3

लघु संचरण लाइनों का निष्पादन
(PERFORMANCE OF SHORT TRANSMISSION LINES)

§ 3.1 परिचय (Introduction)

जनन केन्द्रों पर उत्पादित वैद्युत ऊर्जा को एक स्थान से दूसरे स्थान तक संचरित करने तथा उपकेन्द्रों से औद्योगिक क्षेत्रों में विपुल वैद्युत शक्ति प्रदाय (bulk power supply) प्रदान करने के लिये, विभिन्न लम्बाई तथा भिन्न-भिन्न वोल्टता वाली शिरोपरि संचरण लाइनों की आवश्यकता होती है। मितव्ययता के दृष्टिकोण से इनका वोल्टता नियमन, वैद्युत हानियाँ, संचरण दक्षता आदि का ज्ञान अनिवार्य है; ताकि संचरण लाइनों की समुचित अभिकल्पना की जा सके।

§ 3.2 संचरण लाइनों का वर्गीकरण (Classification of T.L.)

लम्बाई के दृष्टिकोण से, संचरण लाइनें निम्न तीन प्रकार की होती हैं—

(i) लघु संचरण लाइनें (Short transmission lines)

(ii) मध्यम संचरण लाइनें (Medium transmission lines)

(iii) दीर्घ संचरण लाइनें (Long transmission lines)

§ 3.3 लघु संचरण लाइनों की परिकल्पनायें (Assumptions of S.T.L.)

(i) **लम्बाई** (Length)—इन लाइनों की लम्बाई, 80 किलोमीटर (50 miles) तक होती है।

(ii) **वोल्टता** (Voltage)—इन लाइनों की प्रचालन वोल्टता, बीस किलोवोल्ट (20 kV) तक होती है।

(iii) **प्राचल** (Parameter)—परिकलन करते समय, इन लाइनों में केवल दो प्राचलों (R तथा L) पर विचार किया जाता है। अर्थात् इनकी कार्य-कुशलता (performance) केवल प्रतिरोध (R) तथा प्रेरकत्व (L) पर निर्भर करती है।

(iv) **धारिता प्रभाव** (Capacitance effect)—लघु लम्बाई तथा निम्न वोल्टता के कारण, इनमें धारिता प्रभाव नगण्य (negligible) होता है।

(v) **संकेन्द्रित प्राचल** (Concentrated parameters)—यद्यपि कुल प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व, संचरण लाइन की सम्पूर्ण लम्बाई पर, एक समान वितरित रहता है; परन्तु परिकलन के लिये संकेन्द्रित (किसी एक बिन्दु पर एकत्रित) माना जा सकता है।

Scanned with CamScanner

(vi) एक रूपता (Identical)—एकल कला परिपथ में प्रतिरोध (R) तथा प्रेरकत्व (L) दोनों ही पाश परिपथ (loop circuit) के बराबर होते हैं।

(vii) त्रिकला (Three phase)—त्रिकला परिपथ का परिकलन भी एकल कला परिपथ की विधि के समान ही होता है। अर्थात् त्रिकला परिपथ में प्रतिरोध (R) तथा प्रेरकत्व (L) दोनों ही उदासीन चालक तथा किसी एक कला चालक के विचारणीय होते हैं।

(viii) जनित्र का प्रभाव (Effect of generator)—परिकलन करते समय, जनित्र की तुल्यकाली प्रतिबाधा (Z_s) को संचरण लाइन की प्रतिबाधा (Z) के श्रेणी में संयोजित कर, जनित्र के प्रभाव को व्यक्त किया जाता है।

(ix) परिणामित्र का प्रभाव (Effect of transformer)—परिकलन करते समय परिणामित्र की श्रेणी प्रतिबाधा (Z_t) को भी संचरण लाइन की प्रतिबाधा (Z) के श्रेणी में जोड़कर परिणामित्र के प्रभाव को प्रकट किया जाता है।

§ 3.4 मध्यम संचरण लाइनों की परिकल्पनायें (Assumption of M.T.L.)

