1

वैद्युत लाइनों का अभिकल्पन

(DESIGN OF ELECTRICAL LINES)

§ 1.1 परिचय (Introduction)

वैद्युत ऊर्जा को उत्पादन से लेकर उपभोग (खपत) तक निम्न चार पदों (चरणों) में विभाजित किया जा सकता है—

(A) विद्युत-जनन (Electric generation)

(B) विद्युत-संचरण (Electric transmission)

(C) विद्युत-वितरण (Electric distribution)

(D) विद्युत-उपयोग (Electric utilization)

(A) विद्युत-जनन या उत्पादन—विद्युत जनन का तात्पर्य, विद्युत के उत्पादन से है। व्यावसायिक स्तर पर वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन ऑयल, कोल, पानी परमाणुवीय ईंधन जैसे यूरेनियम, थ्योरियम, प्लूटोनियम आदि स्रोतों से किया जाता है। विद्युत जनन केन्द्र (electric generating station) को बिजली घर या विद्युत गृह (power house) अथवा शक्ति संयंत्र (power plant) कहते हैं, जो निम्न प्रकार के होते हैं—

(i) डीजल बिजली घर (Diesel power house)

(ii) पन बिजली घर (Hydro-power house)

(iii) ताप बिजली घर (Thermal power house)

(iv) परमाणु बिजली घर (Atomic power house)

टिप्पणी—उपरोक्त बिजली घरों का अध्ययन, पाठकगण वैद्युत शक्ति संयन्त्र अभियान्त्रिकी विषय के अन्तर्गत करेंगे।

(B) विद्युत-संचरण या प्रेषण—इसका तात्पर्य विद्युत को एक स्थान से दूसरे स्थान तक प्रेषित करना है। यह कार्य निम्न दो प्रकार की लाइनों द्वारा किया जा सकता है—

(i) शिरोपरि लाइन चालकों (overhead line conductors) द्वारा

(ii) भूमिगत लाइन केबिलों (undergound line cables) द्वारा

टिप्पणी—प्राय: वैद्युत ऊर्जा का संचरण, उच्च वोल्टता पर किया जाता है।

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

(C) **विद्युत-वितरण**—इसका तात्पर्य वैद्युत ऊर्जा को उपभोक्ताओं में उनकी आवश्यकता अनुसार वितरित करना (बांटना) है। यह भी निम्न दो विधियों द्वारा किया जाता है—

(i) शिरोपरि लाइन चालकों (overhead line conductors) द्वारा

(ii) भूमिगत लाइन केबिलों (underground line cable) द्वारा

(D) **विद्युत-उपयोग**—इसका तात्पर्य वैद्युत ऊर्जा का विभिन्न ऊर्जा के लिये उपयोग करना है। उदाहरणार्थ—

(i) आवासीय उपयोग (Domestic utilization)

(ii) औद्योगिक उपयोग (Industrial utilization)

(iii) व्यावसायिक उपयोग (Commercial utilization)

(iv) कृषि सम्बन्धी उपयोग (Agricultural utilization)

(v) संकर्षण सम्बन्धी उपयोग (Traction utilization)

टिप्पणी—उपरोक्त उपयोगिताओं का अध्ययन, पाठक गण वैद्युत ऊर्जा के उपयोग सम्बन्धी विषय में करेंगे।

§ 1.2 पारिभाषिक शब्दावली (Definitive terminology)

(i) **निम्न वोल्टता** (Low voltage)—सामान्य स्थितियों में 250 V से नीचे की वोल्टता को निम्न वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत 200 V, 220 V, 230 V,. 240 V, 250 V, आदि ए० सी० सिंगल फेज तथा डी० सी० मानक प्रदायी वोल्टतायें आती हैं।

(ii) **मध्यम वोल्टता** (Medium voltage)—सामान्य स्थितियों में 250V से ऊपर तथा 650 V से नीचे की वोल्टता को मध्यम वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत 346/200V, 380/220 V, 400/230V, 415/240 V, 440/250 V, 460/265 V, 500/290 V, आदि ए० सी० थ्री फेज, फोर वायर तथा 400/200 V, 440/220V, 480/240 V, 500/250 V आदि डी० सी० त्रितार मानक प्रदायी वोल्टतायें आती हैं।

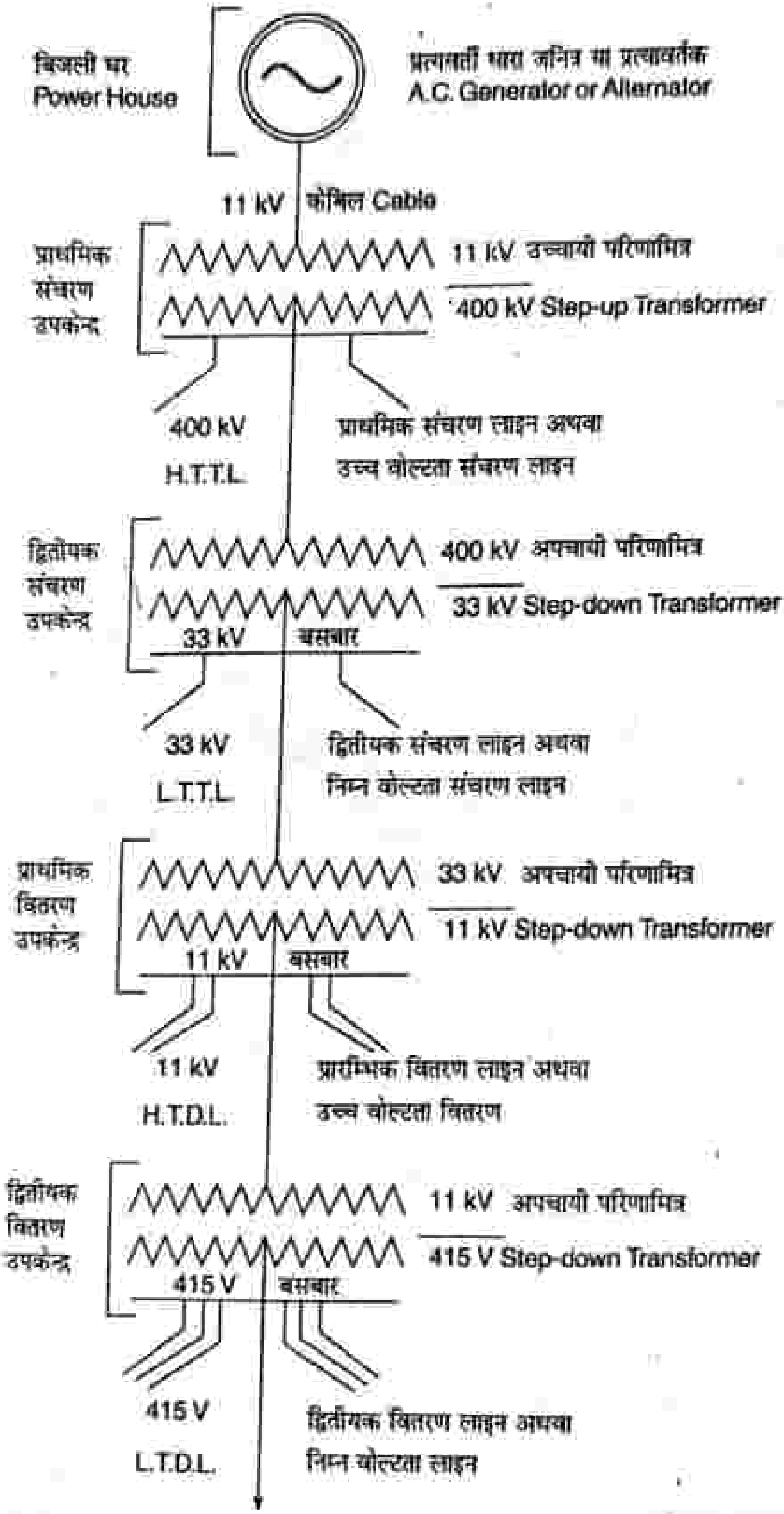
(iii) **उच्च वोल्टता** (High voltage)—सामान्य स्थितियों में 650 V से ऊपर तथा 33 kV, से नीचे की वोल्टता को उच्च वोल्टता कहते हैं। इसके अन्तर्गत प्र० धा० 1.1 kV,. 2.2 kV, 3.3 kV, 6.6 kV, 11 kV, 22 kV, 33 kV आदि मानक प्रदायी वोल्टतायें आती हैं।

(iv) **अति उच्च वोल्टता** (Extra high voltage)—[illegible] स्थिति में 33kV, से ऊपर की वोल्टता को अति उच्च [illegible] है। इसके अन्तर्गत 66 kV, 132 kV, 220 kV, 400 kV 800 kV आदि मानक प्रदायी वोल्टतायें आती हैं।

(v) **मानक आवृत्ति** (Standard frequency)—मानक आवृत्ति, पचास हर्ट्ज (50 Hz) अपनाई जाती है। इसे शक्ति आवृत्ति (power frequency) के [illegible] भी जाना जाता है। भारतीय विद्युत नियम (*i.e.r*) के अनुसार, इसमें अधि[illegible] परिवर्तन तीन प्रतिशत (±3%) तक अनुमत अर्थात् स्वीकृत है।

