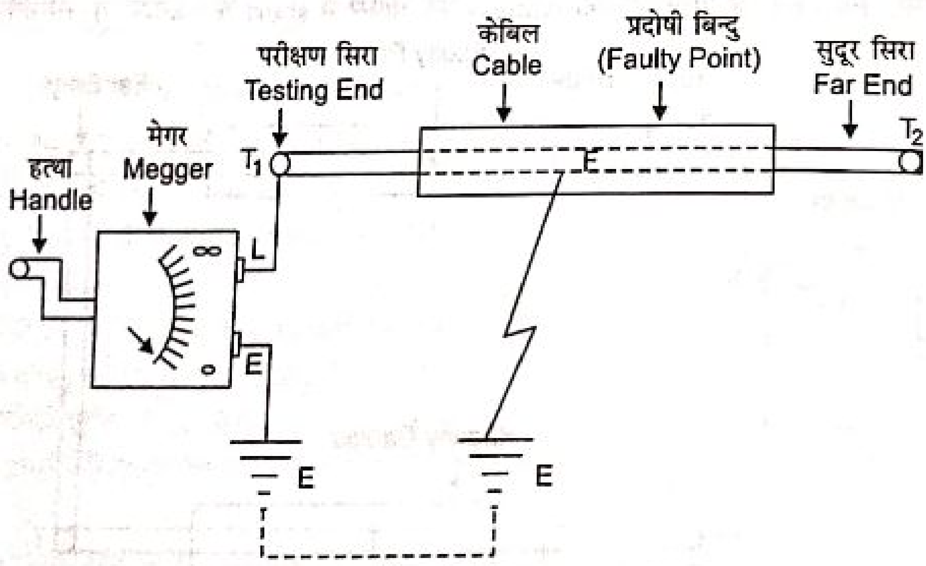
(ii) लघु पथ प्रदोष (Short Circuit Fault)—केबिल में विभिन्न चालक (Cores) होते हैं। जब कभी उनका वैद्युत रोधन (Insulation) उस पर से किसी कारणवश हट जाता है तथा नंगे क्रोड (Cores) सम्पर्क में आ जाते हैं तो अचानक उसमें बहुत ज्यादा धारा प्रवाहित होने लगती है जिससे केबिल का तापमान (Temperature) बढ़ता जाता है तथा उसका वैद्युत रोधन जल जाता है तथा हमारे cable में प्रदोष (Fault) आ जाता है जिसे लघु पथ प्रदोष (Short circuit fault) कहते हैं।



चित्र–2.47

यह प्रदोष भी Megger के द्वारा ही परीक्षण किया जाता है। मेगर के दोनों terminals किन्हीं दो क्रोडों से connect कर देते हैं। यदि मेगर शून्य पाठ्यांक दे रहा है तब दोनों cores में short circuit fault है।

(iii) भू-प्रदोष (Earth Fault)—जब केबिल के चालक पृथ्वी के सम्पर्क में आ जाती है तो इसे ही भू-प्रदोष कहा जाता है।



चित्र–2.48

इसमें मेगर के एक terminal को एक चालक से व दूसरे terminal को पृथ्वी से जोड़ देते हैं। यदि मेगर की पाठ्यांक शून्य है तो यह भू-सम्पर्कित है। यही क्रिया दूसरे conductor के साथ करते हैं।

मेगर की सूई अनन्त से शून्य पाठ्यांक की ओर चलकर, भू-प्रदोष होने का संकेत देती है। स्पष्ट भू-प्रदोष की स्थिति में मेगर की सुईं शून्य पाठ्यांक को प्रदर्शित करती है परन्तु अप्रदोष की स्थिति में मेगर की सूईं अनन्त (∞) से विचलित नहीं होती है।

3. (A) लूप विधि द्वारा भूमिगत केबल के प्रदोष परीक्षण (Loop Tests for Location of Faults in Underground Cables)

लूप टेस्ट (पाश परीक्षण) वह टेस्ट है, जिसमें प्रदोष ज्ञात करने के लिए प्रदोषी तथा स्वस्थ केबिलों के सुदूर सिरों को निम्न प्रतिरोधी (Low resistance) की कड़ी द्वारा पाशवित अर्थात् लघुपथित कर, प्रदोष का स्थानीकरण किया जाता है।

इसकी दो प्रमुख विधियाँ हैं जो निम्न हैं—

(i) Murray Loop Test (ii) Varley Loop Test

Notes :

1. लूप परीक्षण द्वारा दोनों प्रकार के दोषों (भू-प्रदोष एवं लघुपथन प्रदोष) का स्थानीकरण किया जा सकता है।
2. यह परीक्षण व्हीट स्टोन ब्रिज के सिद्धान्त पर कार्य करता है।
3. इस परीक्षण में लूप तैयार करने के लिए प्रदोषी केबिल के अतिरिक्त एक स्वस्थ केबिल की आवश्यकता होती है।
4. इस परीक्षण को एकल क्रोड वाली केबिल (Single core cable) के साथ लागू नहीं किया जा सकता।

(i) मुर्रे लूप टेस्ट (Murray Loop Test)

मुर्रे लूप परीक्षण अण्डरग्राउन्ड केबिल के लघुपथन तथा भू-प्रदोष के दोष का स्थानीकरण करने की सबसे अधिक common व सटीक (Accurate) विधि है। चूँकि इस परीक्षण को सर्वप्रथम मुर्रे नामक शिल्प वैज्ञानिक ने प्रतिपादित किया था, इसलिये उन्हीं के नाम पर इसे Murray Loop Test कहते हैं।

इस टेस्ट के द्वारा निम्न दो प्रकार के दोषों का स्थानीकरण किया जाता है—

1. भू-प्रदोष स्थानीकरण (Earth Fault Localization)
2. लघु पथ प्रदोष स्थानीकरण (Short Circuit Fault Localization)

1. भू-प्रदोष स्थानीकरण (Earth Fault Localization)—Figure में भू-प्रदोष के स्थानीकरण के लिये मुर्रे लूप परीक्षण के संयोजन को दिखाया गया है। चित्र में AB स्वस्थ केबिल तथा CD प्रदोषी केबिल है। दोनों केबिलों (AB and CD) के सुदूर सिरों B व D को एक निम्न प्रतिरोध की धात्विक कड़ी (Metallic link of low resistance) से पाशवित (Looped) कर दिया जाता है। दो परिवर्तनीय प्रतिरोधों (Variable resistance) को केबिलों के सिरों A व C से जोड़ दिया जाता है, जो Wheatstone bridge (W.S.B.) के सन्तुलन के लिए समायोजित करके गैल्वेनोमीटर G में शून्य विक्षेप प्राप्त किया जाता है।

माना

R = ओह्म (Ω) मात्रक में टेस्ट सिरे से प्रदोष तक के चालक का प्रतिरोध।

X = ओह्म (Ω) मात्रक में लूप में बचे हुए चालक का प्रतिरोध।

∵ P, Q, R और X व्हीटस्टोन ब्रिज की चारों भुजाओं की तरह लगे हैं।

ब्रिज की सन्तुलन स्थिति में जब गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप की स्थिति है—

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

$$\frac{P}{Q} + 1 = \frac{R}{X} + 1$$

Scanned with CamScanner

$$\frac{P+Q}{Q}=\frac{R+X}{X}$$

यदि प्रत्येक केबिल का प्रतिराध r हो तो

$$R+X=r+r=2r$$

$$\therefore \quad \frac{P+Q}{Q}=\frac{2r}{X}$$

$$X=\frac{Q}{P+Q}\times 2r$$

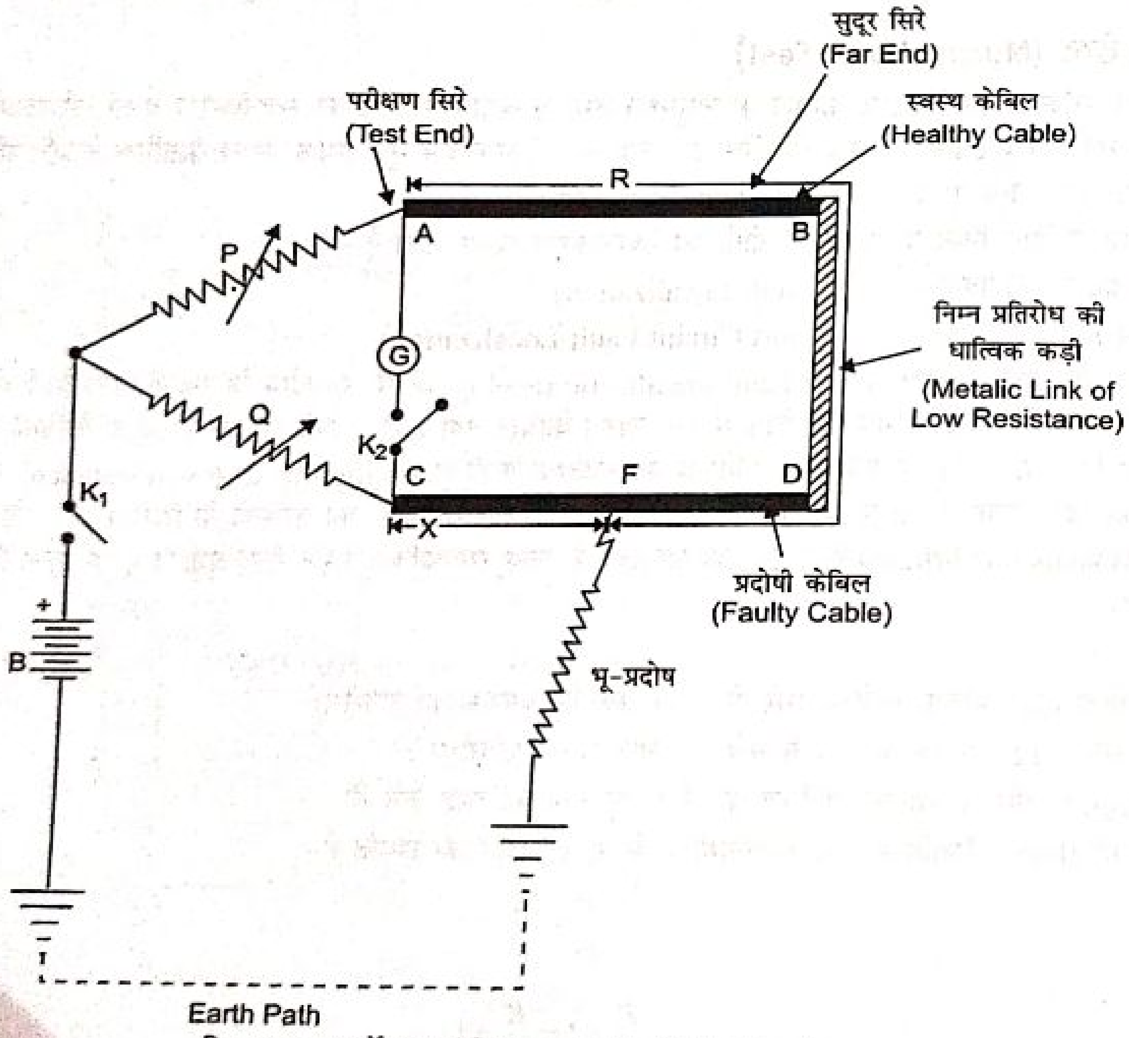
$$X=2r\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$$

यदि प्रत्येक केबिल की लम्बाई l metre है तो केबिल के प्रति मीटर लम्बाई का प्रतिराध

$$=\frac{\text{केबिल का कुल प्रतिरोध } (r)}{\text{केबिल की कुल लम्बाई } (l)}$$

Now परीक्षण सिरे (Test end) से प्रदोषी विन्दु (Fault point) तक की दूरी

$$d=\frac{\text{परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक का प्रतिरोध}}{\text{केबिल के प्रति मीटर की लम्बाई का प्रतिरोध}}$$



चित्र–2.49 : मुर्रे पाश परीक्षण द्वारा भू-प्रदोष का स्थानीकरण

Scanned with CamScanner

$$d = \frac{X}{r/l}$$

$$d = 2r \times \frac{Q}{P+Q} \times \frac{l}{r}$$

$$d = 2l\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$$

$$d = \left(\frac{Q}{P+Q} \times (\text{पाश लम्बाई})\right) \text{metre में}$$

इस प्रकार P, Q तथा l का मान ज्ञात होने पर, प्रदोषी केबिल के परीक्षण सिरे से भू-प्रदोष विन्दु तक की दूरी तथा स्थिति ज्ञात की जा सकती है।

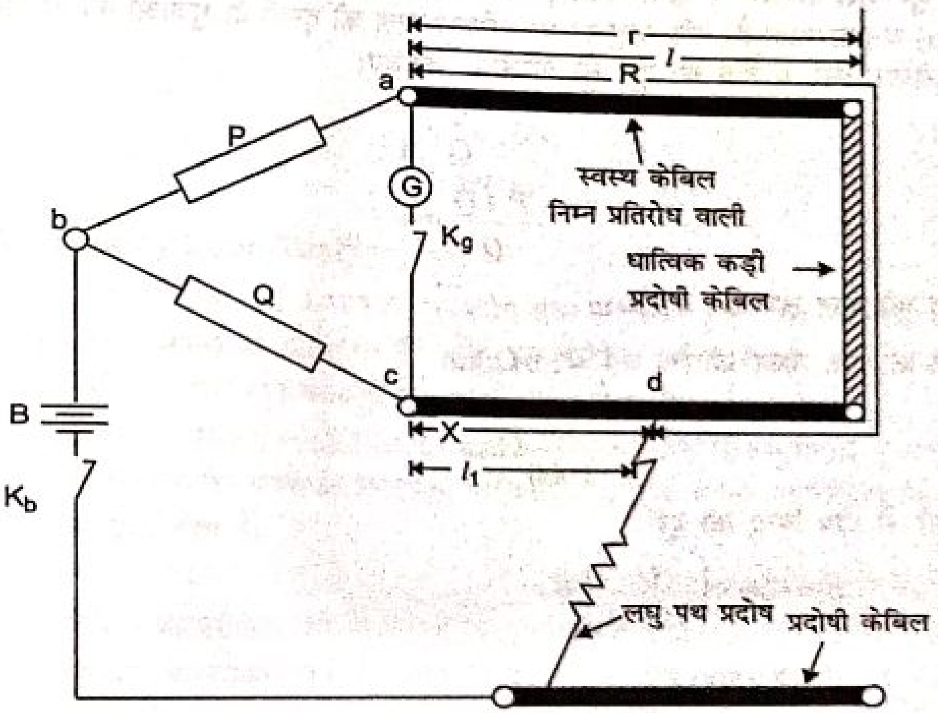
2. लघु पथ प्रदोष स्थानीकरण (Short Circuit Fault Localization)—चित्र में मुर्रे पाश परीक्षण के द्वारा लघु पथ प्रदोष के स्थानीकरण के लिए संयोजन दिखाया गया है। यह परीक्षण भी लगभग भू-प्रदोष स्थानीकरण के समान है। अन्तर सिर्फ यह है कि इसमें बैटरी का वापसी परिपथ भू-परिपथ के स्थान पर लघुपथित केबिल (Short Circuit Cable) का एक अंग होता है। इसमें भी P, Q, R and X ब्रिज की चारों भुजाओं की तरह है तथा इसमें भी सन्तुलन भू-प्रदोष स्थानीकरण की तरह प्राप्त किया जाता है।

ब्रिज की सन्तुलन की स्थिति में

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

$$\frac{P}{Q} + 1 = \frac{R}{X} + 1$$

$$\frac{P+Q}{Q} = \frac{R+X}{X}$$



चित्र–2.50 : मुर्रे पाश परीक्षण द्वारा लघुपथ प्रदोष का स्थानीकरण

Scanned with CamScanner

$$X = \left(\frac{Q}{P+Q}\right)(R+X)$$

$$\therefore \quad X = 2r\left(\frac{Q}{P+Q}\right) \quad [\because R+X = r+r = 2r]$$

∴ परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक की दूरी

$$Q = \frac{\text{परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक का प्रतिरोध}}{\text{केबिल के प्रति मीटर की लम्बाई का प्रतिरोध}}$$

$$d = \frac{X}{r/l}$$

$$d = \frac{Xl}{r} \quad \left\{\because X = 2r\left(\frac{Q}{P+Q}\right)\right\}$$

X का मान रखने पर

$$\therefore \quad d = 2l\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$$

$$d = \text{पाश लम्बाई} \times \left(\frac{Q}{P+Q}\right)$$

इस प्रकार P, Q and l का मान ज्ञात कर fault का स्थानीकरण किया जा सकता है।

साधित उदाहरण (Solved Examples)

Example 1. एक 500 मीटर लम्बी 1.6 ओह्म प्रति किलोमीटर Ω/km प्रतिरोध वाली केबिल पर भू-दोष स्थानीकरण के लिए मुर्रे पाश परीक्षण में दूषित केबिल को समान लम्बाई तथा अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल की, दूसरी केबिल से जोड़कर पाश (Loop) बनाया जाता है। यदि सन्तुलन पर परीक्षण जाल की दूसरी दो भुजाओं का अनुपात 3:1 के अनुपात में हो, तो केबिल के परीक्षण सिरे में दोष की दूरी का परिकलन कीजिए।

हल— ∵
$$\frac{P}{Q} = \frac{3}{1}$$

$$\therefore \quad \frac{P+Q}{Q} = 4$$

प्रत्येक केबिल की कुल लम्बाई $l = 500$ m

प्रत्येक केबिल का प्रति मीटर प्रतिरोध $= \frac{r}{l} = 1.6\ \Omega/\text{km}$

$$= \frac{1.6}{1000}\ \Omega/\text{m}$$

∵ परीक्षण सिरे से दोष बिन्दु की दूरी

$$d = (2l) \times \left(\frac{Q}{P+Q}\right) \text{ से}$$

$$d = 2 \times 500 \times \frac{1}{4}$$

$$d = 250 \text{ m} \quad \text{उत्तर}$$

Scanned with CamScanner

Example 2. मुरें पाश द्वारा किसी भू-सम्पर्क दोष परीक्षण के एक 1000 m लम्बा दोषपूर्ण केबिल, जिसका प्रतिरोध 1.75 Ω/km है। एक उतनी ही लम्बाई और अनुप्रस्थ काट क्षेत्र के दूसरे दोषहीन केबिल के साथ संयुक्त है। यदि परीक्षण जाल में दो भुजाएँ (केबिल) सन्तुलन के लिए 4 तथा 1 के अनुपात से संयोजित हैं, तो केबिल के परीक्षण होने वाले सिरे से दोषपूर्ण स्थान तक की दूरी ज्ञात कीजिए।

हल—माना सन्तुलन के लिए प्रयुक्त अनुपातीय प्रतिरोध P व Q हैं, तो

$$\frac{P}{Q}=\frac{4}{1}$$

$$l=1000\text{ m}$$

केबिल का प्रति मीटर प्रतिरोध

$$=1.75\ \Omega/\text{km}$$

$$=\frac{1.75}{1000}\ \Omega/\text{m}$$

$$\because \quad \frac{P}{Q}=\frac{4}{1}$$

$$\frac{P+Q}{Q}=5$$

or

$$\frac{Q}{P+Q}=\frac{1}{5}$$

अब परीक्षण सिरे से प्रदोष बिन्दु तक की दूरी

$$l=(2l)\times\frac{Q}{P+Q}\text{ से}$$

$$d=2\times1000\times\frac{1}{5}$$

$$=2\times200$$

$$d=400\text{ m}$$

उत्तर

(ii) वार्ले लूप टेस्ट (Varley Loop Test)

वार्ले लूप टेस्ट से भी अण्डरग्राउण्ड केबिल के भू-प्रदोष तथा लघुपथन प्रदोष का स्थानीकरण किया जाता है। यह टेस्ट भी व्हीटस्टोन ब्रिज के सिद्धान्त पर आधारित है। चूँकि इस परीक्षण को सर्वप्रथम वार्ले नामक शिल्प वैज्ञानिक ने प्रतिपादित किया था, इसलिये इसे वार्ले लूप परीक्षण के नाम से जाना जाता है।

1. भू-प्रदोष स्थानीकरण (Earth Fault Localization)—इस परीक्षण में अनुपातीय भुजाएँ P और Q एक स्थिर प्रतिरोध होते हैं। परीक्षण में सन्तुलन की स्थिति के लिए एक परिवर्तनीय प्रतिरोध S को समायोजित किया जाता है, जो प्रदोषी केबिल के परीक्षण सिरे से जुड़ा होता है।

माना,

R = स्वस्थ केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक का ओह्म (Ω) में प्रतिरोध

X = प्रदोषी केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक का ओह्म (Ω) में प्रतिरोध

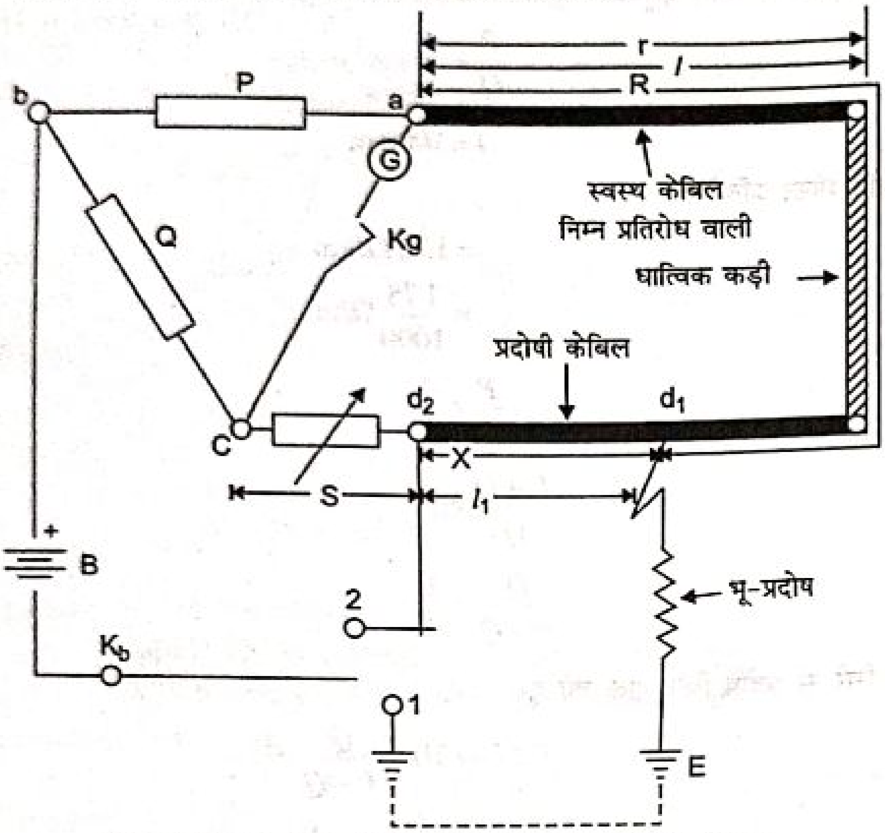
S = ब्रिज सन्तुलन के लिए Ω में variable resistance (परिवर्तनीय प्रतिरोध)

B = बैटरी अथवा डी०सी० स्रोत

Scanned with CamScanner

तथा K_b व K_g क्रमशः बैटरी एवं गैल्वैनोमीटर परीपथ में संयोजित कुंजियाँ हैं, जहाँ K_b द्विपथ कुंजी (Two way key) तथा K_g एकल-पथ कुंजी (Single way key) है।

मुर्रे लूप टेस्ट की तरह इस टेस्ट में भी दोनों केबिलों (स्वस्थ व प्रदोषी केबिलों) के सुदूर सिरों (Far ends) को एक निम्न प्रतिरोध के धात्विक कड़ी से पाशवित (Looped) कर दिया जाता है। ब्रिज के सन्तुलन के लिए परिवर्तनीय प्रतिरोध S को समायोजित करके गैल्वैनोमीटर की शून्य विक्षेप स्थिति को प्राप्त करते हैं।



चित्र–2.51 : वार्ले पाश परीक्षण द्वारा भू-प्रदोष का स्थानीकरण

प्रथम स्थिति (First Condition)—जब द्विमार्गी कुंजी (K_b) को स्टड (1) से सम्पर्कित किया जाता है, तो माना कि सन्तुलन स्थिति के लिए परिवर्तनीय प्रतिरोध S का पाठ्यांक S_1 है, तो व्हीटस्टोन ब्रिज के सिद्धान्त से

$$\frac{P}{Q}+1=\frac{R}{X+S_1}+1$$

$$\frac{P+Q}{Q}=\frac{R+X+S_1}{X+S_1}$$

$$X+S_1=\frac{Q(R+X+S_1)}{P+Q}$$

$$X=\frac{Q(R+X)-PS_1}{P+Q} \quad ...(1)$$

द्वितीय स्थिति (Second Condition)—जब द्विमार्गी कुंजी को स्टड 2 से सम्पर्कित किया जाता है, तो माना कि सन्तुलन स्थिति के लिए परिवर्तनीय प्रतिरोध (S) का पाठ्यांक S_2 है तब व्हीटस्टोन ब्रिज के सिद्धान्त से

$$\frac{P}{Q}=\frac{R+X}{S_2}$$

$$Q(R+X)=PS_2 \quad ...(2)$$

Scanned with CamScanner

समीकरण (1) में $Q(R+X)$ का मान रखने पर

$$X = \frac{P(S_2 - S_1)}{P+Q}$$

लूप प्रतिरोध,

$$= R + X$$

$$= \frac{P}{Q} S_2$$

माना प्रत्येक केबिल की लम्बाई l तथा पूरे केबिल का प्रतिरोध (Total resistance of cable) r है तो केबिल के प्रति मीटर लम्बाई का प्रतिरोध

$$= \frac{\text{केबिल का कुल प्रतिरोध}}{\text{केबिल की कुल लम्बाई}}$$

$$= \frac{r}{l}\ \Omega/\text{m}$$

अब केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोषी विन्दु तक की दूरी

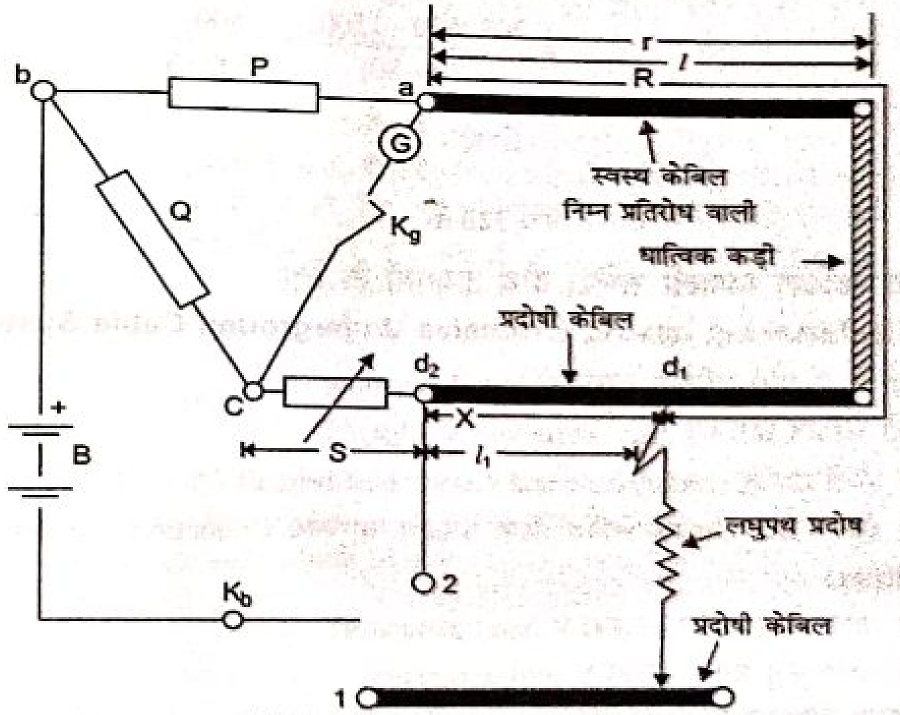
$$= \frac{\text{परीक्षण सिरे से प्रदोषी विन्दु तक का प्रतिरोध}}{\text{केबिल के प्रति मीटर लम्बाई का प्रतिरोध}}$$

$$d = \frac{X}{r/l} = \frac{Xl}{r}$$

$$d = \frac{P(S_2 - S_1)l}{r(P+Q)} \text{ metre}$$

$$\left(\because X = \frac{P(S_2 - S_1)}{P+Q}\right)$$

लघु पथ प्रदोष स्थानीकरण (Short Circuit Fault Localization)



चित्र–2.52 : वार्ले पाश परीक्षण द्वारा लघु पथ प्रदोष का स्थानीकरण

Scanned with CamScanner

वार्ले लूप परीक्षण के भू-प्रदोष स्थानीकरण तथा लघु पथ प्रदोष स्थानीकरण लगभग एक ही समान हैं। अन्तर केवल इतना है कि लघु पथ प्रदोष परीक्षण में बैटरी का वापसी परिपथ भू-परिपथ के स्थान पर लघुपथित प्रदोषी केबिल का एक भाग होता है। अन्य उपरोक्त के समान है।

Example 3. भू-प्रदोष के लिए वार्ले के पाश द्वारा एक परीक्षण में 500 m लम्बाई की एक प्रदोषी केबिल को एक अन्य समान लम्बाई की दोषहीन केबिल के साथ पाशवित किया जाता है। केबिल की अन्य दो भुजाओं का अनुपात क्रमश: 20Ω तथा 80Ω है। यदि सन्तुलित स्थिति पर, प्रतिरोध का मान, जो केबिल के पाश से श्रेणी में संयोजित है क्रमश: 1500Ω तथा 2500Ω हो, तो परीक्षण सिरे से प्रदोष बिन्दु की दूरी ज्ञात कीजिए।

हल—प्रत्येक केबिल की लम्बाई $l = 500\text{ m}$

$P = 20\Omega,\ S_1 = 1500\Omega$

$Q = 80\Omega,\ S_2 = 2500\Omega$

∵ पाश का कुल प्रतिरोध,

$$2r = (R + X) = \frac{P}{Q} S_2$$

∴

$$2r = \frac{20}{80} \times 2500$$

$$2r = \frac{1}{4} \times 2500$$

$$2r = \frac{2500}{4} \Rightarrow r = \frac{2500}{8}\Omega$$

अब केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक की दूरी,

$$d = \frac{P(S_2 - S_1)l}{(P+Q).R} \text{ से}$$

$$= \frac{20\,(2500 - 1500)}{(20 + 80)} \times \frac{500}{2500/8}$$

$$= 1000 \times \frac{1}{5} \times \frac{8}{5}$$

$$d = \mathbf{320\ m}$$ **उत्तर**

(B) विस्तृत भूमिगत केबिल प्रणाली सहित दीर्घ उपक्रमों के लिए (For Large Undertaking having Extensive Underground Cable System)

1. उच्च वोल्टता दिष्ट धारा परीक्षण समुच्चय (h.v.d.c. testing set)
2. उच्च वोल्टता सरकन तार सेतु (h.v. slide wire bridge)
3. प्रेरकत्व एवं संधारित सेतु (Inductance and capacitance bridge)
4. इलेक्ट्रॉनिक दोलन तथा प्रवर्धक सहित प्रेरण परीक्षण समुच्चय (Induction test set having electronic oscillator and amplifier)
5. 1000 वोल्ट वाला हस्त जनित्र (1000 V hand generator)
6. 1000 वोल्ट वाला सेतु मेगर (1000 V bridge megger)
7. बहु परास वाला दिष्टधारा धारामापी (Multi-range D.C. ammeter)