(i) लम्बाई (Length)—इन लाइनों की लम्बाई 80 किलोमीटर से 160 किलोमीटर (50 to 100 miles) तक होती हैं।

(ii) वोल्टता (Voltage)—इन लाइनों की वोल्टता बीस किलोवोल्ट से शत किलोवोल्ट (20 kV to 100 kV) तक होती हैं।

(iii) प्राचल (Parameter)—परिकलन करते समय, इन लाइनों में तीनों प्राचलों (R-L-C) पर विचार किया जाता है। अर्थात् इनकी कार्य-कुशलता (performance) प्रतिरोध (R), प्रेरकत्व (L) तथा धारिता (C) पर निर्भर करती हैं।

(iv) धारिता प्रभाव (Capacitance effect)—उपयुक्त लम्बाई तथा वोल्टता के कारण, इनमें धारिता प्रभाव को नगण्य (neglect) नहीं किया जा सकता।

(v) संकेन्द्रित प्राचल (Concentrated parameters)—यद्यपि कुल प्राचलें (प्रतिरोध, प्रेरकत्व तथा धारिता) संचरण लाइन की सम्पूर्ण लम्बाई पर एक समान वितरित रहती है; परन्तु परिकलन करते समय इन्हें संकेन्द्रित माना जा सकता है।

(vi) त्रिकला लाइनें (Three phase lines)—प्राय: सभी शिरोपरि मध्यम संचरण लाइनें, त्रिकला संचरण लाइनें होती हैं। इनका परिकलन भी एकल कला संचरण लाइनों की तरह ही किया जाता है। परन्तु उदासीन चालक (तार) में धारा प्रवाहित नहीं होती है।

(vii) विधियाँ (Methods)—इन लाइनों के परिकलन में निम्न तीन स्थानीकृत धारिता विधियों (localised capacitance methods) का प्रयोग होता हैं—

(a) सिरा धारिता विधि (End condenser method)

(b) नाम सम्बन्धी "टि" विधि (Nominal T-methods)

(c) नाम सम्बन्धी "पाई" विधि (Nominal π-methods)

§ 3.5 दीर्घ संचरण लाइनों की परिकल्पनायें (Assumptions of L.T.L.)

(i) लम्बाई (Length)—इन लाइनों की लम्बाई, 160 किलोमीटर (100 miles) से अधिक होती हैं।

Scanned with CamScanner

(ii) **वोल्टता** (Voltage)—इन लाइनों की वोल्टता, शत किलोवोल्ट (100 kV) से अधिक होती है।

(iii) **प्राचल** (Parameter)—कार्य-कुशलता (performance) का परिकलन करते समय, इन लाइनों में तीनों प्राचलों (*R-L-C*) पर विचार किया जाता है।

(iv) **धारिता प्रभाव** (Capacitance effect)—समुचित लम्बाई तथा उपयुक्त वोल्टता के कारण, इनमें धारिता प्रभाव को नगण्य नहीं किया जा सकता।

(v) **वितरित प्राचल** (Distributed parameters)—उपरोक्त लाइनों के समान ही इन लाइनों में भी सभी प्राचलें (*R- L-C*) संचरण लाइनों की सम्पूर्ण लम्बाई पर समान रूप से सतत् वितरित रहती हैं और परिकलन करते समय भी इन्हें वितरित रूप में ही माना जाता है। इसलिये इनके परिकलन के लिये विभिन्न विधियों का प्रयोग किया जाता है।

§ 3.6 संचरण लाइन का वोल्टता नियमन एवं शक्ति दक्षता (Regulation and efficiency of a transmission line)

(i) **वोल्टता नियमन** (Voltage regulation)—किसी संचरण लाइन का वोल्टता नियमन, प्रेषण सिरों की स्थिर वोल्टता की स्थिति में अभिग्राही सिरों पर, भार से निर्भार तक की वोल्टता में परिवर्तन है। इसे अभिग्राही सिरा वोल्टता के सापेक्ष प्रतिशत में *%R* संकेताक्षर से व्यक्त करते हैं।

माना कि किसी संचरण लाइन में—

V_S— वोल्ट मात्रक में प्रेषण सिरा वोल्टता (sending end voltage)। निर्भार पर जब धारा का मान शून्य होता है, तब यही वोल्टता अभिग्राही सिरों के एक्रोस प्रकट होती है। इसलिये इसे निर्भार वोल्टता (no load voltage) अथवा खुलापथ वोल्टता (open circuit voltag) भी कहते हैं।

V_R— वोल्ट मात्रक में अभिग्राही सिरा वोल्टता (receiving end voltage), जो वैद्युत भार की स्थिति में भार वोल्टता (load voltage) कहलाती है।

$(V_S - V_R)$— वोल्ट मात्रक में दोनों वोल्टताओं का अन्तर अर्थात् वोल्टता का परिवर्तन।

परिभाषा के अनुसार संचरण लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन (voltage regulation)

$$\text{प्र० वो० नियमन}, \%R = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100$$