Scanned with CamScanner

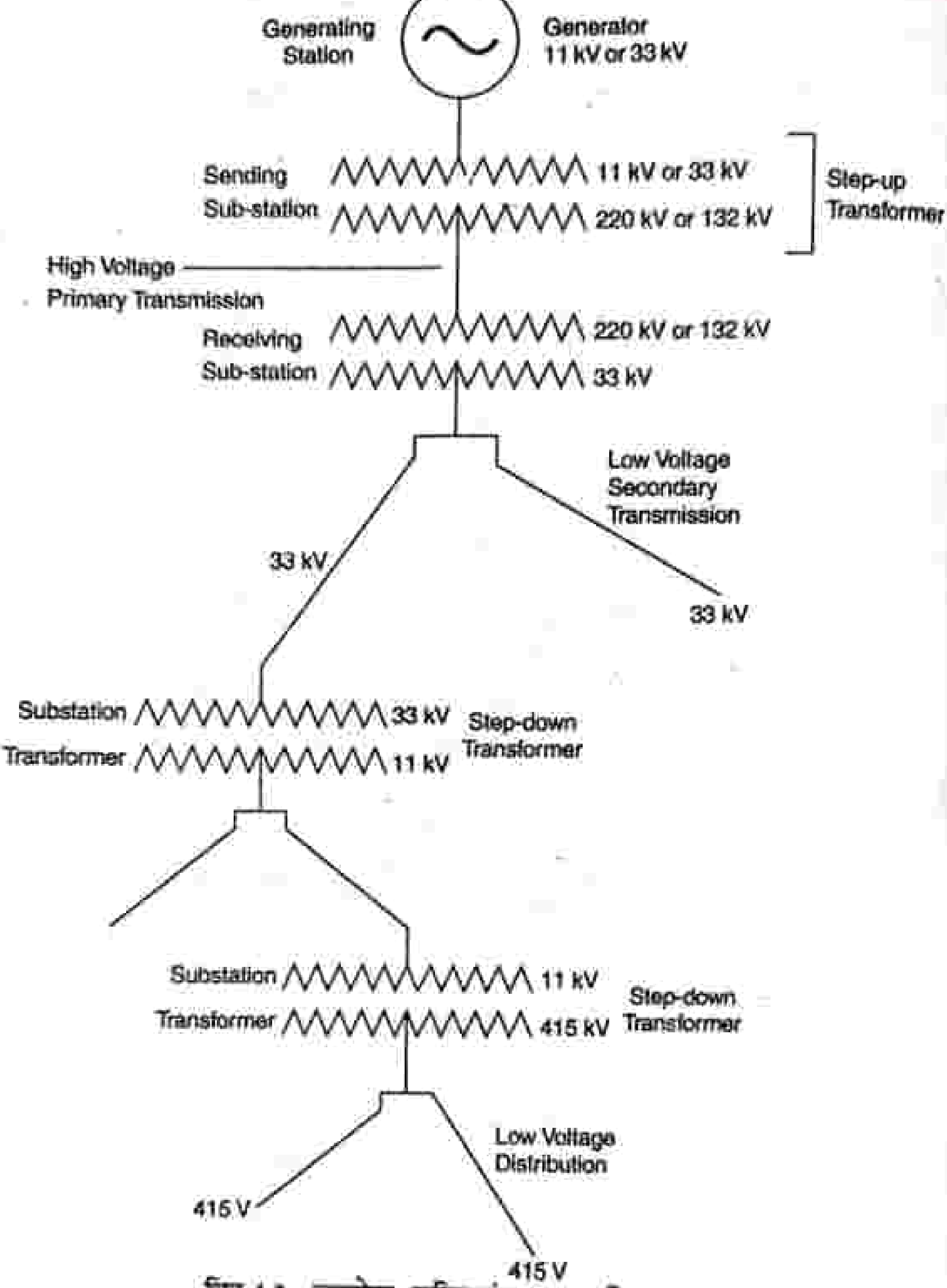
Scanned with CamScanner



चित्र 1.1—विद्युत-जनन संचरण एवं वितरण का एकरेखीय आरेख (*s.l.d.*)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 1.2—जननकेन्द्र, शक्ति संचरण तथा वितरण का प्रबन्ध

§ 1.3 एकल कला प्रणाली के लिये मानक वोल्टता (Standard voltage)

द्विनार प्रणाली के लिये सम्पूर्ण भारत देश में प्रयुक्त (used) मानक कला वोल्टता = 240 वोल्ट (फेज से न्यूट्रल तक)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

§ 1.4 त्रिकला प्रणाली के लिये मानक वोल्टताएँ (Standard voltages)

त्रिकला तन्त्रों के लिये लाइन से लाइन तक की मानक वोल्टतायें निम्न हैं—

800 kV, 400 kV, 220 kV, 132 kV, 66 kV, 33 kV, 11 kV, 6.6 kV, 3.3 kV, 1.1 kV, 415 V

§ 1.5 मानक घोषित वोल्टता (Standrd declared voltage)

किसी भी देश की जनित तथा प्रयुक्त मानक घोषित वोल्टताएँ, उक्त 1.4 अनुच्छेद में अंकित, विभिन्न मानक वोल्टताओं में ही होगीं।

§ 1.6 वोल्टता सीमाएँ (Voltage limits)

सामान्य स्थितियों के अन्तर्गत, प्रणाली के किसी बिन्दु पर वोल्टता, निम्न दिये गये मानों से मानक घोषित वोल्टता अधिक अपगामी (depart) नहीं होनी चाहिये।

(i) निम्न तथा मध्यम वोल्टता के सम्बन्ध में 5 प्रतिशत (I.E.R. 54)

(ii) उच्च तथा अति उच्च वोल्टता के सम्बन्ध में 12.5 प्रतिशत (I.E.R. 54)

§ 1.7 मानक प्रणाली आवृत्ति (Standard system frequency)

भारत में वैद्युत शक्ति प्रणाली की मानक आवृत्ति 50 साइकल/सेकण्ड या हर्ट्ज (C/S or Hz) है, और यह तीन प्रतिशत (3%) से अधिक अपगामी नहीं होनी चाहिये।

§ 1.8 मानक जनन वोल्टताएँ (Standard generating voltages)

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

(ii) 11 किलोवोल्ट (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 किलोवोल्ट (33 kV)—यह रूस, अमेरिका, जर्मनी, जापान आदि प्रगतिशील देशों में प्रतिष्ठापित बिजली घरों की जनन वोल्टता है।

§ 1.9 मानक संचरण वोल्टताएँ (Standard transmission voltages)

इन वोल्टताओं के मानकीकरण (standardisation) को निम्न दो भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) **प्राथमिक संचरण वोल्टताएँ** (Primary transmission voltages)—इन्हें उच्च दाब संचरण वोल्टताएँ (high tension transmission voltages) भी कहते हैं।

त्रिकला प्रणाली में लाइन से लाइन तक की मानक प्राथमिक संचरण वोल्टताएँ निम्नलिखित हैं—

(a) 800,000 वोल्ट (V) = 800 किलोवोल्ट (kV)

(b) 400,000 वोल्ट (V) = 400 किलोवोल्ट (kV)

(c) 220,000 वोल्ट (V) = 220 किलोवोल्ट (kV)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

(d) 132,000 वोल्ट (V) = 132 किलोवोल्ट (kV)

(e) 66,000 वोल्ट (V) = 66 किलोवोल्ट (kV)

(ii) द्वितीयक संचरण वोल्टताएँ (Secondary transmission voltages)

इन्हें निम्न दाब संचरण वोल्टताएँ (low tension transmission voltages) भी कहते हैं। त्रिकला प्रणाली में लाइन से लाइन तक की द्वितीयक संचरण वोल्टताएँ निम्नलिखित हैं—

(a) 66,000 वोल्ट (V) = 66 किलोवोल्ट (kV)

(b) 33,000 वोल्ट (V) = 33 किलोवोल्ट (kV)

टिप्पणी—66 kV वोल्टता, स्थिति के अनुसार अपनी श्रेणी बदलती रहती है।

§ 1.10 मानक वितरण वोल्टताएँ (Standard distribution voltages)

इन वोल्टताओं के मानकीकरण को निम्न दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(i) प्राथमिक वितरण वोल्टताएँ (Primary distribution voltages)

इन्हें उच्च दाब वितरण वोल्टताएँ (high tension distribution voltages) भी कहते हैं। त्रिकला लाइन से लाइन तक की मानक प्राथमिक वितरण वोल्टताएँ निम्नलिखित हैं—

(a) 11000 वोल्ट (V) = 11 किलोवोल्ट (kV)

(b) 6600 वोल्ट (V) = 6.6 किलोवोल्ट (kV)

(c) 3300 वोल्ट (V) = 3.3 किलोवोल्ट (kV)

(d) 1100 वोल्ट (V) = 1.1 किलोवोल्ट (kV)

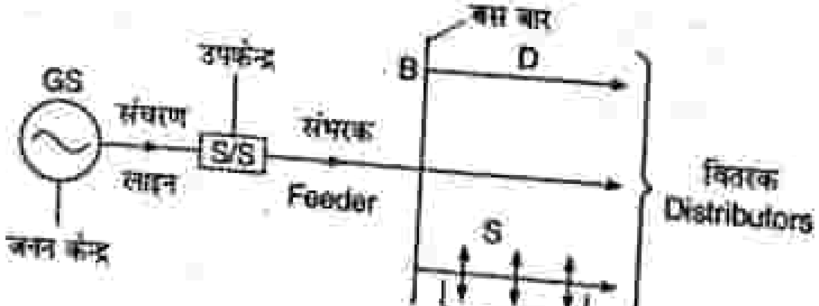
(ii) द्वितीयक वितरण वोल्टताएँ (Secondary distribution voltages)

इन्हें निम्न दाब वितरण वोल्टताएँ (low tension distribution voltages) भी कहते हैं। त्रिकला प्रणाली में लाइन से लाइन तक की मानक द्वितीयक वितरण वोल्टताएँ निम्नलिखित हैं—