Scanned with CamScanner

8. बहु परास वाला दिष्ट धारा प्रतिरोध प्ररूपी विभवमापी (Multi-range D.C. high resistance type voltmeter of electrostatic voltmeter)

9. धारा नियन्त्रक प्रतिरोध (Current controller rheostat)

10. रडार परीक्षण समुच्चय (Radar test set)

11. अनुनाद प्ररूपी प्रदोष ज्वलन विधि वाला समुच्चय (Resonance type fault burning method set)

12. संधारित्र विसर्जन परीक्षण युग्म (Capacitor discharge test set)

परीक्षण के लिए उपकरण (Apparatus for Testing)

प्रदोष स्थानीकरण के परीक्षण हेतु निम्न उपकरण सन्तुत किए गये हैं—

लघु एवं मध्यम प्रमाप के उपस्करों के लिये (For small and medium size equipments)—

1. 1000 volt वाला सेतु मेगर (1000 V; Bridge meggar)
2. मुर्रे पाश परीक्षण के लिये अंशांकन सरकन तार, व्हीटस्टोन सेतु तथा सुग्राही निम्न प्रतिरोध वाला गैल्वेनोमीटर (Galvanometer of low resistance)
3. 1-माइक्रोफैरड के लगभग मानक संधारित (Standard capacitor)
4. बहु परास वाला दिष्टधारा धारामापी (d.c. ammeter)
5. बहु परास वाला दिष्टधारा प्रतिरोध प्ररूपी विभवमापी (d.c. voltmeter)
6. धारा नियन्त्रक (Rheostat)
7. परिवर्तनीय स्विच या कुंजी (Change over key)
8. 12 वोल्ट की बैट्री (Storage battery)
9. 120 वोल्ट की उच्च दाब बैट्री (High tension battery)
10. उच्च वोल्टता नियॉन संकेतक तथा कलीय छड़ (Phasing rod)

केबिल के प्रमाप को व्यक्त करने की विधियाँ (Method of Presenting the Size of a Cable)

सामान्यत: केबिल के साइज को व्यक्त करने की निम्न तीन प्रमुख विधियाँ हैं—

(i) मानक तार गेज विधि (S.W.G. Method)

(ii) व्यास विधि (Diameter Method)

(iii) अनुप्रस्थ काट क्षेत्र विधि (Cross sectional Area Method)

(i) मानक तार गेज विधि (Standard Wire Gauge Method) (S.W.G. Method)—इस विधि से क्रोड (Core) के बलित तारों (Standard wires) की संख्या को अंश रूप मे लिखकर तथा इनमें किसी एक तार के व्यास को S.W.G. नम्बर की हर के रूप में लिखकर व्यक्त किया जाता है अर्थात् S.W.G. में केबिल की साइज,

$$\text{S.W.G. Size} = \frac{\text{बलित तारों की संख्या (अंश में)}}{\text{S.W.G. No. में किसी एक तार का व्यास}}$$

Example. $\frac{1}{8}$ S.W.G. Diameter $\frac{1}{6}, \frac{3}{20}, \frac{7}{17}$ S.W.G. Diameter

(ii) व्यास विधि (Diameter Method)—केबिल के प्रमाप को व्यक्त करने की इस विधि में क्रोड के बलित तारों की संख्या (Number of standard wires of core) को अंश रूप में लिखकर, इनमें किसी एक तार के व्यास को मिलीमीटर में हर के रूप में लिखकर प्रदर्शित किया जाता है।

अर्थात् व्यास विधि केबिल की size,

Scanned with CamScanner

$$= \frac{\text{बलित तारों की संख्या}}{\text{मिलीमीटर में किसी एक तार का व्यास}}$$

Example. $\frac{1}{4.88}, \frac{1}{5.89}, \frac{1}{4.39}, \frac{7}{1.49}$ {जबकि हर mm में है}

(iii) अनुप्रस्थ काट क्षेत्र विधि (Cross-sectional Area Method)—केबिल के प्रमाप को व्यक्त करने की इस विधि में क्रोड के सम्पूर्ण अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल को मिलीमीटर स्क्वायर (mm^2) में मापकर प्रत्यक्ष रूप से प्रकट किया जाता है।

अर्थात्

केबिल साइज = किसी एक क्रोड चालक का अनुप्रस्थ–काट का क्षेत्रफल

Example. 12.97, 18.68, 9.35 sq mm

महत्वपूर्ण सूत्र–

For Murray Loop Test:

1. $R + X = \left[\frac{r_1}{l_1} l + \frac{r_2}{l_2} l\right] = 2r$

2. $X = 2r\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$

3. $l_1 = \frac{X}{r/l} = \frac{Xl}{r} = 2l\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$

For Varley Loop Test:

4. $2r = R + X = \frac{P}{Q} S_2$

5. $X = \frac{P(S_2 - S_1)}{P+Q}$

6. $l_1 = \frac{X}{r/l} = \frac{Xl}{r}$

$$= (S_2 - S_1)\left(\frac{P}{P+Q}\right) \cdot \left(\frac{l}{r}\right)$$

Example—एक 500 m लम्बी 1.6 प्रतिरोध वाली केबिल पर भू-प्रदोष स्थानीकरण के लिए मुर्रे पाश परीक्षण में दूषित केबल को समान लम्बाई तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल की दूसरी केबिल से जोड़कर पाश बनाया जाता है। यदि सन्तुलन पर परीक्षण जाल की दो भुजाओं का अनुपात 3 : 1 के अनुपात में हो तो केबल के परीक्षण सिरे से दोष का परिकलन कीजिए।

हल—दिया है कि केबल की कुल लम्बाई $l = 500$ m

प्रति मीटर प्रतिरोध $\frac{r}{l} = \frac{1.6}{1000} \Omega / m$

केबिल का कुल प्रतिरोध, r = प्रतिमीटर प्रतिरोध × लम्बाई

$$= \frac{1.6}{1000} \times 500 = 0.8\Omega$$

परीक्षण भुजाओं का कुल अनुपात $\frac{P}{Q} = \frac{3}{1}$

अर्थात् $\frac{P}{Q}+1=\frac{3}{1}+1$

$$\frac{P+Q}{Q}=\frac{4}{1}, \frac{Q}{P+Q}=\frac{1}{4}$$

परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु की दूरी $l_1 = 2l\frac{(Q)}{(P+Q)}$

$$=2\times 500\times\frac{1}{4}$$

$$=250 \text{ m}$$ उत्तर

Example–दो Km लम्बाई की एक 2.5 Ω / m प्रतिरोध वाली प्रदोषी केबल को एक अन्य समान लम्बाई तथा 3.5 Ω / m प्रतिरोध वाली स्वस्थ केबिल के साथ भू-प्रदोष के लिए मुर्रे का पाश परीक्षण पर परिवर्तित किया जाता है। सन्तुलन की स्थिति में परीक्षण जाल की अन्य दो भुजाओं का अनुपात 3 : 1 हो तो केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोष की दूरी ज्ञात कीजिए।

प्रत्येक केबल की कुल लम्बाई $l = 2 \text{ Km} = 2\times 10^3 \text{ m}$

दोषपूर्ण केबिल का प्रति मीटर प्रतिरोध $\frac{r_1}{l_1}=\frac{2.5}{1000}\Omega/\text{m}$

दोष रहित केबिल का प्रति मीटर प्रतिरोध $\frac{r_2}{l_2}=\frac{3.5}{1000}\Omega/\text{m}$

परीक्षण जाल की अन्य दो भुजाओं का अनुपात $\frac{P}{Q}=\frac{3}{1}$

अर्थात् $\frac{P}{Q}+1=\frac{3}{1}+1,$ $\frac{P+Q}{Q}=\frac{4}{1}$

$$\frac{Q}{P+Q}=\frac{1}{4}$$

पारा का कुल प्रतिरोध $(R+x)=\left(\frac{r_1}{l_1}\times l+\frac{r_2}{r_2}\times l\right)$

$$=\left(\frac{2.5}{1000}\times 2\times 10^3+\frac{3.5}{1000}\times 2\times 10^3\right)$$

परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु का प्रतिरोध

$$X=(R+X)\left(\frac{Q}{P+Q}\right)$$

$$=12\times\frac{1}{4}=3\Omega$$

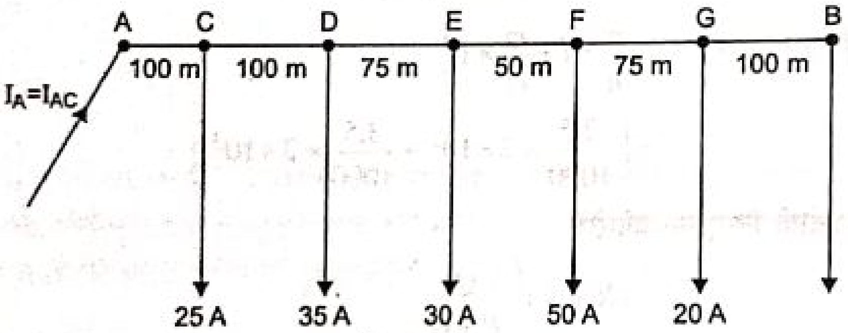
परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु की दूरी

$$l_1=\frac{Xl_1}{r_1}=\frac{3\times 1000}{2.5}=1200 \text{ m}$$ उत्तर

Scanned with CamScanner

प्रश्नावली

1. फीडर, डिस्ट्रिब्यूटर एवं सर्विस मेन्स में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
2. वैद्युत शक्ति वितरण की विभिन्न प्रणालियों का नामांकन कीजिये। कौन-सी प्रणाली अधिकतर प्रयोग में लाई जाती है तथा क्यों?
3. एक वलय मुख्य प्रणाली और अरीय मुख्य प्रणाली के सापेक्ष लाभ एवं हानियों का वर्णन कीजिए।
4. डिस्ट्रिब्यूशन के लिए प्रयुक्त रेडियल सिस्टम की अपेक्षा रिंग सिस्टम के लाभ दीजिए।
5. डिस्ट्रिब्यूशन सिस्टम का वर्गीकरण (Classification) कीजिए।
6. वलय वितरण प्रणाली से आप क्या समझते हैं?
7. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये—
   (i) पोषक या संभरक अथवा प्रदायक अर्थात् फीडर
   (ii) सेवा मुख्य अर्थात् सर्विस मेन्स (Service mains)
   (iii) अरीय वितरक।
8. वैद्युत शक्ति वितरण की विभिन्न प्रणालियों का नामांकन कीजिए। कौन-सी प्रणाली अधिकतर प्रयोग में लायी जाती है? तथा क्यों?
9. दो तार वाली एक D.C. Distribution Cable *AB* जो कि 1800 m लम्बी है बिन्दु *A* से 400 m, 1000 m तथा 1600 m की दूरी पर क्रमश: 50 amp, 100 amp तथा 150 amp के लोड हेतु विद्युत प्रदान करती है प्रत्येक चालक का प्रतिरोध 0.05 Ω/हजार मीटर है। प्रत्येक लोड बिन्दु पर वोल्टता की गणना कीजिए यदि *A* पर वोल्टता 400 volt हो।
   (उत्तर—388 V, 373 V, 364 V)
10. एक द्वितार 500 m लम्बा द्विधारा त्रिज्यक वितरक निम्न प्रकार से भारित किया गया है—



चित्र-2.53

यदि ताम्र का विशिष्ट प्रतिरोध 1.7 μΩ-cm है, तो तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल कितना होना चाहिए, जबकि वोल्टतापात 15 volt से अधिक न हो।
   (उत्तर—1.4 cm^2)
11. एक द्विचालक दिष्ट-धारा अरीय वितरक *AB* को *A* तथा *B* सिरों पर क्रमश: 255 तथा 250 वोल्ट पर निवेशित किया जाता है और निम्न चित्र के अनुसार भारित किया जाता है यदि चित्र में दिए गये प्रतिरोध प्रति चालक हो, तो *A* तथा *B* सिरों पर प्रदत्त धारा तथा *C* एवं *D* बिन्दुओं पर वोल्टता ज्ञात करो।
   (उत्तर—V_C = 251.32 volt, V_D = 247.12 volt)

Scanned with CamScanner

12. एक 600 m लम्बा दिष्ट-धारा द्वितार अरीय वितरक AB को उपकेन्द्र से बिन्दु A पर 440 वोल्टता तथा बिन्दु B पर 430 वोल्ट की विद्युत प्रदान की जाती है। वितरक से वैद्युत भार का अंश निष्कासन निम्न प्रकार है—

A से 150 मीटर की दूरी वाले बिन्दु C पर वैद्युत भार 100 amp

C से 150 मीटर की दूरी वाले बिन्दु D पर वैद्युत भार 200 amp

D से 50 मीटर की दूरी वाले बिन्दु E पर वैद्युत भार 250 amp

E से 100 मीटर की दूरी वाले बिन्दु F पर वैद्युत भार 300 amp

यदि प्रत्येक लाइन चालक का प्रतिरोध 0.01Ω/100 m हो तो वितरक के सिरा बिन्दु A तथा B द्वारा प्रदत्त धारा तथा प्रत्येक भार बिन्दु पर वोल्टता ज्ञात करो।

(उत्तर—437.5 A, 337.5 A, 137.5 A, 112.5 A, 412.5 A, 426.875 V, 416.75 V, 415.375 V, 416.622 V)

13. एक द्वितार, दिष्ट-धारा, अरीय वितरक 450 मीटर लम्बा है जिससे वैद्युत भार निम्न प्रकार से अंश निष्कासित हैं—

मीटर में भरण बिन्दु से दूरी,	100	300	450
ऐम्पियर में भरण बिन्दु से भार,	120	140	150

यदि प्रत्येक चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल 3.4 वर्ग मीटर तथा चालक पदार्थ की प्रतिरोधकता 1.7 μΩ-cm हो तो प्रत्येक भार बिन्दु पर वोल्टता तथा वितरक में कुल शक्ति हानि ज्ञात करो, जबकि भार बिन्दु पर वोल्टता 250 V है।

(उत्तर—245.9 V, 240.1 V, 238 V)

14. एक 800 मी॰ लम्बी द्वितार दिष्ट-धारा अरीय वितरक लाइन को निम्न प्रकार से भारित किया गया है—

A से 100 मी॰ दूरी वाले बिन्दु C पर भार 60 ऐम्पियर

A से 300 मी॰ दूरी वाले बिन्दु D पर भार 50 ऐम्पियर

A से 450 मी॰ दूरी वाले बिन्दु E पर भार 30 ऐम्पियर

A से 550 मी॰ दूरी वाले बिन्दु F पर भार 40 ऐम्पियर

A से 700 मी॰ दूरी वाले बिन्दु G पर भार 70 एम्पियर

वितरक का सिरा बिन्दु A पर 256 वोल्ट तथा बिन्दु B पर 250 वोल्ट की विद्युत प्रदान की गई है यदि उपभोक्ता की न्यूनतम वोल्टता 240 V है तो चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल ज्ञात करो, जबकि धातु की प्रतिरोधकता 1.7μΩ cm है।

(उत्तर—0.666 वर्ग सेमी)

15. एक एकसार द्वितार, दिष्ट-धारा अरीय वितरक 100 m लम्बा है। इस पर 4A/m का एक मान भार (Load) है। प्रत्येक तार का प्रतिरोध 1Ω/km है। यदि वितरक के दोनों सिरों से एक ही मान की वोल्टता प्रदान की गई हो तो वितरक में अधिकतम वोल्टतापात की गणना कीजिए।

(उत्तर—10 volts)

16. एक 500 m लम्बे दिष्टधारा वलय वितरक के एक बिन्दु A पर 400 V लगाया गया है। इस पर वैद्युत भार निम्नानुसार हैं—

मीटर में भरण बिन्दु A से दूरी	100	200	400
एम्पियर में वैद्युत धारा	50	100	150

प्रत्येक चालक का प्रतिरोध 1Ω/km है। प्रत्येक वैद्युत भार बिन्दु पर वोल्टता निकालिये।

(उत्तर—374 V, 358 V, 366 V तथा $I_a = 130$ A)

Scanned with CamScanner

17. एक चलय मुख्य वितरक में किसी एक बिन्दु A पर 400 V की वोल्टता लगाई गई है। बिन्दु A से दूरियाँ तथा सम्बन्धित भार निम्न प्रकार है—

बिन्दु A से मीटर में दूरी	170	370	670
ऐम्पियर मे वैद्युत भार	40	150	200

प्रत्येक चालक का प्रतिरोध 0.1 Ω/1000 मीटर है। प्रत्येक भार-बिन्दु पर वोल्टता निकालिए।

18. संचरण तथा वितरण की शिरापरि एवं भूमिगत प्रणालियों के आपेक्षिक लक्षणों की परस्पर तुलना कीजिए।
19. एकल क्रोड की अपेक्षा, बहु क्रोड केबिल के लाभ का उल्लेख कीजिए।
20. विद्युत शक्ति संचरण के लिये शिरोपरि तथा भूतिगत प्रणाली के गुणों एवं दोषों की विवेचना कीजिए।
21. भूमिगत केबिल का संरचनात्मक विवरण समझाइये।
22. भूमिगत केबिलों में धातु कोष किस लिये प्रदान किया जाता है?
23. भूमिगत केबिलों के बिछाने की विधियाँ कौन-कौन सी हैं? उनके अनुप्रयोग क्षेत्र भी दीजिए।
24. विभिन्न संचरण प्रणालियों को बिछाने हेतु अपनाई जाने वाली विधियों का वर्णन कीजिए।
25. केबिल के प्रमाप को व्यक्त करने की विधियों का उल्लेख कीजिए।
26. केबिलों के विद्युतरोधन प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए व्यंजक स्थापित कीजिए।
27. केबिल की लम्बाई के साथ विद्युतरोधन किस प्रकार परिवर्तित होता है?
28. एक क्रोड केबिल के विद्युतरोधक प्रतिरोध के लिये परावैद्युत के विशिष्ट प्रतिरोध, क्रोड तथा कोष के व्यासों के रूप में व्यंजक प्राप्त कीजिए।
29. केबिल विसंवाहक के भंग होने के परिणामस्वरूप, केबिल प्रतिष्ठापन की कौन-सी मुख्य तीन त्रुटियाँ (Faults) सम्भव है?
30. केबिलों के विभिन्न दोषों का नाम बताइए। आप इनका परीक्षण तथा स्थानीकरण किस प्रकार करेंगे?
31. भूमिगत केबिल में प्रदोष ज्ञात करने के लिए, मुर्रे लूप परीक्षण का वर्णन कीजिए।
32. परिपथ आरेख की सहायता से किसी केबिल की लम्बाई पर भू-दोषों की सही स्थिति ज्ञात करने के लिए, मुर्रे लूप टेस्ट विधि का वर्णन कीजिए। यह वार्ले लूप टेस्ट विधि से किस प्रकार भिन्न है?
33. केबिल में प्रयोग किये जाने वाले विद्युतरोधी पदार्थों के क्या गुण हैं?
34. निम्नलिखित भूमिगत केबिलों में परीक्षण का स्पष्ट चित्र सहित वर्णन कीजिए—
    (i) मुर्रे पाश परीक्षण।
    (ii) वार्ले पाश परीक्षण।
35. केबिल के प्रमाप को व्यक्त करने की विधियों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।

आंकिक प्रश्न

1. केबिल के परावैद्युत की प्रतिरोधकता ज्ञात करो, जिसकी क्रोड का व्यास 1.5 cm है तथा कोष का व्यास 4.5 सेमी है। 223.5 मीटर लम्बे केबिल का प्रतिरोध 238 मेगा ओह्म दिया गया है।
   (उत्तर—3.04×10^{12} Ω-मीटर)
2. दो भूमिगत केबिलों को, जिनका चालक प्रतिरोध 0.3 Ω तथा 0.6 Ω और वैद्युतरोधन प्रतिरोध 3 MΩ तथा 6 MΩ

क्रमानुसार है, परस्पर जोड़ा जाता है। (i) श्रेणी, (ii) पार्श्व में उनके परिणाम चालक तथा विद्युतरोधन प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।

(उत्तर—(i) $0.9\,\Omega$ तथा $2\ \mathrm{M}\Omega$, (ii) $0.2\,\Omega$ तथा $9\ \mathrm{M}\Omega$)

3. एक एकल क्रोड केबिल, जिसकी लम्बाई 3 km, चालक का व्यासार्द्ध 12.5 mm, विद्युतरोधन-मोटाई 10 mm तथा विद्युतरोधक का विशिष्ट प्रतिरोध $5\times10^{12}\,\Omega\text{-m}$ है, का विद्युतरोधन प्रतिरोध ज्ञात कीजिए।
(उत्तर—$156\ \mathrm{M}\Omega$)

4. बीस किलोमीटर (20 km) लम्बे केबिल में भू-प्रदोष स्थानीकरण हेतु, किये गये वार्ले पाश परीक्षण में निम्नलिखित मान प्राप्त होते हैं—

$$P=10\,\Omega,\quad Q=90\,\Omega,\quad S_1=2.5\,\mathrm{K}\Omega,\quad S_2=4.5\,\mathrm{K}\Omega$$

तो परीक्षण सिरे से प्रदोष बिन्दु तक की दूरी ज्ञात कीजिए।
(उत्तर—16 km)

5. मुर्रे पाश द्वारा भू-प्रदोष के परीक्षण के एक 1000 मीटर लम्बा दोषपूर्ण केबिल, जिसका प्रतिरोध $1.75\,\Omega/\mathrm{km}$ है, एक उतनी ही लम्बाई और अनुप्रस्थ काट क्षेत्र के दूसरे दोषहीन केबिल के साथ संयुक्त है। यदि परीक्षण प्रयुक्त जाल में दो भुजाएँ सन्तुलन के लिए 4 तथा 1 के अनुपात से संयोजित हैं, तो केबिल के परीक्षण होने वाले सिरे से दोषपूर्ण स्थान तक की दूरी ज्ञात कीजिए।
(उत्तर—400 m)

6. वार्ले पाश परीक्षण द्वारा, लघुपथ प्रदोष ज्ञात करते समय, सन्तुलन स्थिति में निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए—

$$P=500\,\Omega,\quad Q=1000\,\Omega,\quad S_1=150\,\Omega,\quad S_2=240\,\Omega$$

यदि स्वस्थ एवं दोषी केबिल समरूप हों और उनका प्रति किलोमीटर प्रतिरोध $8\,\Omega$ हो, तो परीक्षण सिरे से प्रदोष की स्थिति ज्ञात कीजिए।
(उत्तर—375 km)

7. 500 मीटर लम्बाई की एक $1\,\Omega/1000$ मीटर प्रतिरोध वाली प्रदोषी केबिल को एक अन्य समान लम्बाई परन्तु $2.25\,\Omega/100$ मीटर प्रतिरोध वाली एक स्वस्थ केबिल के साथ भू-प्रदोष के लिए मुर्रे पाश परीक्षण में पाशवित किया जाता है। सन्तुलन स्थिति पर परीक्षण जाल की अन्य दो भुजाओं का अनुपात 27.5 तथा 1 हो, तो केबिल के परीक्षण सिरे से प्रदोषी बिन्दु तक की दूरी ज्ञात कीजिए।

❑

Scanned with CamScanner

अध्याय 3

विद्युत उपकेन्द्र
(Electrical Sub-Stations)

1.1. परिचय (Introduction)

वर्तमान में वैद्युत शक्ति प्रणाली जिससे A.C. वैद्युत शक्ति उत्पन्न होती है और वितरण किया जाता है, बिजली उपकेन्द्र पर उत्पादन किया जाता है और अनुकूल स्थानों पर आमतौर पर काफी दूर उपभोक्ता तक पहुँचाया जाता है। संचरण के एक वर्तमान बड़े नेटवर्क के माध्यम से और वितरण की लाइन में कई स्थानों पर बिजली प्रणाली यह वांछनीय और आवश्यक हो सकती है। कुछ विशेषताओं जैसे Voltage को बदलने के लिए D.C., फ्रीक्वेंसी P.F., इलेक्ट्रॉनिक सप्लाई आदि की व्यवस्था की जाती है। वैद्युत शक्ति के संचरण के लिए उपयुक्त उपकरण जैसे ट्रांसफार्मर, फ्यूज, रिले, सर्किट ब्रेकर, पोल, Insulator आदि का प्रयोग किया जाता है।

उपकेन्द्र (Sub-Stations)—कुछ विशेषताओं को बदलने के लिए जैसे (Voltage A.C. to D.C., Frequency P.F. आदि) को जिस जगह स्थापित करके बदला जाता है, उसे उपकेन्द्र कहा जाता है।

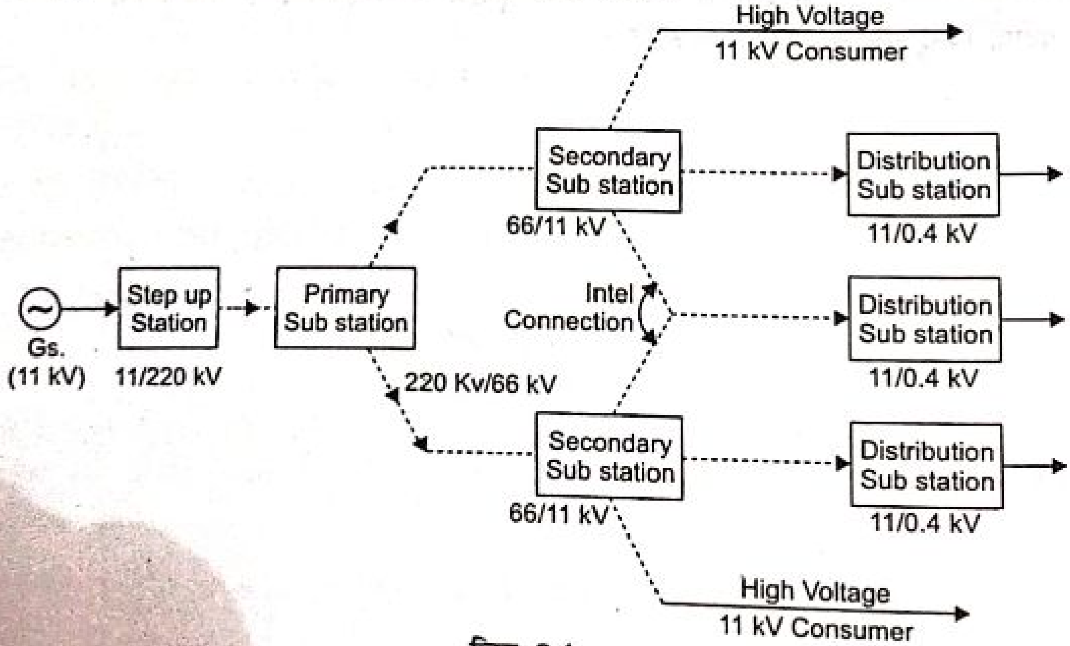
उपकेन्द्र वैद्युत शक्ति का एक महत्त्वपूर्ण हिस्सा हैं उपकेन्द्र पर सदैव वैद्युत ऊर्जा से जुड़ा रहता है। वैद्युत उपकेन्द्र एक उचित स्थान पर व्यवस्था करना चाहिए।

उपकेन्द्र को स्थापित करने के लिए कुछ महत्त्वपूर्ण बिन्दु हैं–

(i) उपकेन्द्र को एक उचित स्थान पर जहाँ शक्ति की माँग ज्यादा हो और Supply की दृष्टि से स्थापित किया जाना चाहिए। (According to Center of gravity of Load Demand)

(ii) उपकेन्द्र सुरक्षित और विश्वसनीय होना चाहिए। सुरक्षित विचारों को ध्यान में रखकर विनियमन और मजदूरी और रखरखाव के लिए सुविधाएँ विस्फोट की घटनाएँ आदि नहीं घटनी चाहिएं।

(iii) उपकेन्द्र को स्थापित करने में कम से कम व्यय होना चाहिए।



चित्र–3.1

Scanned with CamScanner

1.2. विद्युत उपकेन्द्र का वर्गीकरण (Classification of Sub-stations)

विद्युत उपकेन्द्र का वर्गीकरण निम्नलिखित प्रकार से किया जाता है–

(1) सेवा की आवश्यकता के अनुसार (According to Service Required)

(2) संरचना के अनुसार (According to Constructional Features)

(1) According to Service Required—इसके अन्तर्गत निम्नलिखित Sub-station आते हैं–

(i) ट्रांसफार्मर उपकेन्द्र (Transformer Sub-stations)—इस उपकेन्द्र पर वैद्युत के उच्च voltage को Low voltage में Low voltage को High voltage में बदला जाता है। इन उपकेन्द्रों को भी निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है जो कि निम्नवत् हैं–

(a) प्राथमिक संचरण उपकेन्द्र (Primary Transmission Sub-station)—यह उपकेन्द्र जनरेशन उपकेन्द्र के पास लगाया जाता है क्योंकि जनरेशन voltage का मान 11 kV होता है। अत: प्राथमिक संचरण उपकेन्द्र स्थानीय शक्ति उत्पादन केन्द्रों से शक्ति प्राप्त करते हैं तथा इस शक्ति को Step up कहते हैं। यह प्राथमिक संचरण Voltage 132 kV या 200 kV, 400 kV होती है। इन उपकेन्द्रों को Step up करने के लिए Step up Transformer Delta से Star में संयोजन का उपयोग किया जाता है।

(b) द्वितीयक संचरण उपकेन्द्र (Secondary Transmission Sub-station)—यह Sub-station एक Step down Sub station होता है जो कि High voltage के मान को Low voltage के मान में बदलता है। यह 132 kV, 200 kV voltage के मान को क्रमश: 66, 33, 11 kV में Step down करता है। इन उपकेन्द्रों पर voltage के संयोजन के लिए क्रमश; Star-star-connection transformer का उपयोग किया जाता है।

(c) वितरण उपकेन्द्र (Distribution Sub-station)—यह उपकेन्द्र सधारणत: Secondary Transmission voltage जो कि 66, 33, 11, kV voltage के मान को Step down करके consumer के पास पहुँचाते हैं। यहाँ पर उपयोग किया जाने वाला Transformer step down–delta to star connection का होगा तथा यह System 3 phare 4-wire के मान को होगा। जिसे Consumer light, fan, mator आदि के लिए supply लेता है।

(d) स्विचिंग उपकेन्द्र (Switching Sub-station)—Switching sub station में voltage के मान में कोई परिवर्तन नहीं होता है। इस Sub-station पर केवल Sub station को दूसरे Sub staition पर Interconnect अर्थात् Gried voltage से जोड़ा जाता है। जो कि Sub station पर समान मान की voltage को बनाए रखता है।