स्थिति I—यदि $V_S > V_R$ तब प्र० वो० नि० $\%R$ = धनात्मक मान।
स्थिति II—यदि $V_S < V_R$ तब प्र० वो० नि० $\%R$ = ऋणात्मक मान।
स्थिति III—यदि $V_S = V_R$ तब प्र० वो० नियमन $\%R$ = शून्य मान।

(ii) **संचरण दक्षता** (Transmission efficiency)—किसी संचरण लाइन की संचरण दक्षता, उस लाइन के अभिग्राही सिरे पर प्राप्त वैद्युत शक्ति तथा प्रेषण सिरे से प्रेषित वैद्युत शक्ति का अनुपात है। इसे प्रतिशत में $\%\eta$ से संकेताक्षर से व्यक्त करते हैं।

माना कि किसी संचरण लाइन में—

V_S—वोल्ट मात्रक में प्रेषण सिरे पर वोल्टता (s.e.v.)

Scanned with CamScanner

V_R—वोल्ट मात्रक में अभिग्राही सिरे पर वोल्टता (r.c.v.)

I_S—ऐम्पियर मात्रक में प्रेषण सिरे पर वैद्युत धारा (c.c.)

I_R—ऐम्पियर मात्रक में अभिग्राही सिरे पर वैद्युत धारा (c.c.)

$\cos \phi_S$—संचरण लाइन के प्रेषण सिरे पर शक्ति गुणक (p.f.)

$\cos \phi_R$—संचरण लाइन के अभिग्राही सिरे पर शक्ति गुणक (p.f.)

P_S—वाट मात्रक में प्रेषण सिरे पर वैद्युत शक्ति (electric power)

$$= V_S I_S \cos \phi_S \text{ वाट}$$

P_R—वाट मात्रक में अभिग्राही सिरे पर वैद्युत शक्ति (electric power)

$$= V_R I_R \cos \phi_R \text{ वाट}$$

परिभाषा के अनुसार संचरण लाइन की प्रतिशत संचरण दक्षता (p.t.e.)

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

प्रतिशत संचरण दक्षता $\%\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100$ (उपरोक्त मान रखने पर)

प्रतिशत संचरण दक्षता $\%\eta = \frac{V_R I_R \cos \phi_R}{V_S I_S \cos \phi_S} \times 100$ ··· सूत्र

(iii) **वैद्युत शक्ति-हानि** (Electric power-loss)—यह, प्रेषण सिरे की वैद्युत शक्ति तथा अभिग्राही सिरे की वैद्युत शक्ति का अन्तर (difference) होती है।

अर्थात् वैद्युत शक्ति-हानि = प्रेषण सिरा शक्ति – अभिग्राही सिरा शक्ति

$$I^2R = V_S I_S \cos \phi_S - V_R I_R \cos \phi_R$$

इसलिये $V_R I_R \cos \phi_R = V_S I_S \cos \phi_s - I^2R$

अर्थात् $V_S I_S \cos \phi_S = V_R I_R \cos \phi_R + I^2R$

लाइन से सम्बन्धित वैद्युत शक्ति संचरण दक्षता के अन्य सूत्र (formlae)

प्रतिशत संचरण दक्षता $\%\eta = \frac{V_S I_S \cos \phi_S - I^2R}{V_S I_S \cos \phi_S} \times 100$

$$= \left[1 - \frac{I^2R}{V_S I_S \cos \phi_S}\right] \times 100$$

प्रतिशत संचरण दक्षता $\%\eta = \left(\frac{V_R I_R \cos \phi_R}{V_R I_R \cos \phi_R + I^2R}\right) \times 100$

§ 3.7 लाइन की लम्बाई तथा शक्ति-हानि सम्बन्धी गणनात्मक प्रश्न

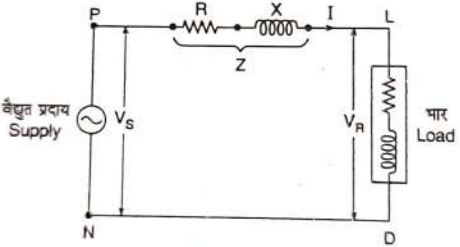
उदाहरण 1. A—एक त्रिकला 11 किलोवोल्ट की संचरण लाइन 10 किलोमीटर लम्बी

Scanned with CamScanner

§ 3.8 लघु संचरण लाइन का वोल्टता नियमन तथा शक्ति संचरण दक्षता (Regulation and efficiency of short transmission line)