(a) 415 वोल्ट (V) = 0.415 किलोवोल्ट (kV)

एकल कला प्रणाली में फेज से न्यूट्रल तक की वोल्टता निम्नलिखित है—

(b) 240 वोल्ट (V) = 0.240 किलोवोल्ट (kV)



चित्र 1.3—संभरक या पोषक, वितरक तथा सेवा मुख्य

§ 1.11 संचरण प्रणालियाँ (Transmission systems)

यद्यपि विश्व में वैद्युत शक्ति संचरण के लिये त्रिकला, त्रितार तथा वैद्युत शक्ति वितरण

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

के लिये त्रिकला, चार, तार प्रत्यावर्तीधारा प्रणालियों का प्रयोग मितव्ययता के दृष्टिकोण से अधिक प्रचलित है; फिर भी कुछ विशेष कार्यों के लिये अन्य प्रणालियों का अपनाना नितान्त आवश्यक होता है। शक्ति संचरण की इन विभिन्न प्रणालियों का वर्गीकरण तथा प्रदर्शनात्मक विवरण, प्रस्तुत अध्याय के अग्रिम परिच्छेदों (articles) में किया गया है।

§ 1.12 शक्ति संचरण प्रणालियों का वर्गीकरण (Classification)

(A) दिष्टधारा प्रणाली (Direct current system)

(i) दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (D.C. two wire systems)

(ii) मध्य-बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (D.C. two wire system with mid-point earthed)

(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, त्रितार प्रणाली (D.C. three wire systm with mid-point earthed)

(B) एकल कला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (Single Phase A.C. System)

(i) एकलकला, द्वितार प्रणाली (single phase two wire system)

(ii) मध्यबिन्दु, भूयोजित, एकल कला, द्वितार प्रणाली (Single phase two wire system with mid-point earthed)

(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, एकल कला, त्रितार प्रणाली (Single phase three wire system with mid-point earhted)

(C) द्विकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (Two Phase A.C. System)

(i) द्विकला, त्रितार प्रणाली (2-ϕ, 3-w, system)

(ii) द्विकला, चार तार प्रणाली (2-ϕ, 4-w, system)

(D) त्रिकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (Three Phase A.C. System)

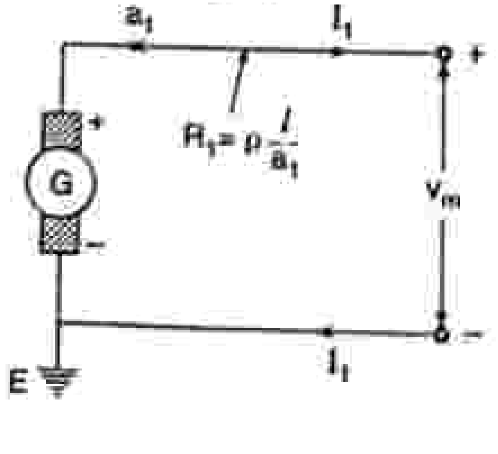
(i) त्रिकला, त्रितार प्रणाली (3-ϕ, 3-w, system)

(ii) त्रिकला, चार तार प्रणाली (3-ϕ, 4-w, system)

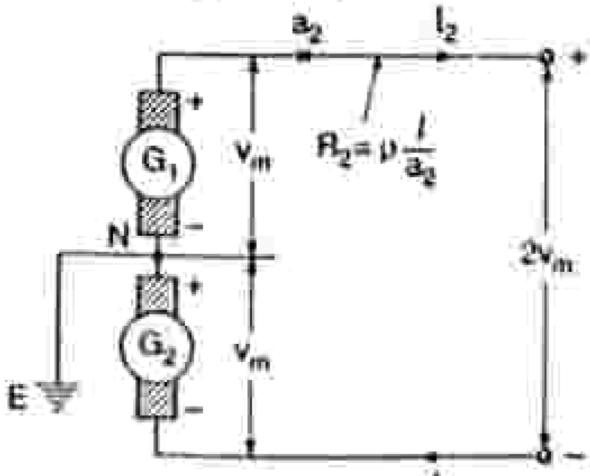
§ 1.13 दिष्टधारा प्रणाली (Direct current system)

(i) चालक भूयोजित, दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.4)

(ii) मध्य बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.5)



चित्र—1.4

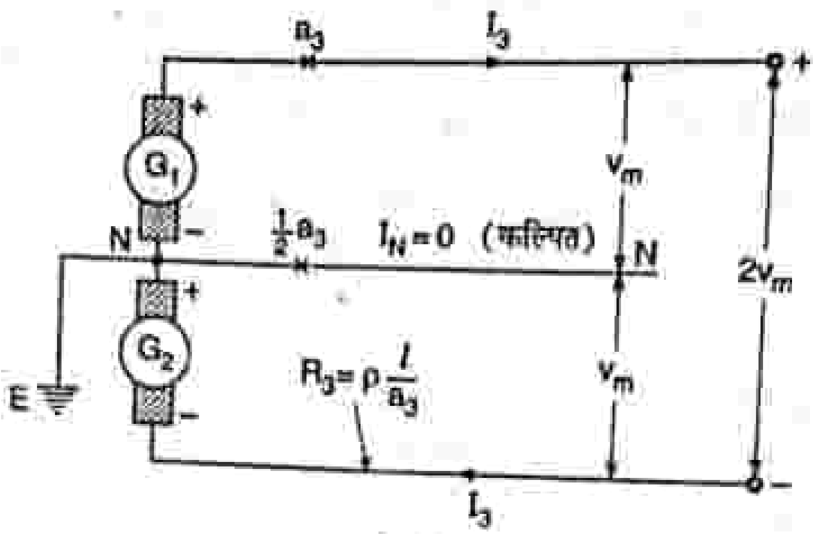


चित्र—1.5

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

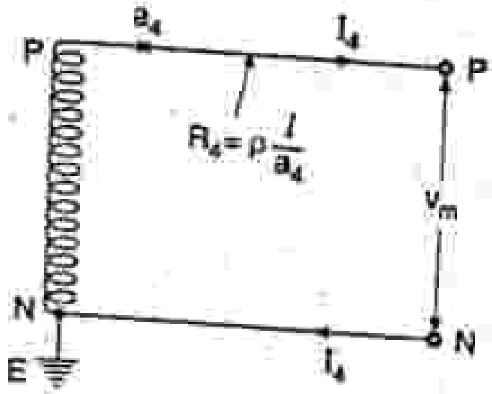
(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, त्रितार प्रणाली (चित्र 1.6)



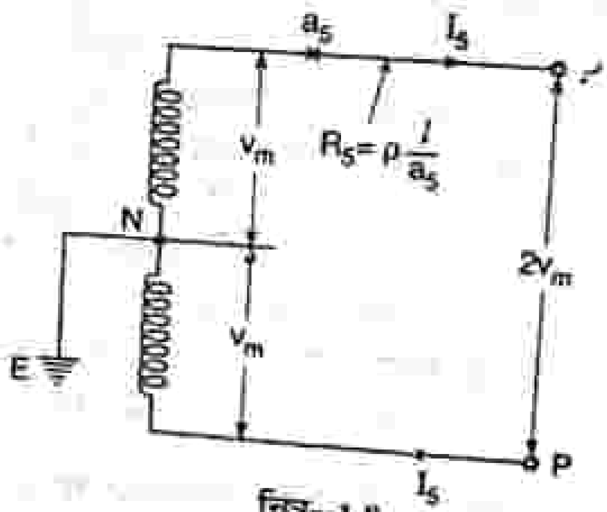
चित्र—1.6

§ 1.14 एकल कला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (1-ϕ, A. C. System)

(i) एक चालक भूयोजित, एकल कला, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.7)



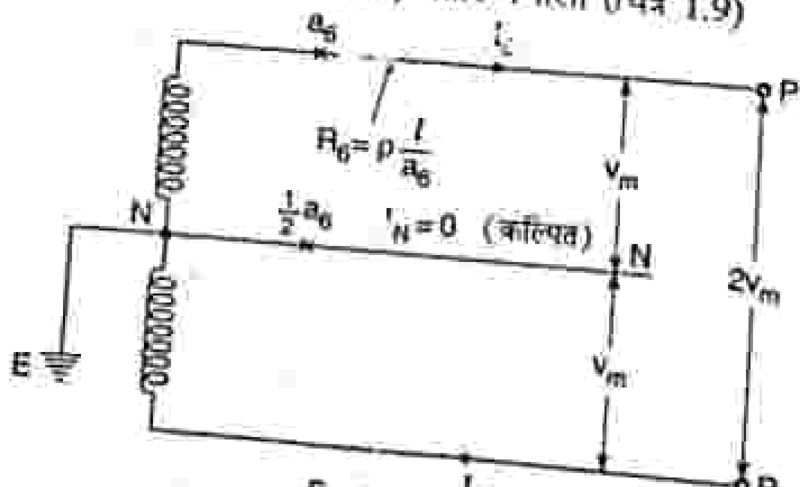
चित्र—1.7



चित्र—1.8

(ii) मध्य बिन्दु भूयोजित, एकल कला, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.8)

(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, एकल कला, त्रितार प्रणाली (चित्र 1.9)