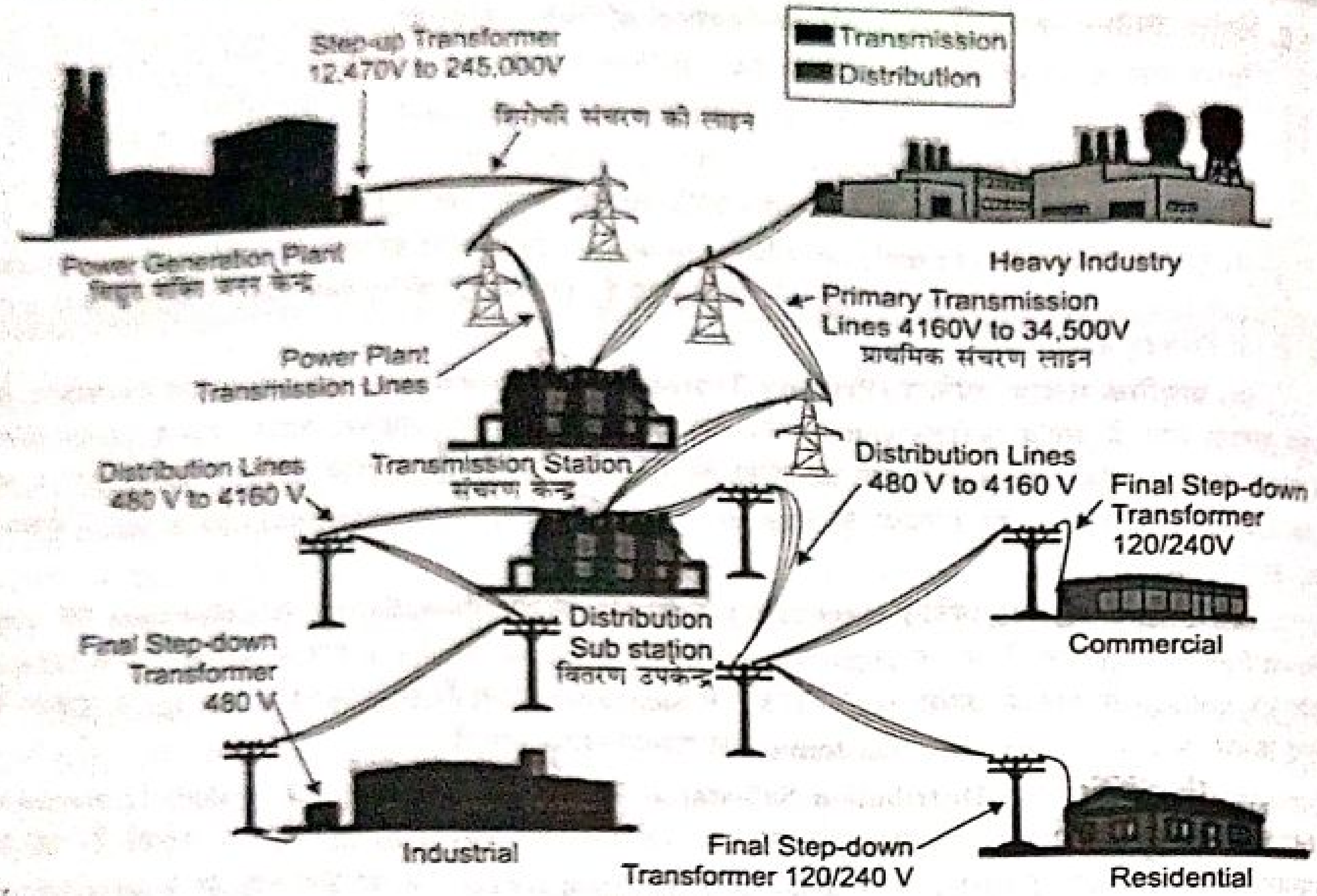
(e) औद्योगिक उपकेन्द्र (Industrial Sub-station)—बड़े Industrial consumer को जिनको अत्याधिक शक्ति की आवश्यकता होती है, Industrial Sub station कहलाते हैं। ये Sub station Separate अर्थात् पृथक Sub station होता है। ये Sub station Distibution Sub station के समान होता है। इन उपकेन्द्र तथा वितरण उपकेन्द्र में केवल अन्तर इतना है कि Industrial Sub station में Indudray को supply, जबकि वितरण उपकेन्द्र में छोटे-छोटे गाँव Consumer को supply दिया जाता है।

(f) आवृत्ति परिवर्तक उपकेन्द्र (Frequency Change Sub-station)—कुछ विशेष कार्यों जैसे Induction Heating आदि के प्रसामान्य आवृत्ति से थिल आवृत्ति में बदला जाता है, Frequency Change Sub station कहलाता है।

(g) शक्ति गुणक संशोधन उपकेन्द्र (Power Factor Correction Sub-station)—Power Factor Correction करने के लिए Receiving end पर तुल्यकालिक संधारित लगाए जाते हैं। इस प्रकार Low Power Factor के कारण संचरण लाइनों तथा शक्ति उत्पादन केन्द्रों में उच्च धारा प्रवाह पर अंकुश लगाया जाता है। इस प्रकार के उपकेन्द्र Power Factor Correction Sub station कहलाते हैं।

(h) परिवर्तक उपकेन्द्र (Converting Sub-station)—आजकल शक्ति का उत्पादन संचरण तथा वितरण प्रत्यावर्ती धारा पर किया जाता है। परन्तु कुछ विशेष कार्यों के लिए, जैसे बैट्री चार्जिंग आदि के लिए D.C. की आवश्यकता होती है। इसके लिए Converting Sub station का उपयोग किया जाता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–3.2

नियन्त्रण के आधार पर विद्युत उपकेन्द्र (On the basis of the Controling Sub-station)—नियन्त्रण के आधार पर विद्युत उपकेन्द्र निम्नलिखित प्रकार के होते हैं–

(i) हस्त चालित उपकेन्द्र (Manually operated Sub-station)—इन विद्युत उपकेन्द्र में विथित उपकरणों का परिचालन पर ड्यूटी पर नियुक्त परिचायक द्वारा किया जाता है।

(ii) स्वचालित उपकेन्द्र (Automatic operated Sub-station)—इन विद्युत उपकेन्द्रों में विथित उपकरणों का परिचालन रिले तथा स्विच गियरों की सहायता से होता है।

(iii) प्रबन्ध सम्बन्धी उपकेन्द्र (Supevisary Sub station)—इस विद्युत उपकेन्द्र का नियन्त्रण किसी एक Supervisor द्वारा किया जाता है।

विद्युत की प्रकृति के आधार पर—विद्युत की प्रकृति के आधार पर Sub station तीन प्रकार के होते हैं–

(i) दिष्ट धारा विद्युत उपकेन्द्र (D.C. Electric Sub station)—वह उपकेन्द्र जिस पर मात्र D.C. voltage या D.C. current उपलब्ध होते हैं, D.V. Sub station कहलाते हैं।

(ii) प्रत्यावर्ती उपकेन्द्र (A.C. Sub-station)—वह वैद्युत उपकेन्द्र जिस पर मात्र S.C. current या voltage उपलब्ध होता है, A.C. Sub station कहलाता है।

(iii) A.C. तथा D.C. Sub station—वह वैद्युत उपकेन्द्र जिस पर A.C. तथा D.C. दोनों उपलब्ध होते हैं A.C. तथा D.C. Sub station कहलाता है।

चालन voltage के आधार पर (On the Basis of Operating voltage)

(i) Low Voltage Sub station—ये उपकेन्द्र 11 kV से कम voltage वाले उपकेन्द्र होते हैं।

Scanned with CamScanner

(ii) उच्च वोल्टता वाले उपकेन्द्र (High Voltage Sub-station)—11 kV से 66 kV के वोल्टता वाले उपकेन्द्र को High voltage Sub station कहते हैं।

(iii) अति उच्च वोल्टता वाले उपकेन्द्र (Extra High Voltage Sub station)—132 kV से 400 kV की वोल्टता तक वाला उपकेन्द्र विद्युत उपकेन्द्र कहलाता है।

(iv) Ultra High Voltage Sub station—400 kV से ऊपर की वोल्टता वाला उपकेन्द्र कहलाता है।

(2) संरचना के अनुसार वैद्युत उपकेन्द्र (According to Constructions Features)—एक उपकेन्द्र पर बहुत प्रकार के उपकरण लगाये जाते हैं। जैसे सर्किट ब्रेकर, Switch wight Arrester आदि को लगाया जाता है। इन सारे उपकरणों को लगाने के लिए बहुत सारी जगह की आवश्यकता होती है। इन उपकरण और Rating के अनुसार जैसे-जैसे Power की demand बढ़ती जाती है उसी प्रकार Sub station की Rating भी बढ़ती जाती है। अत: साधारणत: Sub-station की Rating 220 kVA, 400 kVA में किया जाता है। अत: संरचना की दृष्टि से Sub-station चार प्रकार के होते हैं—

(i) भीतरी उपकेन्द्र वैद्युत (Indoor type Sub-station)

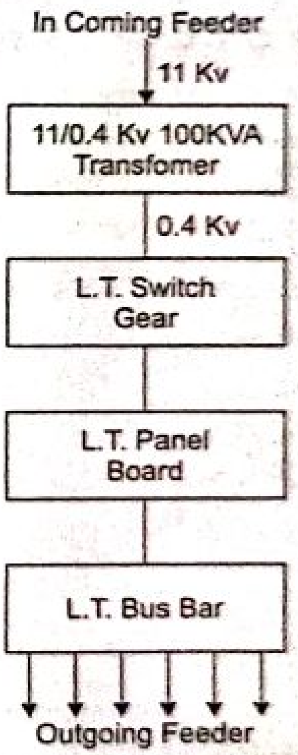
(ii) बाहरी वैद्युत उपकेन्द्र (Outdoor Sub-station)

(iii) जमीन के अन्दर लगने वाले वैद्युत उपकेन्द्र (Underground Sub-station)

(iv) पोल पर लगने वाले वैद्युत उपकेन्द्र (Pale Mounted Sub-station)

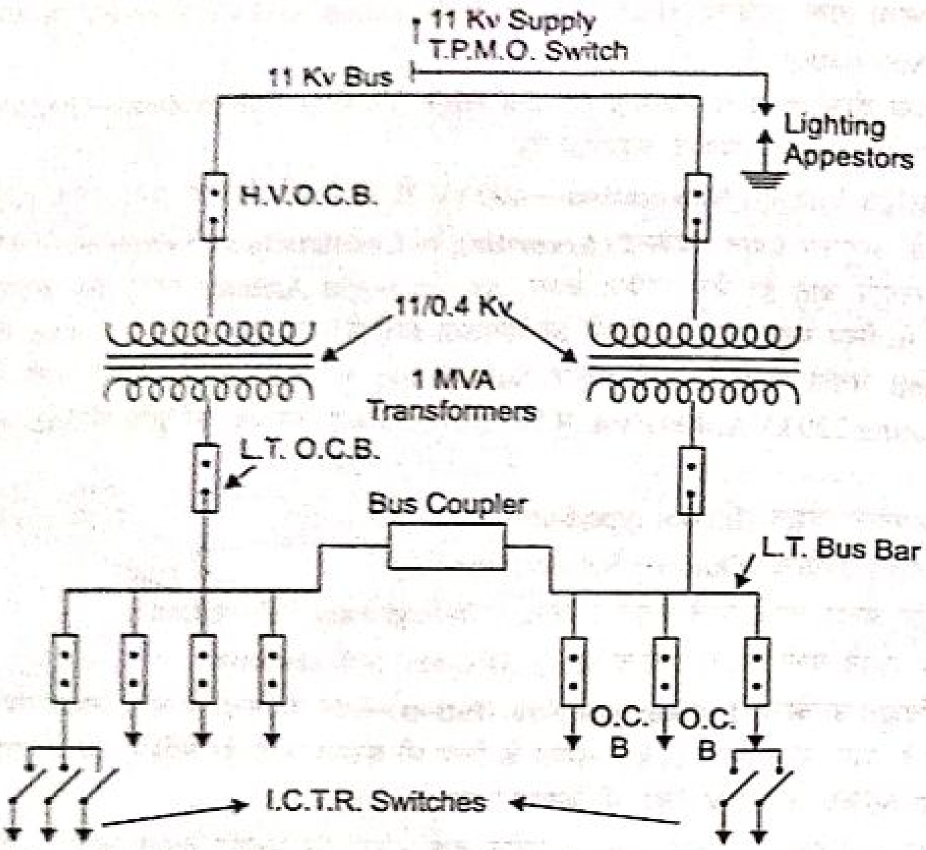
(i) भीतरी विद्युत उपकेन्द्र (Indoor type Sub-station)—इन उपकेन्द्रों में सभी उपकरणों को उपकेन्द्र भवन के अन्दर लगाया जाता है। प्राय: ये उपकेन्द्र 11 kV क्षमता के लिए भी बनाया जाता है। लेकिन जब वातावरण दूषित हो जाता है तो इन्हें 33 kV तथा 66 kV क्षमता के लिए भी बनाया जाता है।

उपकेन्द्र भवन में स्विच गियर हाई voltage पसेल तथा ट्रांसफार्मर इत्यादि लगाए जाते हैं। ट्रांसफार्मर के प्राथमिक सिरे पर ट्रिवल मेनुअल ओपरेटिड स्विच लगाए जाते हैं।



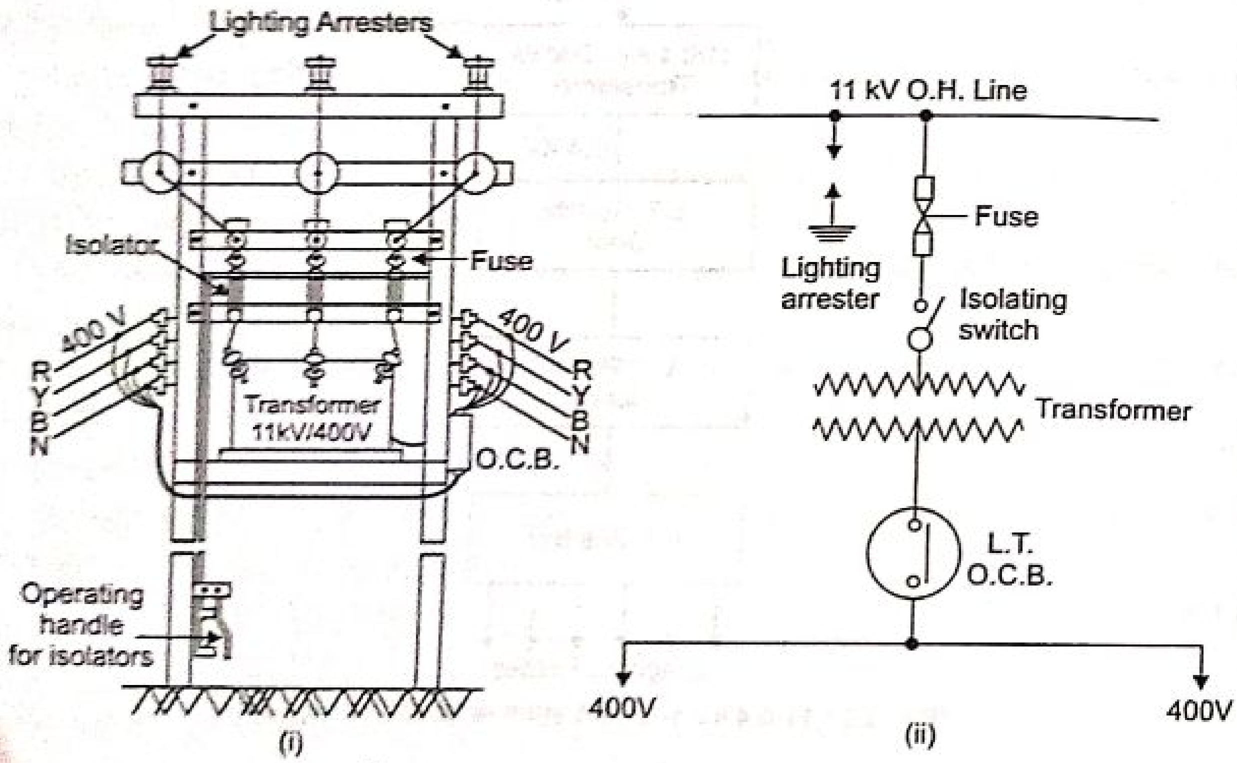
चित्र–3.3 : 11/0.4 kV 100 kVA क्षमता के उपकेन्द्र का layout

Scanned with CamScanner



चित्र–3.4 : 2MVA 11/0.4 kV indoor sub-station simple line diagram.

यदि उपकेन्द्रों को सप्लाई शिरोपरि लाइन द्वारा दी जाती है तो उच्च वोल्टता फ्यूज सैट बाहर लगे खम्बों पर लगाते हैं, लेकिन यदि उपकेन्द्र की सप्लाई भूमिगत केबल द्वारार दी जाती है तो इन्हें अन्दर बने पैनल सैट पर लगा दिया जाता है।



चित्र–3.5 : Pole mounted sub-station.

Scanned with CamScanner

शिरोपरि लाइन पर लाइटनिंग सर्ज से बचाव के लिए तड़ित प्रग्राही (Light Arrester) को लगाया जाता है। इन उपकेन्द्रों पर द्वितीयक सिरे पर डिस्ट्रिब्यूशन स्विच बोर्ड को निम्न वोल्टता (LT Capacitor) या पैनल बोर्ड पर लगाया जाता है।

ट्रांसफार्मर से तेल परिपथ वियोजक द्वारा निम्न वोल्टता की बस बार को सप्लाई किया जाता है ताकि किसी भी ट्रांसफार्मर के अनुरक्षण के समय उस ट्रांसफार्मर को परिपथ से पृथक करके दूसरी बार से उस ट्रांसफार्मर की बस बार को सप्लाई दी जा सके। L.T. पैनल पर ऐमीटर वोल्टमीटर, इनर्जीमीटर तथा शक्ति गुणक इत्यादि लगाए जाते हैं।

उपकेन्द्र की रक्षा के लिए अतिभार रिले, भूरिले (Earth Fault Relay) तथा प्रतिलोप शक्ति रिले भी लगाया जाता है।

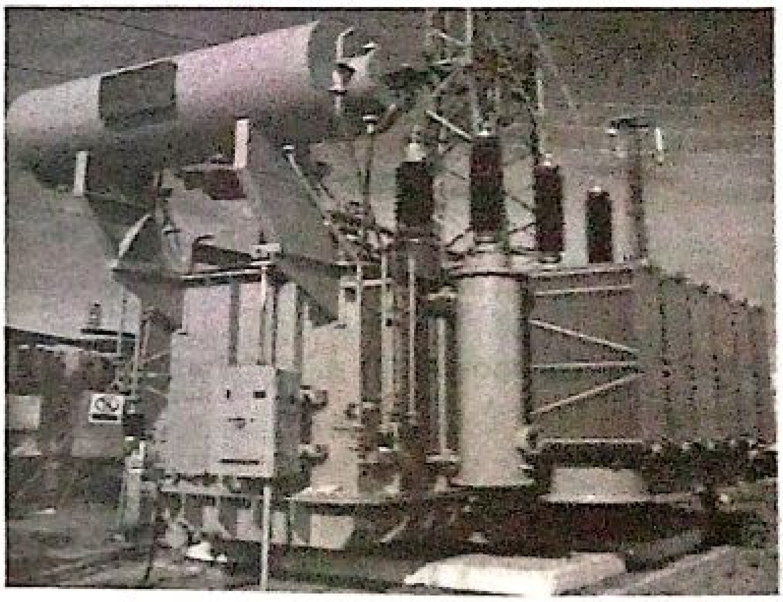
(ii) बाहरी विद्युत उपकेन्द्रों (Outdoor Sub station)—इस प्रकार के उपकेन्द्र को खाली जगह पर लगाया जाता है ये उपकेन्द्र निम्नवत दो प्रकार के होते हैं–

(1) खम्बों पर लगने वाले उपकेन्द्र (Pole Mounted Sub station)—इस प्रकार के उपकेन्द्र सबसे सस्ते तथा छोटे होते हैं। इस प्रकार के उपकेन्द्र में किसी भवन की आवश्यकता नहीं होती है। सभी प्रकार के उपकेन्द्र बाहर खम्भे पर लगाया जाता है। ये खम्भे Single pole structure, Double pole strucure, 4-pole structure के हो सकते हैं। खम्भों पर उच्च वोल्टता सिरे की रक्षा हेतु वोल्टता फ्यूज सैट तथा ट्रांसफार्मर को तडित सर्ज से सुरक्षा के लिए तड़ित प्रग्राही (Lighting Arrester) भी लगा दिए जाते हैं। इसी Pole पर T.P.M.O. Switch लगाया जाता है। निम्न वोल्टता सिरे पर वोल्टता सिरे पर धातु आवरण त्रिध्रुवीय स्विच भी लगाया जाता है।

जब खम्भों पर लगने वाले उपकेन्द्र छोटी जगह या कम आबादी वाली जगह पर लगाए जाते हैं, तब इन्हीं खम्भों पर से शिरोपरि वोल्टता लाइन द्वारा उपभोक्ता को सप्लाई दी जाती है। लेकिन जब यही उपकेन्द्र घनी आबादी वाले क्षेत्र पर लगाते हैं तो उपभोक्ता को निम्न वोल्टता सप्लाई भूमिगत केबल द्वारा दी जाती है। खम्भों पर लगने वाले उपकेन्द्र ट्रांसफार्मर की क्षमता क्रमशः 25 kVA, 63 kVA, 100 kVA तक होती है।

लेकिन कुछ विशेष परिस्थितियों में 4-pole पर भी ट्रांसफार्मर को लगाया जाता है। ये 4 pole Sub-station power की demand तथा जहाँ पर बहुत सघन आबादी हो, वहाँ पर इस Sub-station को लगाया जाता है।

(2) आधारशिला पर आरोपित होने वाले उपकेन्द्र (Plainth Mounted Sub station)—इन उपकेन्द्र को खुली जगह में उचित आधारशिला को बनाकर रखा जाता है। प्रायः इस प्रकार के उपकेन्द्र को प्राथमिक या द्वितीयक प्रकार के संचरण के लिए भी प्रयोग किया जाता है। इन उपकेन्द्रों पर पहुँचने वाली सप्लाई अकेले या द्वितीय संचरण के लिए प्रयोग की जाती है। ट्रांसफार्मर के प्राथमिक सिरे पर T.P.M.O. Switch तथा फ्यूज सैट को लगाया जाता है। ट्रांसफार्मर की निम्न वोल्टता की दिशा में बने कक्षक में सर्किट ब्रेकर इत्यादि लगाते हैं। मापन उपयन्त्र के सारे उपकरण जैसे अमीटर, वोल्टमीटर, फ्रिक्वेंसी मीटर आदि उपकरण को लगाया जाता है। द्वितीयक वितरण शिरोपरि लाइन या भूमिगत केबिल द्वारा कर जाती है।

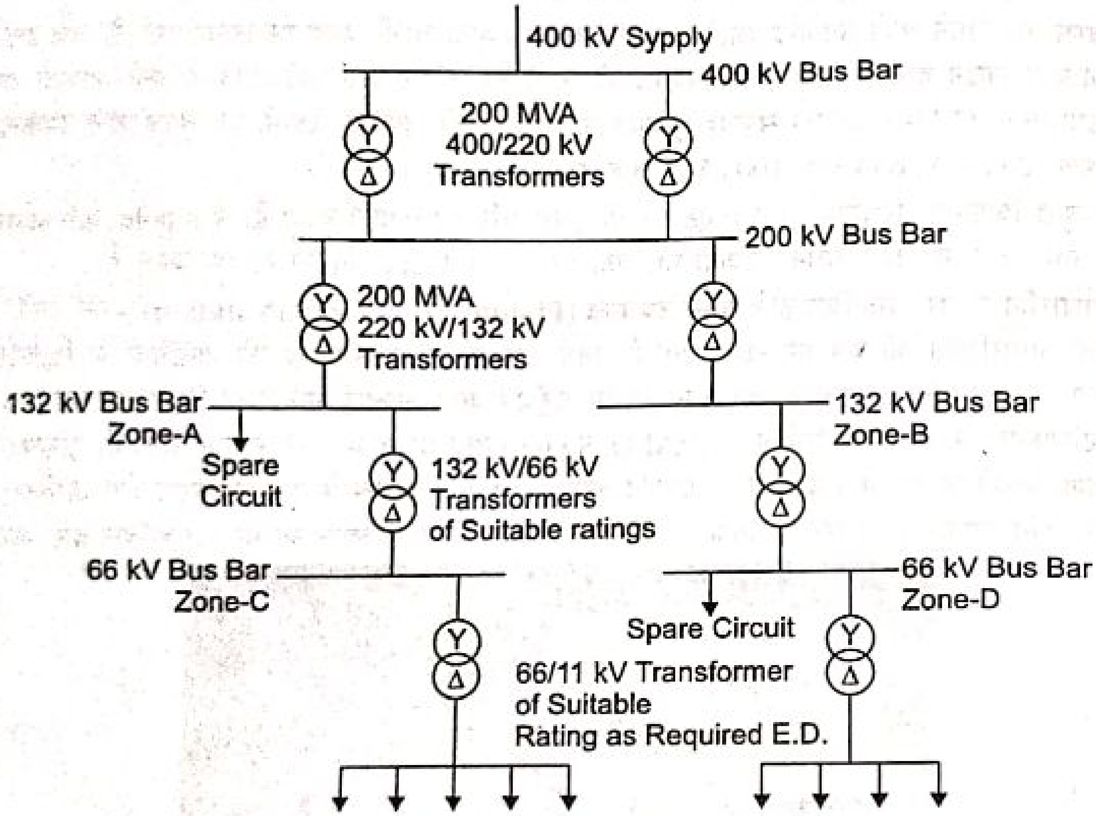


चित्र–3.6 : Plainth Mounted Sub-Station.

Scanned with CamScanner

भीतरी उपकेन्द्र तथा बाहरी उपकेन्द्र के लाभ या हानि
(Comparison between Indoor Sub-station and Outdoor Sub-station)

क्र.सं.	भीतरी उपकेन्द्र (Indoor Sub-station)	बाहरी उपकेन्द्र (Outdoor Sub-station)
1.	इन उपकेन्द्र को बनाने के लिए भवन निर्माण सामग्री जैसे ईंट, पत्थर, सीमेन्ट, लोहा, कंक्रीट आदि की आवश्यकता होती है।	इन उपकेन्द्र को बनाने के लिए संरचना के लिए किसी प्रकार की ईंट, पत्थर, बालू आदि की आवश्यकता नहीं होती है।
2.	Indoor Sub station की लागत अधिक होती है।	Outdoor Sub station की लागत कम होती है।
3.	Indoor Sub station में मापन के सारे उपकरण जैसे अमीटर, वोल्टमीटर, फ्रिक्वेंसी मीटर आदि को भवन के अन्दर लगाया जाता है।	Outdoor Sub station में सारे उपकरण को एक पैनल बोर्ड पर लगाया जाता है, जो पूर्णतः ऋतुसह कवर से बन्द रहता है।
4.	Indoor Sub station का विस्तार आसानी ने नहीं किया जा सकता है।	Outdoor Sub station का विस्तार आसानी से किया जा सकता है।
5.	स्विच गियर को लगाने में अधिक खर्च की आवश्यकता होती है।	स्विच गियर को लगाने में कम खर्च की आवश्यकता होती है।
6.	इन उपकेन्द्र को सज्जित (Assemble) करने में अधिक समय लगता है।	इन उपकेन्द्रों को सज्जित करने में कम समय लगता है।



चित्र–3.7 : Different Feeders of 11 kV Line.

1.3. विद्युत उपकेन्द्र के प्रमुख भाग (Equipments in a Transformer Sub-station)

विद्युत उपकेन्द्र के प्रमुख अंग निम्नलिखित है–

(i) यार्ड या आंगन (Yard)—विद्युत उपकेन्द्र का वह स्थान जहाँ पर पावर ट्रांसफार्मर, करेन्ट ट्रांसफार्मर, सर्किट ब्रेकर, आइसोलेटर, अरेस्टर तथा लाइन के अमुक अंगों को समुचित रूप से स्थापित किया जाता है, यार्ड कहलाता है। यार्ड प्राय: विद्युत उपकेन्द्र का बाहरी भाग होता है, जिसको प्राय: धूप, धूल, धूम्र, आंधी, तूफान, वर्षा, बर्फ आदि जलवायुवीय कुप्रभावों को सहन करना पड़ता है।

Scanned with CamScanner

(ii) नियन्त्रण कक्ष (Control Room)—विद्युत उपकरण का वह स्थान जिसमें controling के सारे उपकरण जैसे Current Transformer, Frequency Meter, Voltage Meter, Relay आदि को लगाया जाता है, Control Room कहलाता है।

(iii) माइक्रोवेव रूम अथवा सूक्ष्म तरंग रूम (Microwave Room)—वह कक्ष जिसमें से अन्य दूरस्थ व विशाल विद्युत जनन केन्द्रों तथा उपकेन्द्रों के लिए सूचनाओं का आदान-प्रदान होता है, Microwave Room कहलाता है।

(iv) बैटरी रूम (Battery Room)—विद्युत उपकन्द्र का वह रूम जिसमें बैटरियों को समूह स्थापित किए जाते हैं, बैटरी रूम कहलाता है। इनसे D.C. सप्लाई प्राप्त होती है, जिसका प्रयोग रिलेज, इमर्जेन्सी लाइट आदि के लिए किया जाता है।

(v) रिपेयर शाप अथवा मरम्मतशाला (Repair Room)—विद्युत उपकेन्द्र का वह भवन जिसमें यन्त्र, उपयन्त्र, मापयन्त्र, रक्षीयन्त्र उपकरण आदि युक्ति की मरम्मत होती है, मरम्मतशाला कहलाती है यह उपकेन्द्र का एक महत्त्वपूर्ण भाग है जहाँ पर प्राय: ट्रांसफार्मर को रिपेयर किए जाता है।

(vi) स्टोर रूम (Store Room)—वह रूम जिसमें अनुरक्षण तथा मरम्मत सम्बन्धी सामग्री साज सज्जा के अतिरिक्त नग आदि आवश्यक समान को संभाल कर रखा जाता है भण्डार गृह कहलाता है।

(vii) ऑफिस (Office)—वह कमरा जिसके अन्दर विद्युत उपकेन्द्र का अधिकारी बैठकर कार्यालय सम्बन्धी कार्य स्वयं करता है और अपने कार्यालय के कर्मचारियों जैसे टाइपिस्ट, क्लर्क आदि से कराता है, कार्यालय कहलाता है।

1.4. विद्युत उपकेन्द्रों पर प्रयुक्त युक्तियों के प्रारूप (Type of Devices used on Electric Sub-station)

विभिन्न प्रकार के विद्युत उपकेन्द्रों पर प्रमुख रूप से निम्न प्रकार की तकनीकी युक्तिां प्रयोग होती हैं—

(i) धारावाही युक्ति (Current Carrying Devices)—वायर, लाइन, कण्डक्टर, केबिल कनैक्टर, जम्पर आदि का प्रयोग किया जाता है।

(ii) नियमन तथा नियन्त्रण युक्ति (Regulating and Controling Device)—जैसे टेम्प्रेचर आदि युक्ति का प्रयोग किया जाता है।

(iii) परिपथ जोड़-तोड़ युक्तियाँ (On-off Devices)

(iv) मापन युक्ति (Measuring Device)—वैद्युत मापन करने के लिए निम्नलिखित उपकरणों का प्रयोग किया जाता है। जैसे—ऐमीटर, वोल्टमीटर, पावर फैक्टर, वाटमीटर, इनर्जी मीटर, फ्रीक्वेंसी मीटर, थर्मोमीटर, टेम्प्रेचर मीटर, प्रेशर गेज आदि का प्रयोग किया जाता है।

(v) रक्षी युक्ति (Protective Device)—वैद्युत युक्ति को सुरक्षित करने के लिए फ्यूज, प्रोटेक्टिव रिले, अरेस्टर, प्रोटेक्टिव प्लग, प्रोटेक्टिव वाल्व, अर्थिंग आदि का प्रयोग किया जाता है।

(vi) परिणमन युक्ति (Transformation Device)—वैद्युत युक्ति को पावर ट्रांसफार्मर, करेन्ट ट्रांसफार्मर, पोटेंशियल ट्रांसफार्मर आदि का प्रयोग किया जाता है।

(vii) रूपान्तरण युक्ति (Converting Device)—जैसे रेक्टिफायर, कनर्वटर, इनवर्टर, मोटर, जेनरेटर सेट का प्रयोग किया जाता है।