(i) एकल कला द्वितार, शिरोपरि लघु संचरण लाइन प्राणाली

(1-φ, 2-W, over head short transmission line system)



चित्र—3.1 (a)

प्रस्तुत चित्र 3.1 (a) में एकल कला, द्वितार, शिरोपरि लघु संचरण लाइन प्रणाली का एक सरल तुल्य पाश परिपथ प्रदर्शित किया गया है। लाइन की लम्बाई कम होने के कारण, धारिता प्रभाव (capacitance effect) को नगण्य कर दिया गया है। परिकलन की सुविधा

Scanned with CamScanner

के लिये प्रतिरोध तथा प्रेरकत्व प्राचलों को संकेन्द्रित (एक स्थान पर केन्द्रित) मान लिया गया है।

तुल्य परिपथ आरेख 3.1 (a) के अनुसार, राशियाँ (Quantities)

V_S—वोल्ट मात्रक में प्रेषण सिरा वोल्टता या कुल प्रदायी वोल्टता (t.s.v.)

V_R—वोल्ट मात्रक में अभिग्राही सिरा वोल्टता या भार वोल्टता (l.v.)

I—ऐम्पियर मात्रक में लाइन धारा या भार धारा, जो सम्पूर्ण पाश परिपथ में समान रूप से प्रवाहित होती है।

R—ओह्म मात्रक में संरचण लाइन का कुल प्रतिरोध (दोनों चालकों का)

X—ओह्म मात्रक में संरचण लाइन का कुल प्रतिघात (दोनों चालकों का)

P तथा N—प्रदायी सिरे, जहाँ पर विद्युत जनन स्रोत संयोजित रहता है।

L तथा D—अभिग्राही या भार सिरे, जहाँ पर वैद्युत भार संयोजित रहता है।

उपरोक्त तुल्य परिपथ चित्र 3.1 (a) से सम्बन्धित, सदिश आरेख चित्र 3.1 (b) के अनुसार, सदिश राशियाँ (vector quantities)

$OI = I$, भार धारा, जो प्रेरणीय भार (inductive load) के कारण, भार वोल्टता V_R से अभिग्राही कला कोण ϕ_R पर पीछे रहती है।

$OA = V_R$ भार वोल्टता (load voltage), जो भार धारा I से अभिग्राही कला कोण ϕ_R पर आगे रहता है।

$AB = IR$, लाइन प्रतिरोध के एक्रोस वोल्टतापात (resistive voltage drop), जो धारा सदिश OI के समान्तर रहता है।

$BC = IX$, लाइन प्रतिघात के एक्रोस वोल्टतापात (reactive voltage drop), जो धारा सदिश OI के लम्बवत् रहता है।

$OC = V_s$, प्रदाय वोल्टता (supply voltage), जो परिपथ के सभी वोल्टतापातों का सदिश योग है और धारा सदिश से प्रेषण कला कोण ϕ_s पर आगे रहता है।

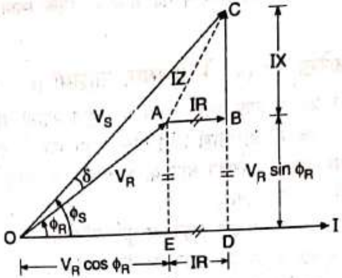
$\angle AOI = \angle \phi_R$ अभिग्राही सिरा पर कला कोण, जिससे अभिग्राही सिरा पर पश्चगामी शक्तिगुणक $\cos \phi_R$ ज्ञात होता है।

$\angle COI = \angle \phi_S$ प्रेषण सिरा पर कला कोण, जिससे प्रदाय सिरा पर पश्चगामी शक्ति गुणक $\cos \phi_s$ ज्ञात होता है।

$\angle COA = \angle \delta$, परिणामी कला कोण, जो प्रेषण तथा अभिग्राही सिरों के कला कोणों का अन्तर (difference) होता है।

बिन्दु A तथा B से लाइन OI पर क्रमशः AE तथा BD लम्ब डालने और बिन्दु C को बिन्दु A से मिलाने से क्रमशः OAE व OCD तथा ACB त्रिभुजों का निर्माण होता है।

Scanned with CamScanner



चित्र–3.1 (b) सदिश आरेख (vector diagram)

तब $$ED = AB = IR \text{ वोल्ट}$$

तथा $$BD = AE = OA \sin\phi_R = V_R \sin\phi_R$$

और $$OE = OA \cos\phi_R = V_R \cos\phi_R$$

(A) प्रेषण सिरा वोल्टता के लिये व्यंजक की उत्पत्ति (Derivation)