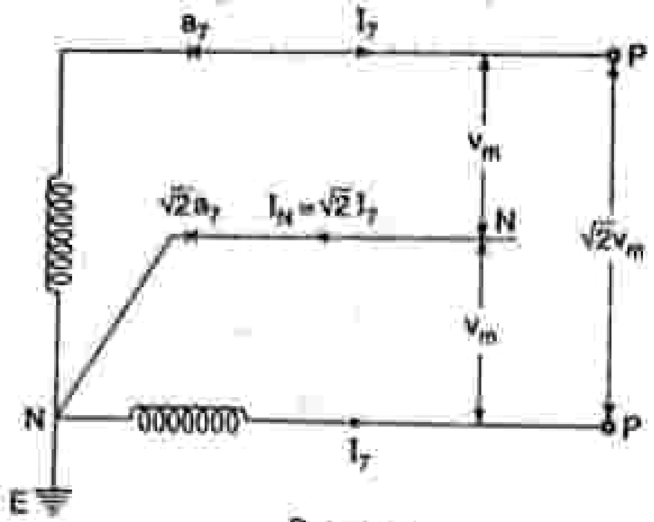
चित्र—1.9

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

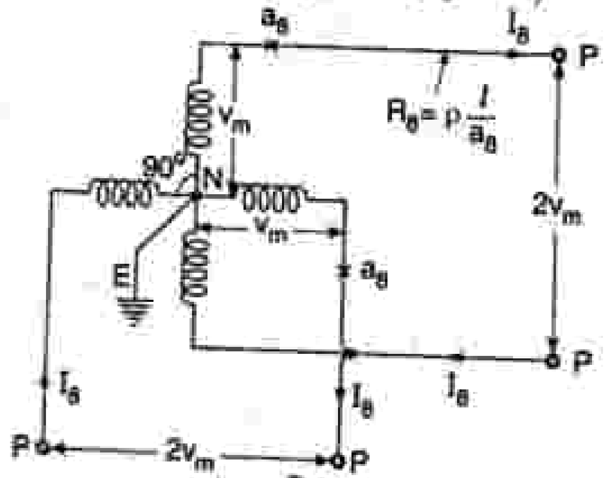
§ 1.15 द्विकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (2-φ, A. C. System)

(i) द्विकला, त्रितार प्रणाली (2-φ, 3-w, system)



चित्र—1.10

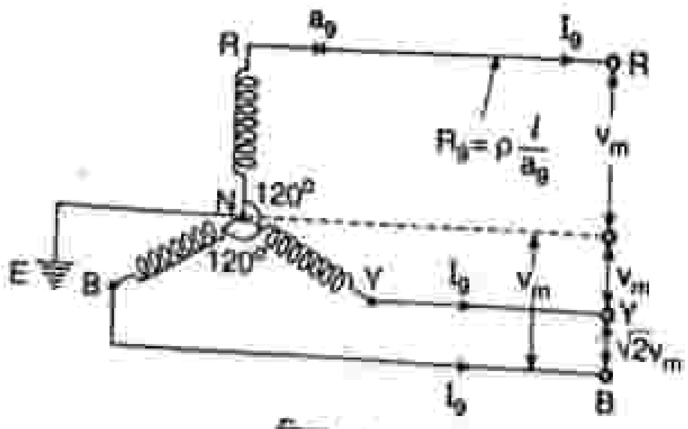
(ii) द्विकला, चार तार प्रणाली (2-φ, 4-w, system)



चित्र—1.11

§ 1.16 त्रिकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (3-φ, A.C. System)

(i) त्रिकला, त्रितार प्रणाली (3-φ, 3-w, system)

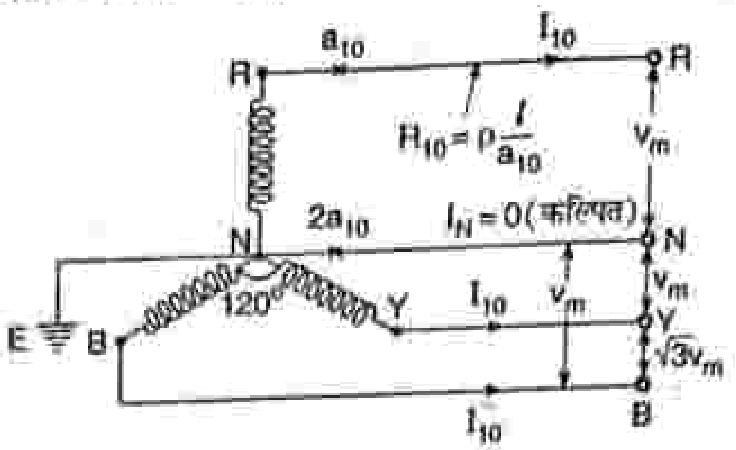


चित्र—1.12

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

प्रतिकला उच्चतम वोल्टता = V_m वोल्ट

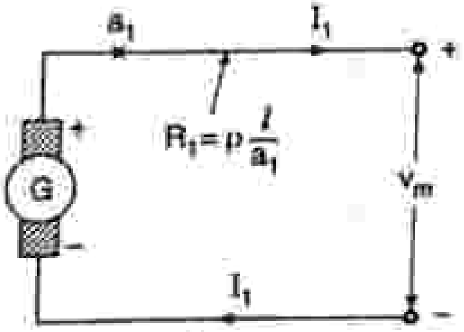


चित्र– 1.13

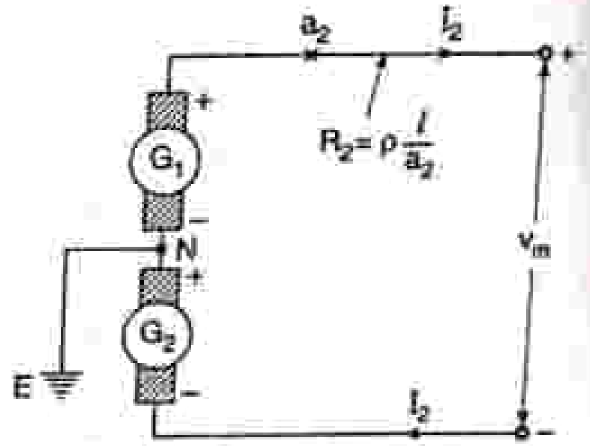
§ 1.17 दिष्टधारा प्रणाली (Direct current system)

(i) दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.14)

(ii) मध्य बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.15)

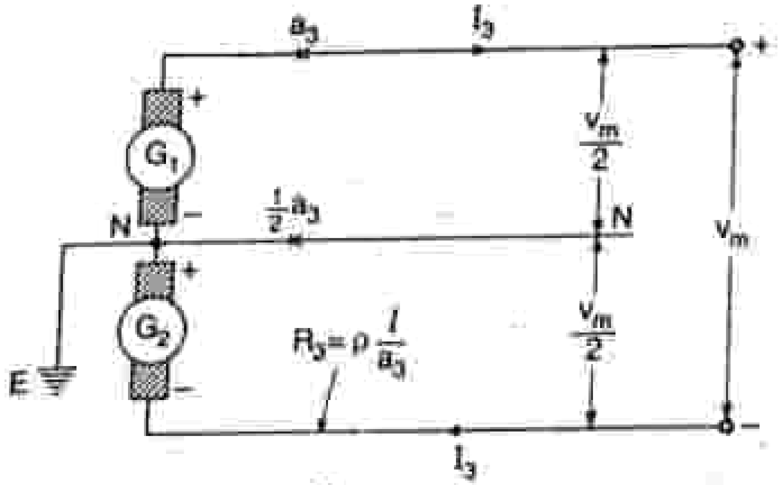


चित्र–1.14



चित्र–1.15

(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, दिष्टधारा, त्रितार प्रणाली (चित्र 1.16)



चित्र–1.16

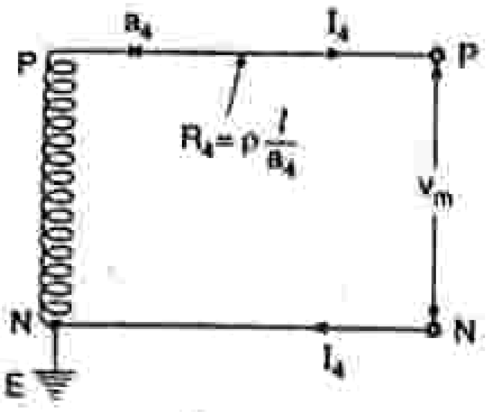
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

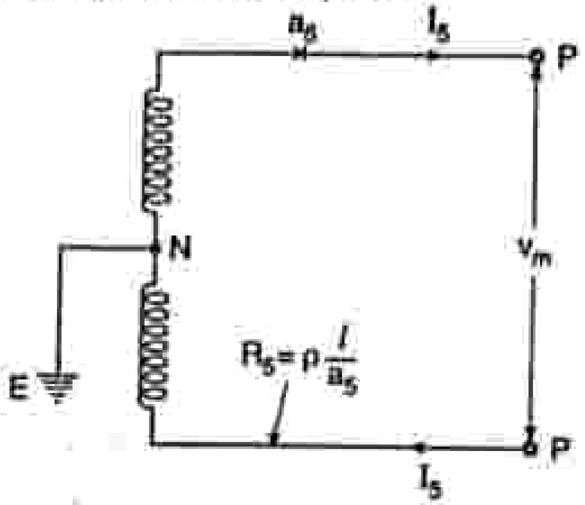
§ 1.18 एकल कला प्र० धा० प्रणाली (Single Phase A.C. System)

(i) एकल कला, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.17)

(ii) मध्य बिन्दु भूयोजित, एकल कला, द्वितार प्रणाली (चित्र 1.18)

