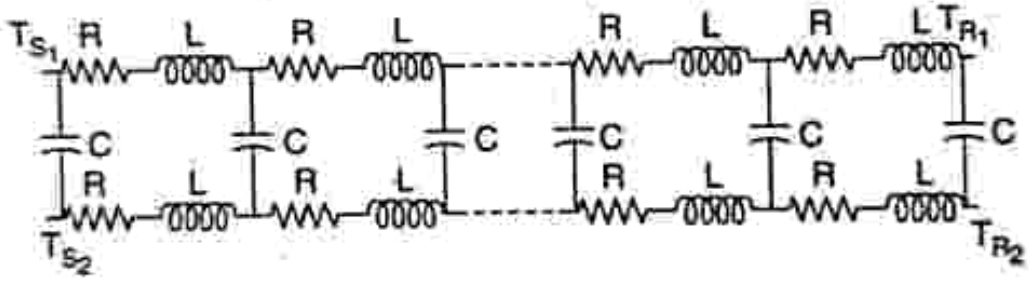
# 2

# लाइनों के प्राचल या स्थिरांक

## (PARAMETERS OR CONSTANTS OF LINES)

### § 2.1 परिचय (Introduction)

संचरण लाइन मूल रूप से शुद्ध वैद्युत परिपथ होती है, जिसमें लाइन स्थिरांक सतत् तथा समान रूप से लम्बाई की ओर वितरित रहते हैं। यद्यपि इन स्थिरांकों का लाइन के किसी एक अंग पर संकेन्द्रित (concentrated) होना असम्भव है; फिर भी संचरण लाइन सम्बन्धी गणना करते समय, इन्हें एक बिन्दु पर संकेन्द्रित मान लिया जाता है। इन्हीं स्थिरांकों (प्राचलों) पर लाइन की सम्पूर्ण कार्य कुशलता (performance), एक निश्चित सीमा तक




चित्र 2.1—लाइन प्राचल अर्थात् लाइन स्थिरांक

निर्भर करती है; इसलिये इन लाइन प्राचलों तथा इनसे प्रभावित होने वाले घटकों का अध्ययन नितांत आवश्यक है। इन्हें प्रायः लाइन की प्रति किलोमीटर लम्बाई के रूप में प्रदर्शित किया जाता है; जैसा कि निम्न तालिका से स्पष्ट है—

| क्र० सं० | लाइन प्राचल | प्रतीक | मात्रक |
|---|---|---|---|
| 1. | लाइन प्रतिरोध (line resistance) | $R$ | ओह्म प्रति किलोमीटर ($\Omega$/km.) |
| 2. | लाइन प्रेरकत्व (line inductance) | $L$ | हेनरी प्रति किलोमीटर (H/km) |
| 3. | लाइन धारिता (line capacitance) | $C$ | फैरड प्रति किलोमीटर (F/km) |

Scanned with CamScanner

## § 2.2 लाइन प्राचलों के नाम (Name of line parameters)

लाइन के केवल तीन प्राचल अर्थात् स्थिरांक होते है, जिन्हें तत्सम्बन्धित प्रतीक तथा मात्रक सहित उपरोक्त तालिका में प्रदर्शित किया गया है।

## § 2.3 लाइन प्राचलों की निर्भरता (Dependency of line parameters)

लाइन-प्राचलों का मान, लाइन की भौतिक अवस्थाओं तथा विद्युत की प्रकृति पर निर्भर करता है।

## § 2.4 लाइन प्राचलों का महत्त्व (Significance of line parameters)

लाइन प्राचलों (स्थिरांकों) से लाइन का वोल्टतापात, हानियाँ, तापक्रम, वोल्टता-नियमन, संचरण दक्षता, शक्तिगुणक, सुरक्षा-गुणक, परिणामी धारा, ऊर्जा संग्रह, प्रदोषी धारा आदि कई घटक प्रभावित होते हैं।

## § 2.5 शिरोपरि लाइन के चालक का प्रतिरोध (Resistance)

लाइन के चालक में धारा-प्रवाह का विरोध करने वाले पदार्थ के वैद्युत गुण को प्रतिरोध कहते हैं। शिरोपरि लाइन के चालक का प्रतिरोध, मूल रूप से निम्न सूत्र द्वारा व्यक्त किया जाता है—

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

यहाँ पर

$R =$ ओह्म मात्रक में लाइन चालक का कुल प्रतिरोध (resistance)

$\rho =$ ओह्म-मीटर मात्रक में चालक पदार्थ की प्रतिरोधकता (resistivity)

$l =$ मीटर मात्रक में लाइन चालक की कुल लम्बाई (length)

$a =$ वर्ग मीटर मात्रक में चालक का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र (cross-sectional area)