(viii) गुणता विकास युक्ति (Quality Improvement Device)—जैसे तेल शोधन युक्ति शक्ति गुणक संशोधन युक्ति, सेन्ट्रिफ्यूगल मशीन आदि का प्रयोग किया जाता है।

(ix) परीक्षण युक्ति (Testing Device)—वैद्युत युक्ति को टेस्ट करने के लिए निम्नलिखित युक्तियों का प्रयोग किया जाता है—आयल टेस्ट, मीटर टेस्ट, रिले टेस्ट, इन्सुलेशन टेस्ट, मैगर टेस्ट आदि का प्रयोग किया जाता है।

(x) रासायनिक युक्ति (Chemical Device)—वैद्युत युक्ति का जैसे ट्रांसफार्मर आयल का Dielectric Strength बैटरी के सेल में प्रयोग Chemical का Gravity Test, ब्रीदर का केमिकल अरेस्टर आदि का प्रयोग किया जाता है।

Scanned with CamScanner

(xi) प्रदीपन युक्ति (Illumination)—जैसे रोशनी के लिए प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के लैम्प्स एण्ड ट्यूब्स आदि का प्रयोग किया जाता है।

1.5. विद्युत उपकेन्द्र में लगाने वाले उपयन्त्र (Equipments in a Transformer Sub-station)

विद्युत उपकेन्द्र में लगने वाले सहायक उपकरणों तथा ट्रांसफार्मर को नियन्त्रित करने वाले उपयन्त्र इत्यादि को पूर्व गठित लोहे के फ्रेमों पर या धातु आवरण वाले ट्रक यूनिट में लगाया जाता है—

(i) बस बार (Bus Bar)—उपकेन्द्रो मे प्रयोग की जाने वाली बस बार ताँबे या ऐल्युमिनियम चालक की बनी होती है तथा ये ठोस आयताकार या वृत्ताकार हो सकते हैं। कुछ विशेष परिस्थिति में बस बार को खोखली आयताकार या वृत्ताकार भी बनाया जाता है, जब बस बार में बहुत उच्च धारा-प्रवाह तथा उच्च तापन हो। आजकल ऐल्युमिनियम की बस बार का प्रयोग किया जाता है क्योंकि ऐल्युमिनियम हल्का तथा सस्ता होने के साथ जंगरोधी भी है। उचित विद्युत संयोजन के लिए ऐल्युमिनियम बस बारो को रजत लेपित कर दिया जाता है।

(ii) विद्युत रोधक (Insulator)—उपकेन्द्रो में पोर्सिलेन के बेन पोस्ट तथा ब्रुशिंग टाइप विद्युत रोधक प्रयोग किए जाते हैं। विद्युत रोधक जीवित चालक तथा बस बारो को आधार प्रदान किया जाता है।

(iii) विलगकारी स्विच (Isolator Switch)—Isolator Switch विद्युत परिपथ को No Load पर आफ या आन करने के लिए प्रयोग किया जाता है। जब परिपथ में धारा प्रवाहित हो रही है तो आइसोलेटर स्विच को परिपथ से नहीं खोलना चाहिए। Isolator दो प्रकार के होते हैं—

(a) Signal Pole isolator switch

(b) Three Pole isolator switch

(iv) परिपथ वियोजक (Circuit Breaker)—परिपथ वियोजक वह युक्ति है जो सर्किट को सामान्य या असामान्य स्थिति में परिपथ को खोलने तथा बन्द करने के लिए प्रयोग किया जाता है। स्वचलित परिपथ वियोजक में एक ट्रिप कुण्डली होती है जो किसी एक रिले द्वारा संयोजित रहती है। ये परिपथ वियोजक वैद्युत परिपथ के रक्षण हेतु प्रयोग किया जाता है तथा असामान्य स्थिति मे परिपथ को स्वत: खोल देते हैं।

(v) फ्यूज (Fuse)—फ्यूज ट्रांसफार्मर एवं शिरोपरि लाइन को अति धारा से होने वाले हानि से रक्षण करता है तथा आजकल फ्यूज को प्राय: उपकेन्द्रों में उच्च वोल्टता सिरे की ओर लगाया जाता है। उपकेन्द्रों में उच्च वोल्टता सिरे की ओर फ्यूज लगाने का मुख्य कारण यह है कि एक फ्यूज उड़ जाने पर प्रणाली अन्य दो प्रणाली फेजों पर कार्य करती रहती है। इसी कमी को दूर करने के लिए फ्यूज को सीधे रक्षी रिले के साथ भी प्रयोग किया जाता है।

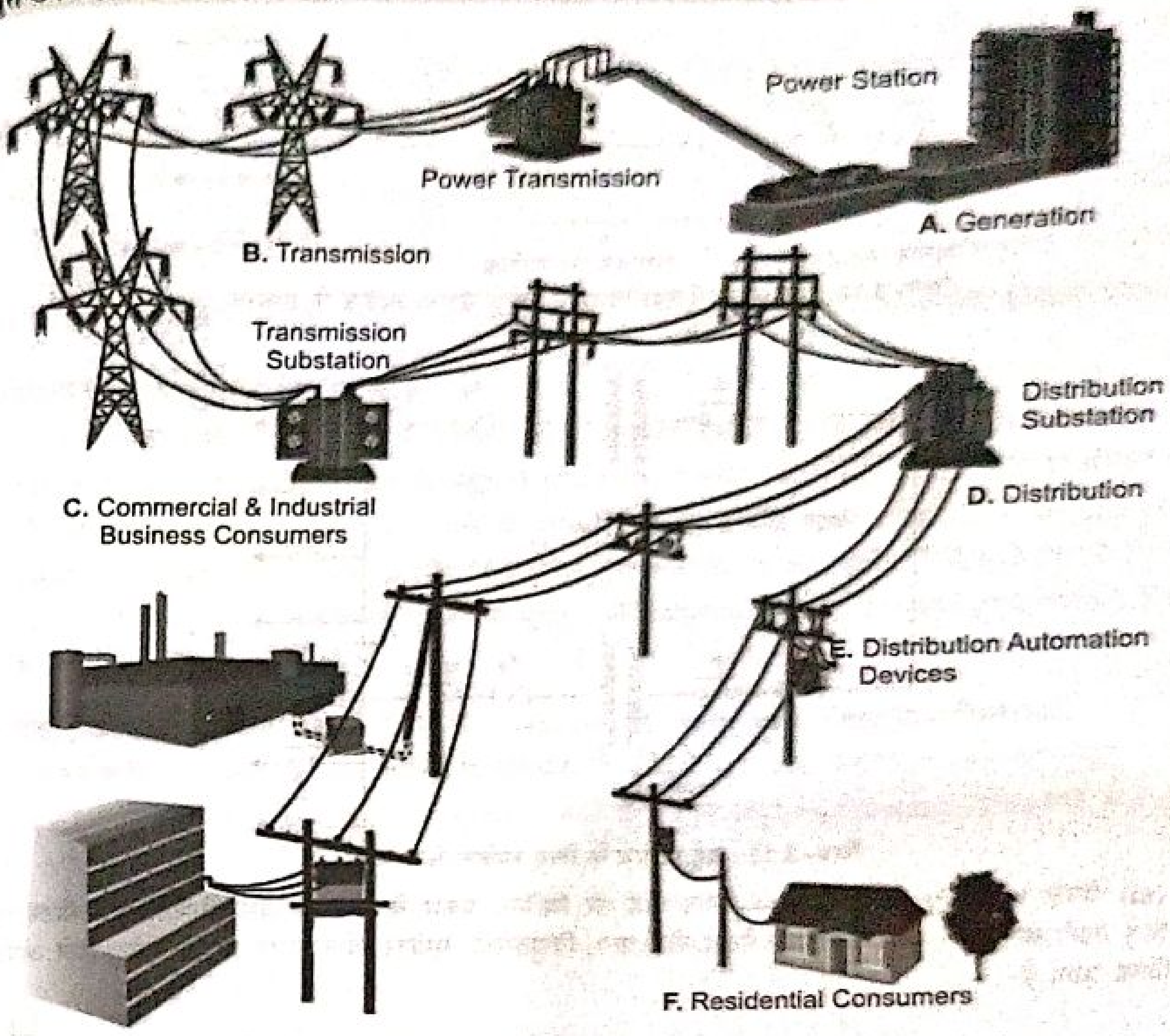
(vi) रक्षी रिले (Protective Relay)—विद्युत दोष तथा अति लोड से उपकरण की रक्षा के लिए रक्षी रिले का प्रयोग किया जाता है। ट्रांसफार्मर की रक्षा हेतु परिपथ वियोजक के साथ रक्षी रिले का भी प्रयोग किया जाता है।

(vii) ट्रांसफार्मर (Transformer)—शक्ति उत्पादन केन्द्रों की जनन वोल्टता को उच्च वोल्टता पर संचालित करने के लिए Step up Power Transfamer का प्रयोग किया जाता है तथा वितरण उपकेन्द्रों पर वोल्टता को Step down शक्ति ट्रांसफार्मर प्रयोग किए जाते हैं। 10 MVA तक के ट्रांसफार्मर तेल निमज्जित प्राकृतिक (Oil Immersed Naturally Called जिन्हें आन टाइप ट्रांसफार्मर कहते हैं, प्रयोग किए जाते हैं। 10 MVA से अधिक ट्रांसफार्मर वायु झोका शीतलित होते हैं।

(viii) धारा परिणामित्र (Current Transfarmer)—धारा परिणामित्र प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में लगाया जाता है तथा इनके द्वारा सूचक तथा मापन उपयन्त्र; जैसे एमीटर, वाटमीटर, ऊर्जामीटर तथा रक्षी मीटर की धारा कुण्डलियों को सप्लाई प्रदान की जाती है। इनके प्रयोग से परिपथ में कम धारा परास तथा निम्न वोल्टता वाले उपयन्त्र प्रयोग किए जाते हैं।

(ix) विभव परिणामित्र (Potential Transfarmer)—500 वोल्ट से अधिक वोल्टता पर सूचक या मापन उपयन्त्रों की कुण्डली को सप्लाई प्रदान करने के लिए विभव परिणामित्र प्रयोग किए जाते हैं। इस प्रकार विभव परिणामित्र के द्वारा निम्न वोल्टता के साधारण यन्त्र बनाए जा सकते हैं, जिनके द्वारा उच्च वोल्टजा का मापन किया जाता है तथा इनके द्वारा उच्च वोल्टता को भी मापा जा सकता है।

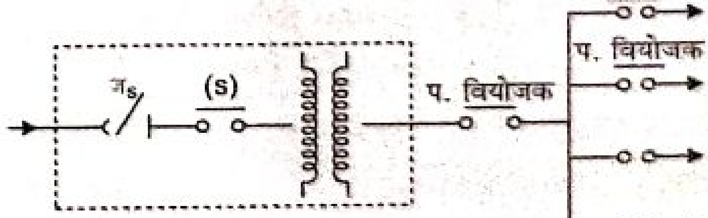
Scanned with CamScanner



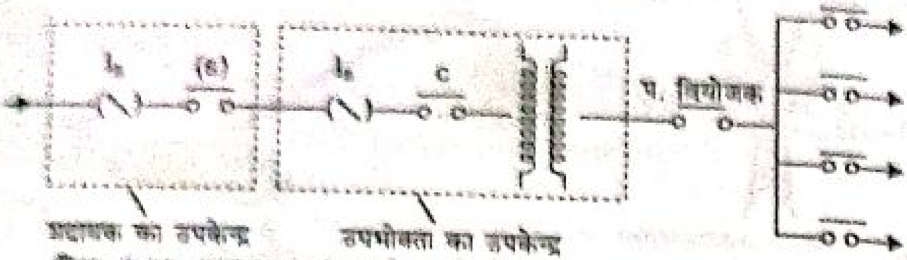
चित्र–3.8

विभव परिणामित्र को प्राथमिक कुण्डलन उपकेन्द्र की मुख्य बस बार के पार्श्व में संयोजित होती है तथा द्वितीय टर्मिनल की कुण्डलन उपकेन्द्र की मुख्य वस वार के पार्श्व में संयोजित होती है।

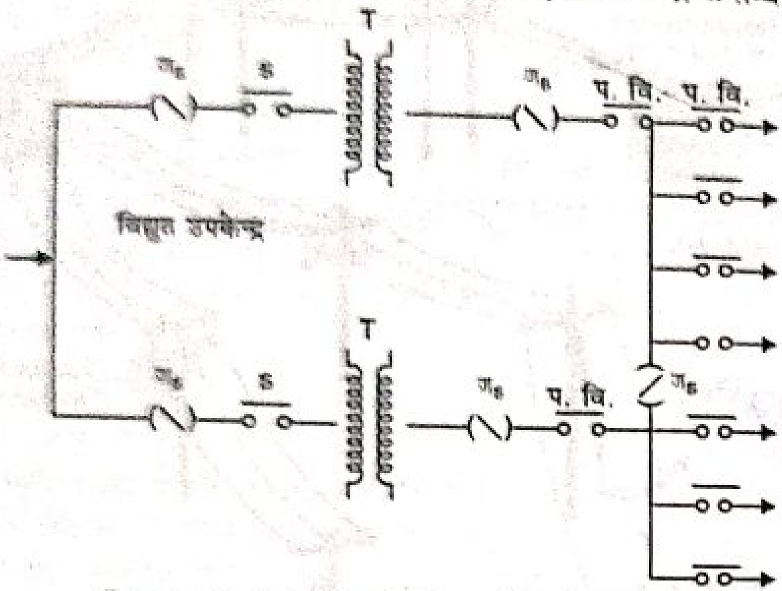
(x) **सूचक तथा मापन उपयन्त्र**—परिपथ में धारा वोल्टता शक्ति तथा ऊर्जा शक्ति इत्यादि के मापन के लिए उपकेन्द्रों पर एमीटर, वोल्टमीटर तथा इनर्जी मीटर का प्रयोग किया जाता है।



चित्र–3.9 : प्रदायक एवं उपभोक्ता के सम्मिलित उपकेन्द्र के सम्बन्ध



चित्र–3.10 : प्रदायक एवं उपभोक्ता के पृथक-पृथक उपकेन्द्र के सम्बन्ध



चित्र–3.11 : बहु परिपथ के लिए उपकेन्द्र के सम्बन्ध

(xi) पैनल बोर्ड (Panel Board)—पैनल बोर्ड पर विभिन्न प्रकार के उपयन्त्र जैसे एमीटर, वोल्टमीटर, इनर्जी मीटर, रिले आदि का प्रयोग किया जाता है। पैनल बोर्ड प्राय: विद्युतरोधी, एमीटर, वोल्टमीटर, इनर्जी मीटर, रिले आदि का प्रयोग किया जाता है।

❑❑❑

अध्याय 4

शक्ति गुणक
(Power Factor)

4.1. प्रस्तावना (Introduction)

सामान्यत: वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन, संचरण तथा वितरण प्रत्यावर्ती धारा के रूप में होता है जिसके कारण इनमें शक्ति गुणांक (Power factor) का अत्यधिक महत्व है। बहुत से लोड जैसे इण्डक्शन मोटर, आर्क लैम्प आदि इण्डक्टिव प्रकार के लोड हैं और निम्न पश्चगामी शक्ति गुणक रखते हैं, जबकि निम्न पश्चगामी शक्ति गुणक (Low lagging power factor) इसके लिये नुकसानदायक होता है। क्योंकि निम्न शक्ति गुणक के कारण धारा का मान बढ़ता है जिससे परिपथ में हानियाँ बढ़ जाती हैं जिसके कारण हमें शक्ति गुणक को सुधारने की आवश्यकता होती है जिसका विस्तृत अध्ययन हम इस अध्याय के अन्तर्गत करेंगे।

1. आभासी, वास्तविक तथा प्रतिघाती शक्ति (Apparent, Real and Reactive Power)

आभासी शक्ति (Apparent Power)—प्रत्यावर्ती धारा परिपथों में धारा तथा वोल्टता के वर्ग-माध्य-मूल मानों के गुणनफल (V.I.) को आभासी शक्ति (Apparent power) कहते हैं। इसकी इकाई volt-ampere (VA) तथा बड़ी इकाई kVA एवं MVA हैं।

वास्तविक शक्ति (Real/Active Power)—प्रत्यावर्ती धारा परिपथों में आभासी शक्ति तथा शक्ति गुणांक (Power factor) के गुणनफल को वास्तविक शक्ति कहते हैं। इसे VI cos ϕ से व्यक्त करते हैं। इसकी इकाई वाट (watt), किलोवाट (kW) और मेगावाट (MW) होती है।

2. प्रतिघाती शक्ति या प्रतिकारक शक्ति (Reactive Power)

आभासी शक्ति (VI) तथा धारा व वोल्टता के फेज कोण के sin ϕ अर्थात् VI sin ϕ को, प्रतिकारक शक्ति कहते हैं। इसकी इकाई VAR, kVAR एवं MVAR में होती है।

शक्ति गुणक (Power Factor)—इसको निम्नलिखित प्रकार से पारिभाषित किया जा सकता है—

(1) सक्रिय शक्ति (Active power, VI cos ϕ) तथा आभासी शक्ति (Apparent power, VI) के अनुपात को शक्ति गुणक कहते हैं।

अर्थात्
$$\text{शक्ति गुणक} = \frac{\text{सक्रिय शक्ति (VI cos } \phi)}{\text{आभासी शक्ति (VI)}}$$

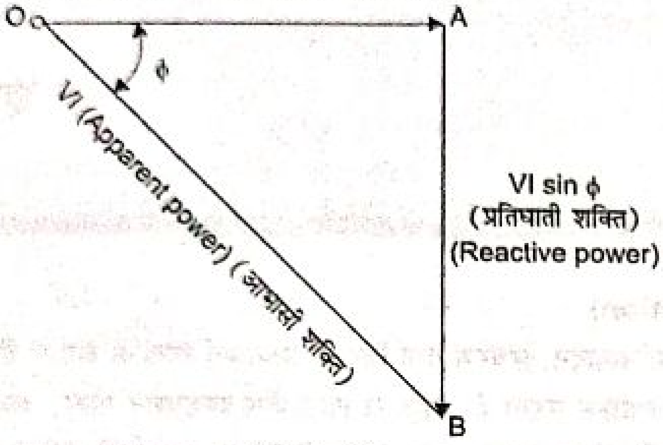
(2) शक्ति गुणक, श्रेणी परिपथ में प्रतिरोध (R) तथा प्रतिबाधा (Z) का अनुपात है।

अर्थात्
$$\text{P.F.} = \frac{R}{Z}$$

(3) पावर फैक्टर (शक्ति गुणक), वोल्टता सदिश (V) तथा धारा सदिश (I) के बीच कला (Phase angle) (θ) का कोज्या (cosine) है।

Scanned with CamScanner

शक्ति त्रिभुज (Power Triangle)



चित्र–4.1

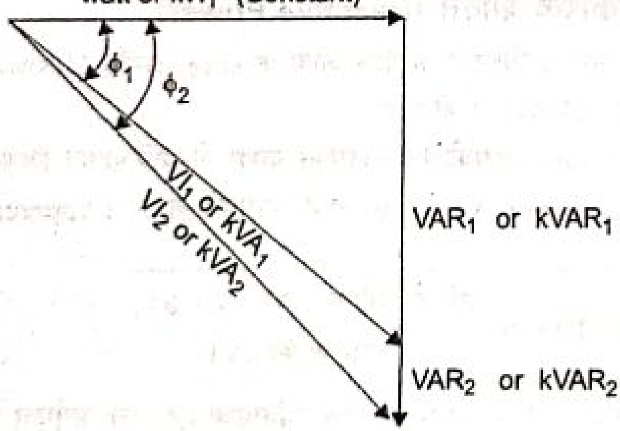
शक्ति त्रिभुज (Power triangle) के अनुसार यह तीन पावर का परिमाण और कोणीय सम्बन्ध बताता है जिसके अनुसार शक्ति गुणांक (Power factor) को परिभाषित एवं आपस में सम्बन्धित किया जा सकता है।

$$\text{शक्ति गुणांक (Power factor)} = \frac{\text{वास्तविक शक्ति (Real power)}}{\text{आभासी शक्ति (Apparent power)}}$$

$$= \frac{VI \cos \phi}{VI}$$

अर्थात् P.F. का निर्धारण उसकी आभासी शक्ति एवं वास्तविक शक्ति के मान से निर्धारित कर सकते हैं।

प्रतिघाती शक्ति (Reactive power) $VI \sin \phi$ जो कि शक्ति त्रिभुज (Power triangle) की तीसरी भुजा में प्रदर्शित है, के घटने और बढ़ने से Power factor का मान बढ़ता और घटता है। यदि Reactive power का परिमाण (Magnitude) बढ़ता है तो शक्ति गुणांक (Power factor) का मान घटता है एवं Reactive power का परिमाण घटता है तो Power factor का मान बढ़ता है।



चित्र–4.2

3. निम्न शक्ति गुणक के कारण (Causes of Low Power Factor)

आर्थिक दृष्टि से निम्न शक्ति गुणक बहुत हानिकारक होता है। प्रायः औद्योगिक क्षेत्र में वैद्युत शक्ति प्रणाली से संयुक्त

Scanned with CamScanner

उच्च प्रेरणिक भार (Combined high inductive load) के कारण पावर फैक्टर घट जाता है। निम्न पावर फैक्टर के प्रमुख कारण निम्नलिखित है—

(i) विद्युत उपकेन्द्रों पर प्रयुक्त ट्रांसफॉर्मरों में चुम्बकन धारा (I_μ) निम्न शक्ति गुणक का कारण है। चुम्बकन धारा का मान अधिक होने से ट्रांसफॉर्मर का शक्ति गुणक घट जाता है।

(ii) आर्क लैम्प, इलेक्ट्रिक डिस्चार्ज लैम्प और औद्योगिक हीटिंग भट्ठी निम्न पश्चगामी शक्तिगुणक (Low lagging power factor) पर प्रचालित होता है।

(iii) पावर सिस्टम पर लोड निरन्तर परिवर्तनशील होता है जो कि सुबह और शाम के दौरान उच्च तथा दूसरे समय में निम्न रहता है। निम्न भार के दौरान सप्लाई वोल्टेज बढ़ता है फलस्वरूप चुम्बकन धारा (I_μ) बढ़ता है जिसके कारण शक्ति गुणक निम्न होता है।

(iv) विद्युत उपकरणों को चलाने के लिए औद्योगिक क्षेत्र में मोटरों के व्यापक प्रयोग के कारण शक्ति गुणक घट जाता है क्योंकि इण्डक्शन मोटर भी ट्रांसफॉर्मर की तरह प्रेरण के सिद्धान्त पर ही कार्य करती है।

विभिन्न प्रकार के वैद्युत भारों हेतु शक्ति गुणक की सीमा

(Limit of power factor for different types of loads)

S. No.	भार (Load)	शक्ति गुणक (cos ϕ)
1.	परिणामित्र	0.5 से 0.7 तक
2.	प्रेरण मोटर	0.8 से निम्न
3.	प्रेरण भट्टियाँ	0.6 से 0.8 तक
4.	आर्क भट्टियाँ	0.8 से निम्न
5.	प्रतिदीप्त लैम्प	0.4 से 0.6 तक
6.	पारद लैम्प	0.4 से 0.5 तक
7.	सोडियम लैम्प	0.4 से 0.6 तक
8.	नियॉन लैम्प	0.4 से 0.5 तक
9.	आर्क लैम्प	0.3 से 0.5 तक
10.	प्रतिरोध वैल्डन	0.7 से निम्न
11.	आर्क वैल्डन	0.3 से 0.5 तक
12.	पंखा या फैन	0.5 से 0.7 तक
13.	तापदीप्त फैन	एकांक
14.	प्रतिरोध तापक	एकांक
15.	तुल्यकाली मोटर	(उच्च समंजनीय)
16.	तुल्यकाली परिवर्तक	(उच्च समंजनीय)

4.2. निम्न शक्ति गुणक का प्रभाव (Effect of Low Power Factor)

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में पावर फैक्टर एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है जो निम्न पर निर्भर करता है—

$$P = V_L I_L \cos\phi \quad \text{(for single phase supply)}$$

$$I_L = \frac{P}{V_L \cos\phi}$$

$$P = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\phi \quad \text{(for 3-}\phi\text{ supply)}$$

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

Scanned with CamScanner

स्पष्ट है कि निश्चित वैद्युत शक्ति (P) तथा स्थिर वोल्टता (V) पर शक्ति गुणक के घटने से लोड धारा का मान बढ़ जाता है।

अर्थात्

$$I \propto \frac{1}{\cos\phi} \text{ \{at constant } P \text{ and } V_L\}$$

निम्न शक्ति गुणक पर धारा का मान प्रत्यक्ष बढ़ने से अन्य निम्न वर्णित घटक भी अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित होते हैं—

(i) किलोवोल्ट-ऐम्पियर निर्धारण (kVA rating)—

$$\because \quad kW = kVA\cos\phi$$

$$kVA = \frac{kW}{\cos\phi}$$

$$kVA \propto \frac{1}{\cos\phi} \qquad \text{(at constant kW)}$$

तथा

$$\text{cost in Rs.} \propto kVA \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

स्पष्ट है कि स्थिर किलोवाट (kW) पर शक्ति गुणक के घटने किलोवोल्ट ऐम्पियर (kVA) का मान भी बढ़ता है।

इसीलिए kVA पर निर्धारित सभी विद्युत उपस्करों (जैसे Alternator, Transformer, switch gear, cable conductor wire etc.) का मूल्य kVA निर्धारण के बढ़ने से बढ़ जाता है।

(ii) किलोवाट निर्गत (kW-output)—

$$kW = kVA\cos\phi$$

$$kW \propto \cos\phi \qquad \{\text{at constant } kVA\}$$

स्पष्ट है कि स्थिर kVA पर शक्ति गुणक के घटने से kW का मान भी घटता है। इसलिए निन शक्ति गुणक पर वैद्युत मशीनों; जैसे—जनरेटर, मोटर आदि का निर्गत (kW या $H.P.$) कम हो जाता है। परिणामस्वरूप दक्षता भी घट जाती है।

(iii) वैद्युत पदार्थ में हानियाँ (I^2R-losses)—निम्न शक्ति गुणक पर उच्च धारा प्रवाह $\left(I_L \propto \frac{1}{\cos\phi}\right)$ के कारण वैद्युत संचरण तथा वितरण लाइनों में I^2R हानियों का मान अधिक बढ़ जाता है जिससे लाइन में सिरों पर कम वैद्युत शक्ति प्राप्त होती है। परिणामस्वरूप विद्युत उत्पादन अधिक करना पड़ता है और व्यय अधिक बढ़ने के कारण प्रति इकाई (kWh) वैद्युत ऊर्जा का मूल्य बढ़ जाता है।

$$\because \quad I_L \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

and

$$I_L^2 R \propto \left(\frac{1}{\cos\phi}\right)^2$$

(iv) दक्षता (Efficiency)—∵ निम्न शक्ति गुणक पर I^2R-losses अधिक होने के कारण विद्युत संचरण दक्षता तथा विद्युत वितरण दक्षता का मान घट जाता है।

(v) वोल्टतापात (Voltage Drop)—निम्न शक्ति गुणक पर धारा प्रवाह अधिक होने के कारण, संचरण तथा वितरण लाइनों में वोल्टतापात (IZ) का मान भी अधिक बढ़ जाता है। परिणामस्वरूप ग्राह्य सिरों (Receiving ends) पर वोल्टता कम प्राप्त होती है।

$$\because \quad I \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

Scanned with CamScanner

$$\therefore \qquad IZ \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

(vi) वोल्टता निगमन (Voltage Regulation)—निम्न शक्ति गुणक पर संचरण तथा वितरण लाइनों में वोल्टतापात (IZ) अधिक होने के कारण, वोल्टता निगमन श्रेष्ठ नहीं होता है।

$$\because \qquad I \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

and

$$V.R. \text{(Voltage Regulation)} \propto IZ \propto \frac{1}{\cos\phi}$$

(vii) चालकों का प्रमाप (Size of conductor)—Cost Conductors in Rs. $(A) \propto (\text{kVA or } I) \propto \left(\frac{1}{\cos\phi}\right)$ स्पष्ट है कि स्थिर वोल्टता पर निश्चित वैद्युत शक्ति (kW) संचरण के लिए निम्न शक्ति गुणक पर उच्च धारा-प्रवाह के लिए अधिक मोटे चालकों की आवश्यकता होती है अर्थात् शक्ति गुणक के घटने से चालकों का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र (A) बढ़ता है जिससे निम्न शक्ति गुणक पर विद्युत संचरण तथा वितरण में चालकों के पदार्थ का मूल्य और चालकों के भार के कारण इन्सूलेटर क्रॉस आर्म, सपोर्ट, फाउण्डेशन आदि सब का मूल्य बढ़ता जाता है।

6. उच्च शक्ति गुणक के लाभ (Advantages of High Power Factor)

औद्योगिक क्षेत्रों में कार्यरत मशीनों में उच्च शक्ति गुणक से निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) उच्च शक्ति गुणक से धारा का मान कम हो जाता है जिससे वैद्युत यन्त्रों, उपयन्त्रों, उपस्करों तथा उपकरणों का निष्पादन श्रेष्ठ हो जाता है।

(ii) उच्च शक्ति गुणक पर वैद्युत ऊर्जा की एक निश्चित मात्रा के उत्पादन हेतु ईंधन की खपत कम हो जाती है क्योंकि उच्च शक्ति गुणक से प्राथमिक वाहक की निर्गत शक्ति का अपव्यय कम हो जाता है।

(iii) उच्च शक्ति गुणक पर जेनरेटर की दक्षता बढ़ जाती है। परिणामस्वरूप वैद्युत ऊर्जा (kWh) का उत्पादन बढ़ जाता है। इससे जेनरेटर का किलोवाट निर्गत बढ़ जाता है।

(iv) उच्च शक्ति गुणक के कारण विद्युत धारा का मान कम हो जाता है। इससे संचरण तथा वितरण लाइनों में वोल्टतापात (IZ) कम हो जाता है।

(v) उच्च शक्ति गुणक से वितरण तथा संचरण लाइन में वोल्टा नियमन (Voltage regulation) में भी सुधार होता है।

(vi) उच्च शक्ति गुणक तथा स्थिर kVA पर T/F (ट्रान्सफार्मर) की किलोवाट (kW) क्षमता बढ़ जाती है अर्थात् भार (kW) धारण करने की क्षमता बढ़ जाती है।

7. निम्न शक्ति गुणकों की रोकथाम (Avoidance of Low Power Factor)

किसी प्रकार की संशोधन युक्ति का प्रयोग किये बिना औद्योगिक क्षेत्र में शक्ति गुणक के मान को कम होने से निम्न विधियों द्वारा रोका जा सकता है—

(i) तुल्यकाली मोटरों का प्रयोग करके—औद्योगिक क्षेत्र में, प्रेरण मोटरों के स्थान पर अति उत्तेजित तुल्यकाली मोटरों का प्रयोग करके, शक्ति गुणक को घटने से रोका जा सकता है क्योंकि तुल्यकाली मोटर के शक्ति गुणक को उत्तेजन द्वारा पश्चगामी से अग्रगामी तक परिवर्तित किया जा सकता है।

(ii) कम वायु अन्तराल वाली इण्डक्शन मोटरों के प्रयोग द्वारा—प्रेरक मोटरों के स्टेटर तथा रोटर के बीच अधिक वायु अन्तराल वाली मोटरों की अपेक्षा कम वायु अन्तराल वाली मोटरों का प्रयोग करने से शक्ति गुणक को नियन्त्रित किया जाता है। इसलिए प्रेरण मोटरों की अभिकल्पना कम वायु-अन्तराल के लिए करनी चाहिए। इसके अतिरिक्त मोटरों में स्लीव बेयरिंग के स्थान पर बॉल बेयरिंग या रोलर बेयरिंग का प्रयोग करके वायु-अन्तराल को कम किया जा सकता है।