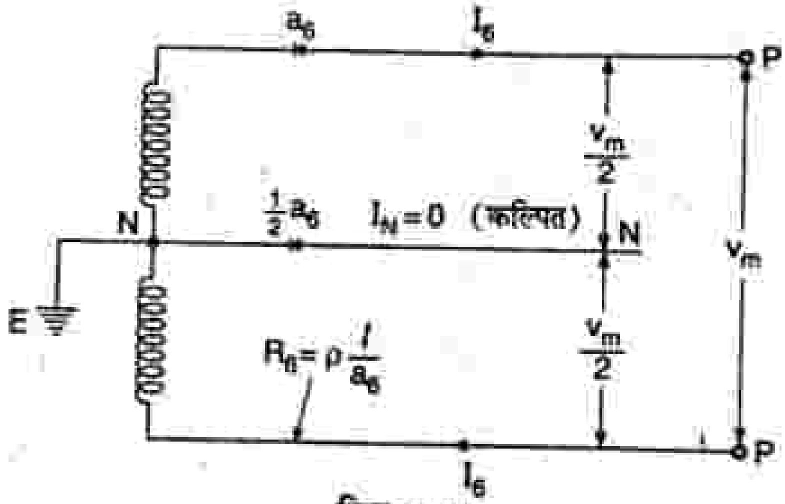


चित्र–1.17



चित्र–1.18

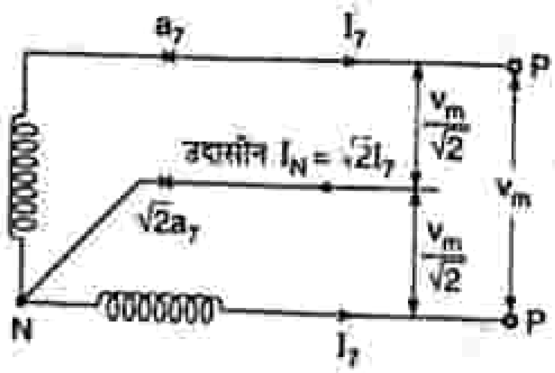
(iii) मध्य बिन्दु भूयोजित, एकल कला, त्रितार प्रणाली (चित्र 1.19)



चित्र–1.19

§ 1.19 द्विकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (Two Phase, A.C. System)

(i) द्विकला, त्रितार प्रणाली (चित्र 1.20)

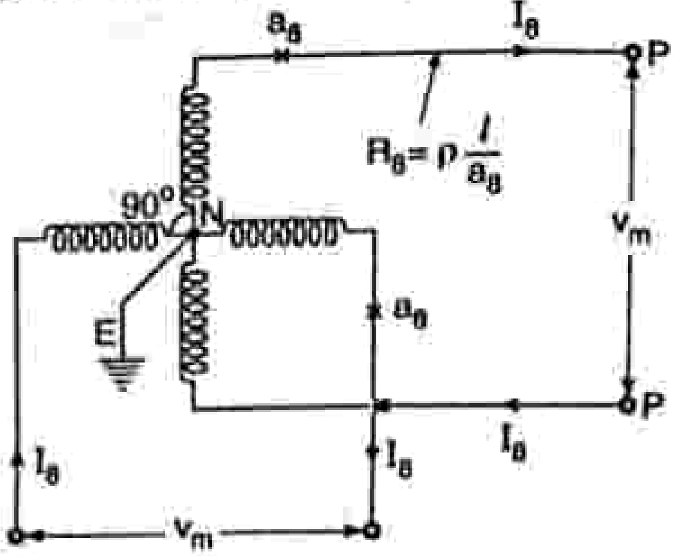


चित्र–1.20

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

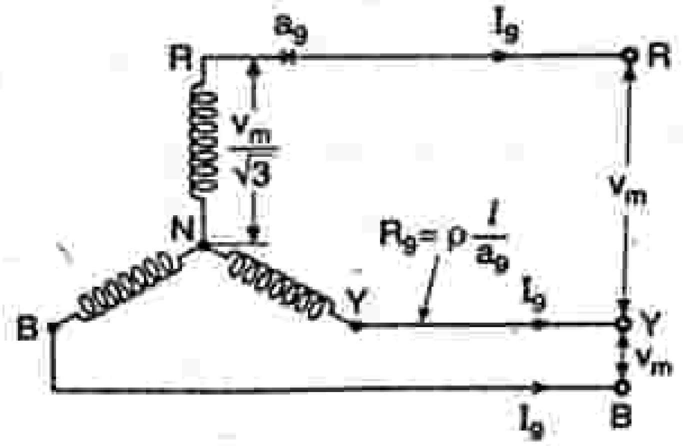
(ii) द्विकला, चार तार प्रणाली (चित्र 1.21)



चित्र—1.21

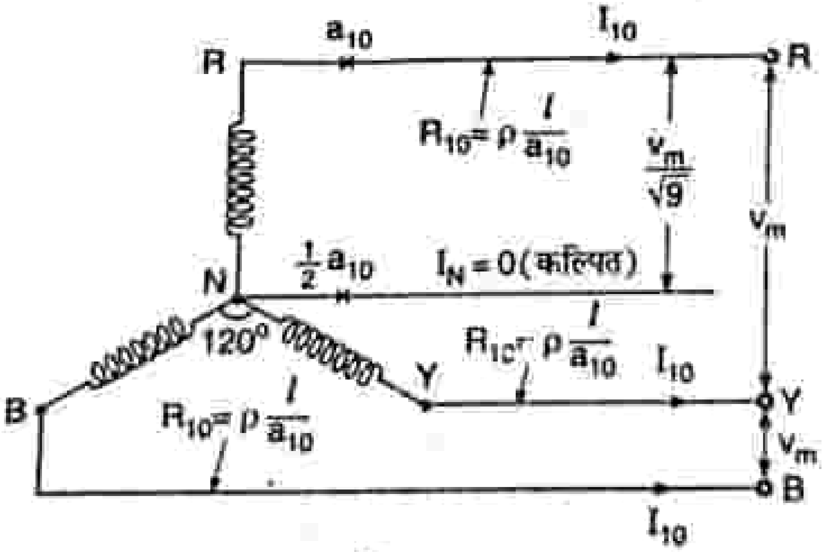
§ 1.20 त्रिकला प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली (3-ϕ. A.C. System)

(i) त्रिकला, त्रितार प्रणाली (3-ϕ; 3-w, system)



चित्र—1.22

(ii) त्रिकला, चार तार प्रणाली (3-ϕ; 4-w; system)



चित्र—1.23

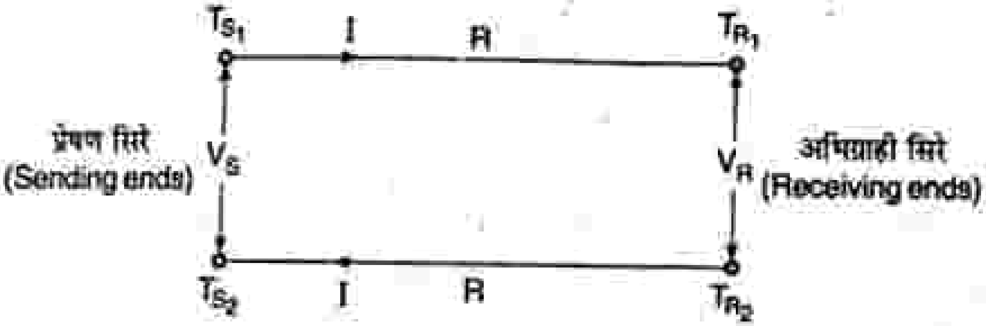
Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

§ 1.21 संचरण लाइन की दक्षता एवं वोल्टता नियमन
(Efficiency and regulation of transmission line)

मानाकि—

V_S—वोल्ट मात्रक में संचरण लाइन की प्रेषण सिरा वोल्टता (s.e.v.)
V_R—वोल्ट मात्रक में संचरण लाइन की अभिग्राह्य सिरा वोल्टता (r.e.v.)
I—ऐम्पियर मात्रक में लाइन चालक की धारा (current)
R—ओह्म मात्रक में लाइन चालक का प्रतिरोध (resistance)
Z—ओह्म मात्रक में लाइन चालक की प्रतिबाधा (impedence)
$\cos\phi_S$—संचरण लाइन के प्रेषण सिरों पर शक्तिगुणक (s.e.p.f.)
$\cos\phi_R$—संचरण लाइन के अभिग्राह्य सिरों पर शक्तिगुणक (r.e.p.f.)
P_S—वाट मात्रक में संचरण लाइन की प्रेषण सिरा शक्ति (s.e.p.)
P_R—वाट मात्रक में संचरण लाइन की अभिग्राह्य सिरा शक्ति (r.e.p.)
P_{loss}—वाट मात्रक में संचरण लाइन की कुल वैद्युत शक्ति-हानियाँ (e.p.l.)