त्रिभुज OCD में—

$$(OC)^2 = (OD)^2 + (DC)^2$$
$$= (OE + ED)^2 + (DB + BC)^2$$
$$V_S^2 = (V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX)^2$$
$$V_S = \sqrt{\{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX)^2\}}$$

(B) प्रेषण सिरा कला कोण के लिये व्यंजक की उत्पत्ति (Derivation)

त्रिभुज OCD में—

$$\tan\phi_S = \frac{CD}{OD} = \left(\frac{DB + BC}{OE + ED}\right)$$
$$= \left(\frac{V_R \sin\phi_R + IX}{V_R \cos\phi_R + IR}\right)$$

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

(C) प्रेषण सिरा शक्तिगुणक के लिये व्यंजक की उत्पत्ति (Derivation)

त्रिभुज OCD में—

$$\cos\phi_S = \frac{CD}{OC} = \frac{OE + ED}{OC}$$
$$\cos\phi_S = \frac{V_R \cos\phi_R + IR}{V_S}$$

Scanned with CamScanner

(D_1) **वोल्टता नियमन की व्युत्पत्ति (Derivation)**

प्रतिशत वोल्टता नियमन (percentage voltage regulation)

$$\%R = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

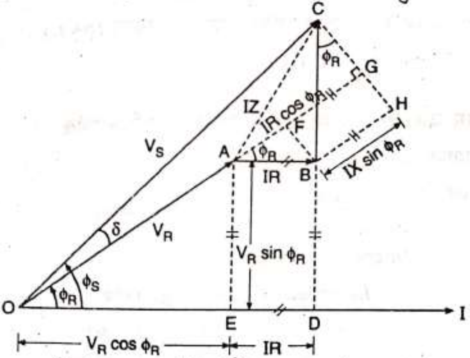
पश्चगामी शक्तिगुणक (iagging p.f.) पर प्रतिशत वोल्टता नियमन

$$\%R = \frac{[\{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R + IX)^2\}^{1/2} - V_R]}{V_R} \times 100$$

अग्रगामी शक्तिगुणक (leading p.f.) पर प्रतिशत वोल्टता नियमन

$$\%R = \frac{[\{(V_R \cos\phi_R + IR)^2 + (V_R \sin\phi_R - IX)^2\}^{1/2} - V_R]}{V_R} \times 100$$

(D_2) **वैकल्पिक विधि द्वारा वोल्टता नियमन के व्यंजक की व्युत्पत्ति**



चित्र—3.1 (c) **सदिश आरेख (vector diagram)**

तुल्य परिपथ चित्र 3.1 (a) से सम्बन्धित सदिश आरेख चित्र 3.1 (c) के अनुसार, राशियाँ (quantities)

त्रिभुज COG में

$$OC = OG \text{ (लगभग)}$$

$$= OA + AF + FG \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$V_S = V_R + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R$$

संचरण लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v. regulation)

$$\%R = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

Scanned with CamScanner

$$= \left(\frac{V_R + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R - V_R}{V_R}\right) \times 100$$

$$= \left(\frac{IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R}{V_R}\right) \times 100$$

अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v. regulation)

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

§ 3.9 वोल्टता नियम की शक्तिगुणक पर निर्भरता (Dependency)

स्थिति I—इकाई शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v.r.)

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

स्थिति II—शून्यशक्ति गुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v.r.)

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

§ 3.10 न्यूनतम वोल्टता नियमन की स्थिति तथा शक्तिगुणक

वोल्टता नियमन (voltage regulation) = शून्य (zero)

अर्थात् $\left(\frac{IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R}{V_R}\right) \times 100 = 0$ (न्यूनतम)

इसलिये $(IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R) = 0$

अथवा $IX\sin\phi_R = -IR\cos\phi_R$ (शून्य)

अथवा $\frac{\sin\phi_R}{\cos\phi_R} = \left(-\frac{IR}{IX}\right)$ या $\left(-\frac{R}{X}\right)$

अथवा $\tan\phi_R = \left(-\frac{IR}{IX}\right)$ या $\left(-\frac{R}{X}\right)$

टिप्पणी—यहाँ पर ऋणात्मक चिन्ह, इस बात का द्योतक है कि संचरण लाइन का न्यूनतम वोल्टता नियमन, अर्थात् श्रेष्ठतम वोल्टता नियमन, संचरण प्रणाली के अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्राप्त होता है। न्यूनतम वोल्टता नियमन पर अभिग्राही सिरा शक्तिगुणक

$$\cos\phi_R = \cos\tan^{-1}\left(-\frac{R}{X}\right)$$

§ 3.11 उच्चतम वोल्टता नियमन के लिये स्थिति तथा शक्तिगुणक

वोल्टता नियमन का अवकलन $\frac{d}{d\phi_R}(R)$ = शून्य (zero)