Scanned with CamScanner

(iii) ट्रान्सफार्मर में उच्च चुम्बकशीलता क्रोड के प्रयोग द्वारा—ट्रान्सफॉर्मरों में उच्च चुम्बकशीलता के क्रोडों का प्रयोग कर के ट्रान्सफॉर्मरों में उच्च चुम्बकन धारा का परिमाण (I_{μ}) कम किया जा सकता है और इस प्रकार के ट्रान्सफॉर्मरों का शक्ति गुणक घटने से रोका जा सकता है। दूसरे ट्रान्सफॉर्मर के क्रोड में टक्कर जोड़ में स्थान पर अन्त पटलित जोड़ का प्रयोग करने से ट्रान्सफॉर्मर के शक्ति गुणक में कुछ सुधार हो जाता है।

(iv) मोटर जनरेटर सेट में सिन्क्रोनस मोटर के प्रयोग द्वारा—औद्योगिक क्षेत्रों में D.C. प्रदाय के लिए इण्डक्शन मोटर जनरेटर सेट में इण्डक्शन मोटर के स्थान पर सिन्क्रोनस मोटर का प्रयोग करके शक्ति गुणक को उन्नत किया जा सकता है अथवा मोटर जनरेटर सेट के स्थान पर सिन्क्रोनस कनवर्टर का प्रयोग करके शक्ति गुणक में सुधार किया जा सकता है।

निष्कर्ष—निम्न शक्ति गुणक की रोकथाम के लिए आवश्यक है कि औद्योगिक क्षेत्र में प्रयुक्त मोटरों की अभिकल्पना, उच्च गति, कम वायु अन्तराल तथा पूर्ण भार पर प्रचालन हेतु यथोचित क्षमता (H.P.) के लिए होना चाहिए। इसके अलावा प्रयुक्त सिन्क्रोनस मोटरों की संख्या भी उचित अनुपात में होनी चाहिए।

4.3. निम्न शक्ति गुणक संशोधन की विधियाँ (Methods of Low Power Factor Improvement)

निम्न शक्ति गुणक संशोधन की प्रमुख विधियाँ निम्न हैं—

(i) संधारित्र अभिवर्धक के प्रयोग द्वारा (By using capacitor boosters)।

(ii) स्थैतिक संधारित्रों के प्रयोग द्वारा (By using static capacitors)।

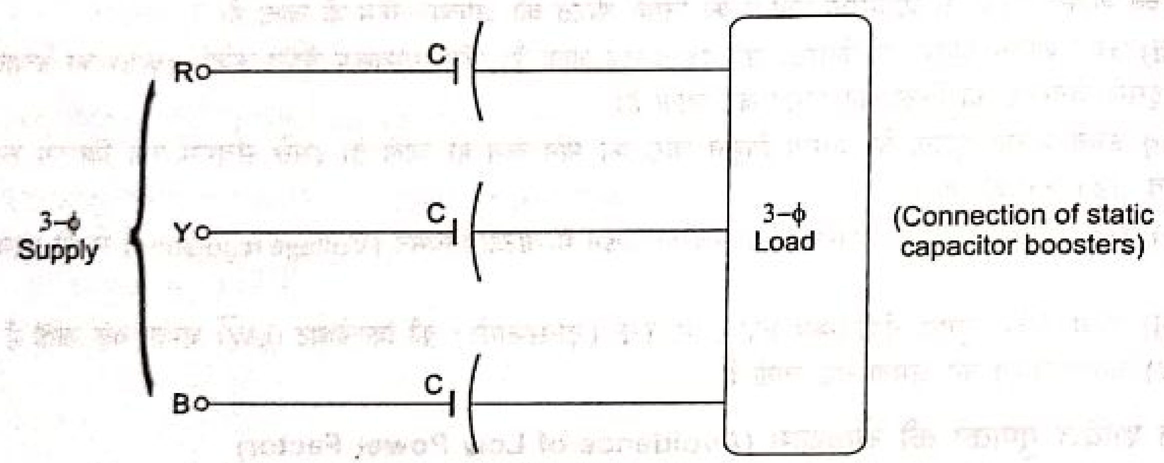
(iii) तुल्यकाकी संधारित्रों के प्रयोग द्वारा (By using synchronous condensors)।

(iv) कला प्रतिकारित मोटरों के प्रयोग द्वारा (By using phase compansated motors)।

(v) कला अग्रकारकों के प्रयोग द्वारा (By using phase advancers)।

(vi) उच्च शक्ति गुणक मोटरों के प्रयोग द्वारा (By using high power factor motors)।

(i) संधारित्र अभिवर्धक के प्रयोग द्वारा (By Using Capacitor Boosters)—



चित्र–4.3

उपरोक्त चित्र-4.3 में प्रदर्शित स्थैतिक संधारित्र को दो लाइनों की श्रेणी में संयोजित कर के लाइन का प्रेरकत्व प्रतिघात (X_2) उदासीन किया जाता है जिसके फलस्वरूप शक्ति गुणक बढ़ जाता है और लाइन का वोल्टेज रेगुलेशन श्रेष्ठ हो जाता है। लाइन के प्रेरकत्व प्रतिघात (X_2) को पूर्ण रूप से उदासीन करने के लिए, स्थैतिक की धारिता निम्न प्रकार से ज्ञात की जाती है—

लाइन प्रेरकत्व प्रतिघात $X_L = X_C$ स्थैतिक प्रतिघात

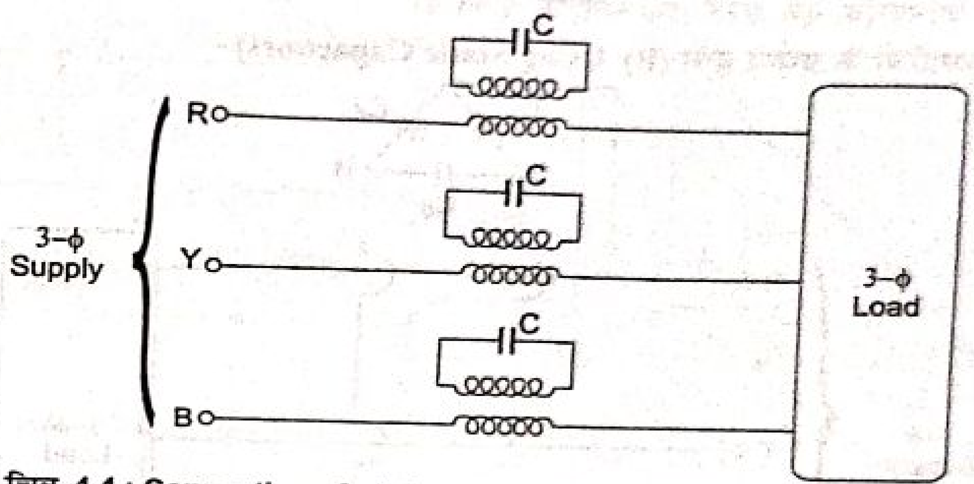
$\therefore$ $\omega_L = 2\pi fL$

or $\omega_L = \dfrac{1}{2\pi fC}$

Scanned with CamScanner

$$C = \frac{1}{\omega^2 . L} \quad \text{or} \quad C = \frac{1}{(2\pi f)^2 . L}$$

यहाँ f = प्रदाय आवृत्ति, L = प्रतिकला लाइन प्रेरकत्व

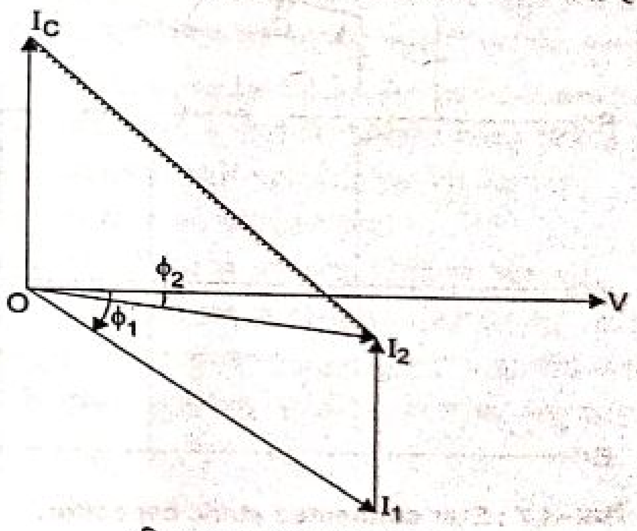


चित्र–4.4 : **Connection of static capacitor booster with transformer**

उपरोक्त चित्र–4.4 में प्रत्येक स्थैतिक संधारित्र के साथ Transformer संयोजित कर लाइन का प्रेरकत्व कम किया गया है क्योंकि लाइन के उच्च प्रेरकत्व (L) के कारण लाइन की प्रतिघात (X) भी अति उच्च होती है।

उपरोक्त चित्रों में प्रदर्शित क्रमशः स्टार संयुक्त तथा डेल्टा संयुक्त स्थैतिक संधारित्रों को त्रिकला औद्योगिक भार के समानान्तर में संयोजित किया गया है।

अतः इन स्थैतिक संधारित्रों को इण्डक्शन मोटरों, विद्युत विसर्जन कैम्पों तथा अन्य पश्चगामी शक्ति गुणक पर कार्य करने वाले विद्युत उपस्करों के सामान्तर रूप में संयोजित कर शक्ति गुणक का संशोधन किया जा सकता है। उपरोक्त चित्र से सम्बन्धित निम्न सदिश रेखा चित्र–4.5 से शक्ति गुणक का बढ़ना स्पष्ट किया गया है।



चित्र–4.5 : **Vector diagram**

V = वोल्ट मात्रक में प्रतिकला वैद्युत भार वोल्टता।

I_C = ऐम्पियर मात्रक में प्रतिकला संधारित्र धारा।

μ = शक्ति गुणक संशोधन से पहले ऐपियर मात्रक में प्रतिकला भार धारा।

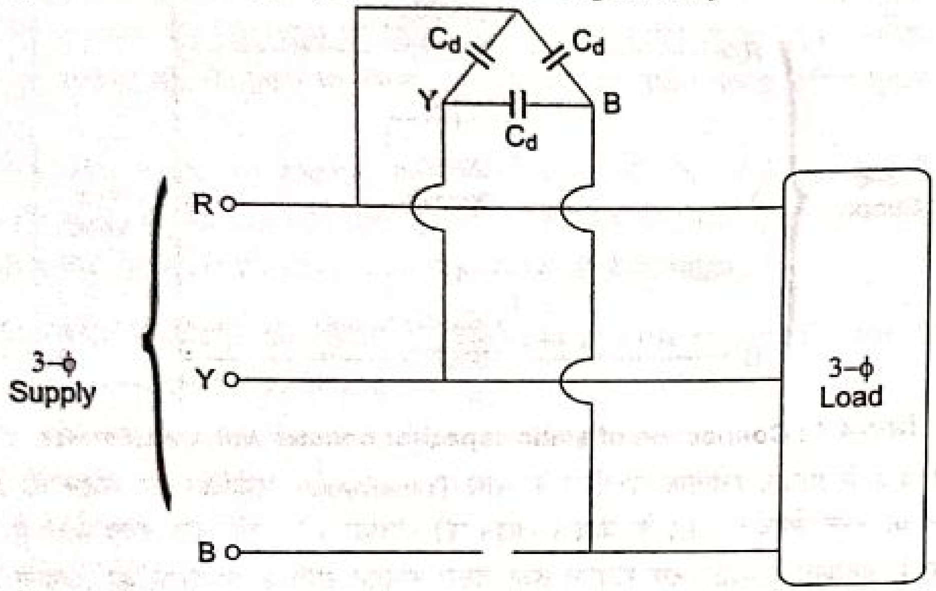
I_2 = शक्ति गुणक संशोधन के पश्चात् ऐम्पियर मात्रक में प्रतिकला भार धारा।

ϕ_1 = डिग्री मात्रक में असंशोधित शक्ति गुणक का कला कोण।

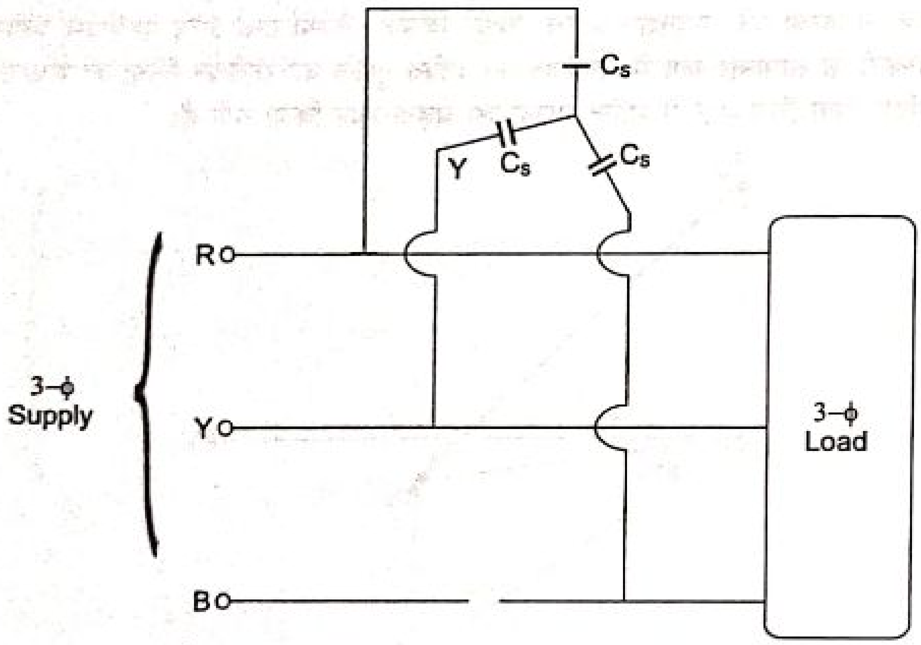
ϕ_2 = डिग्री मात्रक में संशोधित शक्ति गुणक का कला कोण चूँकि $\phi_2 < \phi_1$ इसलिए $\cos\phi_2 > \cos\phi_1$।

Constant प्रेरकत्व तथा Current वाले भार पर Power factor को बढ़ाने तथा लाइन नियमन को श्रेष्ठ बनाने के लिए स्थैतिक संधारित्र अभिवर्धक एक सस्ती तथा सर्वोत्तम युक्ति है।

(ii) स्थैतिक संधारित्रों के प्रयोग द्वारा (By Using Static Capacitors)—



चित्र–4.6 : Delta connected static capacitor.



चित्र–4.7 : Star connected static capacitor.

लाभ (Advantages)—स्थैतिक संधारित्रों द्वारा शक्ति गुणक संशोधन के निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) इसमें वैद्युत हानियाँ (I^2r-losses) भी निम्न होती हैं।

(ii) स्थैतिक संधारित्र कीमत में सस्ते रहते हैं।

(iii) इनका अनुरक्षण व्यय नगण्य रहता है।

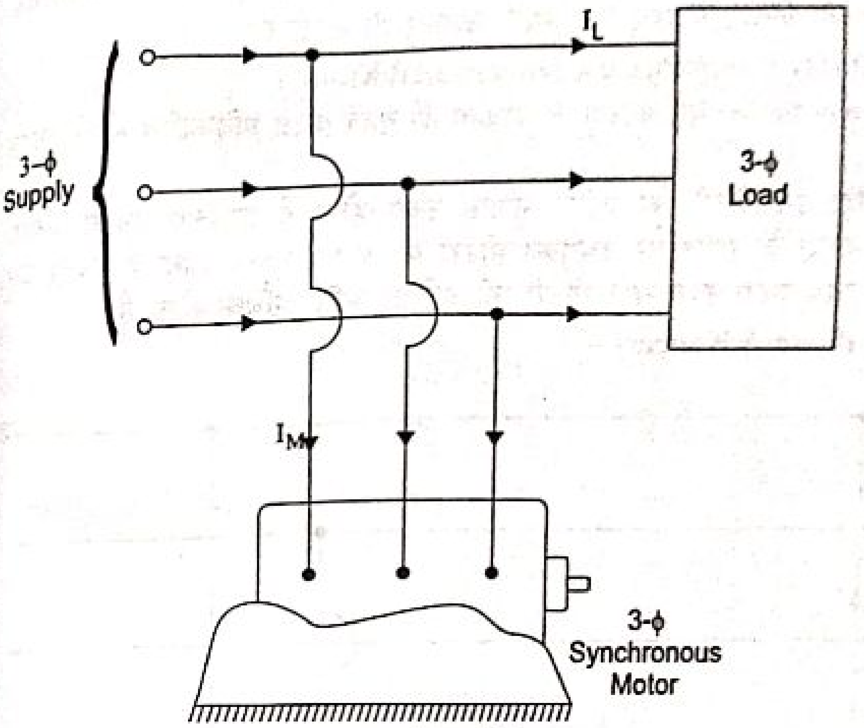
(iv) इसके प्रचालन में किसी प्रकार की ध्वनि नहीं निकलती है।

Scanned with CamScanner

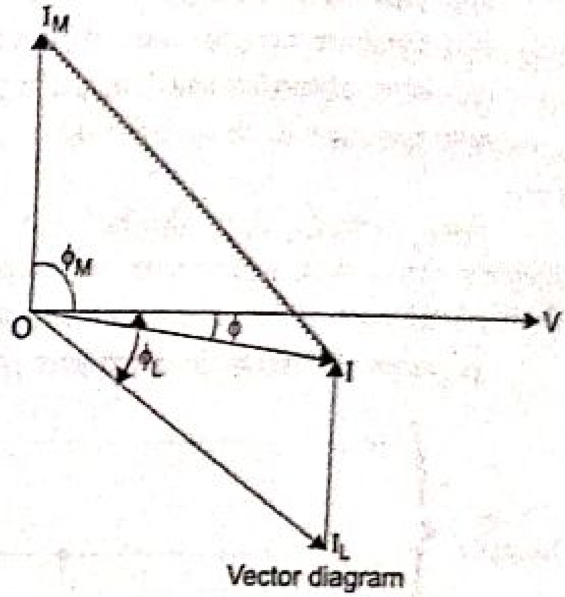
(v) इनका जीवन-काल अर्थात् टिकाऊपन अधिक होता है।

(vi) ये अधिक विश्वसनीय होते हैं।

(iii) तुल्यकाली संधारित्रों के प्रयोग द्वारा (By Synchronous Condenser)—



चित्र–4.8



चित्र–4.9

उपरोक्त चित्र–4.8 में तुल्यकाली संधारित्रों के प्रयोग द्वारा (Power factor) शक्ति गुणक संशोधन का चित्र प्रदर्शित किया गया है। इसमें $3-\phi$ सिन्क्रोनस मोटर को लाइन के अभिग्राही सिरों पर वैद्युत भार के सामान्तर क्रम में संयोजित किया गया है। जब अति उत्तेजित सिन्क्रोनस मोटर को निर्भार पर चलाया जाता है तब यह तुल्यकाली संधारित्र कहलाती है। (An over exited synchronous motor running on no load is known as synchronous condenser) अतः यह मोटर में पार्श्व संधारित्र की तरह ही शक्ति गुणक को बढ़ाती है जैसा कि उपरोक्त सदिश चित्र–4.9 से स्पष्ट है।

V = वोल्ट मात्रक में प्रतिकला अभिग्राही सिरों पर औद्योगिक भार वोल्टता।

I_M = ऐम्पियर मात्रक में सिन्क्रोनस मोटर की प्रतिकला धारा।

I_L = शक्ति गुणक संशोधन के पूर्व ऐम्पियर में प्रतिकला औद्योगिक भार धारा।

I = शक्ति गुणक संशोधन के पश्चात् ऐम्पियर में प्रतिकला औद्योगिक भार धारा।

ϕ_L = शक्ति गुणक संशोधन से पूर्व शक्ति गुणक (Lagging P.F.) का दीर्घ कला कोण।

ϕ = शक्ति गुणक संशोधन के पश्चात् कुल भार के शक्ति गुणक का लघु कला कोण।

चूँकि $\phi < \phi_L$

इसलिए $\cos\phi > \cos\phi_L$

लाभ (Advantages)—

(i) सिन्क्रोनस मोटर के उत्तेजन नियन्त्रण द्वारा शक्ति गुणक को इच्छानुसार परिवर्तित किया जा सकता है अर्थात् इससे पश्चगामी अग्रगामी तथा इकाई शक्ति गुणक सुगमता से व्यवस्थित किये जा सकते हैं।

(ii) सम्पूर्ण लाइन के किसी भी बिन्दु पर वोल्टता को इच्छानुसार परम स्थिर रखा जा सकता है अर्थात् सर्वोत्तम वोल्टता नियमन सम्भव है।

Scanned with CamScanner

कमियाँ (Drawbacks)—

(i) इसकी प्रारंभिक लागत अधिक होती है।

(ii) इसकी अनुरक्षण कीमत भी अधिक होती है।

(iii) इसमे विश्वसनीयता कम है, क्योंकि मोटर की तुल्यकालिता विचलित हो जाने पर वैद्युत आपूर्ति भंग हो जाती है।

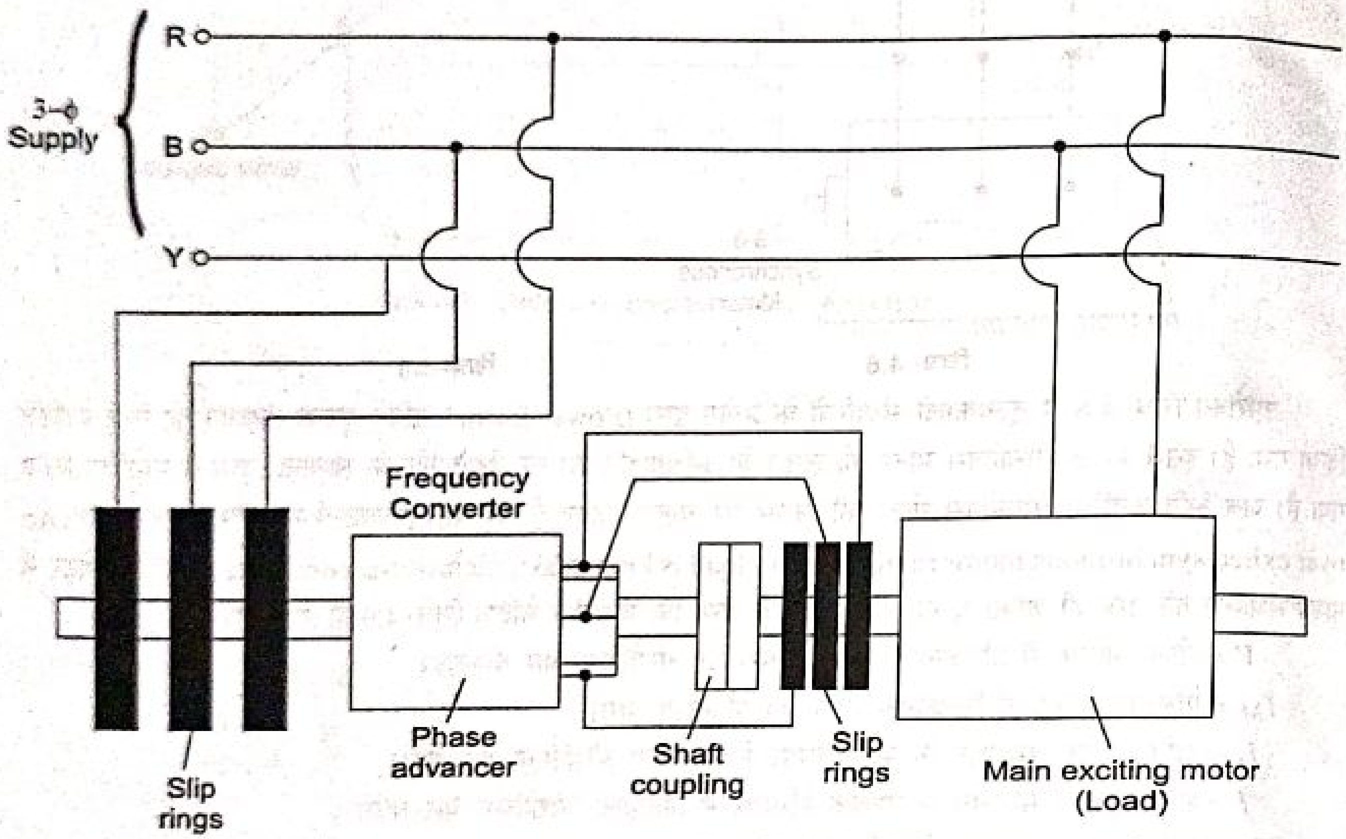
(iv) सिन्क्रोनस मोटर के निकट वैद्युत प्रदोष की स्थिति में लघु पथ प्रदोष उत्पन्न हो जाता है।

(iv) कला प्रतिकारित मोटरों के प्रयोग द्वारा (By Using Phase Compensated Motor)—

कला प्रतिकारित मोटरों का प्रयोग कर के Power factor को बढ़ाया जा सकता है। कुल कला प्रतिकारित मोटरें निम्न है—

नोलेग, कोसिकी, टोर्डा ओस्नोज, श्रांगे आदि। इन मोटरों का शक्ति गुणक उच्च होता है इसलिए इनका प्रयोग औद्योगिक क्षेत्र में निम्न शक्ति गुणक वाली सादा मोटरों के स्थान पर उपर्युक्त मोटरों का प्रयोग किया जाता है परन्तु इन मोटरों की प्रारम्भिक कीमत अधिक तथा अनुरक्षण व्यय सादा इण्डक्शन मोटरों की अपेक्षा अति अधिक होता है।

(v) कला अग्रकारक के प्रयोग द्वारा (By Phase Advancer)—



चित्र–4.10 : Power factor improvement by frequency convertor type advancer.

उपरोक्त चित्र-4.10 कला अग्रकारक द्वारा Power factor improvement का है। इसमें एक आवृत्ति परिवर्तक प्रारूपी कला अग्रकारक को शक्ति गुणक संशोधन के लिए इण्डक्शन मोटर के साथ संयोजित किया गया है। यह इण्डक्शन मोटर के रोटर को रोटर स्लिप आवृत्ति पर ही प्रत्यावर्ती धारा उत्तेजन प्रदान करता है। इस इण्डक्शन मोटर के अन्दर, प्रदाय वोल्टता से $\frac{\pi}{2}$ कोण पर पीछा करने वाली उत्तेजन धारा (जो शक्ति गुणक के मान को निम्न बनाती है) के मान में संशोधन होता है और शक्ति गुणक बढ़ जाता है।

उत्तेजन कुण्डलन के अनुसार कला अग्रकारक दो प्रकार के होते हैं—

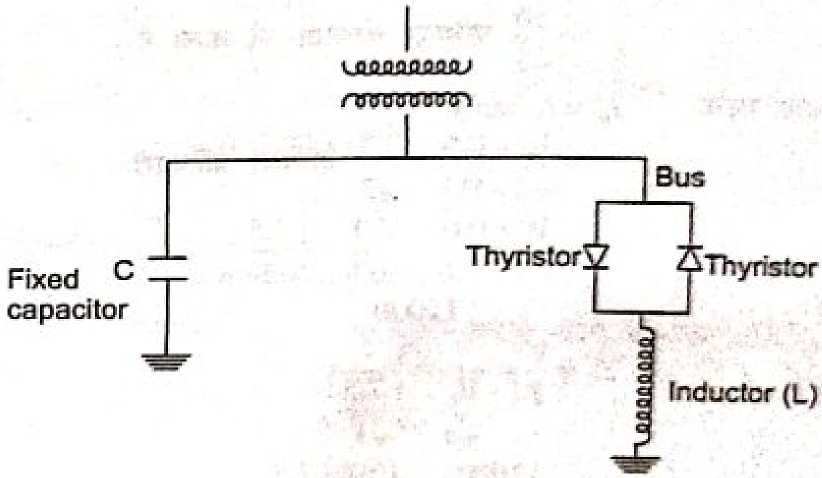
(a) श्रेणी प्रारूपी कला अग्रकारी (Series type phase advancer) जिनकी उत्तेजन कुण्डलन, रोटर कुण्डलन की श्रेणी में संयोजित की जाती है।

(b) पार्श्व प्रारूपी कला अग्रकारी (Shunt type phase advancer) जिनकी उत्तेजन कुण्डलन रोटर के समान्तर में संयोजित की जाती है।

(vi) उच्च शक्ति गुणक वाली मोटरों के प्रयोग द्वारा (By high power factor motors)—उच्च शक्ति गुणक वाली मोटरों का प्रयोग करके भी Power factor को Improve किया जा सकता है।

बड़े-बड़े औद्योगिक क्षेत्र में निम्न शक्ति गुणक वाली मोटरों; जैसे सिन्क्रोनस मोटर, श्रांगे मोटर, काम्पेनसेटिड मोटर आदि का प्रयोग उचित अनुपात में किया जाये तो शक्ति गुणक स्वतः ही बढ़ जाता है। दूसरे तुल्यकाली मोटरों की अभिकल्पना अग्रगामी शक्ति गुणक के लिए सरलता से की जा सकती है और पश्चगामी शक्ति गुणक को संतुलित रखा जा सकता है।

स्थैतिक VAR कम्पेसेटर (**Static VAR Compensator**)—एक स्थैतिक VAR कम्पेसेटर एक समांतर दो SCR का संयोजन है। नीचे दिए गए आंकड़े में नियन्त्रित रिएक्टर और फिकस्ड शंट कैपेसिटर का संयोजन SVC में Thyristor स्विच विधान रहता है जो कि रिएक्टर को नियन्त्रित करता है। Thyistor के फायरिंग कोण प्रारम्भ करने वाला के पार वोल्टेज को नियन्त्रित करता है और इस प्रकार प्रारम्भ करने वाला के माध्यम में प्रवाह होता है। इस तरह प्रारम्भ करने वाले द्वारा प्रतिक्रियाशील शक्ति ड्रा को नियन्त्रित किया जा सकता है।



चित्र-4.11 : Static VAR Compensator.