चित्र—1.24

(i) **संचरण लाइन की शक्ति संचरण दक्षता** (Power transmission efficieny of transmission line)—यह अभिग्राह्य सिरा शक्ति तथा प्रेषण सिरा शक्ति का अनुपात है। इसे η_t संकेताक्षर से, प्रायः प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है। अर्थात् प्रतिशत शक्ति संचरण दक्षता (p.p.t.e)

$$\%\eta_t = \frac{P_R}{P_s} \times 100$$

$$\frac{P_R}{P_R + P_{loss}} \times 100 \quad \text{अथवा} \quad \frac{P_S - P_{loss}}{(P_S)} \times 100$$

इस प्रकार संचरण लाइन की प्रतिशत शक्ति संचरण दक्षता, अभिग्राह्य सिरा शक्ति तथा प्रेषण सिरा शक्ति का प्रतिशत अनुपात होता है।

(ii) **ट्रांसमिशन लाइन का वोल्टता नियमन** (Voltage regulation)—यह प्रेषण सिरा शक्ति से अभिग्राह्य सिरा शक्ति तक की वोल्टता में परिवर्तन तथा अभिग्राह्य सिरा वोल्टता का अनुपात है इसे R संकेताक्षर से प्रायः प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है। अर्थात् प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v.r.)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

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

$$= \frac{\text{Voltage Drop}}{V_R} \times 100$$

§1.22 हाई वोल्टेज ट्रांसमिशन के लाभ (Advantages)

उच्च वोल्टता पर वैद्युत शक्ति संचरण के मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं—

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

व्याख्या (Explaination)—चूँकि यदि एकल कला वैद्युत शक्ति $P = VI \cos\phi$ वाट तथा धारा $I = DA$ ऐम्पियर हो, तो

$$P = VI \cos\phi \text{ वाट}$$

इसलिये एक कलीय धारा $I = \dfrac{P}{V \cos\phi}$

अर्थात् धारा $I \propto \dfrac{1}{\text{वोल्टता } (V)}$; (At constant P and cos ϕ)

(ii) निम्न वोल्टतापात (Low voltage drop)—उच्च वोल्टता पर, निम्न धारा के कारण संचरण लाइन में वोल्टता पात (IZ) कम होता है।

(iii) श्रेष्ठतर वोल्टता नियमन (Better voltage regulation)—उच्च वोल्टता पर, निम्न वोल्टतापात (IZ-drop) के कारण संचरण लाइन का वोल्टता नियमन श्रेष्ठ हो जाता है; क्योंकि प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

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

(iv) निम्न शक्ति हानियाँ (Low power losses)—उच्च वोल्टता पर, निम्न धारा के कारण, संचरण लाइन में वैद्युत हानियाँ (I^2R-losses) कम हो जाती है।

(v) उच्च संचरण दक्षता (High transmission efficiency)—उच्च वोल्टता पर, निम्न शक्ति हानियों (I^2R-losses) के कारण, संचरण लाइनों की वैद्युत शक्ति संचरण दक्षता बढ़ जाती है; क्योंकि प्रतिशत संचरण दक्षता (percentage transmission efficiency)—

$$\text{प्र० दक्षता } \%\eta = \left(\frac{P_R}{P_R + P_{loss}}\right) \times 100 \quad \text{अथवा} \quad \left(1 - \frac{P_{loss}}{P_S}\right) \times 100$$

(vi) चालक पदार्थ की बचत (Saving of conductor materials)—चालक पदार्थ की चालकीयता के अनुसार, प्रत्येक चालक में धारा-घनत्व (current density) की एक निश्चित सीमा होती है; इसलिये निम्न धारा पर, संचरण लाइनों में अपेक्षाकृत पतले तारों का प्रयोग किया जा सकता है। इस प्रकार संचरण लाइन में चालक पदार्थ कम लगता है। परिणाम स्वरूप चालक पदार्थ की बचत होती है।

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

व्याख्या (Explanation) —यदि एकल कला वैद्युत शक्ति $P = VI \cos\phi$ वाट तथा धारा $I = DA$ ऐम्पियर हो, तो चालक के व्यास का वर्ग (square of diameter)

$$d^2 = \frac{4A}{\pi} = \frac{4I}{\pi D} = \frac{4P}{\pi DV \cos\phi}$$

इसलिये $\quad d^2 \propto A \propto I \propto \frac{1}{V}$ $\quad$ (At constant P and $\cos\phi$)

(vii) **अन्य पदार्थों की बचत** (Saving of other materials)—संचरण लाइनों में प्रयुक्त पतले तारों के कारण, लाइन चालकों का भार भी कम हो जाता है। इससे इंस्यूलेटर, क्रोस-आर्म, सपोर्ट, फाउडेशन आदि में प्रयुक्त पदार्थ की बचत होती है।

(viii) **पूर्णरूपेण मितव्यता** (Overall economical)—इस प्रकार उच्च वोल्टता की संचरण लाइनों में निम्न धारा होने के कारण, पूर्णरूपेण मितव्यता साबित होती है।

टिप्पणी—(i) उपरोक्त लाभों के कारण ही, आजकल सम्पूर्ण विश्व में वैद्युत शक्ति को अधिक दूर तक पहुँचाने के लिये, उच्च वोल्टता की (भूमिगत या शिरोपरि) संचरण लाइनों का प्रयोग होता है।

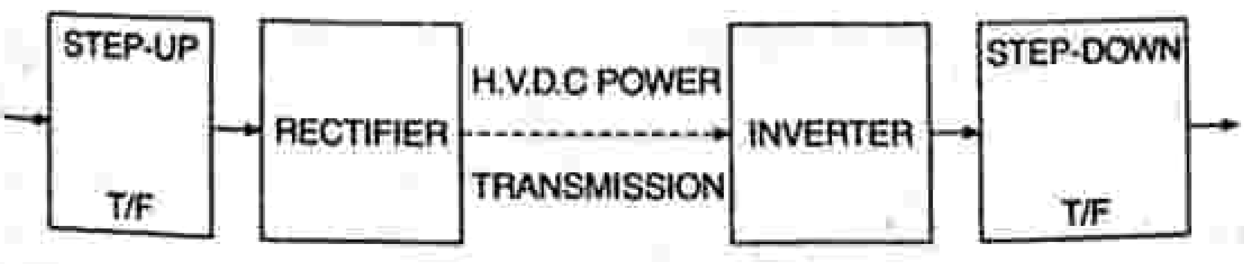
(ii) व्यवहारिक रूप से लाइन की लम्बाई तथा संचरित शक्ति की मात्रा निश्चित होती है।

(iii) आर्थिक दृष्टिकोण से किसी संचरण लाइन का अभिकल्पन मनमानी उच्च वोल्टता के लिये नहीं किया जा सकता है; क्योंकि वोल्टता बढ़ने के साथ-साथ संचरण लाइन में प्रयुक्त यन्त्र, उपयन्त्र तथा उपकरणों की कीमत भी बढ़ती है, जिससे सम्पूर्ण अभिकल्पन अमितव्ययी साबित हो सकता है।

§ 1.23 उच्च वोल्टता दिष्टधारा शक्ति संचरण

(High voltage direct current power transmission)

विदित है कि व्यावहारिक स्तर पर उत्पादन तथा उपयोग में प्रत्यावर्तीधारा सब प्रकार से अधिक मितव्ययी है। परन्तु लम्बे संचरण में उच्च वोल्टता वाली प्रत्यावर्तीधारा (h.v.a.c.) की अपेक्षा उच्च वोल्टता वाली दिष्टधारा (h.v.d.c.) अधिक मितव्ययी है। इस मितव्यता को कायम रखने के लिए वैद्युत शक्ति प्रणाली में लम्बी संचरण लाइनों के सिरों पर कनवर्टिंग सबस्टेशनों को स्थापित किया जाता है, जो प्रत्यावर्तीधारा को दिष्टधारा में परिवर्तित करते हैं ओर ग्राह्य सिरों पर इनवर्टिंग सबस्टेशनों को स्थापित किया जाता है, जो दिष्टधारा को प्रत्यावर्तीधारा में परविर्तित करते हैं, जैसा कि चित्र 1.25 से स्पष्ट है।

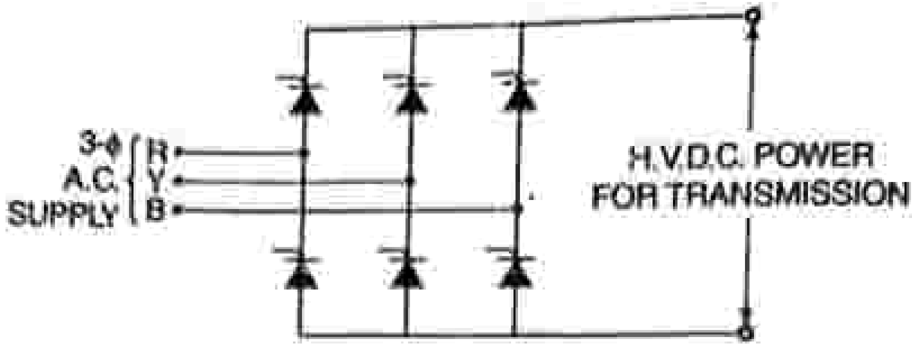


चित्र—1.25

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

यह कार्य आजकल स्टैटिक कनवर्टरों द्वारा होता है, जिसमें श्रेणी संयोजित हाइपावर थायरिस्टर्स लगे होते हैं; जैसा कि चित्र 1.26 में दर्शाया गया है।



चित्र–1.26 थ्री फेज पावर कनवर्जन वाइ थायरिस्टर्स

(i) अधिकतम युक्ति निर्धारण (maximum device rating) = 5 kV, 3000 A

(ii) उच्चतम संचरण वोल्टता (max. transmission voltage) = ± 600kV

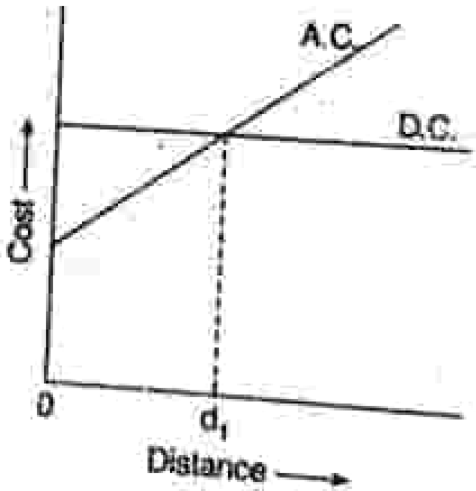
§ 1.24 प्रत्यावर्तीधारा तथा दिष्टधारा की तुलना (Comparision of A.C. and D.C.)