**लाइन के प्रतिरोध सम्बन्धी अन्य सूत्र—**

$$\text{कुल प्रतिरोध } (R) = \frac{\text{लाइन चालक के एक्रोस वोल्टतापात (IR drop)}}{\text{लाइन चालक में प्रवाहित एक समान धारा } (I)}$$

कुल प्रतिरोध $(R) =$ एकांक लम्बाई का प्रतिरोध $(r) \times$ कुल लम्बाई $(l)$

## § 2.6 लाइन चालक के प्रतिरोध की निर्भरता (Dependency)

लाइन के चालक का प्रतिरोध निम्न कारकों (factors) पर निर्भर करता है—

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

अर्थात् $$R \propto l$$

Scanned with CamScanner

(ii) **अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र** (Cross-sectional area)—लाइन के चालक का प्रतिरोध ($R$), इसके अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र ($a$), के विलोमानुपाती होता है।

अर्थात् $R \propto 1/a$

(iii) **पदार्थ की प्रकृति** (Nature of material)—लाइन के चालक का प्रतिरोध ($R$), इसके पदार्थ की प्रकृति ($\rho$) पर निर्भर करता है। अर्थात् $R \propto \rho$ यह नियत पदार्थ के लिये स्थिर (constant) होता है।

(iv) **तापक्रम** (Temperature)—तापक्रम ($T$) के बढ़ने से लाइन के चालक का प्रतिरोध ($R$), बढ़ता है।

(v) **चर्म प्रभाव या त्वाचिक प्रभाव अर्थात् स्किन इफेक्ट** (Skin effect)—त्वाचिक प्रभाव के बढ़ने से लाइन के चालक का प्रतिरोध ($R$) बढ़ता है।

## § 2.7 त्वाचिक प्रभाव या चर्म प्रभाव (Skin effect)

दिष्टधारा, लाइन चालक के सम्पूर्ण अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र पर समान रूप से वितरित होकर लम्बाई की ओर प्रवाहित होता है; इसलिये चालक के समस्त अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र पर धारा घनत्व समान रहता है। अर्थात चालक की प्रत्येक पर्त पर दिष्टधारा का मान समान होता है। परन्तु इसके विपरीत प्रत्यावर्तीधारा, लाइन चालक के सम्पूर्ण अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र पर समान रूप से वितरित होकर प्रवाहित नहीं होती, 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 (current density)समान नहीं होता। परिणामस्वरूप दिष्टधारा की अपेक्षा, प्रत्यावर्तीधारा के अन्तर्गत लाइन चालक का प्रतिरोध कुछ (लगभग दो प्रतिशत) अधिक होता है। लाइन चालक में प्रत्यावर्तीधारा का बाह्य परतों में संकेन्द्रित (concentrated) होकर प्रवाहित होने की, इस प्राकृतिक घटना को ही त्वाचिक प्रभाव अर्थात् स्किन इफेक्ट कहते हैं।

## § 2.8 त्वाचिक प्रभाव की निर्भरता (Dependency of skin effect)

प्रत्यावर्तीधारा प्रणाली के लाइन चालकों में त्वाचिक प्रभाव निम्न कारकों (factors) पर निर्भर करता है—

(i) **प्रदायी आवृत्ति** (Supply frequency)—प्रदायी आवृत्ति के बढ़ने से लाइन चालक में त्वाचिक प्रभाव बढ़ता है। प्राय: व्यावसायिक पचास चक्र प्रति सेकण्ड (50 c/s) अथवा इससे कम आवृत्ति पर एक सेमी (1 cm) व्यास तक के चालक में त्वाचिक प्रभाव से बढ़े हुए प्रतिरोध के कारण, होने वाली हानियों ($i^2r$ losses) को नगण्य माना जाता है।

(ii) **चालक का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र** (Cross-sectional area of conductor)—अर्थात लाइन चालक का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र के बढ़ने से, उसमें त्वाचिक प्रभाव बढ़ता है।

(iii) **चालक पदार्थ की चुम्बकशीलता** (Permeability of conductor material)—चालक पदार्थ की चुम्बकशीलता के बढ़ने से, उसमें त्वाचिक प्रभाव बढ़ता

Scanned with CamScanner

है। अर्थात् समान माप (size) के विभिन्न पदार्थों से निर्मित लाइन चालक में समान आवृत्ति पर त्वाचिक प्रभाव भिन्न-भिन्न होता है।

## § 2.9 लाइन प्राचल 'प्रतिरोध' का महत्व (Significance of 'R')

किसी भी प्रकार की संचरण लाइन में प्रतिरोध के प्रभाव को नगण्य नहीं किया जा सकता। प्रतिरोध के कारण, लाइनों में निम्नलिखित घटक प्रभावित होते हैं—