SVC कम संयोजन के चरण में सक्षम है। बिना किसी देरी के असीमित रेंज पर प्रतिक्रियाशील शक्ति। यह सिस्टम स्थिरता और सिस्टम पावर फैक्टर में सुधार करता है। सबसे अधिक इस्तेमाल किए जाने वाला SVC स्कीम इस प्रकार है—

(1) Thyristor नियन्त्रित रिएक्टर (TCR)

(2) थायरिस्टर स्विच्ड कैपेसिटर (TSC)

(3) स्व रिएक्टर (SR)

(4) Thyristor नियन्त्रित रिएक्टर फिक्स्ड संधारित्र (TCR-FC)

(5) Thyristor स्विच कैपेसिटर-Thyristor नियन्त्रित रिएक्टर (TSC-TCR)

स्टेटिक VAR कम्पेनसंटर के लाभ : (1) इसने पारेषण लाइन की शक्ति संचरण क्षमता को बढ़ाया।

(2) इसने प्रणाली की क्षणिक स्थिरता में सुधार किया।

(3) इसने स्थिर स्थिति और अस्थायी ओवर वोल्टेज को नियन्त्रित किया।

(4) इसने लोड पावर फैक्टर में सुधार किया और इसीलिए लाइन कम किया और सिस्टम क्षमता में सुधार किया।

(5) स्टेटिक VAR कम्पेसेटर के पास कोई घूर्णन भाग नहीं है और एक लम्बी ट्रांसमिशन लाइन के अनुभागीयकरण के द्वारा प्रतिबाधा क्षतिपूर्ति के लिए कार्यरत है।

Scanned with CamScanner

Example—एक त्रिकला 50 Hz आवृत्ति 11000 वोल्टता के प्रदायक से 100 kV का भार 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर संधारित है तो प्रदायक पर शक्ति गुणक (Power Factor) Unity करने हेतु संधारित्र की धारिता (Capacitance) ज्ञात कीजिए यदि संधारित्र (अ) श्रेणी में, (ब) पार्श्व (i) स्टार में, (ii) डेल्टा में संयोजित हो।

हल—एकांक शक्ति गुणक पर प्रतिकला वोल्टता

$$V = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{11000}{\sqrt{3}}$$

भार प्रतिकला

$$= \frac{110 \times 1000}{3} \text{ वाट}$$

अत: प्रतिकला प्रभावी धारा

$$I_w = \frac{\text{भार}}{\text{वोल्टता}} = \frac{\frac{110 \times 100}{3}}{\frac{11000}{\sqrt{3}}}$$

$$= \frac{110 \times 1000}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{11000}$$

$$= \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ ऐम्पियर वोल्टता की कला में}$$

पश्चगामी प्रतिकारी धारा घटक

$$I_q = I_w \tan\phi$$

$$= \frac{10 \times 0.6}{\sqrt{3} \times 0.8} = \frac{7.5}{\sqrt{3}} \text{ ऐम्पियर प्रतिकारी}$$

लाइन धारा

$$I = \frac{10 \times 0.6}{\sqrt{3} \times 0.8} = \frac{10}{\sqrt{3}} - \frac{j\,7.5}{\sqrt{3}}$$

भार प्रतिबाधा,

$$Z_0 = \frac{V}{I} = \frac{\frac{11000}{\sqrt{3}}}{\frac{10}{\sqrt{3}} - \frac{j\,7.5}{\sqrt{3}}}$$

$$= \frac{11000}{10 - j\,7.5} \times \frac{10 + j\,7.5}{10 + j\,7.5}$$

$$= 704 + j\,528$$

Z_0 की उक्त समीकरण में $R_0 = 704\ \Omega$ एवं प्रतिघात $X_0 = 528\ \Omega$

(ब) श्रेणी में संयोजित संधारित्रों की धारिता

$$C = \frac{1}{\omega X_0} \text{ फैरड}$$

$$= \frac{1}{2\pi F X_0} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 528}$$

$$= 6.033 \times 10^{-6} \text{ फैरड}$$

श्रेणी संधारित्रों का निर्धारित (Rating)

$$= 3I^2 X_0 \times 10^{-3} = 3\left(\frac{10}{\sqrt{3}} - \frac{j\,7.5}{\sqrt{3}}\right)^2 \times 528 \times 10^{-3}$$

$$= \frac{156.25 \times 528}{1000}$$

$$= 82.5 \text{ kVA}$$

ब (i) पार्श्व में प्रत्येक धारा में संयोजित संधारित्र की धारिता

$$c_3 = \frac{\sqrt{3}I_0}{\omega V_L}$$

$$= \frac{7.5}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{314} \times \frac{\sqrt{3}}{11000}$$

$$= 2.1714 \times 10^{-6} \text{ F}$$

तारा संयोजित संधारित्र का निर्धारण $= 3I_cV \times 10^{-3}$ प्रतिकारी किलो वोल्ट ऐम्पियर

$= 3I_qV \times 10^{-3}$ प्रतिकारी किलो वोल्ट ऐम्पियर

$$= 3 \times \frac{7.5}{\sqrt{3}} \times \frac{11000}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} = 82.5 \text{ kVA}$$

(ii) पार्श्व में डेल्टा में संयोजित प्रत्येक संधारित्र की धारिता

$$C_\Delta = \frac{I_q}{\sqrt{3}\omega V_L}$$

$$= \frac{7.5}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{3} \times 2 \times 3.14 \times 50} \times \frac{1}{11000}$$

$= 0.7238 \times 10^{-6}$ फैरड

$$C_\Delta = \frac{C_3}{3} = \frac{2.1714 \times 10^{-6}}{3}$$

$$= 0.7238 \times 10^{-6} \text{ F}$$

डेल्टा संयोजित संधारित्र का निर्धारण $= 3I_qV$ प्रतिकारी किलो वोल्ट ऐम्पियर

$$= \frac{3 \times 7.5 \times 11000}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} \times 10^{-3}$$

$$= 82.5 \text{ kVA}$$

Example—एक 400 volt 50 Hz आवृत्ति वाला त्रिकला (3-ϕ system) 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पद 50 म्पियर भार प्रदायित करता है। प्रदाय का शक्ति गुणक एकांक करने हेतु तुल्यकाली संधारित्र का निर्धारित (Rating) ात कीजिए।

हल—

$\cos\phi = 0.8$ Lagging, $I_L = 50$ Amp

लाइन वोल्टता $V_L = 400$ Volt

त्रिकला तन्त्र की आयासी शक्ति $= \frac{\sqrt{3}V_L I}{1000}$ kVA

$$= \frac{\sqrt{3} \times 400 \times 50}{100} \text{ kVA}$$

$$= 34.64 \text{ kVA}$$

तुल्यकाली संधारित्र द्वारा ग्रहण किया गया प्रतिकारी शक्ति घटक

= किलो वोल्ट ऐम्पियर में तुल्यकाली संधारित्र का निर्धारण = आभारी शक्ति $\times \sin\phi$

$=$ kVA $\sin\phi$ प्रतिकारी किलो-वोल्ट ऐम्पियर

$= 34.64 \times 0.6 = 20.784$ किलो-वोल्ट ऐम्पियर

Scanned with CamScanner

Example—एक 50 HP 3 phase, 400 V 50 Hz Induction motor 88 प्रतिशत की दक्षता रखता है और जब पूर्ण भारित होता है तब 0.78 शक्ति गुणक पर कार्य करती है। इस मोटर का शक्ति गुणक 0.95 तक बढ़ने के लिए संयोजित संधारित्र बैकों की धारिता क्या होगी? यदि संधारित्र बैकों का संयोजन (i) डेल्टा, तथा (ii) स्टार में हो।

हल—
$$\text{मोटर दक्षता} = \frac{\text{मोटर output}}{\text{Motor Input}} = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3}\, VI \cos\theta}$$

∴ Motor full load current

$$I = \frac{50 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.78 \times 0.88} = 78.53 \text{ ऐम्पियर}$$

धारा का कार्यकारी घटक (Working Component)

$$I_w = I\cos\phi = 78.53 \times 0.78 = 61.25 \text{ ऐम्पियर}$$

जब $\cos\phi_1 = 0.78$, तब $\phi_1 = 38°44'$ तथा $\tan\phi_1 = 0.8020$

जब $\cos\phi_2 = 0.95$, तब $\phi_2 = 18°12'$ तथा $\tan\phi_2 = 0.3288$

इसलिए संधारित्र बैक द्वारा प्रदायी अग्रकारी धारा (current)

$$I_c = I_w(\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$
$$= 61.25(0.8020 - 0.3288)$$
$$= 29 \text{ Amp (ऐम्पियर)}$$

(i) डेल्टा संयोजन $I_c = \frac{29}{\sqrt{3}} A$ तथा $V = 400$ Volt

$$C_d = \frac{I_c}{2\pi FV} = \frac{29}{\sqrt{3} \times 2 \times 3.14 \times 50 \times 400}$$

$$\boxed{C_d = 133.46 \text{ HF}}$$

(ii) स्टार संयोजन $I_c = 29$ ऐम्पियर तथा $V = \frac{400}{\sqrt{3}}$ Volt

$$C_s = \frac{I_C}{2\pi FV} = \frac{29\sqrt{3}}{2 \times 3.14 \times 50 \times 400}$$
$$= \mathbf{400.4 \text{ HF}}$$

Example—एक फैक्ट्री 86 प्रतिशत दक्षता की 500 MP मोटरों का एक प्रतिस्थापित वैद्युत भार तथा पूर्ण वैद्युत भार पर 0.75 पश्चगामी शक्ति गुणक रखता है। परिणामी शक्ति गुणक 0.95 पश्चगामी तक जाने के लिए संयोजित संधारित्रों की किलोवोल्ट ऐम्पियर एक्टिव क्षमता का आगमन कीजिए तथा प्रत्येक संधारित्र की धारिता ज्ञात कीजिए यदि—

(i) संधारित्र को डेल्टा में संयोजित किया जाए।

(ii) संधारित्र को स्टार में संयोजित किया जाए।

हल—मान लिया कि लाइन से लाइन वोल्टता 440 Volt 3-ϕ 50 Hz प्रति सेकण्ड Supply है। तब Full load पर Input power

$$P = \frac{\text{H.P} \times 0.76}{\eta}$$
$$= \frac{500 \times 0.746}{0.86} = 434 \text{ kW}$$

Scanned with CamScanner

जब $\cos\phi_1 = 0.75,\ \phi_1 = 41°35' \ \therefore \tan\phi_1 = 0.8873$

$\cos\phi_2 = 0.95,\ \phi_2 = 18°12' \ \therefore \tan\phi_2 = 0.3288$

किलो वोल्ट ऐम्पियर रिएक्टिव में संधारित्र को निर्धारण क्षमता

$$Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$
$$= 434(0.8873 - 0.3288)$$
$$= 434 \times 0.5585 = 242 \text{ kVAR}$$

(i) डेल्टा संयोजन में संधारित्र की धारिता

$$C_d = \frac{Q_C \times 10^3}{3\omega V^2}$$
$$= \frac{242 \times 10^3}{3 \times 2 \times 3.14 \times 50 \times (440)^2} = 1342 \text{ HF}$$

(ii) स्टार में संयोजन में संधारित्र की धारिता

$$C_S = \frac{Q_C \times 10^3}{\omega V_2}$$
$$= \frac{242 \times 10^3}{2 \times 3.14 \times 50 \times (440)^2} = 3972 \text{ HF}$$

प्रश्नावली

1. शक्ति गुणक संशोधन से आप क्या समझते हैं?
2. निम्न शक्ति गुणक के कौन-कौन से कारण सम्भव हैं?
3. विद्युत के प्रदाय को निम्न शक्ति गुणक से क्या हानि है?
4. A.C. system में निम्न शक्ति गुणक से कौन-कौन सी हानियाँ हैं?
5. संचरण लाइनों के शक्ति गुणक संशोधन से क्या लाभ है?
6. विद्युत प्रणाली में शक्ति गुणक संशोधन की क्यों आवश्यकता होती है?
7. शक्ति गुणक संशोधन की विभिन्न विधियाँ क्या हैं? उनमें से किसी एक विधि का सचित्र वर्णन करो।
8. तुल्यकाली संधारित्र के प्रयोग द्वारा शक्ति गुणक संशोधन किस प्रकार होता है? चित्र बनाकर समझाइये।
9. शक्ति गुणक को सुधारने वाली युक्तियों पर संक्षिप्त में टिप्पणी लिखिए।
10. सम्प्रेषण प्रणाली का शक्ति गुणक सुधारने के लिए विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिये।
11. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी कारण सहित लिखिए—
    (i) प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में वोल्टता और धारा के बीच में कलान्तर (Phase difference) हो सकता है।
    (ii) इकाई शक्ति गुणक सदैव सबसे अल्पव्ययी शक्ति गुणक नहीं है।
    (iii) कम शक्ति गुणक वाले उपभोक्ताओं को ज्यादा दरें लगाई जानी चाहियें।
12. निम्नलिखित वाक्यों में सत्य क्या है—
    (i) निम्न शक्ति गुणक पर चालकों में धारा "उच्च/निम्न" प्रवाहित होती है।
    (ii) निम्न शक्ति गुणक पर चालकों का साइज "मोटा/पतला" होता है।

Scanned with CamScanner

(iii) निम्न शक्ति गुणक पर संचरण लाइनों में वोल्टतापात "अधिक/कम" होता है।

(iv) निम्न शक्ति गुणक पर संचरण लाइनों का वोल्टता नियमन "श्रेष्ठ/निर्बल" होता है।

(v) निम्न शक्ति गुणक पर संचरण लाइनों में वैद्युत हानियाँ "अधिक/कम" होती हैं।

(vi) स्थिर वैद्युत भार (kW) के लिए निम्न शक्ति गुणक पर आभासी विद्युत शक्ति (kVA) का मान "उच्च/निम्न" होता है।

उत्तर—12 (i) उच्च, (ii) मोटा, (iii) अधिक, (iv) निर्बल, (v) अधिक, (vi) उच्च।

❑❑❑

Scanned with CamScanner

अध्याय 5

राजस्व एवं ऊर्जा क्षरण

(Revenue and Energy Loss)

1.1. पारिभाषिक शब्दावली (Defining Terminology)

ऊर्जा (Energy)—कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। (Capacity of doing work is called energy). सूक्ष्म रूप में यह कई प्रकार की होती है जो निम्न हैं—

(i) विभव ऊर्जा (Potential Energy),

(ii) गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy),

(iii) वैद्युत ऊर्जा (Electrical Energy),

(iv) ऊष्मीय ऊर्जा (Thermal Energy),

(v) रासायनिक ऊर्जा (Chemical Energy),

(vi) विकिरण ऊर्जा (Radiant energy) आदि हैं। इसे E या U प्रतीकात्मक अक्षर से व्यक्त करते हैं। इसकी मानक अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक जूल (joule) है। ऊर्जा ही कार्यरूप में बदलती है। इसलिए इसका दूसरा रूप कार्य है। अत: हम कह सकते हैं कि

"ऊर्जा ही कार्य है और कार्य ही ऊर्जा है।"

(Energy is a work and work is an Energy)

ऊर्जा संरक्षण अर्थात् ऊर्जा का संरक्षण—इसका उद्देश्य ऊर्जा के रक्षण से होता है अर्थात् ऊर्जा को सुरक्षित रखने वाले कार्यों से है अथवा ऊर्जा का व्यर्थ व्यय न करने से।

अप्रत्यक्ष रूप से इसका तात्पर्य ऊर्जा की मितव्ययिता (Economy) से है।

ऊर्जा संरक्षण का सिद्धान्त—सिद्धान्त के अनुसार ऊर्जा का न तो उत्पादन हो सकता है और न ही क्षरण; यह एक रूप से दूसरे रूप में रूपान्तरित हो सकती है। According to the law of energy conservation theory "Energy cannot be male and cannot be destroyed. It is only transformed one form to another form."

ऊर्जा संवर्धन—वास्तव में ऊर्जा संवर्धन का सही अर्थ ऊर्जा की हानि को कम करना तथा ऊर्जा के उपभोग की दक्षता में वृद्धि है। इसे किसी प्रकार की ऊर्जा उपभोग में कटौती के सन्दर्भ में ग्रहण नहीं किया जा सकता। यह कमी ऊर्जा संवर्धन के द्वारा पूर्ति की जा सकती है।

Note—वास्तव में ऊर्जा की माँग एवं आपूर्ति के बीच को कम करने की विभिन्न नीतियों अर्थात् तौर-तरीकों के बीच ऊर्जा संवर्धन कम लागत तथा लघु अवधि का एक अच्छा विकल्प है। इस प्रकार देश के आर्थिक विकास में ऊर्जा एक महत्वपूर्ण निवेश है। इसलिए भारतीय सरकार ने ऊर्जा के क्षेत्र को अधिक महत्व प्रदान किया है।

ऊर्जा संचय अर्थात् ऊर्जा भण्डारन (Energy Storage)—इसका उद्देश्य ऊर्जा के संग्रह करने से होता है ताकि आगे आवश्यकता पड़ने पर उसका उचित उपयोग किया जा सके; जैसे—वर्षा के समय में जलाशय में जल का संग्रह करना और ग्रीष्म ऋतु में उससे विद्युत उत्पन्न करना, बैटरियों को आवेशित करना, कोयला, यूरेनियम, गैस आदि का संग्रह करना।

सचेतना या जागरूकता (Awareness)—इसका तात्पर्य जानकारी से है अथवा सजगता के साथ परिचय प्राप्त करने व कराने से है।

Scanned with CamScanner

अभिधारणा (Concept)—इसका तात्पर्य संकल्पना से है या फिर मन की मान्यता से है अर्थात् मानसिकता से।

संरक्षण (Conservation)—इसका उद्देश्य सुरक्षा सम्बन्धी कार्यों से है।

संवर्धन (Improvement)—इसका उद्देश्य सुधार सम्बन्धी कार्यों से होता है अर्थात् उन्नति या प्रगति या उत्थान से।

1.2. रसोईघरों में ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation in Kitchens)

भारत के ग्रामीण क्षेत्रों में भोजन बनाने के लिए आज भी परम्परागत अर्थात् रूढ़िवादी तौर-तरीकों को अपनाया जाता है जबकि आधुनिक या उन्नतशील आसान तकनीकी युक्तियों का प्रयोग करके 30% तक ईंधन ऊर्जा की बचत की जा सकती है।

रसोईघरों में ऊर्जा बचत के कुछ उपाय निम्नलिखित हैं—

(i) भोजन बनाने से पहले खाना पकाने की योजना तैयार करें। चूल्हा जलाने से पहले समस्त आवश्यक सामान अपने निकट रखें। इससे चूल्हे की अग्नि ऊर्जा व्यर्थ नहीं जायेगी।

(ii) दाल, चावल, सोयाबीन की बड़ी आदि को पकाने से पहले कुछ देर (लगभग दो घण्टे) तक स्वच्छ पानी में भिगो दें। छोले, चना, राजमा आदि को पकाने से पहले लगभग दस घण्टे स्वच्छ पानी में भीगने दें। इससे 20% तक की ईंधन ऊर्जा में बचत होती है।

(iii) दाल, शाक, सब्जी, पकवान आदि व्यंजनों को पकाते समय उनमें पानी की मात्रा आवश्यकता अनुसार होनी चाहिए अर्थात् अधिक नहीं होनी चाहिए। इससे समय तथा ऊर्जा दोनों की बचत होती है।

(iv) चूल्हे पर रखा हुआ व्यंजन जब उबलना प्रारम्भ हो जाये तब आग की लौ को कम कर देना चाहिए। इससे ऊर्जा की बचत के साथ-साथ व्यंजन स्वादिष्ट बनता है।

(v) खाना पकाते समय व्यंजन के बर्तन को ढक कर रखना चाहिए। इससे समय तथा ऊर्जा दोनों की बचत होती है।

(vi) खाना पकाने के लिए प्रेशर कुकर का प्रयोग करने से ईंधन के साथ-साथ समय की बचत भी होती है।

(vii) भोजन बनाने के वर्तनों को अच्छी प्रकार से मलकर गर्म पानी से साफ करना चाहिए।

(viii) रसोईघर में सदैव श्रेष्ठ गुणता वाले आधुनिक चूल्हे का ही प्रयोग करना चाहिए।

(ix) रसोईघर में यदि आप गैस ईंधन; जैसे—लकड़ी, कोयला आदि का प्रयोग करते हैं, तो धुआँ-रहित उन्नतशील चूल्हे का ही प्रयोग करना चाहिए।

(x) खाना पकाने के लिए खुली जगह में जहाँ पर पर्याप्त धूप आती हो वहाँ पर सोलर कूकर का प्रयोग करके पर्याप्त मात्रा में ईंधन की बचत की जा सकती है।

1.3. आवासीय विद्युत संरक्षण (Domestic Electric Conservation)

आजकल हाऊस, होटल, धर्मशाला, विश्राम-गृह आदि आवासीय स्थानों पर लैम्प, ट्यूब लाइट, पंखा, कुकर, हीटर, गीजर, मिक्सर, फ्रीज, वाटर कूलर, एयर कन्डीशनर आदि बहुत से विद्युत उपकरणों का प्रयोग किया जा रहा है। इनमें वैद्युत ऊर्जा का उपयोग होता है।

इस विद्युत की खपत कम करने के उपाय निम्नलिखित हैं—

(i) इमारतों में प्राकृतिक प्रकाश का पर्याप्त प्रावधान होना चाहिए ताकि दिन में कृत्रिम प्रकाश की आवश्यकता न पड़े अथवा कम से कम कृत्रिम प्रकाश की आवश्यकता पड़े।

(ii) आवासीय इमारतों में प्राकृतिक वायु की समुचित व्यवस्था होनी चाहिए ताकि हर समय मन्द एवं स्वच्छ प्राकृतिक वायु पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध हो। इसलिए प्राकृतिक वायु एवं प्रकाश के लिए आवासीय इमारतों में खिड़की तथा रोशनदानों की समुचित व्यवस्था होनी चाहिए।

(iii) आवश्यकता अनुसार ही कृत्रिम रूप में लैम्प, फैन, हीटर, कूलर, फ्रिज, एयर कण्डीशनर, पम्प आदि वैद्युत उपकरणों का प्रयोग करें अन्यथा स्तब्ध स्थिति में कायम रखें।

Scanned with CamScanner

(iv) विद्युत के उपयोग में जहाँ तक सम्भव रहे वहाँ तक उत्तम क्वालिटी की केबिल प्रयोग करके विद्युत क्षरण को रोकें ताकि विद्युत की खपत तथा दुर्घटना होने की सम्भावना कम हो।

(v) आवासीय इमारतों को मौसम के अनुसार प्राकृतिक वातानुकूलित बनाया जाये जो गर्मी की ऋतु में कम गर्म तथा सर्दी की ऋतु में कम ठण्डे रहें जिससे कम विद्युतीय उपकरणों का प्रयोग किया जायेगा जिससे विद्युत की बचत होगी।

(vi) ठण्ड के मौसम में पानी को गर्म करने के लिए विद्युत तापक के स्थान पर सौर तापक का प्रयोग करना चाहिए जिससे विद्युत की बचत होती है।

1.4. पम्प सेट में ऊर्जा बचत (Energy Saving in Pump Set)

पम्प सेट की संरचना (Construction), अभिकल्पना (Design), निर्माणकर्त्ता (Manufacturer) के अनुसार पम्प सेट कई प्रकार के होते हैं। पम्प सेटों में प्रयुक्त ईंधन भी निवेश ऊर्जा ही का एक रूप होता है।

पम्प सेटों में ऊर्जा की बचत के निम्नलिखित उपाय हैं—

(i) पम्प सेट को स्थिर व सुदृढ़ आधार पर स्थापित करना चाहिए।

(ii) पम्प सेट में पानी ऊपर खींचने वाली चिकनी नलिकाओं का प्रयोग करिये।

(iii) जल नलिकायें सीधी तथा कम जोड़-मोड़ वाली होनी चाहिएँ।

(iv) पम्प सेट की धुरियों को सदैव संरेखन में रखें।

(v) अच्छी गुणता के फुट-वाल्व का प्रयोग करें।

(vi) सिंचाई के लिए तालाबों का निर्माण किया जाये जिनमें वर्षा का पानी एकत्रित किया जाये।

(vii) उच्च सर्वांगीण दक्षता के आधुनिक पम्प सेट का चयन करिये।

(viii) सिंचाई में आवश्यकता अनुसार समुचित पानी का प्रयोग करना चाहिए। पानी व्यर्थ बहने से रोकना चाहिए।

घरों में ऊर्जा संवर्धन के लिए अनुपालनीय निर्देश

घरों तथा कमरों में विद्युत के कई यन्त्र, उपयन्त्र इत्यादि उपकरण लगे होते हैं। अतः प्रयोग न होने पर इन्हें विद्युत सप्लाई से पृथक् कर देना चाहिए।

घरों में ऊर्जा संवर्धन के लिए निम्नलिखित उपाय हैं—

(i) कमरे से बाहर जाते समय अनावश्यक प्रकाश तथा पंखों को बन्द करें।

(ii) घरों में अधिक से अधिक आई० एस० आई० (ISI) मार्क के वैद्युत उपकरणों का ही प्रयोग करें।

(iii) जब तक कोई विशेष आवश्यकता न हो, तब तक फ्रिज के तापस्थापक को पराम्य सामान्य पर ही रखना चाहिए।

(iv) प्रकाश के लिए अधिक से अधिक काम्पेक्ट फ्लोरेसेन्ट लैम्प तथा फ्लोरेसेन्ट ट्यूब ही का प्रयोग करें, क्योंकि इनकी दक्षता अधिक तथा प्रकाश एक समान होता है।

कार्यालयों में ऊर्जा संवर्धन के लिए अनुपालकीय निर्देश

(i) एकीकृत नियन्त्रण के लिए मुख्य नियन्त्रक का प्रयोग करें।

(ii) कृत्रिम प्रकाश के स्थान पर, जहाँ तक सम्भव हो प्राकृतिक प्रकाश का ही प्रयोग करें।

(iii) इस प्रकार की योजना बनायें कि भोजन अवकाश एवं सामान्य कार्यकाल के बाद वातानुकूलन, प्रकाश, पंखे आदि एक साथ बन्द किये जा सकें।

(iv) ताप हानि, प्रकाश, पंखे आदि के लिए जहाँ तक सम्भव हो सौर ऊर्जा अर्थात् सौर बैटरी पैनल आदि का प्रयोग करें।

Scanned with CamScanner

(v) वातानुकूलन, प्रकाश, पंखे आदि वैद्युत उपकरणों में स्वचालित युक्तियों का प्रयोग करें, ताकि आवश्यकता न होने पर स्वत: ही कार्य करना बन्द कर दें।

कार्यालय में ऊर्जा संवर्धन के लिए परिवर्तनीय निर्देश

(i) कार्यालय में प्रवेश करते ही प्रकाश व पंखे सभी एक साथ प्रचालित न करें। अपितु आवश्यकतानुसार प्रचालित करें।

(ii) वातानुकूलित कमरों के दरवाजों, खिड़कियों तथा रोशनदानों को खुला न रखें।

(iii) चाय या कॉफी बनाने, भोजन गर्म करने आदि के लिए विद्युत तापक का प्रयोग अपितु इसके स्थान पर गैस बर्नर, ऑयल स्टोव आदि का प्रयोग करें।

(iv) ऊर्जा से चलने वाले यन्त्र, उपस्कर तथा उपकरणों को व्यर्थ चलता हुआ न छोड़ें।

उद्योगों में ऊर्जा संवर्धन के लिए अनुपालनीय निर्देश

(i) संरक्षी सेवा, अनुपालन तथा मरम्मत समय पर न होने के कारण प्राय: मशीनों द्वारा ऊर्जा की खपत अधिक होने लगती है।

(ii) ऊर्जा बचत क्षेत्रों का पता लगाएँ एवं उन लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए योजना बनायें।

(iii) विद्युत के एक बड़े भाग का उपभोग, मोटरों द्वारा होता है। इसलिए उचित आकार या ISI मार्क की मोटरों का ही प्रयोग करें।

(iv) ऊष्मारोधी व्यवस्था का निरीक्षण करें तथा ऊष्मा हानि को कम करने की कोशिश करें।

(v) उपयोग की मात्रा का अनुमान एवं उपयोग की निरन्तरता आदि के बारे में सूचना की ऊर्जा लेखा-परीक्षा आयोजित करें।

उद्योगों में ऊर्जा संवर्धन के लिए परिवर्तनीय निर्देश

(i) विद्युत ऊर्जा में जहाँ तक सम्भव हो विद्युत ऊष्मा प्रणाली का प्रयोग न करें, क्योंकि तापमान प्रदूषण तथा दुर्घटनाएँ बढ़ने की सम्भावना अधिक हो जाती है।

(ii) पुराने वैद्युत चालकों अर्थात् मोटरों, विद्युत चलित यन्त्रों की जीवन अवधि के पश्चात् प्रयोग न करें, क्योंकि ये अत्यधिक ऊर्जा का उपभोग करने के कारण आपके ऊर्जा प्रभार में भी वृद्धि होती है।

(iii) वायु तथा भाप का रिसाव (Leakage) न होने दें, क्योंकि इनमें अधिक ऊर्जा खपत होती है।

कृषि क्षेत्र में ऊर्जा संवर्धन के लिए अनुपालनीय निर्देश

(i) फसलों, खेतों के आकार तथा उनमें पानी की गहराई के आधार पर समुचित प्रमाप के पम्प सेट का चयन करें।

(ii) पम्प सेट में ISI मार्क वाले फुट वाल्व का प्रयोग विद्युत की दस प्रतिशत (10%) तक की कमी करता है।

(iii) जहाँ तक सम्भव हो मोनो ब्लॉक टाइप, जेट पम्प-सेट का प्रयोग करें।

(iv) मोटर के श्रेष्ठ निष्पादन हेतु, उसमें सर्वोत्तम केपेसिटर का ही प्रयोग करें।

कृषि क्षेत्र में ऊर्जा संवर्धन के लिए परिवर्तनीय निर्देश

(i) पम्प सेट के स्थापन (Installation) में बार-बार परिवर्तन न करें।

(ii) खेतों में आवश्यकता से अधिक पानी का प्रयोग, व्यर्थ ऊर्जा व्यय के साथ-साथ फसल को भी नुकसान पहुँचाता है अर्थात् ऊर्जा तथा फसल दोनों ही को बर्बाद करती है।

(iii) विद्युत कटौती के दौरान (During the roasting) स्टार्टर स्विच के स्थान पर विद्युत की लाइन का सीधा सम्पर्क न करें।

Scanned with CamScanner

परिचय (Introduction)

पावर स्टेशन से उत्पन्न बिजली, बड़े और जटिल नेटवर्क जैसे ट्रांसफार्मर, ओवरहेड लाइन से गुजरती है और बिजली के अन्य उपकरण और अन्तिम उपयोगकर्ता तक पहुँचती है।

बिजली स्टेशनों द्वारा विद्युत ऊर्जा की इकाई (units), उपभोक्ताओं को वितरित की गई इकाई के साथ मेल नहीं खाती है। वितरण नेटवर्क में कुछ प्रतिशत units (इकाइयाँ) खो (Loss) ही जाती हैं।

- ट्रांसमिशन और डिस्ट्रीब्यूशन हानि, वह राशि है जो उपयोगकर्ताओं द्वारा भुगतान नहीं की जाती है।
- ट्रांसमिशन और डिस्ट्रीब्यूशन हानि—

$$\frac{\text{इनर्जी इनपुट फीडर (KwH) – उपभोक्ता द्वारा दिया गया ऊर्जा बिल}}{\text{इनर्जी इनपुट (KwH)}} \times 100$$

- वितरण क्षेत्र को पूरे बिजली क्षेत्र की सबसे कमजोर कड़ी माना जाता है।
- ट्रांसमिशन हानि लगभग 17% होने पर, डिस्ट्रीब्यूशन हानि लगभग 50% होती है।
- ट्रांसमिशन और डिस्ट्रीब्यूशन हानियां दो प्रकार की होती हैं—

(1) तकनीकी हानि

(2) गैर तकनीकी हानि (व्यावसायिक हानि)

(i) तकनीकी हानि—

- तकनीकी हानि, कंडक्टरों में ऊर्जा के क्षय, उपकरण, ट्रांसमिशन लाइन, ट्रांसफार्मर, सब-ट्रांसफार्मर लाइन और वितरण लाइन और ट्रांसफार्मर में चुम्बकीय नुकसान के कारण होता है।
- तकनीकी हानि सामान्यत: 22.5 % और यह नेटवर्क अभिलक्षण पर सीधे निर्भर करता है और प्रचालन के प्रकार पर निर्भर करता है।
- पावर सिस्टम महत्त्वपूर्ण आग की हानि प्राइमरी डिस्ट्रीब्यूशन व द्वितीयक डिस्ट्रीब्यूशन में होती है। जबकि ट्रांसमिशन और उप-ट्रांसमिशन लाइनें केवल कुल नुकसान का लगभग 30% हानि कराती हैं। इसलिए हानि को सीमाओं के भीतर सुनिश्चित करने के लिए प्राथमिक और द्वितीयक वितरण प्रणाली को ठीक से नियोजित किया जाना चाहिए।