Scanned with CamScanner

अर्थात् $$\frac{d}{d\phi_R}\left(\frac{(IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R)}{V_R}\right) = 0$$

अथवा $$-\frac{IR\sin\phi_R}{V_R} + \frac{IX\cos\phi_R}{V_R} = 0$$

इसलिये $$\frac{IR\sin\phi_R}{V_R} = \frac{IX\cos\phi_R}{V_R}$$

अथवा $$\frac{\sin\phi_R}{\cos\phi_R} = \left[\frac{IX}{IR}\right] \quad \text{या} \quad \left(\frac{X}{R}\right)$$

अर्थात् $$\tan\phi_R = \left[\frac{IX}{IR}\right] \quad \text{या} \quad \left(\frac{X}{R}\right)$$

टिप्पणी (Note)—यहाँ पर धनात्मक चिन्ह इस बात का द्योतक है कि संचरण लाइन का उच्चतम वोल्टता नियमन अर्थात् असन्तोषप्रद वोल्टता नियमन पश्चगामी शक्तिगुणक पर ही प्राप्त होता है। उच्चतम वोल्टता नियमन पर अभिग्राही सिरा शक्तिगुणक

$$\cos\phi_R = \cos\tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$

टिप्पणी (Note)—(i) उपरोक्त व्यंजक में R तथा X का मान दोनों चालकों अर्थात् पूर्ण पाश के लिये लिया गया है। यदि R' तथा X' प्रतिचालक क्रमशः प्रतिरोध तथा प्रतिघात हो तो $R = 2R'$ तथा $X = 2X'$ होगा।

(ii) उपरोक्त व्यंजक में प्रेषण सिरा वोल्टता V_R का मान जे-विधि (J-method) द्वारा निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है—

(a) पश्चगामी शक्तिगुणक पर, अभिग्राही सिरा वोल्टता V_R को निर्देश सदिश (reference vector) मानकर

$$\begin{aligned} V_S &= V_R + IZ \\ &= V_R(1 + J0) + I(\cos\phi_R - J\sin\phi_R)(R + JX) \\ &= V_R + (I\cos\phi_R - JI\sin\phi_R)(R + JX) \end{aligned}$$

(b) अग्रगामी शक्तिगुणक पर अभिग्राही सिरा वोल्टता V_R को निर्देश सदिश (reference vector) मानकर

$$\begin{aligned} V_S &= V_R + IZ \\ &= V_R(1 + J0) + I(\cos\phi_R + J\sin\phi_R)(R + JX) \\ &= V_R + (I\cos\phi_R + JI\sin\phi_R)(R + JX) \end{aligned}$$

§ 3.12 लाइन की वैद्युत शक्ति संचरण हानियाँ (P.T.L.)

प्रायः संचरण लाइन के अभिग्राही सिरों पर प्राप्त वैद्युत शक्ति तथा प्रेषण सिरों से प्रेषित की गई वैद्युत शक्ति, परस्पर बराबर नहीं होती। इसका एकमात्र कारण, लाइन में होने वाली वैद्युत शक्ति हानियाँ (i^2r losses) हैं। इसलिये प्रेषण सिरों से संचरित की गई वैद्युत शक्ति की अपेक्षा अभिग्राही सिरों पर प्राप्त वैद्युत शक्ति, सदैव कम होती है। इस प्रकार प्रेषण

Scanned with CamScanner

सिरों से प्रेषित वैद्युत शक्ति तथा अभिग्राही सिरों पर प्राप्त वैद्युत शक्ति का अन्तर, लाइन की शक्ति हानियों के तुल्य होता है। इन्हें प्रायः प्रेषण सिरों से संचरित वैद्युत शक्ति के सापेक्ष प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है, ताकि संचरण लाइनों की प्रतिशत दक्षता यथार्थ (accurate) का मान सरलता से प्राप्त किया जा सके; उदाहरण के लिये—

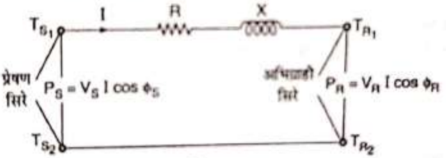
$$\text{प्रतिशत दक्षता} = \text{शत (hundred)} - \text{प्रतिशत हानियाँ}$$

$$= 100 - \left(\frac{\text{हानियाँ}}{\text{प्रेषण शक्ति}} \times 100\right)$$

$$\%\eta = \left(1 - \frac{\text{हानियाँ}}{\text{प्रेषण शक्ति}}\right) \times 100$$

§ 3.13 संचरण दक्षता की व्युत्पत्ति (Derivation of T.E.)

लाइन के प्रेषण सिरों पर वैद्युत शक्ति (electric power)



चित्र—3.2

$$P_S = V_S I \cos \phi_S \text{ वाट}$$

लाइन के अभिग्राही सिरों पर वैद्युत शक्ति (electric power)

$$P_R = V_R I \cos \phi_R \text{ वाट}$$

लाइन में कुल वैद्युत शक्ति हानियाँ (total power losses)

$$P_{loss} = I^2 R \text{ वाट}$$

यहाँ पर R पाश परिपथ, अर्थात् दोनों चालकों का कुल प्रतिरोध है।

अर्थात् $P_{loss} = (P_S - P_R)$ वाट

इसलिये $P_S = (P_R + P_{loss})$ वाट

अथवा $P_R = (P_S - P_{loss})$ वाट

∴ लाइन की प्रतिशत संचरण दक्षता (percentage transmission efficiency)

$$\%\eta_t = \frac{P_R}{P_S} \times 100 \quad \cdots \text{सूत्र}$$

अर्थात् $$= \left(\frac{P_R}{P_R + P_{loss}}\right) \times 100 \quad \cdots \text{सूत्र}$$

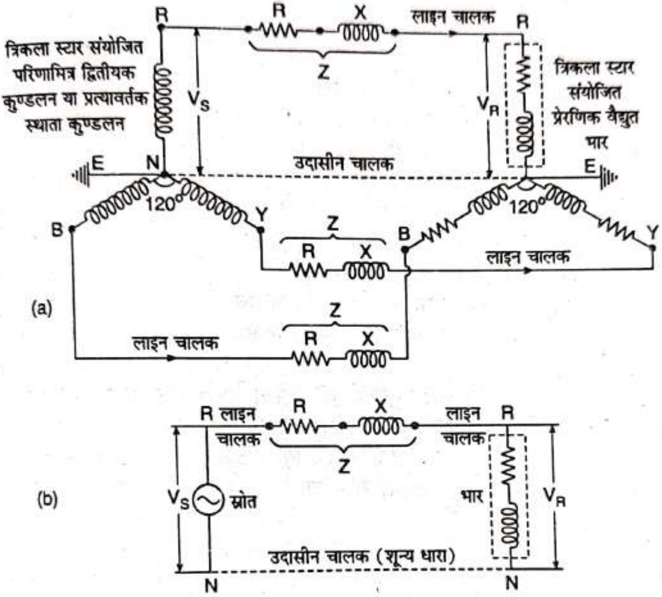
Scanned with CamScanner

अर्थात् $$= \left(\frac{V_R I \cos \phi_R}{V_R I \cos \phi_R + I^2 R} \right) \times 100 \quad \cdots \text{सूत्र}$$

Scanned with CamScanner

§ 3.15 त्रिकला लघु संचरण लाइन प्रणाली (3-ϕ, S.T.L. System)

सन्तुलित त्रिकला संचरण लाइन प्रणाली का परिकलन भी एकल कला संचरण लाइन प्रणाली की तरह ही किया जाता है; क्योंकि एक त्रिकला इकाई (3-ϕ unit) को तीन



चित्र—3.3 (b) त्रिकला इकाई का 1/3 भाग अर्थात् एकल कला यूनिट

पृथक्-पृथक् एकल कला इकाइयों (1-ϕ units) की तरह माना जा सकता है, जिनमें से प्रत्येक इकाई (unit) कुल संचरित शक्ति का एक तिहाई (1/3) भाग, वैद्युत शक्ति संचरित करेगी; जैसा कि चित्र 3.3 (b) से स्पष्ट है

यहाँ पर V_S —वोल्ट मात्रक में लाइन की प्रति कला प्रेषण सिरा वोल्टता

V_R—वोल्ट मात्रक में लाइन की प्रति कला अभिग्राही सिरा वोल्टता

R—ओह्म मात्रक में कला प्रति चालक प्रतिरोध (resistance)

X—ओह्म मात्रक में प्रति कला प्रति चालक प्रतिघात (reactance)