वैद्युत शक्ति प्रणाली परियोजना की अभिकल्पना, दीर्घ जीवी (अधिक टिकाऊ बनाने के लिये अभिकल्पक निम्न कारको (factors) पर विचार करते हैं—

(i) शक्ति संचरण की मितव्यता (economics of power transmission)

(ii) शक्ति संचरण का तकनीकी निष्पादन (technical performance p.t)

(iii) शक्ति संचरण की विश्वसनीयता (reliability of power transmission)



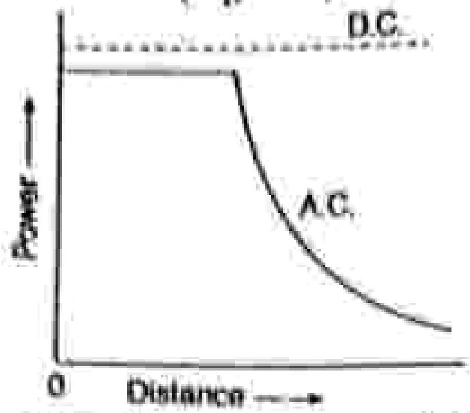
चित्र 1.27–संचरण लाइन की लम्बाई के साथ कीमत का परिवर्तन

चित्र 1.27 के आलेख से स्पष्ट है कि d_1 दूरी तक के लिए दिष्टधारा (d.c.) की अपेक्षा प्रत्यावर्तीधारा (a.c.) अधिक मितव्ययी है। इसके बाद प्रत्यावर्तीधारा (a.c.) की अपेक्षा दिष्टधारा (d.c.) अधिक मितव्ययी है। d_1 दूरी के लिए प्र० धा० तथा दि० धा० (a.c. and d.c.) दोनों को कीमत समान है। अर्थात् दोनों समान रूप से मितव्ययी है।

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

इस d_1 दूरी को "ब्रेक ईवन डिस्टेन्स" (break even distance) कहते हैं। इसका मान शिरोपरि चालक लाइन संचरण (o.h.c.l.t.) के लिए 500 से 800 किमी (km) होता है और भूमिगत केबिल लाइन संचरण (u.g.c.l.t.) के लिए लगभग 40 किमी होता है।



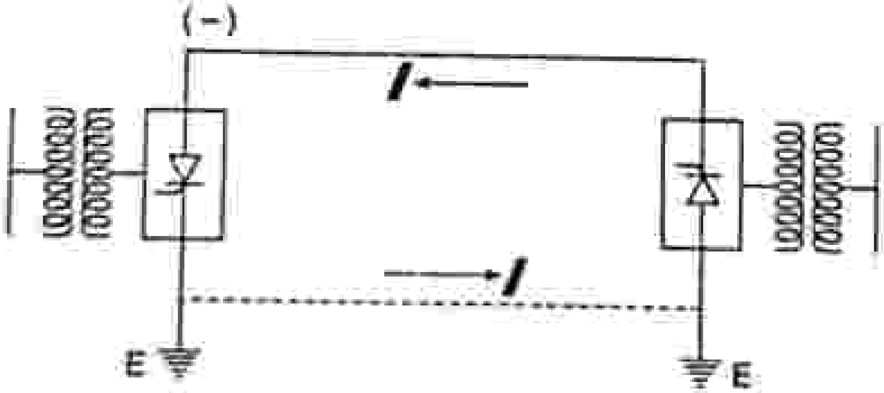
चित्र 1.28–शक्ति अंतरण सक्षमता तथा दूरी में आलेख (graph)

चित्र 1.28 के आलेख से स्पष्ट है कि अधिकतम वैद्युत शक्ति-वहन क्षमता (power carrying capability) का मान p_m डी० सी० ट्रांसमिशन लाइन में दूरी से अप्रभावित है, अर्थात् दूरी पर निर्भर नहीं करता है; जबकि ए० सी० ट्रांसमिशन लाइन में प्रभावित है; अर्थात् दूरी बढ़ने के साथ-साथ घटता है।

§ 1.25 दिष्टधारा कड़ियों के प्ररूप (Type of D.C. Links)

दिष्टधारा संचरण प्रणाली में शक्ति अन्तरण (power transfer) करने के लिए, निम्न तीन प्रकार की कड़ियों को अपनाया जाता है—

(i) **एक ध्रुवीय कड़ी** (Monopolar links)—चित्र 1.29 (a) में प्रदर्शित मोनोपोलर



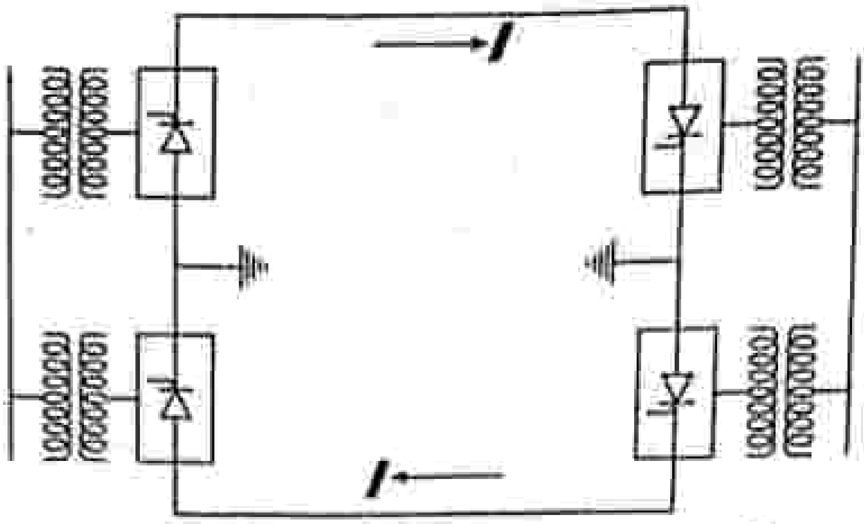
चित्र 1.29 (a)–मोनोपोलर डी० सी० लिंक कनफिगरेशंस

लिंक के अन्तर्गत केवल एक चालक होता है, जो प्राय: ऋणात्मक ध्रुवता के लिए रहता है। इसमें अन्य वापस चालक का कार्य पृथ्वी (ground) अथवा समुद्र (sea) करता है।

(ii) **द्विध्रुवीय कड़ी** (Bipolar link)—चित्र 1.29 (b) में प्रदर्शित बाइपोलर लिंक के अन्तर्गत दो चालक होते हैं, जिनमें एक धनात्मक तथा अन्य ऋणात्मक ध्रुवता के लिए रहता है। एक्सट्रा हाई वोल्टेज लाइन में प्रत्येक चालक दोहरा होता है। दिष्टधारा पक्ष में प्रत्येक सिरे पर समान निर्धारण वाले श्रेणी संयोजित कनवर्टरों के दोनों समुच्चयों (two

Scanned with CamScanner

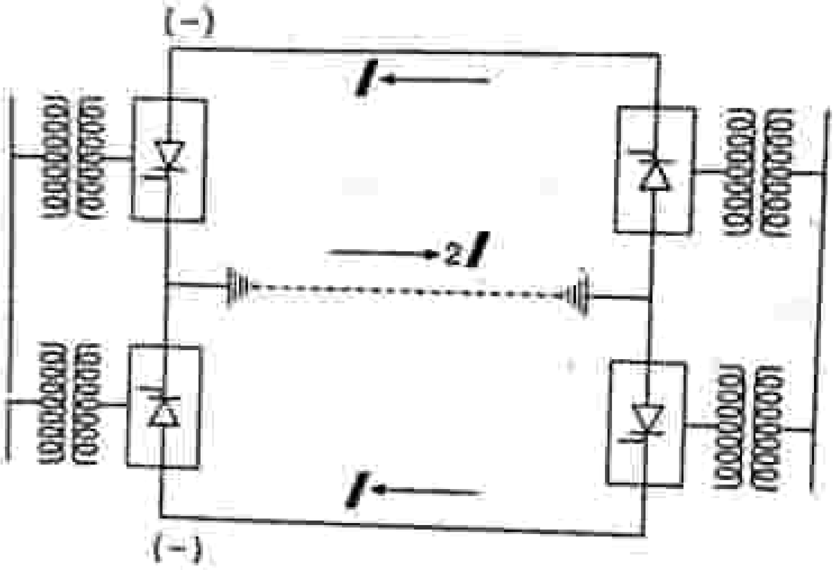
Scanned with CamScanner



चित्र 1.29 (b)—बाइपोलर डी० सी० लिंक कनफिगरेशंस

sets) के बीच की सन्धि एक या दोनों सिरों पर भूयोजित (grounded) रहती है। प्रायः दोनों ध्रुव समान धारा पर कार्य करते हैं; इसलिए इस स्थिति में भूधारा प्रवाहित नहीं होती है।

(iii) समध्रुवीय कड़ी (Homopolar link)—चित्र 1.29 (c) में प्रदर्शित होमोपालर



चित्र 1.29 (c)—होमोपोलर डी० सी० लिंक कनफिगरेशंस

लिंक के अन्तर्गत, दो या दो से अधिक चालक होते हैं और सभी समान ध्रुवता रखते हैं, जो प्रायः ऋणात्मक होती है। इसमें वापसी चालक का कार्य पृथ्वी अथवा धात्विक चालक रहता है।

उपरोक्त दिष्टधारा कड़ी (d.c. link) में बाइपोलर लिंग का प्रयोग सर्वाधिक होता है; क्योंकि इसमें दिष्टधारा कड़ी बिना भू-वापसी धारा के कार्य करती है।

होमोपोलर लिंक में ऋणात्मक ध्रुवता के कारण, विद्युतरोधन की कीमत तथा कोरोना लॉस के कम होने का लाभ है।

मोनोपोलर लिंक का प्रयोग, किसी बाइपोलर लाइन के विकास के प्रथम चरण (first stage) पर होता है; ताकि समयोपरान्त लोड बढ़ने पर बाइपोलर लिंक द्वारा वैद्युत शक्ति संचरण की क्षमता को दोगुना किया जा सके।

Scanned with CamScanner

§ 1.26 संचरण के लिये वोल्टता का चयन
(Choice of voltage for transmission)

यद्यपि वैद्युत शक्ति की अधिक मात्रा को अधिक दूर तक पहुँचाने के लिये, उच्च वोल्टता की संचरण लाइनें ही मितव्ययी साबित होती है; परन्तु आर्थिक दृष्टि कोण से प्रत्येक संचरण लाइन के लिये, उच्चतम वोल्टता की एक निश्चित सीमा निर्धारित रहती है। यह सीमा संचरण लाइन में प्रयुक्त उपयन्त्रों एवं उपकरणों (ट्रांसफार्मर, स्विचगियर, आइसोलेटर, इंस्यूलेटर, क्रोस-आर्म सपोर्ट, लाइटनिंग अरेस्टर आदि) के मूल्य पर निर्भर करती है; क्योंकि ज्यों-ज्यों वोल्टता बढ़ती है, त्यों-त्यों संचरण लाइन में प्रयुक्त उपयन्त्रों एवं उपकरणों की कीमत भी बढ़ती है। इस प्रकार किसी निश्चित उच्चतम वोल्टता पर संचरण लाइन में प्रयुक्त उपकरणों की कीमत न्यूनतम होगी। यही लाइन की मितव्ययी वोल्टता होगी।

व्यवहारिक रूप से वैद्युत शक्ति संचरण के लिये कुछ निश्चित मानक वोल्टताओं को चुना जाता है। इन मानक वोल्टताओं के आधार पर संचरण लाइन में प्रयुक्त निम्नलिखित उपकरणों का मूल्य ज्ञात किया जाता है।

परिणामित्र (Transformer)—इसका मूल्य वोल्टता के बढ़ने से धीरे-धीरे बढ़ता है।

यन्त्रावली (Switch gear)—इसका मूल्य भी वोल्टता के बढ़ने से धीरे-धीरे बढ़ता है; परन्तु परिणामित्र की अपेक्षा तेजी से बढ़ता है।

विद्युतरोधक (Insulator)—इसका मूल्य वोल्टता के बढ़ने से अधिक तेजी के साथ बढ़ता है।

आड़ी-भुजा (Cross-arm)—इसका मूल्य वोल्टता के बढ़ने से तीव्रता से बढ़ता है।

आलम्ब (Support)—इसका मूल्य वोल्टता के बढ़ने से अधिक तेजी के साथ बढ़ता है।

तड़ित निरोधक (Lightning arrester)—इसका मूल्य भी वोल्टता के बढ़ने से अधिक तेजी के साथ बढ़ता है।

इसी प्रकार क्रोस-आर्म, आधार-नींव आदि का मूल्य भी विभिन्न मान के वोल्टताओं पर ज्ञात किया जाता है। तत्पश्चात् चित्र 1.30 के अनुसार, मानक वोल्टताओं एवं तत्सम्बन्धित उपकरणों के मूल्यों में ग्राफ खींचा जाता है। ग्राफ में वोल्टता को x-अक्ष पर तथा मूल्य को y-अक्ष पर प्रदर्शित किया जाता है।

अग्र ग्राफ-विधि द्वारा मितव्ययी संचरण वोल्टता को ज्ञात करने में अधिक समय लगता है; इसलिये प्रायः विद्युत-संचरण की मितव्ययी वोल्टता का मान ज्ञात करने के लिये, निम्न मानक सूत्र का प्रयोग किया जाता है—

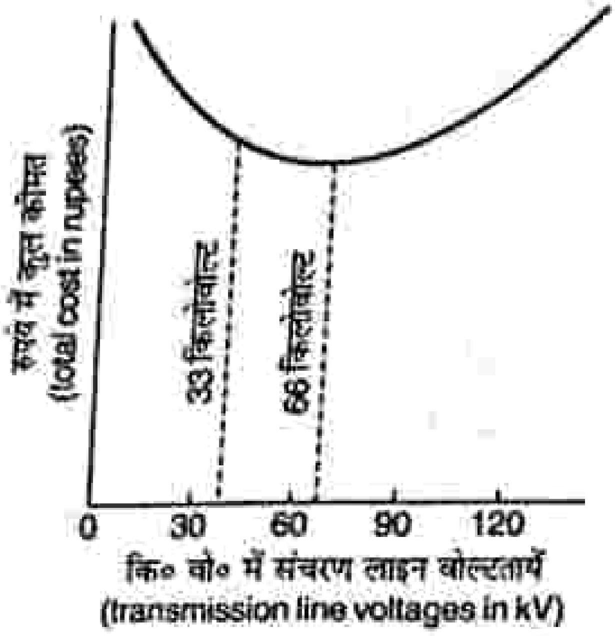
$$\text{किलोवोल्ट में वोल्टता} = 5.5\sqrt{\left(\frac{KM}{161}+\frac{KVA}{150}\right)} \quad \text{अथवा}$$

$$= 5.5\sqrt{\left(\frac{KM}{161}+\frac{KW}{100}\right)}$$

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

इस प्रकार उपरोक्त सूत्र द्वारा आर्थिक दृष्टिकोण से वैद्युत शक्ति संचरण के लिये, उपयुक्त एवं मितव्ययी वोल्टता का मान, एक निश्चित दूरी हेतु किया जाता है।



चित्र 1.30—किलोवोल्ट में संचरण लाइन वोल्टतायें

§ 1.27 ट्रांसमिशन लाइन के चयन के लिये घटक या कारक (Factors)

संचरण लाइन का अभिकल्पन करते समय, निम्नलिखित घटकों पर विचार किया जाता है—

(i) संचरण प्रणाली का प्ररूप (type); अर्थात् शिरोपरि चालक प्रणाली तथा भूमिगत केबिल प्रणाली में से कोई एक (any one)

(ii) ट्रांसमिशन लाइन की दूरी (distance of transmission line)

(iii) ट्रांसमिशन लाइन की उपयुक्त लाइन वोल्टता (line voltage)

(iv) ट्रांसमिशन लाइन का स्वीकृत वोल्टता नियमन (voltage regulation)

(v) ट्रांसमिशन लाइन द्वारा संचरित वैद्युत शक्ति (transmission power)

(vi) ट्रांसमिशन लाइन में वैद्युत शक्ति हानियाँ (power losses)

(vii) ट्रांसमिशन लाइन की दक्षता (efficiency of transmission line)

ए० सी० तथा डी० सी० ट्रांसमिशन सिस्टम के तुलनात्मक अध्ययन सम्बन्धी तालिका

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (Comparative Factor)	प्र० धा० सं० प्र० (A. C. T. S.)	दि० धा० सं० प्र० (D. C. T. S.)
1.	कला या फेज	कला सहित	कला रहित
2.	चालकों की संख्या	दो, तीन, चार	दो या तीन
3.	चालक पदार्थ की बचत	कम (less)	अधिक (more)

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner

4.	प्रतिरोध/प्रतिबाधा	Z-अधिक	R-कम
5.	वोल्टता पात	IZ-अधिक	IR-कम
6.	वोल्टता नियमन	अश्रेष्ठ (poor)	श्रेष्ठ (rich)
7.	कलांतर	$d\phi > 0$	$d\phi = 0$
8.	शक्तिगुणक	$\cos\phi < 1$	$\cos\phi = 1$
9.	आवृत्ति	$f > 0$	$f = 0$
10.	चर्म प्रभाव	सम्भव	असम्भव
11.	कोरोना लोसज	अधिक	कम
12.	लाइन की लम्बाई	सीमित	असीमित
13.	विभव प्रतिबल	अधिक	कम
14.	परिणामित्र का प्रयोग	सम्भव	असम्भव
15.	वोल्टता का परिवर्तन	सम्भव	असम्भव
16.	संचरण-वोल्टता	उच्च	निम्न
17.	वैद्युत शक्ति-हानियाँ	कम	अधिक
18.	शक्ति-संचरण दक्षता	उच्च	निम्न
19.	जनन वोल्टता	उच्च	निम्न
20.	प्रयुक्त उपकरण	कम	अधिक
21.	मरम्मत एवं अनुरक्षण कीमत	कम	अधिक
22.	सम्पूर्ण मितव्यता	कम	अधिक

ए० सी० तथा डी० सी० डिस्ट्रिब्युशन सिस्टम का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (Comparative Factor)	प्र० धा० वि० प्र० (A. C. D. S)	दि.० धा० वि० प्र० (D. C. D. S.)
1.	परिणामित्र का प्रयोग	सम्भव	असम्भव
2.	वोल्टता का परिवर्तन	सम्भव	असम्भव
3.	वोल्टता का नियन्त्रण	सुगम	कठिन
4.	उपकरण संख्या	कम	अधिक
5.	प्रारम्भिक कीमत	कम	अधिक
6.	मरम्मत-कीमत	कम	अधिक
7.	अनुरक्षण-कीमत	कम	अधिक
8.	पूर्ण मितव्यता	अधिक	कम

Scanned with CamScanner

Scanned with CamScanner