(ii) सामान्य स्तर के ऊपर तकनीकी हानियों की वृद्धि ये अप्रत्याशित भार वृद्धि को परिलक्षित किया जाता है।

(iii) वैद्युत वितरण में जो हानि उपस्थिति होती है, उसके मान को समाप्त नहीं किया जा सकता है, केवल वैद्युत हानि के मान को कम किया जा सकता है।

तकनीकी हानियां दो प्रकार की होती हैं—

(i) स्थायी हानि (Permanent Loss)

(ii) अस्थायी हानि (Temporary Loss)

(1) स्थायी हानि (Permanent Loss)—वह हानि जिनका मान धारा के अनुसार नहीं बदलता, स्थायी हानि कहलाती है। यह हानि केवल ऊष्मा, ध्वनि और ट्रांसफार्मर को अर्जित (Charged) करने में व्यय होती है।

तकनीकी हानि वितरण नेटवर्क में एक-चौथाई और एक-तिहाई के बीच होती है। कुछ प्रमुख प्रकार की तकनीकी हानियां हैं जो कि Transmission Line में लगातार घटती रहती हैं, जो कि निम्नवत् हैं—

(a) कोरोना हानि (Corrona Loss)

(b) अवक्षय (Leakage) हानि

(c) परावैद्युत हानि (Dielectric Loss)

(d) ओपन सर्किट (Open Circuit)

(e) कुछ उपकरण जो लगातार मापन में प्रयुक्त किए जाते हैं, जैसे अमीटर, वोल्टमीटर, वाटमीटर आदि।

(f) कुछ उपकरण जो Control Panel में प्रयुक्त किए जाते हैं, जैसे रिले, सर्किट ब्रेकर आदि।

Scanned with CamScanner

(2) अस्थायी हानि (Temporary Loss)—अस्थायी हानि वितरित की गई बिजली (Electricity) की मात्रा के वर्ग अनुपातिक होती है। सामान्यः 1% धारा का मान बढ़ाने से उससे होने वाले हानि से 1% से अधिक हानि होता है। वितरण नेटवर्क में तकनीकी हानि $\frac{2}{3}$% से $\frac{3}{4}$% तक परिवर्तित हानि होती है।

(a) दिए गए लोड के लिए लाइन या केबिल की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Cross section area) बढ़ने से हानि का मान कम हो जाता है।

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

Insulation Resistance $$R = \frac{\rho}{2\pi L} \log_e \frac{R_2}{R_1}$$

जहाँ पर R = Resistance of wire/Conductor

ρ = Specific resistance

l = Length of Conductor

A = Cross sectional area

(c) प्रत्येक Voltage Level में लाइन में जूल (Heat Loss) हानि होती है।

(d) प्रतिबाधा हानि (Impedance Loss)

(e) Contact Ressistance के कारण हानि

तकनीकी हानि के मुख्य कारण—तकनीकी हानि के मुख्य कारण निम्नवत् हैं—

(i) लम्बी वितरण लाइन के कारण (Lengthly Distribution Loss)

(ii) व्यावहारिक रूप से 11 kV और 415 Volt लाइन को ग्रामीण बड़े क्षेत्र में बिखरे हुए भार (Scattered Load) को Feed करने के लिए लम्बी दूरी तक विस्तारित (Extend) किया जाता है। इस प्रकार ग्रामीण क्षेत्रों में प्राथमिक व द्वितीयक वितरण लाइन बड़े पैमाने पर Radial रखी जाती है, जो लम्बी दूरी पर विस्तारित होता है। परिणामतः High line Resistance होने के कारण उसमें उच्च I^2R हानि होती है।

(iii) नए क्षेत्रों में Sub Transmission पारेषण और वितरण प्रणाली की बेतरतीब (Hap Hazard) वृद्धि,

(iv) 11 kV और LT लाइन के माध्यम से बड़े पैमाने पर ग्रामीण विद्युतीकरण।

(2) वितरण लाइन के अपर्याप्त चालक आकार का होना—कंडक्टर का आकार एक आवश्यक voltage नियमन के लिए Standard Conductor के kVA × KM क्षमता के आधार पर चुना जाना चाहिए ग्रामीण भाग आमतौर पर बिखरे (Scattered) होते हैं और इन्हें आमतौर पर Radial Feedar द्वारा Feed किया जाता है।

(3) Installation of Distribution Transformers away from load Center—Secondary distibution में द्वितीयक वितरण प्रणाली में Distribution Transformer Load Center से दूर होता है जिससे उपभोक्ता को अन्ततः कम voltage प्राप्त होता है।

(4) प्राथमिक व द्वितीयक वितरण प्रणाली में निम्न शक्ति गुणक का होना (Low Power Factor of Primary and Secondary Distribution System)

(i) अधिकांश LT वितरण सर्किट में आमतौर पर Power Factor 0.65 से 0.75 तक होता है। Low Power Factor उच्च Distribution Loss में और योगदान देता है।

$$P = VI\cos\phi \text{ Watts}$$

For Constant Power and Constant Voltage

$$\boxed{\uparrow I \propto \frac{1}{\cos\phi \downarrow}}$$

Scanned with CamScanner

दिए गए Load के लिए यदि Power Factor कम है तो Current drawn का मान उच्च होता है तथा यह हानि धारा (current) के वर्ग के अनुपातिक होता है। इस प्रकार खराब Power Factor के कारण लाइन Loss Power को Power Factor में सुधार करके कम किया जा सकता है। लाइन Loss को Shunt Capacitor के प्रयोग द्वारा कम किया जा सकता है।

(ii) Shunt capacitor को 33/11 kV के Power Transmission के Secondary side में या वितरण लाइन के विभिन्न बिन्दुओं से जोड़ा जा सकता है।

(iii) किसी वितरण प्रणाली के लिए Capacitor bank की Optimum Rating उस वितरण प्रणाली की औसत kVAR आवश्यकता का $\frac{2}{3}$rd होता है।

(iv) वितरण प्रणाली के इस पावर Factor को बेहतर बनाने का एक और अधिक उपयुक्त तरीका है और इस तरह Line Loss को कम करना उपभोक्ता के प्रेरक भार वाले संधारित्र से जुड़ना है।

(v) संधारित्र को व्यक्तिगत नुकसान को छोड़कर Power Factor की सुधार की सीमा के आधार पर लाइन Loss 4 से 9% तक कम हो जाता है।

(5) बेकार कारीगरी (Bad Workmanship)—बेकार कारीगरी के निम्नवत् प्रभाव हैं—

(i) खराब कारीगरी बढ़े हुए Distribution Loss की दिशा में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

(ii) Joint बिजली हानि नुकसान का एक स्रोत है, इसलिए Joint की संख्या को न्यूनतम रखना चाहिए। Firm connection सुनिश्चत करने के लिए Proper joint वाली तकनीकी का प्रयोग किया जाना चाहिए।

लीक और बिजली की हानि को किसी भी कारण से बेचने के लिए खराब तारों और सेवाओं का प्रतिस्थापन भी समय पर किए जाना चाहिए।

(6) फीडर में Phase धारा के मान को Load की स्थिति में बराबर करके (Feeder Phase Current Under Load Balancing)—

(i) वितरण प्रणाली की सबसे आसान हानि बचत में से एक तीन चरण सर्किट के साथ धारा संतुलन में है।

(ii) फीडर चरण संतुलन भी तीन चरण के ग्राहकों को कम voltage असन्तुलन देने वाले चरणों के बीच voltage drop को संतुलन करता है।

(iii) सर्विस स्टेशन पर सम्परेज परिमाण की गारंटी नहीं है, लोड फीडर की लम्बाई के दौरान संतुलित करता है।

(iv) फीडर चरण असंतुलन दिन के दौरान और विभिन्न मौसमों के साथ भिन्न हो सकता है।

(v) फीडर को आमतौर पर संतुलन माना जाता है जब चरण धारा परिमाण 10 के भीतर होता है। इसी तरह वितरण फीडर के बीच संतुलन लोड करने से भी समान कंडक्टर प्रतिरोध मानने वाले नुकसान कम होंगे। उपयुक्त लोड ट्रांसफर के लिए फीडरों के बीच अतिरिक्त स्विच स्थापित करना भी आवश्यक हो सकता है।

(vi) वोल्टेज नियमन और लोड के अनुसार फीडरों का द्विभाजन।

(7) Load Factor Effect on Losses हानि पर भार गुणक का प्रभाव—ग्राहक का बिजली संयोजन पूरे दिन और मौसम के अनुसार बदलता रहता है। आवासीय उपभोक्ता आमतौर पर शाम के समय में अपनी उच्चतम बिजली की माँग की खपत करता है। सामान व्यावसायिक ग्राहक का लोड आमतौर पर शुरूआती दोपहर और शाम को पीक पर पहुँचता है। क्योंकि Current Leveal वितरण शक्ति के नुकसान में प्राथमिक चालक है। पूरे दिन बिजली की खपत को अधिक दिन स्तर पर रखने से बिजली की हानि कम होगी और समग्र ऊर्जा कम नुकसान होगा।

(i) Load Variation को Load Factor कहा जाता है और यह शून्य से एक तक परिवर्तित करता है

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{दिए हुए निश्चत समय में औसत भार}}{\text{उस समय के दौरान पीक लोड}}$$

Scanned with CamScanner

(ii) Load Power Factor के बढ़ने से कम बिजली और ऊर्जा के नुकसान को किया जा सकता है जो पूरे Feeder में Feeder की माँग में बदलाव लाता है।

(iii) ग्राहक जितने समय तक Power का उपयोग करता है, उसके Load Factor में वृद्धि उतनी ही अधिक होती है।

(iv) कंपनियों द्वारा मूल्य निर्धारण शक्ति का उपयोग उपभोक्ता को पीक समय के दौरान बिजली की गहन गतिविधियों को स्थानांतरित करने के लिए प्रभावित के लिए किया जाता है। जैसे Electric Water Space, Heating Air Conditioning, सिंचाई और Pool Filter Pumping।

(v) वित्तीय प्रोत्साहन के साथ कुछ विद्युत उपभोक्ता चरम उपयोग के दौरान रेडियो फ्रीक्वेंसी या पावर लाइन कैरियर के माध्यम से बड़े विद्युत भार को बाधित करने के लिए उपयोगिताओं की अनुमति दे रहे हैं। उपयोगिताएँ आवासीय और वाणिज्यिक क्षेत्रों के माध्यम से एक ही फीडर चलाते समय उच्च भार कारकों में डिजाइन करने का प्रयास कर सकती है।

8. वितरण ट्रांसफार्मर के आकार का निर्धारण (Transformer Sizing and Selection)—

(i) वितरण ट्रांसफार्मर एक चुम्बकीय क्षेत्र को एक CRGO कोर पे प्रेरित करने के लिए ताँबा चालक Winding का प्रयोग करते हैं। इसलिए ट्रांसफार्मर में Load हानि तथा No Load हानि दोनों होती हैं।

(ii) प्रतिरोध शक्ति हानि समीकरण के आधार पर ट्रांसफार्मर कापर हानि Load के साथ परिवर्तित होती है।

9. तकनीकी हानि के अन्य कारण—

(i) LT प्रणाली में तीन चरणों के बीच असमान भार वितरण उच्च न्यूट्रल धारा का कारण बनता है।

(ii) ऊर्जा का क्षरण और हानि।

(iii) लाइन का अतिभार

(iv) असामान्य संचालन स्थिति, जिस पर बिजली और वितरण ट्रांसफार्मर संचालित होते हैं।

(v) उपभोक्ता टर्मिनल पर कम voltage जो Inductive load द्वारा विद्युत प्रवाह का कारण बनता है।

(vi) ग्रामीण क्षेत्रों में कृषि पम्पिंग में प्रयुक्त उपकरण की खराब गुणवत्ता।

(vii) शहरी क्षेत्र में कूलर, Air Conditioner and Industrial Load.

इनपुट ऊर्जा की गणना (Input Energy Calculation)—उपयोगिता को परियोजना क्षेत्र के सभी ऊर्जा आयात निर्यात बिन्दुओं पर मीटर को सही ढंग से स्थापित करने की आवश्यकता है। निम्नलिखित आंकड़ा कुछ सब स्टेशन और फीडर के साथ प्रोजेक्ट एरिया के रूप में एक शहर को दिखाता है। मान लिया कि—

M_1 पर Input एनर्जी (33 kV लाइन, Incoming point ε_1)

M_5 पर Input (11 kV लाइन, Incoming point ε_2)

M_6 पर निर्यात Output ऊर्जा (11 kV लाइन Output going ε_3) तो शहर में नेट Input एनर्जी $= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$

फीडर या वितरण ट्रांसफार्मर वार गणना के मामलों में Input ऊर्जा को फीडर या ट्रांसफार्मर मीटर माइनस बाउंड्री मीटर एक्सपोर्ट एनर्जी द्वारा पंजीकृत इनपुट इनर्जी से लिया जा सकता है।

बिक्री गणना (Sales Calculation)—एक परियोजना क्षेत्र में बिक्री या बिल की गई ऊर्जा और सम्बन्धित बिल के राजस्व की गणना निर्धारित अवधि के दौरान सभी उपभोक्ता द्वारा खपत की गई कुल ऊर्जा को जोड़कर की जा सकती है और इसमें पैमाइश और अनमीटर्ड बिक्री शामिल है। मान लिया कि मीटर्ड एनर्जी सेल S_1, अनमीटर्ड एनर्जी सेल, मूल्यांकन/अनमीटर्ड कनेक्शन के आधार पर S_2, इसलिए परियोजना क्षेत्र के लिए शुद्ध ऊर्जा बिक्री/बिल, $S = S_1 + S_2$ फीडर या वितरण ट्रांसफार्मर वार गण्ना के मामलों में बिक्री की गणना निर्धारित अवधि के दौरान उस फीडर ट्रांसफार्मर द्वारा फीड किए गए सभी उपभोक्ता द्वारा खपत ऊर्जा के योग से की जा सकती है।

Scanned with CamScanner

बिलिंग दक्षता (Billing Efficiency)—बिलिंग दक्षता ऊर्जा के अनुपात का एक संकेतक है जो क्षेत्र मे आपूर्ति की गई ऊर्जा उपभोक्ता को बिल (दोनों पैमाइश और अनमीटर्ड विक्री शामिल है) के लिए दिया गया है। बिलिंग दक्षता की गणना नीचे दिए गए सूत्र का उपयोग करके की जा सकती है—

$$\text{बिलिंग दक्षता} = \frac{\text{उपभोक्ता को कुल ऊर्जा बिल KwH}}{\text{कुल ऊर्जा (KwH)}}$$

संग्रह क्षमता (Collection Efficiency)—सभी उपभोक्ता को उनके द्वारा उपभोग की जाने वाली ऊर्जा के आधार पर बिल दिया जाता है, जो मीटर रीडिंग और उपभोक्ता की अप्रमाणित ऊर्जा के आंकलन से प्राप्त होता है। बिल की राशि को लागू ग्राहक श्रेणी के लिए नियामक आयोग द्वारा निर्धारित टैरिफ के आधार पर गणना की जा जाती है। हालांकि ऐसे बहुत से उपभोक्ता है, जो विभिन्न कारणों से अपने भुगतान में चूक करने की प्रवृत्ति रखते हैं। इस प्रकार उपयोगिता इसके द्वारा बिल की गई पूरी राशि को पुन: प्राप्ति करने में सक्षम नहीं है जिसके परिणामस्वरूप वाणिज्यिक नुकसान होता है।,

संग्रह दक्षता राशि के अनुपात का एक संकेतक है जिसे एक एकल किया गया है। उपभोक्ता को उनके लिए बिल राशि दी गई है। संग्रह दक्षता की नीचे दिए गए सूत्र का उपयोग करके गणना की जा सकती है।

$$\text{संग्रह दक्षता} = \frac{\text{राजस्व एकल}}{\text{बिल की राशि (रूपये में)}}$$

एटी एंड सी लास (AT & C Loss)—अधिकांश कर्मचारी व्यक्ति और किसी भी बिजली और ऊर्जा वितरण कंपनी से जुड़े अन्य लोग एटी एंड सी शब्द के बारे में कंपनियों और संगठन के लिए एक बड़ा शब्द है। जो ऊर्जा के साथ-साथ राजस्व के मामले में नुकसान की बड़ी तस्वीर देखने में सक्षम है, तो आखिरकार यह हमारे दिमाग में आता है कि यह वास्तव में क्या है, ऊर्जा संगठन इसको लेकर चिंतित क्यो है? आइए, चर्चा करते हैं इसके बारे में। AT & C को एग्रीटेड टेक्निकल और कमर्शियल लास के लिए संक्षिप्त किया गया है, जिसका मतलब है कि यह उन सारे कारकों को जोड़ रहा है जिन्हें टेक्निकल लास और कमर्शियल लास कहा जाता है।

पारेषण और वितरण प्रणालियों ये शक्ति प्रवाह के कारण तकनीकी हानियां अपरिहार्य हैं जिनका परिणाम है

- नेटवर्क डिज़ाइन
- नेटवर्क में उपयोग किए जाने वाले उपकरण के विनिर्देश
- नेटवर्क आपरेशन पैरामीटर्स

यह भारतीय नेटवर्क के लिए सामान्य रूप से 10% से 15% की सीमा में है।

वाणिज्यिक नुकसान—कुछ हद तक परिहार्य है, जो परिचालन खामियों के कारण उत्पन्न होता है, इसका परिणाम है—

- चोरी और हुकिंग
- पैमाइश के मुद्दे
- अकुशल बिलिंग
- अपर्याप्त राजस्व संग्रह
- कम ग्राहक संतुष्टि
- गैर पारिश्रामिक टैरिफ संरचना और सब्सिडी

कोई भी बिजली पारेषण और वितरण कम्पनी तकनीकी नुकसान को कम करने का लक्ष्य नहीं रखती है, क्योंकि पहले चर्चा की गई थी कि यह नेटवर्क डिजाइन और विशिष्टताओं के कारण उत्पन्न होती। हालांकि वे पहले वाणिज्यिक नुकसान को कम करने पर ध्यान केन्द्रित करते हैं।

अंत में वे एटी एंड सी के साथ आते थे जो इन नुकसानों के खिलाफ काम करने के लिए वास्तविक कार्य प्रगति और उनके कार्यो को दर्शाता है। AT&C को आमतौर पर किसी भी परिसम्पत्ति वितरण, जैसे फीडर और DTR वितरण ट्रांसफार्मर आदि में मापा जाता है।

Scanned with CamScanner

$$AT\&C = (1 - \text{बिलिंग दक्षता} \times \text{संग्रह दक्षता}) \times 100$$

$$\text{बिलिंग दक्षता} = \frac{\text{कुल बिल्ड यूनिट (KWH)}}{\text{कुल Input ऊर्जा (KWH)}}$$

$$\text{संग्रह दक्षता} = \frac{\text{कुल एकत्रित राशि}}{\text{कुल बिल राशि}}$$

तकनीकी नुकसान = विद्युत लाइनों में लोड प्रवाह से पाया जाने वाला नुकसान + ट्रांसफार्मर में परिवर्तन हानि

वाणिज्यिक हानि = कुल हानि − तकनीकी हानि

कुल हानि = इनपुट ऊर्जा × AT&C हानि

AT&C नुकसान को प्राप्त करने की पारम्परिक पद्धति में मुख्य रूप से पाँच चुनौतियाँ हैं—

(1) कम्प्यूटर मीटर रीडिंग को कंपित तारीकों पर लिया जाना—भारतीय पावर सेक्टर में एक क्लासिक समस्या यह है कि कंपित तारीखों पर सामान्य मीटर्स रीडर्स द्वारा ली गई उपभोक्ता मीटर रीडिंग का इस्तेमाल इनर्जी अकाउटिंग के लिए किया जाता है क्योंकि उसी दिन सभी उपभोक्ता मीटरों को पढ़ना असम्भव है।

(2) त्रुटिपूर्ण बकाया आंकड़ा—बिलिंग प्रणाली की सीमा उपभोक्ता के लिए अलग से सही बकाया संग्रह आंकड़ा निर्धारित करने के लिए सक्षम नहीं है, परिणामस्वरूप 100% से अधिक की संग्रह दक्षता के आँकड़े होने की संभावना है।

(3) अविश्वसनीय लोड फ्लो मेथड्स का उपयोग—न्यूटन राफसन, गुआस सिडल या फास्ट डिकोड्ड लोड फ्लो जैसी पारम्परिक लोड फ्लो विधियों का उपयोग करके तकनीकनी हानि गणना जो कि रेडियल फ्लो अध्ययन के लिए उपयुक्त नहीं है।

(4) नेटवर्क का परिवर्धन या परिवर्तन—क्षेत्र में नेटवर्क का परिवर्धन या परिवर्तन समय पर जीआईएस प्रणाली में अद्यतन नहीं किए जाते हैं।

(5) नेटवर्क कान्फिगरेशन परिवर्तन—सभी नेटवर्क प्रकृति में रेडियल नहीं हैं इसीलिए परिभाषित अवधि के दौरान नेटवर्क कान्फिगरेशन परिवर्तन फीडर वार ATC नुकसान की गणना में विचार किए जाने की आवश्यकता है।

चुनौतियों को कम करने के लिए हमारी सिफारिश

(1) उपभोक्ता मीटर पाठकों को कंपित तारीखों पर लिया जाता है—ऊर्जा लेखांकन में मुख्य मुद्दा उसी अवधि के लिए भेजे गए और प्राप्त ऊर्जा को (एक महीने का कहना है) मापन है।

(2) त्रुटिपूर्ण बकाया संग्रह का आंकड़ा—सही क्रम में उपयुक्त समय में भुगतान पोस्टिंग की क्षमता समस्या का समाधान करती है। आमतौर पर उपलब्ध इन-हाउस बिलिंग समाधान अकसर भुगतान राशि को सही ढंग से वितरित करने में सक्षम नहीं होते हैं और परिणामस्वरूप हम बकाया राशि के लिए सही संग्रह आंकड़ा प्राप्त नहीं कर सकते हैं। यह सलाहकारों का यह मानने का कारण बनता है कि किसी उपभोक्ता के लिए बकाया के मुकाबले संग्रह के रूप में वर्तमान बिल की राशि से अधिक भुगतान लेकिन अगर हम मानक बिलिंग समाधानों की सुविधाओं को पूर्व में देखते हैं, ORACLE, उपयोगिताएँ, CC&B ये सभी सुविधाएँ आसानी से उपलब्ध हैं।

(3) अविश्वसनीय लोड फ्लो विधियों का उपयोग—पारम्परिक रूप से पीक लोड की स्थिति और पीक लोड कंडीशन के लिए पावर लास प्राप्त करने के लिए पीक लोड की स्थिति के लिए लोड नेटवर्क का अध्ययन इलेक्ट्रिक नेटवर्क पर किया जाता है। समय की अवधि (एक महीने के लिए 720 घंटे) LLF लास लोड फैक्टर के साथ पीक लास (kW) को गुणा करके ऊर्जा हानि का पता लगाया जाता है। आमतौर पर न्यूटन रफसन मंससिडल या फास्ट डिकोड लोड फलो जैसे पारम्परिक तरीकों का उपयोग करते हुए पारम्परिक भार प्रवाह अध्ययन का उपयोग किया जाता है।

रेडियल वितरण प्रणाली के लिए लोड फ्लो अध्ययन के लिए विधियाँ उपर्युक्त नहीं हैं। क्योंकि वितरण लाइन के उच्च आर/एस अनुपात के कारण लोड प्रवाह की गणितीय अभिसरण मुश्किल है। भेजने की शक्ति का अंत उपभोक्ता मान को जोड़कर किया जाता है। चूँकि भार को सही ढंग से जानना मुश्किल है, जिसे उपभोक्ता को सौंपा जाता है। यह भी एक

Scanned with CamScanner

त्रुटि का एक स्रोत है। इस प्रकार आसानी से उपलब्ध साफ्टवेयर जो नियोजन के उद्देश्य के लिए उपयुक्त रेडियल वितरण फीडरों के लिए नुकसान के अध्ययन के लिए उपयुक्त नहीं है।

(4) नेटवर्क का परिवर्धन या परिवर्तन—यदि क्षेत्र में नेटवर्क का कोई जोड़ या परिवर्तन है जिसे जी आई एस प्रणाली में समय पर अद्यतन करने की आवश्यकता है। अन्यथा ऊर्जा लेखांकन उन परिवर्तन पर विचार किए बिना किया जाएगा, जिसके परिणामस्वरूप गलत नुकसान का आंकड़ा हो सकता है और इसलिए नेटवर्क को बदलने के लिए प्रक्रिया संचलित दृष्टिकोड का पालन करना होगा।

(5) नेटवर्क कान्फिगरेशन में परिवर्तन—चूँकि सभी फीडर प्रकृति में रेडियल नहीं हैं इसलिए समय के साथ नेटवर्क कान्फिगरेशन बदल सकता है। यदि फीडर का नेटवर्क कान्फिगरेशन निर्धारित समय अवधि के भीतर बदलता है तो फीडर पर ट्रांसफार्मर की संख्या स्थित नहीं हो सकती है। तो नेटवर्क कान्फिगरेशन परिवर्तन समय को संग्रहीत करने के लिए सही बिल ऊर्जा आँकड़ा प्राप्त करने पर विचार किया जाना चाहिए।

''हम उस स्थिति के तहत उपर्युक्त सभी सुधारों को ध्यान में रखते हुए सटीक एग्रीगेट तकनीकी और वाणिज्यिक नुकसान के निर्धारण के लिए बेहतर तरीकों का प्रस्ताव करना चाहते हैं'' जो भारत या किसी अन्य देश के लिए लागू किया जा सकता है। यह तरीका AT&C नुकसान का निर्धारण का एक मुद्दा है। इस प्रकार उपयोगिता लोगों द्वारा इसे बंधित स्तर तक कम करने के लिए क्षेत्र में कार्यवाही करना आसान हो जाएगा और साथ ही उपयोगिता की ATC हानि की स्थिति के आधार पर सरकारी अधिकारियों द्वारा लागू अनुदान पर निर्णय लेने से कोई भ्रम नहीं होगा।

❑❑❑

Scanned with CamScanner

APPENDIX–I

शक्ति तार वाहक संचार प्रणाली

(Power Line Carrier Communication System)

प्रस्तावना (Introduction)

पावर लाइन कैरियर कम्युनिकेशन (Power line carrier communication) PLCC का मुख्य कार्य अपने नाम के अनुसार हो है। यह Power transmission line या High voltage एवं Extra high voltage संचरण लाइन में उपयुक्त चालक में Communication भी साथ में संचरित किया जाता है जिसके लिए हमें संचरण लाइन के दोनों सिरों पर ट्रान्समीटर एवं रिसीवर परिपथ (Receiving circuit) को स्थापित करना पड़ता है।

हम व्यवस्था में PLCC के लिए उच्च आवृत्ति (High frequency) की विद्युत-चुम्बकीय तरंगों (Electromagnetic waves) के प्रयोग एवं उसके माडुलेशन तथा अन्य तकनीकी आवर्धन की आवश्यकता पड़ती है जिसके प्रयोग से हम Power transmission line की मदद से ही अपने संदेश को सम्प्रेषण शिरे (Sending end) से अभिग्राही शिरे (Receiving end) तक बिना किसी व्यवधान के पहुँचा सकते हैं। यह System दोनों शिरों के लिए vice-versa है और प्रत्येक शिरे पर उपयोगी Parameter लगभग समान रहते हैं।

Power Line Carrier Communication (PLCC)

पावर लाइन से सम्बन्धित सम्पूर्ण विधि जिसमें कि High voltage संचरण लाइन का उपयोग Communication purpose के लिए होता है PLCC कहलाता है।

अथवा (OR)

PLCC is defined as :

The term power line carrier is used to represent the entire process of communication which uses high voltage overhead power line as the means of transmission.