(i) प्रतिरोध के कारण, लाइन की सम्पूर्ण प्रतिबाधा बढ़ती है; क्योंकि

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

(ii) प्रतिरोध के कारण, लाइन में वोल्टतापात (*ir*-drop) होता है, जो लाइन में सम्पूर्ण वोल्टतापात (*zi*-drop) को बढ़ाता है।

(iii) प्रतिरोध के कारण, लाइन का वोल्टता नियमन बढ़ता है। इसे निर्बल नियमन (poor regulation) कहते हैं।

(iv) प्रतिरोध के कारण, लाइन का शक्तिगुणक बढ़ता है; क्योंकि

$$\text{शक्तिगुणक} = \cos\phi = R/Z \qquad \text{(श्रेणी परिपथ के अनुसार)}$$

(v) प्रतिरोध के कारण, लाइन में वैद्युत शक्तिहानियाँ ($i^2r$-losses) बढ़ती है।

(vi) प्रतिरोध के कारण, लाइन की संचरण दक्षता घटती है।

(vii) प्रतिरोध के कारण, लाइन का सुरक्षा-गुणक बढ़ता है।

(viii) प्रतिरोध के कारण, लाइन में किसी प्रकार की ऊर्जा संग्रह नहीं होती।

## सूत्रों का अनुप्रयोग (Application of Formulae)

**उदाहरण 1.A**—एक एकलकला ऐलुमिनियम शिरोपरिलाइन का प्रति किलोमीटर पाश प्रतिरोध ज्ञात कीजिये, जबकि प्रत्येक चालक का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र एक वर्ग सेन्टीमीटर ($1 \text{ cm}^2$) है और चालकों के पदार्थ (ऐलुमिनियम) का विशिष्ट प्रतिरोध 2.87 माइक्रोओह्म सेन्टीमीटर है।

**(B.T.E. and A.M.I.E. Exam)**

**हल**—चालक का प्रतिरोध

$$= R = \rho \frac{l}{a} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{2.87 \times 10^{-8} \times 1000}{1 \times 10^{-4}} = 0.287 \text{ ओह्म प्रति किलोमीटर}$$

प्रति किलोमीटर पाश प्रतिरोध $= 2R$ (उपरोक्त मान रखने पर)

$$= 2 \times 0.287$$

$$= \mathbf{0.574} \text{ ओह्म}$$

उत्तर

Scanned with CamScanner

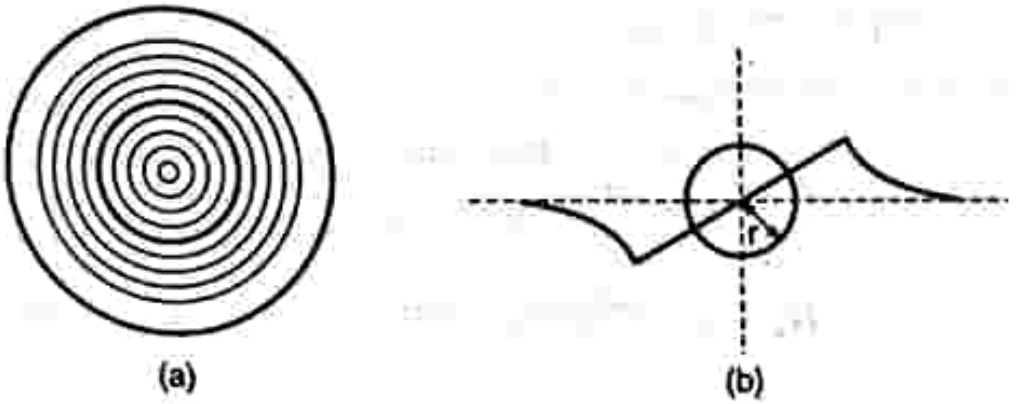
## §2.10 शिरोपरि लाइन के चालक का प्रेरकत्व (Inductance)

किसी वैद्युत परिपथ में इकाई ऐम्पियर की धारा परिवर्तन पर, परिवर्तित ग्रन्थित चुम्बकीय फ्लक्स की मात्रा, उस परिपथ का प्रेरकत्व कहलाता है। इसे $L$ संकेताक्षर से व्यक्त करते हैं तथा इसका मात्रक हेनरी (henry) है। इसलिये किसी प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में प्रेरकत्व को निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{प्रेरकत्व} = \frac{\text{ग्रन्थित चुम्बकीय फ्लक्स}}{\text{प्रवाहित वैद्युत धारा}}$$

अर्थात्
$$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{\text{बेवर टर्न}}{\text{ऐम्पियर}} = \text{हेनरी मात्रक}$$

विदित है कि किसी वैद्युत परिपथ में प्रेरण प्रभाव, परिवर्तनीय चुम्बकीय फ्लक्स द्वारा उत्पन्न होता है और स्थिर फ्लक्स द्वारा किसी प्रकार का प्रेरण प्रभाव उत्पन्न नहीं होता है। इसीलिये दिष्टधारा परिपथ में स्थिर धारा से उत्पन्न स्थिर चुम्बकीय फ्लक्स के कारण, किसी प्रकार का प्रेरण प्रभाव उत्पन्न नहीं होता; केवल परिपथ के खोलने तथा बन्द करने के समय (स्विचिंग पीरियड) में ही धारा परिवर्तन से परिवर्तित चुम्बकीय फ्लक्स के कारण, आंशिक प्रेरण सम्भव होता है। परन्तु प्रत्यावर्तीधारा परिपथ में परिवर्तनीय धारा से परिवर्तित चुम्बकीय फ्लक्स उत्पन्न होता है, जिससे प्रेरण प्रभाव उत्पन्न होता है। इसलिये प्रत्यावर्ती धारा लाइन परिपथ के चालक का प्रेरकत्व ज्ञात करना आवश्यक होता है।




(a) एक चालक का आन्तरिक एवं बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र ($\phi$ वेबर)

(b) एक चालक का आन्तरिक एवं बाह्य चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (B वेबर प्रति वर्ग मीटर)

चित्र—2.2

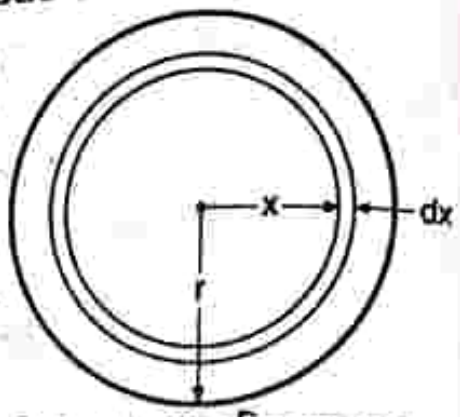
चित्र 2.2 (a) में एक धारावाही लाइन के चालक से उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र प्रदर्शित किया गया है, जो कि चालक के केन्द्र से बाहर की ओर वृत्ताकार तरंगों की तरह फैलता है। इस चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा, चालक में प्रवाहित धारा की दिशा पर निर्भर करती है। इस प्रकार लाइन चालक में कुल प्रेरकत्व, दो माध्यमों में स्थापित निम्न चुम्बकीय फ्लक्सों के कारण, उत्पन्न होता है—

1. आन्तरिक फ्लक्स के कारण (due to internal flux)
2. वाह्य फ्लक्स के कारण (due to external flux)

Scanned with CamScanner

## 2.10–1 आन्तरिक फ्लक्स के कारण 'प्रेरकत्व' (L–due to internal flux)

चित्र 2.3 में प्रदर्शित $r$ मीटर अर्द्धव्यास (radius) के लाइन चालक में एक ऐम्पियर (1A) की वैद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। चालक के अन्दर ($x < r$) केन्द्र से $x$ मीटर अरीय दूरी (radial distance) पर $dx$ मोटाई की एक वलय तथा चालक के सम्पूर्ण अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र पर समरूप धारा वितरण की कल्पना कीजिये।



चित्र–2.3 आन्तरिक फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व

लाइन चालक व वैद्युत धारा घनत्व (current density)

$$= \frac{\text{वैद्युत धारा } (I)}{\text{अनुप्रस्थ काट क्षेत्र } (A)} = \frac{I}{\pi r^2} \text{ ऐम्पियर/वर्ग मीटर}$$

इसलिये चालक के केन्द्र से $x$ मीटर की त्रिज्या (radius) वाले चालक के अनुप्रस्थ काट क्षेत्र में धारा (current) = धारा घनत्व × अनुप्रस्थ-काट क्षेत्र

$$I_x = \frac{I}{\pi \cdot r^2} \times \pi \cdot x^2$$

$$I_x = I \cdot \frac{x^2}{r^2} \text{ ऐम्पियर}$$

चूँकि लाइन चालक के केन्द्र से $x$ मीटर की दूरी पर चुम्बकीय फ्लक्स में पथ की लम्बाई $2\pi x$ मीटर है; इसलिये चालक के केन्द्र से $x$ मीटर की दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (intensity of magnetic field)

$$= \frac{\text{चुम्बकीय वाहक बल (m.m.f.)}}{\text{चुम्बकीय फ्लक्स के पथ की लम्बाई}}$$

$$H_x = \frac{I_x}{2\pi x} \text{ ऐम्पियर-टर्न/मीटर} \qquad (I_x \text{ का मान रखने पर})$$

$$Hx = \frac{I \cdot x^2}{r^2 \times 2\pi x}; \qquad \left( \text{क्योंकि } I_x = \frac{I \cdot x^2}{r^2} \right)$$

$$H_x = \frac{I \cdot x}{2\pi r^2} \text{ ऐम्पियर-टर्न/मीटर}$$

इसलिये लाइन चालक के केन्द्र से $x$ मीटर की दूरी पर चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (magnetic flux density)

= चुम्बकशीलता × क्षेत्र तीव्रता

$$B_x = \mu_a \times H_x \text{ वेबर/वर्ग मीटर}$$

$$= \mu_0 \mu_r H_x$$

$$= \mu_0 \mu_r \frac{I \cdot x}{2\pi r^2} \text{ वेबर/वर्ग मीटर} \qquad (\text{क्योंकि } \mu_a = \mu_0 \mu_r)$$

Scanned with CamScanner

इसलिये $dx$ मोटाई की कल्पित वलय के एक मीटर (1 m) अक्षीय लम्बाई (axial length) के बेलनाकार कोष में चुम्बकीय फ्लक्स (magnetic flux)

= फ्लक्स घनत्व × अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल

$$d\phi_x = B_x \times (1 \times dx)$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I \cdot x}{2\pi r^2} dx \text{ वेबर}$$

परन्तु यह फ्लक्स लाइन चालक के अन्दर $x$ मीटर अर्द्धव्यास के वृत्त में निहित धारा ($I_x = I_x^2/r^2$ ऐम्पियर) के साथ ग्रन्थित होता है; इसलिये कोष की धारा $I_x$ के साथ सम्पूर्ण फ्लक्स ग्रन्थन (linkages)

$$= \text{चुम्बकीय फ्लक्स } (d\phi_x) \times \frac{x^2}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I \cdot x}{2\pi r^2} dx \times \frac{x^2}{r^2}$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I \cdot x^3}{2\pi r^4} dx$$

अत: चालक के अन्दर, केन्द्र से बाह्य सतह तक, कुल फ्लक्स ग्रन्थन (total flux linkages)

$$\phi_{in} = \int_0^r \frac{\mu_o \mu_r I \cdot x^3}{2\pi r^4}$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi r^4} I \int_0^r x^3 dx$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r^4} \times \frac{r^4}{4}$$

$$\phi_{in} = \frac{\mu_0 \mu_r I}{8\pi} \text{ वेबर} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

आन्तरिक फ्लक्स के कारण, प्रेरकत्व (inductance)

$$L_{in} = \frac{\phi_{in}}{I} = \frac{\mu_0 \mu_r I}{8\pi \times 1}$$

$$L_{in} = \frac{\mu_o \mu_r}{8\pi} \text{ हेनरी} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

यदि लाइन का चालक, अचुम्बकीय पदार्थ (ताम्र, ऐलुमिनियम आदि) का हो, तो $\mu_r = 1$ होगा; तब आन्तरिक फ्लक्स के कारण, प्रेरकत्व (inductance)

Scanned with CamScanner

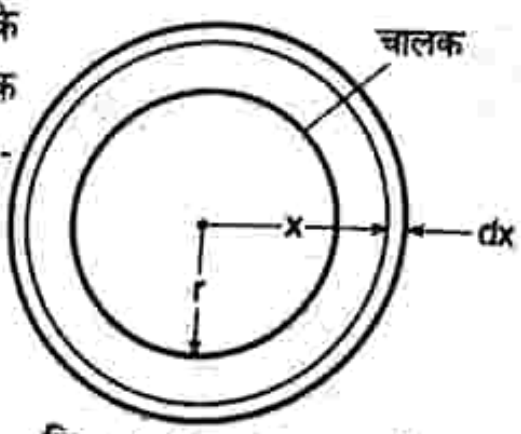
$$L_{in} = \frac{\mu_0}{8\pi} \text{ हेनरी}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{8\pi} \text{ हेनरी}$$

$$L_{in} = \frac{1}{2} \times 10^{7} \text{ हेनरी}$$

## 2.10–2 वाह्य फ्लक्स के कारण 'प्रेरकत्व' (L–due to external flux)

चित्र 2.4 में प्रदर्शित $I$ ऐम्पियर धारावाही चालक के बाहरी ($x > r$) केन्द्र से $x$ मीटर की दूरी पर, केवल चालक के कारण, चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (intensity of magnetic field)



चित्र–2.4 वाह्य फ्लक्स के कारण प्रेरकत्व

$$H_x = \frac{1}{2\pi x} \text{ ऐम्पियर-टर्न/मीटर}$$

चुम्बकीय फ्लक्स घनत्व (flux density)

$$B_x = \mu_a H_x = \mu_0 \mu_r H_x$$

$$= \mu_0 \mu_r \frac{1}{2\pi x} \text{ वेबर/वर्ग मीटर}$$

इसलिये $dx$ मोटाई की कल्पित वलय के प्रति मीटर अक्षीय लम्बाई के बेलनाकार कोष में चुम्बकीय फ्लक्स (magnetic flux)

= फ्लक्स घनत्व × अनुप्रस्थ काट क्षेत्र

$$= B_x \times (1 \times dx)$$

$$d\phi_{out} = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi x} dx \text{ वेबर}$$

अतः प्रथम चालक के बाह्य पृष्ठ अर्थात् $r$ मीटर से निकटवर्ती द्वितीय चालक के केन्द्र बिन्दु अर्थात् $D$ मीटर की दूरी तक, चालक के बाहर कुल चुम्बकीय फ्लक्स गुन्थन (flux linkages)

$$\int_r^D d\phi_{out} = \int_0^D \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi x} dx$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi} \int_r^D \frac{1}{x} dx$$

$$= \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi} \log_e D/r$$

Scanned with CamScanner

चूँकि लाइन चालक के बाहर, वायु माध्यम के लिये आपेक्षिक चुम्बकशीलता (relative permeability)

$$= \mu_r = 1 \text{ (unity)}$$

इसलिये,

$$\phi_{out} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \log_e D/r \text{ वेबर} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

तब बाह्य चुम्बकीय पलक्स के कारण, प्रेरकत्व (inductance)

$$L_{out} = \frac{\phi_{out}}{I} = \frac{\mu_0 I}{2\pi I} \log_e D/r$$

$$L_{out} = \frac{\mu_0}{2\pi} \log_e D/r \text{ हेनरी} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \log_e D/r \qquad (\mu_0 \text{ का मान रखने पर})$$

$$L_{out} = 2 \times 10^{-7} \log_e D/r \text{ हेनरी} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

## 2.10-3 आन्तरिक तथा बाह्य दोनों पलक्सों के कारण कुल प्रेरकत्व ($L$)

प्रति लाइन चालक, कुल चुम्बकीय पलक्स ग्रन्थन (total flux linkage)

$$\phi_t = \phi_{in} + \phi_{out} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{8\pi} + \frac{\mu_0 I}{2\pi} \log_e D/r$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left( \frac{1}{2} + 2 \log_e D/r \right) \text{ वेबर/मीटर}$$

(a) इसलिये प्रति लाइन चालक, प्रेरकत्व (Inductance)

$$L_t = \phi_t / I \text{ हेनरी/मीटर} \qquad (\phi_t \text{ का मान रखने पर})$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{1}{2} + 2 \log_e D/r \right)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{4\pi} \left( \frac{1}{2} + 2 \log_e D/r \right)$$

$$= \left( \frac{1}{2} + 2 \log_e D/r \right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

(b) इसलिये दो निकटवर्ती लाइन के चालकों का प्रेरकत्व अर्थात् एक पाश चालक

Scanned with CamScanner

$$= 2\left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर}$$

$$= \left(1 + 4\log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

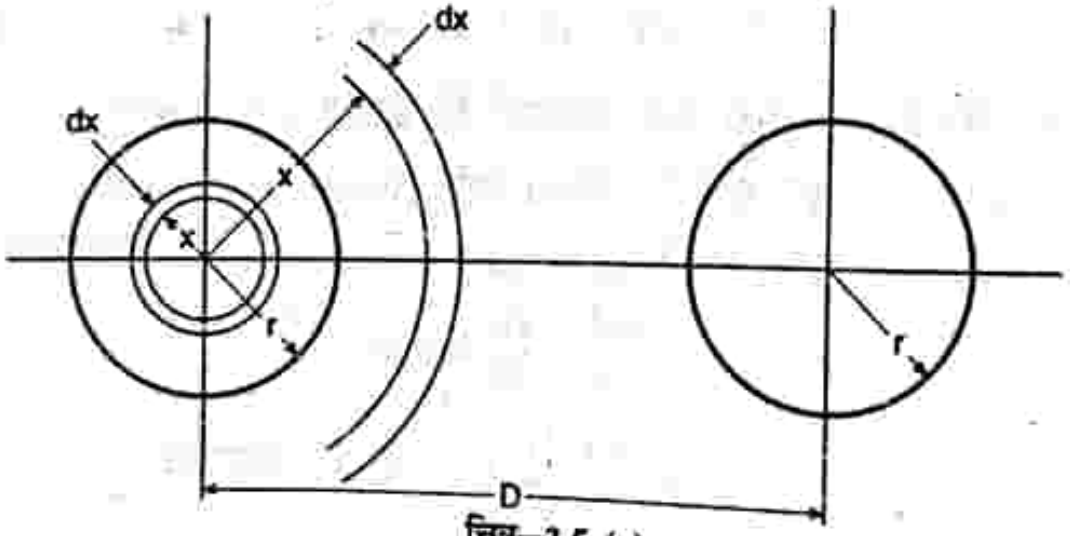
## § 2.11 एकल कला शिरोपरि संचरण लाइन के चालकों का प्रेरकत्व (L)

चित्र 2.5 (a) से स्पष्ट है कि एकल कला लाइन के चालकों का प्रेरकत्व दो चालकों के प्रेरकत्व, अर्थात् पाश चालक (loop conductor) के प्रेरकत्व के बराबर होता है। इसलिये एकल कला लाइन के चालकों अथवा पाश चालकों का प्रेरकत्व (inductance)

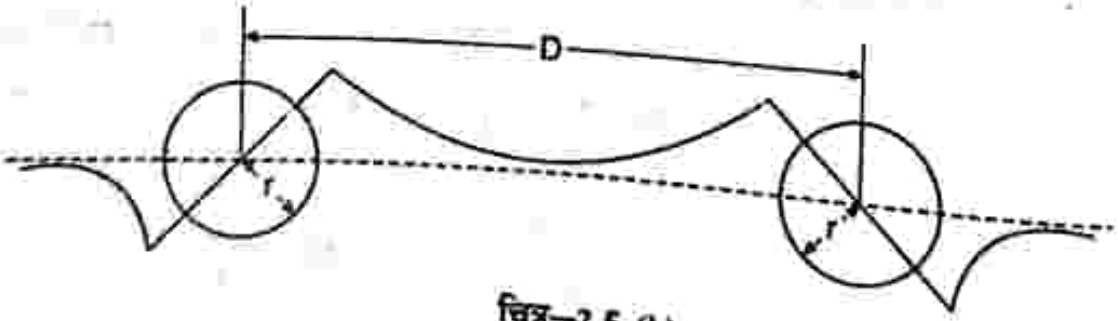
$$L_{1\text{-}\phi} = L_p \qquad \text{अथवा} \quad 2L_c$$

$$= \left(1 + 4\log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर} \quad \cdots \text{सूत्र}$$

यहाँ पर $\log_e \frac{D}{r} = \log_e \frac{D}{r} = 2.303 \log_{10} \frac{D}{r}$




चित्र—2.5 (a)




चित्र—2.5 (b)

## § 2.12 त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइनों का प्रेरकत्व (Inductance)

त्रिकला संचरण लाइन चालक के प्रेरकत्व को प्रति चालक प्रेरकत्व से प्रदर्शित करते हैं इसलिये त्रिकला लाइन का प्रेरकत्व, एक विलगकारी लाइन चालक के प्रेरकत्व के बराबर होता है, जिसका व्युत्पन्न (derivation) उपरोक्त व्यंजक में प्रस्तुत किया जा चुका है। त्रिकला संचरण लाइन चालक का प्रेरकत्व अग्र दो स्थितियों में प्रकट करते हैं—

Scanned with CamScanner

**(i) प्रथम स्थिति में चालकों के बीच समान दूरियाँ**—जब त्रिकला शिरोपरि संचरण लाइन चालकों के बीच की पारस्परिक दूरियाँ $D$ समान होती हैं; तब त्रिकला संचरण लाइन चालक का प्रेरकत्व (inductance)

$$L_{3\text{-}\phi} = L_c \text{ हेनरी/मीटर} \qquad \text{(मान रखने पर)}$$

$$= \left(\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर} \qquad \text{सूत्र}$$

$$= \left(0.5 + 4.6 \log_{10} \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर} \qquad \text{सूत्र}$$

**(ii) द्वितीय स्थिति में चालक के बीच असमान दूरियाँ**—जब त्रिकला शिरोपरि संचरण चालक, प्रथम, द्वितीय तथा तृतीय के बीच की पारस्परिक असमान दूरियाँ क्रमशः $D_{12}, D_{23}$ तथा $D_{31}$ होती हैं।

तब,
$$D = \sqrt[3]{(D_{12} D_{23} D_{31})}$$
$$= (D_{12} D_{23} D_{31})^{1/3}$$

और त्रिकला संचरण लाइन चालक का प्रेरकत्व (inductance)

$$L_{3\text{-}\phi} = L_c$$

$$L_{3\text{-}\phi} = \left\{\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{\sqrt[3]{(D_{12} D_{23} D_{31})}}{r}\right\} \times 10^{-7}$$

$$L_{3\text{-}\phi} = \left\{0.5 + 4.6 \log_{10} \frac{\sqrt[3]{(D_{12} D_{23} D_{31})}}{r}\right\} \times 10^{-7} \text{ हेनरी/मीटर}$$

...सूत्र

## § 2.13 लाइन प्राचल, प्रेरकत्व का महत्व (Significance of inductance)

किसी भी प्रकार की संचरण लाइनों से प्रेरकत्व के प्रभाव को नगण्य नहीं किया जा सकता। प्रेरकत्व के कारण, संचरण लाइनों में अग्रलिखित घटक प्रभावित होते हैं—

(i) प्रेरकत्व के कारण, लाइनों में धनात्मक प्रेरकीय प्रतिघात (inductive reactance) की उत्पत्ति होती है, जो लाइन की प्रतिबाधा (impedence) को बढ़ाता है।

(ii) प्रेरकत्व के कारण, लाइन का शक्तिगुणक घटता है; क्योंकि—

$$\text{शक्तिगुणक} = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{[R^2 + (X_L - X_C]^2}}$$

(iii) प्रेरकत्व के प्रभाव से शक्तिगुणक पश्चगामी हो जाता है।

(iv) प्रेरकत्व के कारण, लाइन में वोल्टता पात (*zi*-drop) बढ़ता है।

(v) प्रेरकत्व के कारण, लाइन के प्रेषण सिरों की अपेक्षा, लाइन के अभिग्राही सिरों पर सदैव निम्न वोल्टता प्राप्त होती है।

(vi) प्रेरकत्व के कारण, लाइन का वोल्टता नियमन (voltage regulation) बढ़ता है; अर्थात् असंतोष जनक (unsatisfactory) स्थिति को प्राप्त होता है।

Scanned with CamScanner

(vii) प्रेरकत्व के कारण, लाइन का वोल्टता नियमन धनात्मक रहता है।

(viii) प्रेरकत्व के कारण, लाइन में वैद्युत हानियाँ शून्य होती हैं।

(ix) प्रेरकत्व के कारण, लाइन की संचरण दक्षता घटती है।

(x) प्रेरकत्व के कारण, लाइन का सुरक्षागुणक बढ़ता है, क्योंकि लाइन परिपथ की उच्च प्रतिबाधा पर प्रदोषी धारा का मान निम्न होता है। इसी उद्देश्य की पूर्ति हेतु लाइन के साथ श्रेणी में प्रतिघातक (reactors) संयोजित किये जाते हैं।

(xi) प्रेरकत्व के कारण, लाइन में वैद्युत धारा के रूप में ऊर्जा संग्रह हो जाती है, जिसका मान प्रायः निम्न सूत्र द्वारा परिकलित (calculate) किया जाता है—

ऊर्जा $$U = \frac{1}{2} LI^2 \text{ जूल}$$ ... सूत्र

टिप्पणी (Note) (i)—प्रेरकत्व के कारण, लाइन वोल्टता नियमन ऋणात्मक मान को प्राप्त नहीं होता; जबकि धारिता प्रभाव के कारण, लाइन का वोल्टता नियमन ऋणात्मक मान को प्राप्त होता है।

(ii) प्रेरकत्व के कारण, प्रेषण सिरों की अपेक्षा, लाइन के अभिग्राही सिरों पर वोल्टता का मान सदैव निम्न रहता है; जबकि धारिता प्रभाव के कारण, प्रेषण सिरों की अपेक्षा लाइन के अभिग्राही सिरों पर वोल्टता का मान उच्च हो जाता है।

## सूत्रों का अनुप्रयोग (Applications of formulae)

**उदाहरण 1.$B_2$**—एक मीटर दूरी से विलगित तथा व्यास में एक सेन्टीमीटर, दो समान्तर चालकों के सापेक्ष, एकल कला शिरोपरि संचरण लाइन का प्रति किलोमीटर पाश प्रेरकत्व ज्ञात कीजिये; जबकि चालक का पदार्थ (i) ताम्र तथा (ii) 50 आपेक्षिक चुम्बकशीलता वाली इस्पात धातु का है। **(B.T.E. and A.M.I.E. Exam.)**

**हल**—दिया है कि—

चालक का व्यास $d = 1$ सेमी

$\therefore$ चालक का अर्द्धव्यास $r = \frac{1}{2} = 0.5$ सेमी

चालकों के बीच की दूरी, $D = 1$ मीटर $= 100$ सेमी

लाइन चालक की लम्बाई, $l = 1$ किमी $= 1000$ किमी

(i) प्रति किलोमीटर लाइन का पाश प्रेरकत्व (loop inductance)

$$= \left(1 + 4 \log_e \frac{D}{r}\right) \times 10^{-7} \times 1000 \text{ हेनरी/किमी}$$

$$= \left(1 + 4 \times 2.303 \log_{10} \frac{100}{0.5}\right) \times 10^{-4} \text{ हेनरी/किमी}$$

$$= 2.22 \text{ मिली हेनरी/किमी}$$

Scanned with CamScanner