Scanned with CamScanner

त्रिकला संचरण प्रणाली की परिकलन विधि—त्रिकला संचरण प्रणाली का परिकलन करते समय निम्नलिखित बातों का ध्यान रखना चाहिये—

(i) त्रिकला यूनिट के डेल्टा संयोजित भार को तुल्यमान के स्टार संयोजित भार में परिवर्तित कर लेना चाहिये।

(ii) त्रिकला यूनिट की सभी राशियों को एकल कला यूनिट में परिवर्तित कर लेना चाहिये।

(iii) त्रिकला यूनिट के सम्पूर्ण वैद्युत भार को 3 से भाग देकर एकल कला यूनिट की वैद्युत शक्ति में परिवर्तित कर लेना चाहिये। अर्थात्

$$P_{1-\phi} = \frac{P_{3-\phi}}{3}.$$

(iv) त्रिकला स्टार संयोजित यूनिट की लाइन वोल्टता को $\sqrt{3}$ से भाग देकर एकल कला यूनिट की वोल्टता में परिवर्तित कर लेना चाहिये। अर्थात् $I_p = V_l/\sqrt{3}$ ।

(v) त्रिकला स्टार संयोजित यूनिट की लाइन धारा का मान, एकल कला यूनिट की धारा के मान के बराबर होता है। अर्थात् $I_P = I_l$ ।

(vi) स्टार संयोजित सन्तुलित त्रिकला प्रणाली (यूनिट) के उदासीन चालक (neutral conductor) में धारा प्रवाहित नहीं होती। असन्तुलित स्थिति में, यदि धारा प्रवाहित होती है; तो इस धारा का मान अति निम्न होता है, जिसे नगण्य किया जा सकता है। इसलिये त्रिकला यूनिट का परिकलन एकल कला यूनिट की तरह करते समय प्रतिरोध (R), प्रतिघात (X) तथा प्रतिबाधा (Z) का मान प्रतिकला प्रति चालक ही लिया जाता है जबकि कला पाश प्रणाली में प्रतिरोध (R), प्रतिघात (X) तथा प्रतिबाधा (Z) का मान दोनों चालकों का लिया जाता है।

(vii) त्रिकला यूनिट में लाइन राशियों की अपेक्षा केवल कला राशियों (शक्ति, धारा, वोल्टता, प्रतिरोध, प्रतिघात प्रतिबाध आदि) में ही सदिश आरेख खींचा जाता है।

(viii) विद्यार्थियों को विदित होना चाहिए कि सदिश आरेख (vector diagram) सदैव कला राशियों (phase values) में खींचा जाता है। इसीलिये इसे फेजर डायग्राम (phaser diagram) भी कहते हैं।

इसका एक मात्र कारण यह है कि त्रिकला लाइन राशियों की अपेक्षा कला राशियों में परिकलन करना अति सुगम होता है और त्रुटि होने की सम्भावना भी कम हो जाती है।

टिप्पणी—उक्त एकल कला प्रणाली से प्रेषण वोल्टता, ग्राही वोल्टता, प्रेषण शक्ति, ग्राही शक्ति, प्रेषण शक्तिगुणक, ग्राही शक्तिगुणक, वोल्टता, पात, वोल्टता नियमन, लाइन हानियाँ, संचरण दक्षता आदि को ज्ञात करने के लिये विभिन्न व्युत्पन्न व्यंजक, सन्तुलित, त्रिकला प्रणाली के लिये प्रयोग किये जा सकते हैं।

Scanned with CamScanner

महत्वपूर्ण सूत्र एवं समीकरणों का सारांश (Summary)

पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता (sending and voltage)

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

$$= (V_R + IR\cos\phi_R + IX\sin\phi_R) \text{ वोल्ट} \qquad \text{(लगभग)}$$

पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता की कोणिय दिशा

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

अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता (sending end voltage)

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

$$= (V_R - IR\cos\phi_R - IX\sin\phi_R) \text{ वोल्ट} \qquad \text{(लगभग)}$$

अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रेषण सिरा वोल्टता की कोणिय दिशा

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

सभी प्रकार के शक्तिगुणकों पर लाइन का प्रतिशत वोल्टता नियमन

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

पश्चगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v. regulation)

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

अग्रगामी शक्तिगुणक पर प्रतिशत वोल्टता नियमन (p.v. regulation)

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

प्रेषण सिरा शक्ति $P_S = V_S I_S \cos\phi_S$ वाट

अभिग्राही सिरा शक्ति $P_R = V_R I_R \cos\phi_R$ वाट

Scanned with CamScanner