पी० एल० सी० सी० (PLCC) के लाभ (Advantages of PLCC)—

(1) पावर लाइन में उपयोग होने वाला चालक (Conductor) जिसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (Area of cross section) मोटा (Thicker) होता है जिसके कारण सिग्नल (Signal) का अटेनुऐशन (Attenuation) कम होता है।

(2) PLCC में High voltage insulator की वजह से नमी और आर्द्र वातावरण में Leakag नगण्य रहता है।

(3) पावर लाइन में सभी फेज एक-दूसरे से अलग-अलग रहते हैं, जिसके कारण Cross-talk होने की सम्भावना लगभग समाप्त हो जाती है।

(4) अलग से लाइन बिछाने की कीमत लगभग खत्म हो जाती है।

High voltage transmission line के साथ Communication signal transmit करने में निम्नलिखित परेशानियाँ आती हैं जिनसे उपयोग में आने वाले Apparatus को सुरक्षित रखा जाना आवश्यक है।

(1) चूँकि High voltage transmission के साथ Telephone apparatus एवं अन्य युक्तियाँ जुड़ी रहती हैं जो कि कार्य करने वाले मनुष्य के लिए खतरनाक हो सकती है, जिनसे सुरक्षित रखना आवश्यक होता है।

(2) किसी भी प्रकार के Transient operation या Abnormal condition; जैसे Switching and surging and

Scanned with CamScanner

other phenomenon; जैसे Corona, Ferranti effect या higher harmonic जो Transmission line की performance में असर डालते हैं। इस प्रकार की समस्यायें Communication signal को भी साथ में प्रभावित करती हैं।

PLCC (Power Line Carrier Communication) का अनुप्रयोग telemetering, power line protection, tele control आदि में किया जाता है।

पावर लाइन कैरियर कम्युनिकेशन की विधियाँ

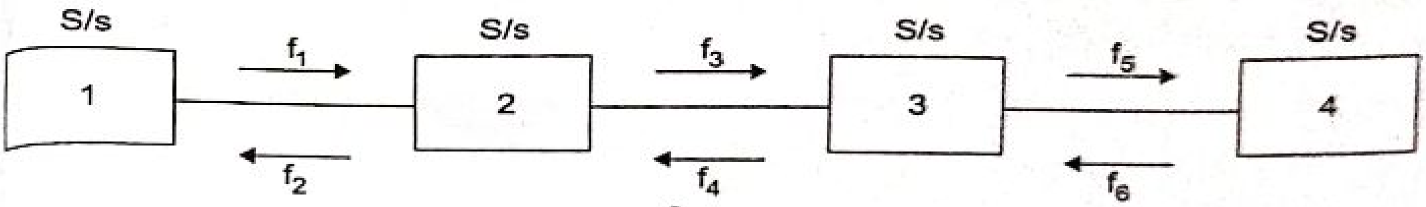
निम्नलिखित दो प्रकार की विधियाँ पावर लाइन कैरियर कम्युनिकेशन में उपयोग की जाती हैं—

(1) Fixed Frequency System (2) Wave Change-over System

(1) Fixed Frequency System—Fixed frequency system में अलग-अलग भाग में ट्रान्समिटिंग सिग्नल को अलग-अलग Frequency पर ले जाते हैं। इस System में *S / s* 1 और 2 में f_1, f_2 एवं 2 और 3 के बीच f_3, f_4 तथा 3 तथा 4 के बीच f_5, f_6 Carrier frequency को ले जाते हैं। इसके लिए दो स्टेशन में एक साथ Allotted carrier frequency को भेजते हैं। प्रत्येक स्टेशन के बाद Carrier को Demodulate एवं अगले स्टेशन में Modulate करते हैं और यही Process प्रत्येक स्टेशन के बाद लगातार अन्य सभी स्टेशनों में निरन्तर चलती रहती है।

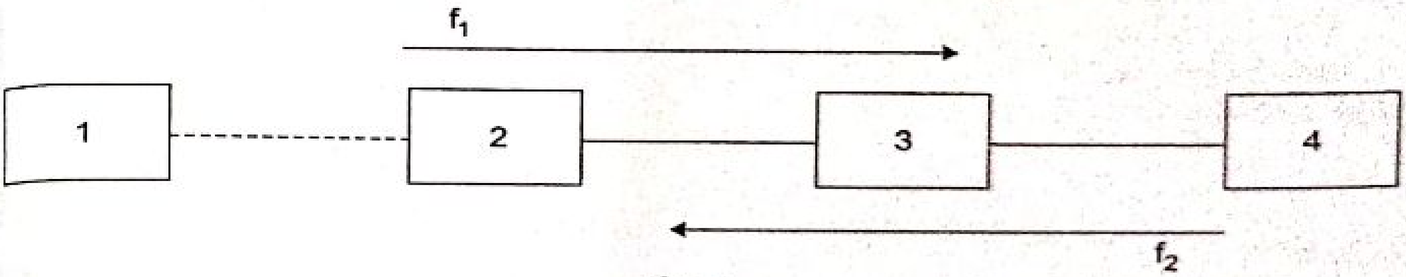
Advantages of Fixed Frequency System

इस प्रकार के System में एक के बाद एक सिग्नल का लगातार Transmission होता है जिससे कि Signal का Reception अच्छा रहता है तथा हर *S / s* के बाद Signal का एम्प्लीफिकेशन करने में आसानी रहती है।



चित्र–1

(2) Wave Change-over System—इस प्रकार के PLCC system में दो Carrier frequencies का प्रयोग किया जाता है, दो दिशाओं में दो *S / s* के बीच f_1 और f_2 Carrier frequency, transmitting end से f_1 और f_2 का उपयोग Demodulator purpose से Receiving end से Calling station तक पहुँचाती है।



चित्र–2

Transmitter एवं Receiving and calling station दोनों Carrier oscillators से जुड़े रहते हैं। जब Receiving station को काल रिंग प्राप्त होती है, उस समय Transmitter carrier oscillator से f_2 frequency एवं Receiver carrier oscillator से f_1 Frequency उपलब्ध कराता है।

PLCC के उपयोग की विभिन्न तकनीक (Various Technique of PLCC System)

PLCC के उपयोग को देखते हुये वैज्ञानिकों ने कई प्रकार की तकनीक इस्तेमाल की, जिससे कुछ का उपयोग दक्षता के साथ अच्छा रहा है और कुछ तकनीक कम दक्षता के साथ भी उपयोगी साबित हो रही हैं।

(1) PLCC system का उपयोग Ground wire के साथ किया गया जिसमें कि Communication signal अन्य Frequency signal में Interference से सुरक्षित थे, लेकिन इस तकनीक का उपयोग बहुत ज्यादा नहीं कर सकते हैं।

Scanned with CamScanner

(2) PLCC system का उपयोग Insulated ground wire के साथ किया गया जिसमें कि वातावरण का प्रभाव बहुत ज्यादा नहीं पड़ता और Attenuation भी Signal का फेज-वायर की तुलना में कम होता है। इस तकनीक का उपयोग ज्यादातर Supervising control, telemetry एवं एलार्म कार्य के लिए किया जाता है।

(3) PLCC system का उपयोग Bundled conductor के साथ किया गया है जिसमें कि एक से अधिक Conductor बण्डल के रूप में एक दूसरे से आपस में Insulated रहते हैं। इस तकनीक के मुख्य रूप से निम्नलिखित Advantages हैं—

(i) PLC band रेडियो सर्विसेस में कम से कम Interference रहता है।

(ii) वातावरण से Line पर होने वाले Losses कम रहते हैं।

(iii) इसमें Cross talk होने की सम्भावनायें (Possibility) कम रहती है।

❑❑❑

Scanned with CamScanner

APPENDIX–II

विद्युत प्रदोष एवं रक्षण
(Electrical Fault and Protection)

प्रस्तावना (Introduction)

वैद्युत ऊर्जा के उत्पादन से लेकर उपयोग (Utilization) तक विभिन्न प्रकार की सहायक युक्तियाँ (Accessories) तथा उपकरण (Apparatus) प्रयुक्त किये जाते हैं। इन उपकरणों के सतत् (Continuous) प्रचालन (Operation) से ही विद्युत ऊर्जा का हम अधिकतम दक्षता में उपयोग कर सकते हैं।

परन्तु इनके सतत् प्रचालन से इनमें दोष उत्पन्न होना स्वभाविक है। उत्पन्न हुआ यह दोष विद्युत तन्त्र के प्रचालन को क्षणिक अथवा स्थायी रूप से प्रभावित कर सकता है।

प्रदोष (Fault)

किसी विद्युत तन्त्र में उत्पन्न होने वाली असामान्य परिस्थितियाँ (Abnormal conditions) जिसके कारण विद्युत तन्त्र का प्रचालन क्षणिक (Momentary) अथवा स्थायी (Stable) रूप से प्रभावित होता है, विद्युत प्रदोष कहलाती हैं।

वैद्युत प्रदोष का वर्गीकरण (Classification of Electrical Faults)

वैद्युत प्रदोष (Electrical Faults)

- स्थायी प्रदोष (Permanent Fault)
  - सममित प्रदोष (Symmetrical Fault)
    जैसे— 1. Three phase open circuit fault
    2. Three phase short circuit fault
    3. Three phase earth leakage fault
    4. Three phase ground fault
    5. Three phase corona leakage fault
    6. Three phase balanced overload fault
  - असममित प्रदोष (Asymmetrical Fault)
    जैसे— 1. Single phase open circuit fault
    2. Single phase ground circuit fault
    3. Two phase short circuit fault
    4. Two phase open circuit fault
    5. Two phase earth leakage fault
    6. Composite fault
- अस्थायी प्रदोष (Temporary Fault)
  जैसे— 1. टहनी दोष
  2. क्षणिक अतिभार प्रदोष
  3. क्षणिक उच्च वोल्टता प्रदोष

उपरोक्त प्रदोषों का विवरण निम्नवत् है—

स्थायी प्रदोष (Permanent Fault)—ऐसे प्रदोष जिनके उत्पन्न होने के पश्चात् विद्युत तन्त्र का प्रचालन स्थायी रूप से बाधित होता है स्थायी प्रदोष कहलाता है। ये प्रदोष विद्युत तन्त्र से स्वतः समाप्त नहीं होते हैं।

Scanned with CamScanner

अस्थायी प्रदोष (Temporary Fault)—ऐसे प्रदोष जो क्षणिक समय के लिए विद्युत तन्त्र में उत्पन्न होते हैं तथा स्वतः समाप्त हो जाते हैं अस्थायी प्रदोष कहलाते हैं।

सममित प्रदोष (Symmetrical Fault)—सममित प्रदोष वह विद्युत प्रदोष है जिसकी उपस्थिति में लाइन के तीनों चालकों (Conductors) में बहने वाली धारा (Current) का मान समान होता है।

असममित प्रदोष (Asymmetrical Fault)—असममित वह विद्युत प्रदोष है जिसकी उपस्थिति में लाइन के तीनों चालकों में बहने वाली धारा (Current) का मान असमान होता है।

खुला परिपथ प्रदोष (Open Circuit Fault)—किसी विद्युत तन्त्र में किसी भी चालक (Conductor) के संयोजन के खुलने अथवा चालक के टूटने के कारण उत्पन्न हुए दोष को खुला परिपथ प्रदोष कहते हैं।

खुला परिपथ प्रदोष (Open Circuit Fault) के उत्पन्न होने के पश्चात् सम्बन्धित चालक में धारा का मान शून्य हो जाता है तथा प्रदोषी स्थान पर वोल्टता (Voltage) का मान बढ़ जाता है। किसी भी परिपथ में खुला परिपथ प्रदोष उत्पन्न होने का प्रमुख कारण चालक का जीर्ण होना तथा सम्बन्धन का ढीला (Loose connection) होने के कारण उत्पन्न Sparking है।

लघु परिपथ प्रदोष (Short Circuit Fault)—किसी विद्युत तन्त्र में दो चालकों (Two conductors) के आपस में जुड़ने के कारण उत्पन्न हुए दोष को लघु परिपथ प्रदोष कहते हैं।

लघु परिपथ के प्रदोष के उत्पन्न होने के बाद परिपथ (Circuit) की प्रतिबाधा (Impedance) कम हो जाती है जिसके कारण लाइन में बहने वाली धारा (Current) का मान काफी बढ़ जाता है तथा उस परिपथ की वोल्टता का मान कम हो जाता है।

किसी भी विद्युत तन्त्र में लघुपरिपथ प्रदोष उत्पन्न होने का प्रमुख कारण तेज हवाओं से लाइन चालक का आपस में जुड़ना, विद्युतरोधन (Insulation) का Fail होना है।

भू-प्रदोष (Earth Fault / Ground Fault)—किसी विद्युत तन्त्र में लाइन चालक का भू (Earth) से संयोजित होने के कारण उत्पन्न प्रदोष को भू-प्रदोष कहते हैं।

इस प्रदोष के उत्पन्न होने के पश्चात् विद्युत धारा का प्रवाह लाइन से Ground को होने लगता है तथा धारा का मान काफी बढ़ जाता है।

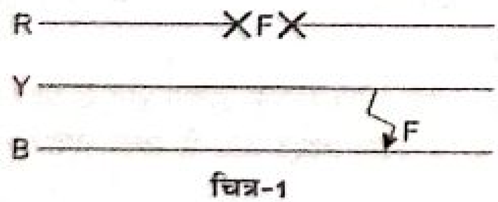
भू-प्रदोष उत्पन्न होने का प्रमुख कारण चालक का विद्युतरोधन का विफल होना (Failure of insulation of conductor) है जिससे चालक का सम्बन्ध तन्त्र के किसी धात्विक भाग (Metallic part) से हो जाता है।

भू-क्षरण प्रदोष (Earth Leakage Fault)—किसी विद्युत तन्त्र में चालक के ऊपर लगे विद्युत रोधन (Insulation of conductor) के आंशिक रूप से खराब होने के कारण विद्युत धारा के आंशिक रूप से भू को प्रवाहित होने के कारण उत्पन्न प्रदोष को भू-क्षरण प्रदोष कहते हैं।

भू-क्षरण प्रदोष के उत्पन्न होने का प्रमुख कारण विद्युतरोधक का आंशिक रूप से खराब होना, काफी पुराना होना तथा संचरण तथा वितरण लाइन में Insulator का खराब होना है।

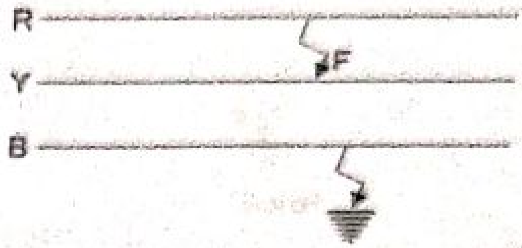
सम्मिश्र प्रदोष (Composite Fault)—सम्मिश्र प्रदोष असममित प्रदोष का एक भाग है। सम्मिश्र प्रदोष में दो या दो से अधिक प्रकार के प्रदोष किसी एक ही विद्युत तन्त्र में समान समय में उत्पन्न होते हैं।

जैसे—1. Open circuit fault in one phase and short circuit fault in another two phases in three phase system. त्रिकलीय पद्धति में एकल कला खुला परिपथ प्रदोष तथा अन्य दो कलाओं में लघु परिपथ प्रदोष।



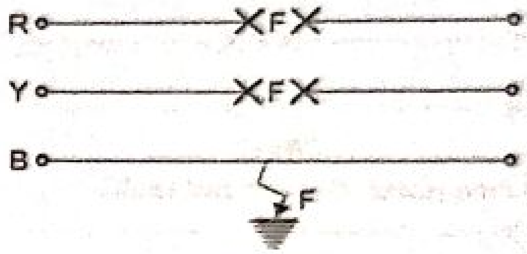
चित्र-1

2. Two phase short circuit fault and one phase ground fault in three phase system.
तीन कलीय पद्धति में दो कलाओं में लघु परिपथ प्रदोष तथा शेष तीसरी कला में भू-प्रदोष।



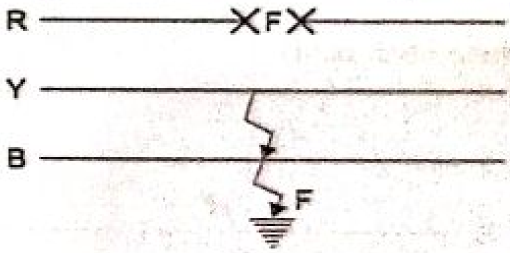
चित्र-2

3. Two phase open circuit fault and one phase ground fault in three phase system.
तीन कलीय or त्रिकलीय पद्धति में दो कलाओं में खुला परिपथ प्रदोष तथा शेष तीसरी कला में भू-प्रदोष (Earth fault)।



चित्र-3

4. One phase open circuit fault and two phase earth fault in three phase system.
तीन कलीय प्रणाली में एक कला खुला परिपथ प्रदोष तथा शेष भू-प्रदोष।

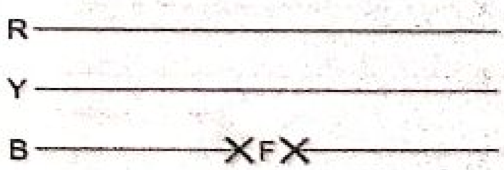


चित्र-4

वैद्युत प्रदोष की स्थितियों का एकल आरेख प्रदर्शन (Single Line Diagram Representation of Fault Condition)

एकल कला प्रदोष (Single Phase Fault)—

1. एकल कला खुला परिपथ प्रदोष (Single phase open circuit fault)



चित्र-5

त्रि कलीय दोष (Three Phase Fault)—

1. तीन कलीय खुला परिपथ दोष (Three phase open circuit fault)

चित्र-11

2. तीन कलीय लघु परिपथ दोष (Three phase short circuit fault)

चित्र-12

3. तीन कलीय भू दोष (Three phase earth fault)

चित्र-13

4. तीन कलीय संमिश्र दोष (Three phase composite fault)

चित्र-14

तन्त्र की विश्वसनीयता और स्थायित्व पर दोषों का प्रभाव (Effect of Fault on the Reliability and Stability of the System)

किसी विद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता (Reliability) और स्थायित्व (Stability) पर वैद्युत दोष का बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है। वैद्युत दोष के बढ़ने से तन्त्र की विश्वसनीयता तथा स्थायित्व घटती है।

वैद्युत दोष के बढ़ने से परिपथ की धारा बढ़ती है तथा परिपथ के प्रतिरोध या प्रतिबाधा (Resistance or Impedance) के घटने से दोषी धारा (Fault current) का मान बढ़ता है।

$$\text{स्थायित्व} \propto \frac{1}{\text{वैद्युत दोष}}$$

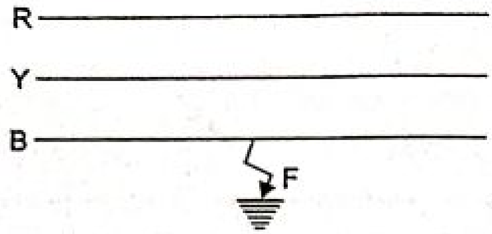
तथा

$$\text{स्थायित्व} \propto \text{दोषी धारा}$$

अतः

$$\text{स्थायित्व} \propto \frac{1}{\text{दोषी धारा}}$$

2. एकल कला भू-परिपथ प्रदोष (Single phase earth fault)



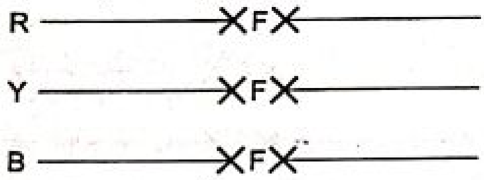
चित्र-6

3. एकल कला लघु परिपथ प्रदोष (Single phase short circuit fault)

Single phase system में लघु परिपथ प्रदोष नहीं होता है।

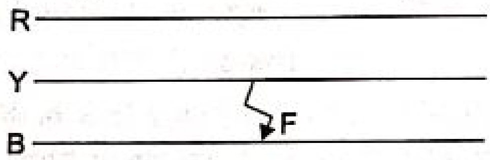
द्विकला प्रदोष (Two Phase Fault)

1. द्विकला खुला परिपथ प्रदोष (Two phase open circuit fault)



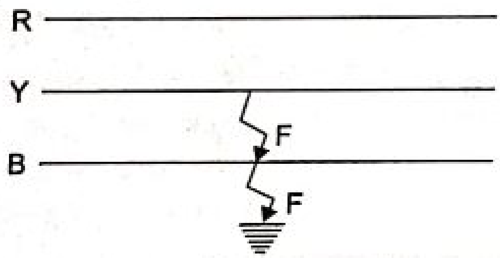
चित्र-7

2. द्विकला लघु परिपथ प्रदोष (Two phase short circuit fault)



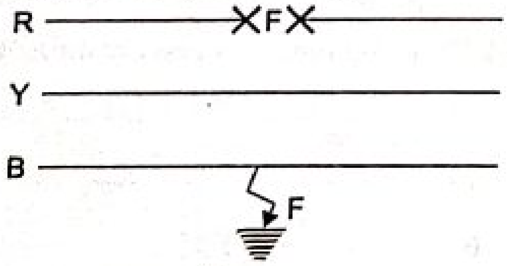
चित्र-8

3. द्विकला भू-प्रदोष (Two phase earth fault)



चित्र-9

4. द्विकला सम्मिश्र प्रदोष (Two phase composite fault)

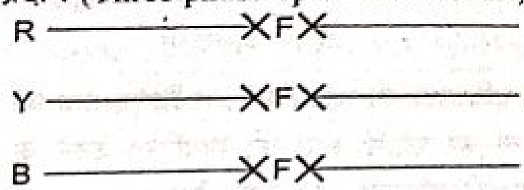


चित्र-10

Scanned with CamScanner

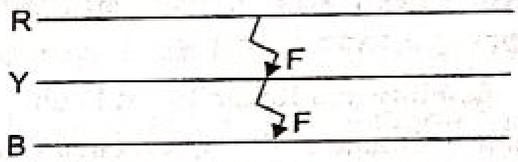
तीन कलीय प्रदोष (Three Phase Fault)—

1. तीन कलीय खुला परिपथ प्रदोष (Three phase open circuit fault)



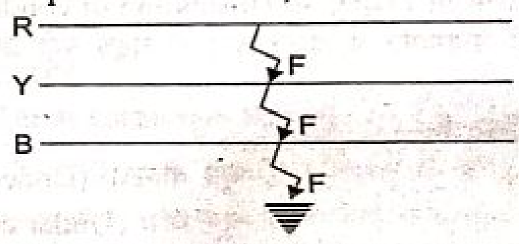
चित्र-11

2. तीन कलीय लघु परिपथ प्रदोष (Three phase short circuit fault)



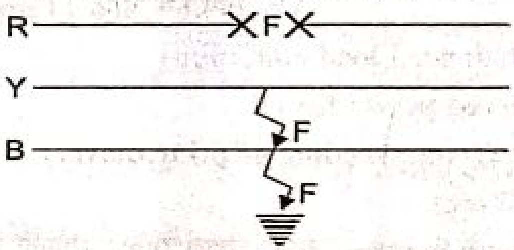
चित्र-12

3. तीन कलीय भू-प्रदोष (Three phase earth fault)



चित्र-13

4. तीन कलीय समिश्र प्रदोष (Three phase composite fault)



चित्र-14

तन्त्र की विश्वसनीयता और स्थायित्व पर प्रदोषों का प्रभाव

(Effect of Fault on the Reliability and Stability of the System)

किसी विद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता (Reliability) और स्थायित्व (Stability) पर वैद्युत प्रदोष का बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है। वैद्युत प्रदोष के बढ़ने पर तन्त्र की विश्वसनीयता तथा स्थायित्व घटती है।

वैद्युत प्रदोष के बढ़ने पर परिपथ की धारा बढ़ती है तथा परिपथ के प्रतिघात या प्रतिबाधा (Reactance or Impedance) के बढ़ाने पर प्रदोषी धारा (Fault current) का मान घटता है।

$$\text{स्थायित्व} \propto \frac{1}{\text{वैद्युत प्रदोष}}$$

तथा $$\text{स्थायित्व} \propto \text{प्रदोषी धारा}$$

अत: $$\text{स्थायित्व} \propto \frac{1}{\text{प्रदोषी धारा}}$$

Scanned with CamScanner

तथा $$\text{प्रदोषी धारा} \propto \frac{1}{\text{परिपथ प्रतिबाधा}}$$

अत: $$\boxed{\text{स्थायित्व} \propto \text{परिपथ प्रतिबाधा}}$$

अत: किसी वैद्युत तन्त्र की परिपथ प्रतिबाधा को बढ़ाने पर उस विद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता तथा स्थायित्व बढ़ती है।

Note—अत: किसी भी वैद्युत तन्त्र की प्रदोषी धारा को नियन्त्रित करने के लिए उस तन्त्र श्रेणी में Reactor का प्रयोग किया जाता है जिसके द्वारा परिपथ की प्रतिबाधा बढ़ जाती है।

विद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता और स्थायित्व को बढ़ाने के लिए उसके द्वारा प्रदोष के समय उत्पन्न प्रदोषी धारा का मान कम से कम होना चाहिए। अत: क्रमशः भू-क्षरण प्रदोष, भू-प्रदोष, खुला परिपथ प्रदोष तथा लघु परिपथ प्रदोषों के उत्पन्न होने पर विद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता तथा स्थायित्व घटती है।

Stability and Reliability at Fault

Earth leakage fault > Ground fault > Open circuit fault > Short circuit fault

वैद्युत तन्त्र की असामान्य परिस्थितियाँ (Abnormal Conditions of Electrical System)

किसी भी वैद्युत तन्त्र में उसके चालक के विद्युतरोधन (Insulation of conductor) के Fail हुए बिना उत्पन्न होने वाली वह आन्तरिक परिस्थितियाँ जिनकी उपस्थिति में वैद्युत तन्त्र में बहुत बड़े प्रदोष की सम्भावना होती है असामान्य परिस्थितियाँ कहलाती हैं।

ये असामान्य परिस्थितियाँ निम्नलिखित हैं—

1. अति वोल्टता (Over voltage)
2. न्यून वोल्टता (Under voltage)
3. अति धारा (Over current)
4. न्यून धारा (Under current)
5. अति आवृत्ति (Over frequency)
6. न्यून आवृत्ति (Under frequency)
7. अति शक्ति गुणक (Over power factor)
8. न्यून शक्ति गुणक (Under power factor)
9. अति भार (Over loading)
10. तापक्रम वृद्धि (Temperature rise)
11. असन्तुलित भार स्थिति (Unbalanced load condition)
12. विपर्यण शक्ति प्रवाह (Reserved power flow)
13. प्रथम चालक का अतिचालन (Over speeding of primemover)
14. अतितापन स्थिति (Over heating)

खुला परिपथ प्रदोष (Open Circuit Fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली का जब एक अथवा एक से अधिक तार टूट जाता है अथवा खुल कर गिर जाता है तो उसे खुला परिपथ प्रदोष कहते हैं।

खुला परिपथ प्रदोष के कारण (Causes of Open Circuit Fault)—

1. यान्त्रिक आघात के कारण चालक के कटने अथवा क्षय होने के कारण।
2. चालक पर पेड़, टहनी आदि गिर जाने के कारण।
3. अतिधारा के कारण चालक के पिघल जाने के कारण।
4. चालकों पर अधिक बल पड़ने पर तनाव के कारण लाइन चालक के टूट जाने के कारण।
5. प्राय: अधिक मुड़ाव के साथ उच्च यान्त्रिक दाब पर चालकों के टूट जाने के कारण।
6. तापक्रम के बढ़ने पर किसी संयोजन के खुल जाने के कारण।

लघु परिपथ प्रदोष (Short Circuit Fault)—किसी विद्युत तन्त्र में दो या दो से अधिक चालक (Conductor) लाइनों के आपस में जुड़ने के कारण उत्पन्न हुए प्रदोष को लघु परिपथ प्रदोष कहते हैं। किसी विद्युत तन्त्र में लघु परिपथ प्रदोष से सबसे अधिक नुकसान होता है, क्योंकि इसके द्वारा लाइन धारा का मान सामान्य से बहुत अधिक हो जाता है और चालक गर्म होकर पिघल जाते हैं।

Scanned with CamScanner

लघु परिपथ प्रदोष के कारण (Causes of Short Circuit Fault)—

1. तेज हवाओं के कारण लाइन चालकों के आपस में जुड़ने के कारण।
2. लाइन चालकों के बीच पेड़ की टहनियों या शाखाओं के सम्पर्क के कारण।
3. संचरण एवं वितरण लाइनों में (Transmission and distribution line) दो लाइनों के बीच किसी पक्षी के जुड़ जाने के कारण।
4. आन्तरिक वायरिंग (Internal wiring) तथा केबिलों (Cables) में चालकों के बीच विद्युतरोधन (Insulation) के फेल (Fail) होने के कारण।
5. Cable तथा चालकों पर उच्च बल के प्रहार से विद्युत रोधन (Insulation) के कटने के कारण।
6. खुले केबिल में चालकों के बीच चूहा, छिपकली, साँप या अन्य छोटे जीवों के फंसने के कारण।

भू-प्रदोष एवं भू-क्षरण प्रदोष (Earth Fault and Earth Leakage Fault)

किसी वैद्युत तन्त्र में किसी जीवित चालक (Live conductor) के भू (Earth) से जुड़ने के कारण उत्पन्न प्रदोष को भू-प्रदोष, जबकि जीवित चालक के भू (Earth) से आंशिक रूप से जुड़ने के कारण उत्पन्न प्रदोष को भू-क्षरण (Earth leakage fault) कहते हैं।

भू-प्रदोष एवं भू-क्षरण प्रदोष के कारण (Causes of Earth Fault and Earth Leakage Fault)

1. किसी चालक पर उच्च प्रहार से उसके ऊपर लगे Insulation के कटने के कारण भू-प्रदोष होता है।
2. संचरण तथा वितरण लाइनों (Transmission and distribution lines) में किसी लाइन चालक (Conductor) और आलम्ब (Support), क्रॉस आर्म (Cross arm) के बीच पक्षी, बन्दर, पतंग की डोरी आदि फंसने के कारण भू-प्रदोष होता है।
3. किसी लाइन चालक से पेड़ की टहनियों या शाखाओं के बढ़कर सम्पर्क होने से भू-प्रदोष होता है।
4. किसी लाइन चालक से लगे विद्युतरोधक (Insulator) के खराब होने से भू-क्षरण प्रदोष होता है।
5. किसी चालक पर लगे Insulation के पुराना होने पर उसकी विद्युतरोधन सामर्थ्य (Insulation resistance) के घट जाने के कारण भू-क्षरण प्रदोष होता है।
6. भूमिगत केबिलों में विद्युतरोधन के आंशिक रूप से क्षय होने के कारण भू-क्षरण प्रदोष उत्पन्न होता है।

क्रिरीट क्षरण प्रदोष (Corona Leakage Fault)

किसी विद्युत तन्त्र में शिरोपरी लाइनों के वैद्युत आवेशों के वायुमण्डल से प्रत्यक्ष क्षय (Direct loss) कोरोना क्षरण प्रदोष कहलाता है। इसके द्वारा विद्युत का बहुत अधिक क्षय हो जाता हे जिससे संचरण (Transmission) लाइन की दक्षता (Efficiency) काफी घट जाती है।

क्रिरीट क्षरण प्रदोष के कारण (Causes of Corona Fault)

1. लाइन चालकों की वोल्टता (Voltage) का बहुत अधिक बढ़ जाने के कारण।
2. लाइन चालकों की पारस्परिक दूरी d तथा चालक की त्रिज्या r का अनुपात काफी घट जाने के कारण।
3. चालकों की सतह का असमान होने के कारण।
4. चालकों के बीच वायुमण्डलीय माध्यम में आर्द्रता (नमी, पानी, ओस, कोहरा) तथा धूल कण के बढ़ जाने के कारण।
5. लाइन चालक के बीच पारस्परिक दूरी घट जाने के कारण।
6. लाइन चालक का समयोपरान्त पतला होने के कारण।

Scanned with CamScanner

अतिधारा वैद्युत प्रदोष (Over Current Electrical Fault)

किसी वैद्युत तन्त्र (Electric system) में किसी भी चालक में धारा का मान बहुत अधिक बढ़ जाने को अतिधारा वैद्युत प्रदोष कहते हैं।

इस प्रदोष में धारा का मान बढ़ने के कारण चालक में बहुत अधिक विद्युत हानियाँ तथा वोल्टतापात (Voltage drop) होता है। चालक का तापमान बढ़ने के कारण चालक (Conductor) गर्म होकर पिघल जाता है।

अतिधारा वैद्युत प्रदोष के कारण (Causes of Over Current Electrical Fault)

1. निम्न वोल्टता के कारण।
2. निम्न शक्ति गुणक के कारण।
3. अतिभार के कारण।
4. कोरोना क्षरण प्रदोष के कारण।
5. लघु परिपथ प्रदोष के कारण।
6. भू-क्षरण प्रदोष के कारण।

Highlights—

- सममित प्रदोष में तीनों लाइनों में बहने वाली प्रदोषी धारा (Faulty current) का परिमाण (Magnitude) तथा कला विस्थापन (Phase displacement 120°) समान होता है।
- प्रदोषी धारा (Faulty current) को सीमित (Limited) करने के लिए परिपथ में Reactor को जोड़ा जाता है जिससे परिपथ की प्रतिबाधा (Impedance) काफी बढ़ जाती है।
- सममित प्रदोष (Symmetrical fault) की अपेक्षा असममित (Asymmetrical fault) की सम्भावना अधिक होती है।

प्रश्नावली

1. वैद्युत प्रदोष से क्या समझते हैं?
2. वैद्युत प्रदोषों को समझाइए तथा इनका वर्गीकरण कीजिए।
3. सममित प्रदोष किसे कहते हैं? ये कितने प्रकार के होते हैं?
4. असममित प्रदोष किसे कहते हैं? इसका संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
5. खुला परिपथ प्रदोष क्या होता है? इस उत्पन्न होने के क्या कारण हैं?
6. लघु परिपथ प्रदोष किसे कहते हैं? यह कैसे उत्पन्न होता है?
7. भू-दोष क्या होता है? यह किस कारण से उत्पन्न होता है?
8. भू-क्षरण प्रदोष किसे कहते हैं? यह भू-दोष से किस प्रकार भिन्न होता है?
9. विभिन्न प्रदोषों का विद्युत तन्त्र की स्थायित्व (Stability) और विश्वसनीयता (Reliability) पर क्या प्रभाव पड़ता है?
10. विद्युत तन्त्र में प्रदोषी धारा को सीमित करने के लिए क्या उपाय किया जाता है?
11. निम्नलिखित प्रदोषों को 'एकल लाइन आरेख में' प्रदर्शित कीजिए—
    (i) एकल कला खुला परिपथ प्रदोष।
    (ii) द्विकला खुला परिपथ प्रदोष।
    (iii) त्रिकला भू-दोष।
    (iv) द्विकला लघु परिपथ प्रदोष।
    (v) एकल कला भू-दोष और एक कला खुला परिपथ प्रदोष।
    (v) त्रिकला लघु परिपथ प्रदोष।

❑❑❑

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner