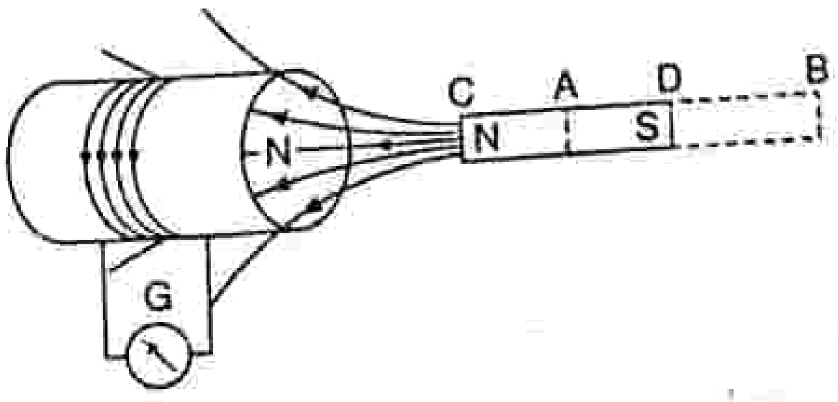
विद्युत चुम्बकीय प्रेरण
(ELECTRO MAGNETIC INDUCTION)

§ 6.1 विद्युत चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction)

जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो चालक के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, जिसका फ्लक्स चालक के चारों ओर गोलाकार क्षेत्र से होता है तथा चालक केन्द्र से समकोण बनाता है। दूसरे शब्दों में यह कहा जा सकता है कि इलेक्ट्रॉन के प्रवाह के कारण एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। (यह सिद्धान्त श्री औरस्टेड नामक वैज्ञानिक ने 1821 में खोजा था) इसके विपरीत यह भी सत्य है कि यदि चुम्बकीय क्षेत्र में चालक को गति दी जाये तो चालक के इलेक्ट्रॉन गतिशील होकर प्रवाह में आ जाते हैं। दूसरे शब्दों में यह भी कहा जा सकता है कि यदि चुम्बकीय क्षेत्र के फ्लक्स से चालक कटता हो, तो उस चालक में विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है। यह "विद्युत चुम्बकीय प्रेरण" (electro magnetic induction) के कारण होता है।

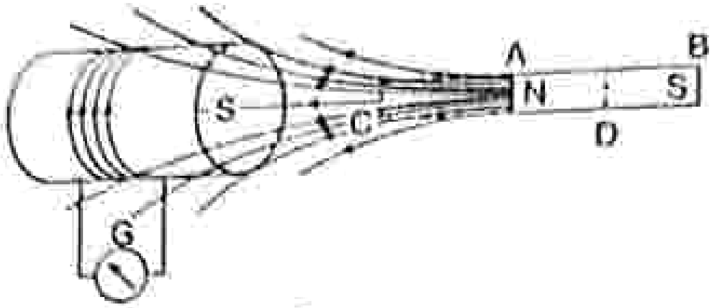
वैज्ञानिक श्री फैराडे ने सन् 1931 में विद्युत चुम्बकीय प्रभाव को विद्युतीय प्रभाव में पूर्णतः परिवर्तित करके सिद्ध किया कि जब किसी परिपथ चुम्बकीय क्षेत्र के फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो उस परिपथ में क्षणिक प्रेरित (induced) विद्युत वाहक बल (E.M.F.) उत्पन्न होता है जिसकी मात्रा फ्लक्स परिवर्तन की दर (rate of charge) पर निर्भर करती है।

6.1–1 प्रेरित विद्युत वाहक बल तथा धारा का उत्पादन (Production of Induced E.M.F. and Current)—चित्र 6.1 में एक विद्युतरोधित कुण्डली दिखाई गई है जिसके सिरे से एक सुग्राही गैलवनोमीटर जुड़ा है। यह कुण्डली एक स्थिर चुम्बक के पास रखी है चुम्बक की पहली स्थिति बिन्दुदार रेखा AB द्वारा दिखाई गई है। इस स्थिति में चुम्बक के N ध्रुव से कुछ फ्लक्स कुण्डली से लिंक (सहलग्न) करेगा, लेकिन फिर भी गैलवनोमीटर में कोई विक्षेप नहीं होगा। अब मान लीजिये चुम्बक को अचानक कुण्डली के पास CL



Scanned with CamScanner

स्थिति में लाया जाता है जैसा कि चित्र 6.1 में दिखाया गया है। इस स्थिति में हम देखते हैं कि गैलवनोमीटर की सुई में झटका या क्षणिक विक्षेप होता है तथा तब तक रहता है जब तक कि चुम्बक कुण्डली की ओर गति करता है तथा बाद में विक्षेप समाप्त हो जाता है। अर्थात् जब चुम्बक नई CD स्थिति में स्थिर हो जाता है तब विक्षेप घटकर शून्य हो जाता है। यहाँ यह ध्यान देने योग्य है कि चुम्बक के कुण्डली की ओर अग्रसर होते समय कुण्डली पर सहलग्न (linked) फ्लक्स बढ़ता है।



चित्र—6.2

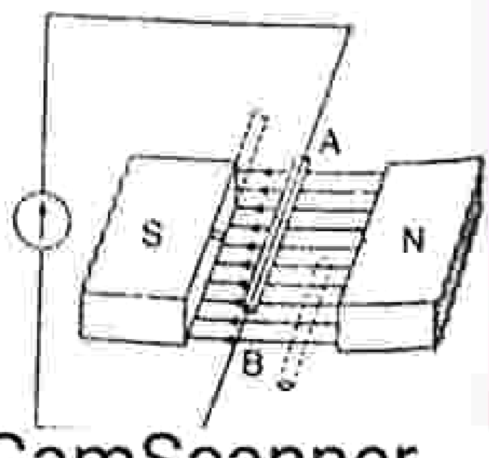
अब चुम्बक को चित्र 6.2 की भाँति कुण्डली से अचानक दूर हटा दिया जाता है। यहां पुनः हम देखते है कि गैलवनोमीटर में क्षणिक विक्षेप होता है तथा वह विक्षेप तब तक रहता है जब तक कि चुम्बक गति में रहता है (अर्थात् पीछे हटते समय) तथा चुम्बक के स्थिर हो जाने पर विक्षेप समाप्त हो जाता है। लेकिन यहाँ यह ध्यान देने योग्य है कि विक्षेप की दिशा चित्र 6.1 की अपेक्षा विपरीत होती है। इससे स्पष्ट होता है कि चुम्बक के दूर हटने पर कुण्डली से सहलग्न (linked) फ्लक्स घटता है।

गैलवनोमीटर में विक्षेप कुण्डली में विद्युत वाहक बल उत्पन्न होने के संकेत देता है। इस विद्युत वाहक बल उत्पादन का कारण केवल चुम्बक का कुण्डली की ओर बढ़ना या दूर हटना है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि विद्युत वाहक बल का वास्तविक कारण कुण्डली के साथ सहलग्न होने वाले फ्लक्स का परिवर्तन है।

यह विद्युत वाहक बल तब तक अस्तित्व (exist) में रहता है, जब तक फ्लक्स में परिवर्तन रहता है। स्थिर फ्लक्स चाहे वह दृढ़ (strong) हो, विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं करता। वास्तव में यही परिणाम चुम्बक को स्थिर रख कर, कुण्डली को अचानक आगे या पीछे करके प्राप्त किये जा सकते हैं।

प्रेरित विद्युत वाहक बल द्वारा स्थापित धारा की दिशा को चित्र 6.1 तथा चित्र 6.2 में दिखाया गया है।

विद्युत चुम्बकीय प्रेरित विद्युत वाहक बल (Electromagnetically Induced E.M.F.) के उत्पादन को और अधिक स्पष्ट रूप में समझाने के लिये, चित्र 6.3 पर विचार करें, जिसमें एक चालक AB चुम्बकीय क्षेत्र में लम्बवत् रखा हुआ है तथा एक गैलवनोमीटर से संयोजित है। यह देखा गया है कि जब इस चालक को ऊपर या नीचे की ओर चलाया जाता है, गैलवनोमीटर में क्षणिक



Scanned with CamScanner

विक्षेप उत्पन्न होता है। इससे स्पष्ट है कि AB में कुछ क्षणिक विद्युत वाहक बल (transient E.M.F.) उत्पन्न होता है। इस प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण (magnitude) (इस प्रकार गैलवनोमीटर में विक्षेप की मात्रा) AB चालक की गति की तीव्रता पर निर्भर करती है। इस प्रयोग से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि जब कभी चालक एक बार चुम्बकीय फ्लक्स को काटता है, सदैव एक बार ही विद्युत वाहक बल चालक में प्रेरित होता है।

यह भी देखा गया है कि यदि चालक को दिशा के समान्तर में इस प्रकार चलाया जाये कि वह फ्लक्स को न काटे तो कोई विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होगा।

5.1–2 फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम (Faraday's Law of Electro-magnetic Induction)—वैज्ञानिक फैराडे ने इस सन्दर्भ में दो नियम बताये जो निम्न हैं।

(U.P. 2001, 2003)

प्रथम नियम—जब किसी परिपथ या कुण्डली से सहलग्न चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो परिपथ या कुण्डली में विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है।

अथवा

जब कोई चालक चुम्बकीय बल रेखाओं या फ्लक्स (flux) को काटता है तो उसमें विद्युत वाहक बल (E.M.F.) प्रेरित होता है।

द्वितीय नियम—किसी परिपथ या कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण फ्लक्स परिवर्तन की दर के सीधे समानुपाती होता है।

अथवा

प्रेरित विद्युत वाहक बल का मान वर्तनों की संख्या तथा कुण्डली में ग्रन्थित फ्लक्स की दर के गुणनफल के सीधे समानुपाती होता है।

माना कुण्डली में N वर्तन हैं तथा इसमें फ्लक्स परिवर्तन अपने प्रारम्भिक मान ϕ_1 वेबर से आरम्भ होता है तथा t सेकण्ड में अन्तिम परिवर्तन ϕ_2 वेबर हो जाता है।

$\therefore$ फ्लक्स का प्रारम्भिक मान $= N\phi_1$

तथा फ्लक्स का अन्तिम मान $= N\phi_2$

$\therefore$ प्रेरण द्वारा विद्युत वाहक बल, $e = \dfrac{N\phi_2 - N\phi_1}{t}$ वोल्ट

उपरोक्त समीकरण का अवकलन (differentiate) करने पर

$$e = \frac{d}{dt}(N\phi) \text{ वोल्ट}$$

अथवा
$$e = N\frac{d\phi}{dt}$$

प्रायः दायें पद को ऋण चिन्ह दिया जाता है। इसका अभिप्राय यह है कि प्रेरित विद्युत वाहक बल, धारा को उस दिशा में रखता है कि इसके द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय प्रभाव, अपने उत्पादन कारणों का विरोध करता है। (लैंज के नियम के अनुसार)

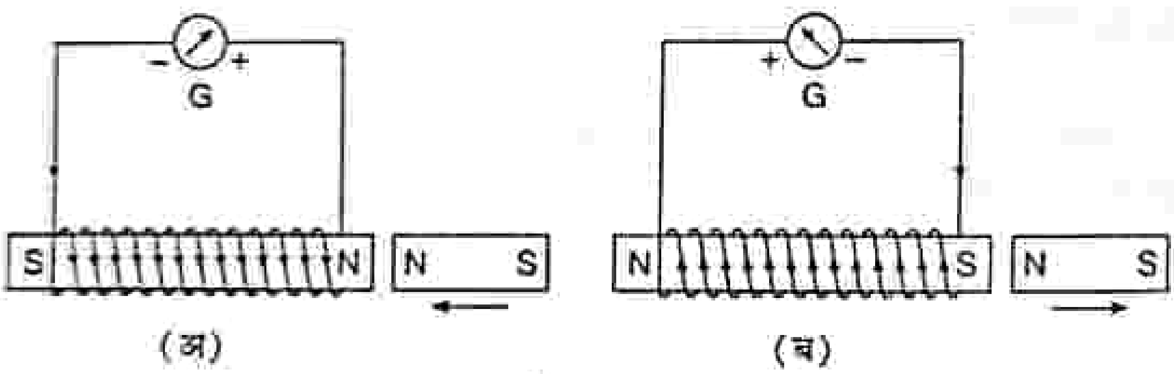
$\therefore$ **प्रेरित विद्युत वाहक बल** (Induced e.m.f.), $e = -N\dfrac{d\phi}{dt}$ (सूत्र)

Scanned with CamScanner

6.1–3 लैन्ज का नियम (Lenz's Law)—यह नियम बताता है कि प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा सदैव ऐसी होती है कि इसके द्वारा उत्पन्न धारा से स्थापित चुम्बकीय क्षेत्र, उस कारण का विरोध करता है जिसके कारण इसकी उत्पत्ति होती है। संक्षेप में लैन्ज के नियमानुसार प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा ऐसी होती है कि यह प्रेरित करने वाले **फ्लक्स परिवर्तन** (change in flux) **का विरोध करती है।** (U.P. 1997)

इस नियम का प्रयोग प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा ज्ञात करने के लिये भी किया जा सकता है।

लैन्ज के नियमों की पुष्टि निम्न प्रयोगों द्वारा भी की जा सकती है। जब एक चुम्बक, कुण्डली के पास ले जाया जाता है तो कुण्डली में विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है तो चित्र 6.4 (अ) में अंकित दिशा में कुण्डली में विद्युत धारा प्रवाहित होने लगती है। कुण्डली में विद्युत धारा प्रवाहित होने पर उसमें चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, जिसके कारण कुण्डली का चुम्बक के पास का सिरा उत्तरी ध्रुव के समान व्यवहार करने लगता है। क्योंकि समान ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित (repulsion) करते हैं इसलिये कुण्डली का चुम्बकीय क्षेत्र छड़ चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को आगे बढ़ने से रोकने का प्रयत्न करता है। इस विकर्षण बल (repulsion force) का विरोध करने में व्यय हुई यान्त्रिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है जोकि धारामापी (galvanometer) में अनुभव की जा सकती है।



चित्र—6.4

जब छड़ चुम्बक का उत्तरी ध्रुव कुण्डली से दूर ले जाया जाता है तो पुनः कुण्डली में विद्युत वाहक बल (E.M.F.) उत्पन्न होता है, जिसके परिणामस्वरूप धारा प्रवाह की दिशा पहली दिशा के विपरीत होती है। ऐसी दशा में कुण्डली का चुम्बक के पास का सिरा दक्षिणी ध्रुव के समान कार्य करने लगता है, देखें चित्र 6.4 (ब)। इस प्रकार इस समय कुण्डली तथा चुम्बक छड़ में आकर्षण बल (attraction force) कार्य करेगा जोकि छड़ चुम्बक को कुण्डली से दूर ले जाने की क्रिया का विरोध करेगा। पुनः वह यान्त्रिक ऊर्जा को इस आकर्षण बल का विरोध करने के लिये आवश्यक होगी, विधुत ऊर्जा में परिवर्तित हो जायेगी। इस स्थिति में धारामापी में पहली दिशा के विपरीत विक्षेप होगा।

इस प्रकार हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि प्रेरण द्वारा उत्पन्न विद्युत वाहक बल सदैव ऐसी दिशा में प्रवाहित होता है जो सापेक्ष गति का विरोध करने का प्रयत्न करती है।

6.1–4 विद्युत चुम्बकीय प्रेरण द्वारा विद्युत वाहक बल का उत्पादन (Production of e.m.f. by Electromagnetic Induction) (U.P. 1993)

Scanned with CamScanner

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण द्वारा विद्युत वाहक बल को निम्नलिखित विधियों द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है—

(अ) गतितः प्रेरित विद्युत वाहक बल (Dynamically Induced E.M.F.)

(ब) स्थैतिक प्रेरित विद्युत वाहक बल (Statically Induced E.M.F.)

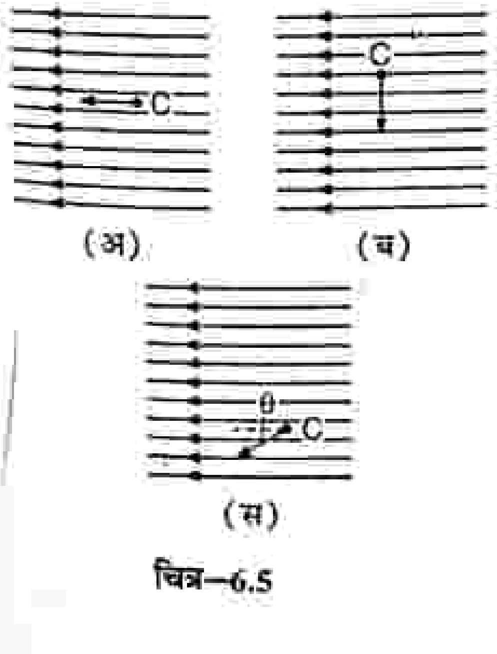
प्रथम विधि द्वारा एक चुम्बकीय क्षेत्र में चालक (conductor) घुमाने से विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है तथा यह **गतितः प्रेरित विद्युत वाहक बल** कहलाता है। दूसरी विधि में स्थिर चालक से सम्बद्ध फ्लक्स जब परिवर्तित होता है तो चालक में विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है जो कि **स्थैतिक विद्युत वाहक बल कहलाता है।**

6.1.5 गतितः प्रेरित विद्युत वाहक बल (Dynamically Induced E.M.F.) **(U.P. 2003)**—चित्र 6.5 में चुम्बकीय क्षेत्र में घूमने वाले एक चालक C की तीन विभिन्न स्थितियाँ दिखाई गई हैं। गति की दिशा तीर के निशान द्वारा दिखाई गई है।

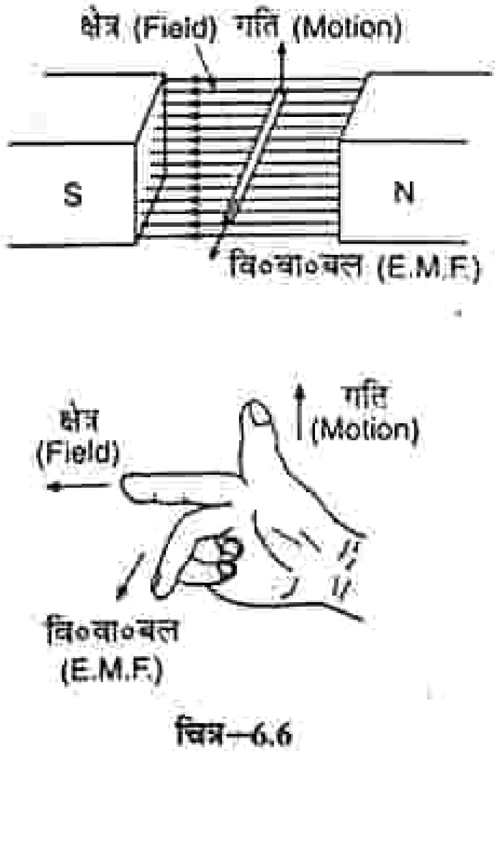
(i) चित्र 6.5 (अ) में चालक C, चुम्बकीय बल रेखाओं (क्षेत्र) के समान्तर गतिमान है तथा इस प्रकार फ्लक्स को नहीं काट रहा है। इसलिये इस समय कोई विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं हो रहा है।

(ii) चित्र 6.5 (ब) में चालक C, चुम्बकीय बल रेखाओं के क्षेत्र के लम्बवत् दिशा में है तथा अधिकतम बल रेखाओं को काट रहा है जिसके कारण चालक में अधिकतम विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है तथा यह Blv वोल्ट के बराबर होगा। जहाँ B = क्षेत्र का फ्लक्स घनत्व वेबर प्रति वर्ग मीटर में, l = चालक की मीटर में लम्बाई तथा v = गतिमान चालक का वेग मीटर प्रति सेकण्ड में है।

(iii) चित्र 6.5 (स) में चालक C, चुम्बकीय बल रेखाओं (क्षेत्र) से θ डिग्री कोण पर झुका हुआ है। अतः चालक C द्वारा बल रेखायें कटेंगीं तथा चालक में विद्युत वाहक बल प्रेरित होगा।



चित्र—6.5



चित्र—6.6

Scanned with CamScanner

चालक में प्रेरित विद्युत वाहक बल $v \sin \theta$ के समानुपाती होगा जो कि बल रेखाओं की दिशा पर लम्ब वेग का भाग है। इस प्रकार विद्युत वाहक बल का सुधरा रूप,

$$E = Blv \sin \theta \text{ वोल्ट}$$

इस प्रकार किसी चालक को चुम्बकीय क्षेत्र में गतिमान करने पर प्रेरित विद्युत वाहक बल, गतित: विद्युत वाहक बल कहलाता है।

गतित: प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियम द्वारा ज्ञात की जा सकती है।

6.1–6 फ्लेमिंग का दायें हाथ का नियम—इस नियम से प्रेरित विद्युत वाहक बल तथा धारा की दिशा सरलता से ज्ञात की जा सकती है। किसी चालक (conductor) में प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा, चालक के क्षेत्र या बल रेखाओं की दिशा तथा चालक की गति की दिशा में एक निश्चित सम्बन्ध होता है। इस नियम के अनुसार यदि दायें हाथ को इस प्रकार रखें कि प्रथम अंगुली, द्वितीय अंगुली एवं अंगूठा परस्पर समकोण पर हों जैसा कि चित्र 6.6 में दिखाया गया है तो प्रथम अंगुली बल रेखाओं (lines of force) या क्षेत्र को, तथा अंगूठा गति (motion) की दिशा को, तो द्वितीय अंगुली प्रेरित विद्युत वाहक बल या धारा को प्रदर्शित करेगी।

§ 6.2 स्थैतिक प्रेरित विद्युत वाहक बल (Statically Induced E.M.F)

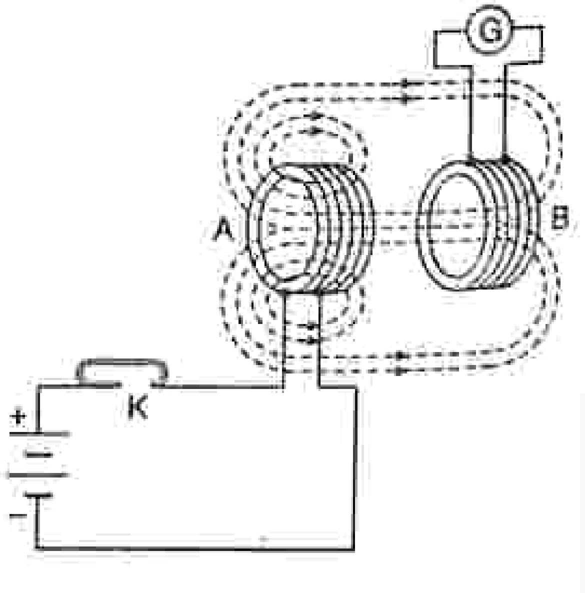
स्थैतिक प्रेरित विद्युत वाहक बल निम्न दो विधियों द्वारा प्रेरित किया जा सकता है—

(i) पारस्परिक या अन्योन्य प्रेरित विद्युत वाहक बल (Mutually Induced E.M.F),

(ii) स्वप्रेरित विद्युत वाहक बल (Self Induced E.M.F)

(i) **पारस्परिक या अन्योन्य प्रेरित विद्युत वाहक बल** (Mutually Induced E.M.F) (BTE 1999)

चित्र 6.7 के अनुसार दो कुण्डलियाँ A तथा B, एक-दूसरे के निकट रखी हुई हैं। कुण्डली A को एक बैटरी तथा स्विच K द्वारा जोड़ा गया है तथा कुण्डली B को एक धारामापी (galvanometer) G द्वारा जोड़ा गया है। जब स्विच K खुला (open) होगा तो कुण्डली A के परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी तथा इस समय कुण्डली B में लगे धारामापी में कोई विक्षेप नहीं होगा, जिसका अभिप्राय यह है कि कुण्डली B में कोई विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होगा।



चित्र—6.7 पारस्परिक विद्युत वाहक बल

अब यदि कुण्डली A के स्विच K को बन्द (closed) कर दिया जाये तो उसके परिपथ में धारा प्रवाहित होती है। इस समय धारामापी में क्षण भर

Scanned with CamScanner

∵ (एक ऐम्पियर द्वारा उत्पन्न फ्लक्स $\times N$) $= L$, जो कि स्वप्रेरकत्व गुणांक (coefficient inductance) कहलाता है।

या स्वप्रेरित विद्युत वाहक बल $= - L \times$ धारा परिवर्तन की दर $\left(\frac{di}{dt}\right)$

यहाँ (−) ऋण चिन्ह इसलिये दिया गया है क्योंकि विद्युत वाहक बल धारा परिवर्तन के विपरीत होता है।

इस प्रकार किसी कुण्डली का स्वप्रेरकत्व गुणांक (L), वेबर वर्तन प्रति ऐम्पियर होता है—

जबकि वेबर वर्तन का अभिप्राय फ्लक्स (इकाई वेबर) तथा उन वर्तनों की संख्या के गुणनफल से है जिनसे फ्लक्स सम्बद्ध होता है। इस प्रकार यदि किसी कुण्डली में वर्तनों की संख्या N, उसमें प्रवाहित धारा I ऐम्पियर तथा उत्पन्न ϕ वेबर हो तो वेबर वर्तन $N\phi$ होंगे तथा वेबर वर्तन प्रति ऐम्पियर, $\frac{N\phi}{I}$ होंगे।

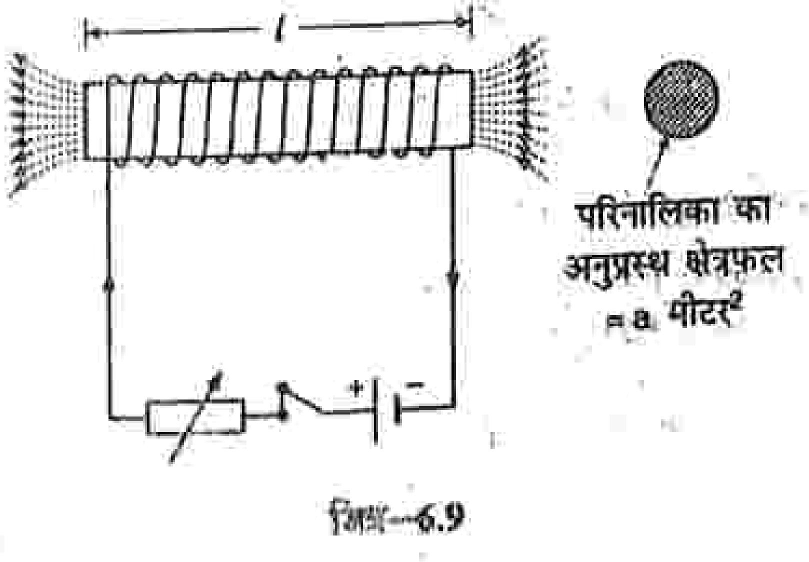
$$\text{स्वप्रेरकत्व गुणांक}, L = \frac{N\phi}{I} \qquad \text{(सूत्र)}$$

यदि उपरोक्त सूत्र में $I = 1$ ऐम्पियर, $N\phi = 1$ तो $L = 1$ हेनरी होगा।

उपरोक्त सूत्र तभी उपयोग में लाना चाहिये जब फ्लक्स ϕ, कुण्डली के वर्तन N, तथा कुण्डली में धारा I ज्ञात हो। यदि ϕ मान अज्ञात हो तो नीचे दिये परिनालिका के लिये स्वप्रेरकत्व गुणांक के सूत्र से L का मान ज्ञात करना चाहिये।

(ii) परिनालिका के लिये स्वप्रेरकत्व गुणांक (Coefficient of Self-Induction of a Solenoid)—कल्पना कीजिये कि

परिनालिका की लम्बाई मीटर में $= l$, परिनालिका का अनुप्रस्थ क्षेत्र $= a$ वर्ग मीटर



चित्र—6.9

$$\text{निर्वात में चुम्बकशीलता} = \mu_0$$

$$\text{किसी माध्यम की सापेक्ष चुम्बकशीलता} = \mu_r$$

तब
$$\text{स्वप्रेरकत्व गुणांक } 'L' = \frac{N\phi}{I}$$

Scanned with CamScanner

हम जानते हैं कि परिनालिका में उत्पन्न फ्लक्स

$$\phi = \frac{\text{चुम्बकत्व वाहक बल (m. m. f.)}}{\text{प्रतिष्टम्भ (reluctance)}} \quad \text{या} \quad \phi = \frac{NI}{l/a\mu_0\mu_r}$$

$$\therefore \qquad L = \frac{N}{I}\left(\frac{NI}{l/a\mu_0\mu_r}\right)$$

या $$L = \frac{N^2 a\mu_0\mu_r}{l} \text{ हेनरी (किसी माध्यम में)} \qquad \text{(सूत्र)}$$

वायु क्रोड कुण्डली में $\mu_r = 1$

$$\therefore \qquad L = \frac{N^2 a\mu_0}{l} \text{ हेनरी (हवा माध्यम में)} \qquad \text{(सूत्र)}$$

6.2–4 पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक (Coefficient of Mutual Induction) (U.P. 1999)—दो कुण्डलियों के बीच पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक, पास रखी दूसरी कुण्डली में उस प्रेरित विद्युत वाहक बल के संख्यात्मक मान के बराबर होता है जो कि पहली कुण्डली में धारा परिवर्तन की दर एकांक होने पर उत्पन्न होता है।

(1) कल्पना कीजिये कि प्रथम कुण्डली में I ऐम्पियर धारा प्रवाहित होती है। इस धारा के कारण दूसरी कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स ϕ, धारा के समानुपाती होगा।

अर्थात $$\phi \propto I \quad \text{या} \quad \phi = MI$$

जहाँ M एक स्थिरांक है जिसे दोनों कुण्डलियों के बीच का **पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक** कहते हैं।

यदि प्रथम कुण्डली में धारा परिवर्तन करने पर पास रखी दूसरी कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल e हो तो लैंज के नियमानुसार

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(MI)}{dt} = -M\frac{dI}{dt}$$

यहाँ $\frac{dI}{dt}$, प्रथम कुण्डली में धारा के परिवर्तन की दर है तथा (–) ऋण चिन्ह यह प्रकट करता है कि प्रथम कुण्डली में धारा से, पास रखी दूसरी कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित विद्युत वाहक बल e विपरीत दिशा में है।

उपरोक्त सूत्र में यदि $\frac{dI}{dt} = 1$ हो तो

$$M = e \qquad \text{(संख्यात्मक रूप में)}$$

पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक की इकाई हेनरी है। इस प्रकार यदि कुण्डली में 1 ऐम्पियर प्रति सेकण्ड की दर से धारा परिवर्तन होने पर, दूसरी कुण्डली में 1 वोल्ट का प्रेरित विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो तो दोनों कुण्डलियों में पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक 1 हेनरी होगा।

(2) यदि कुण्डली पर वर्तनों को संख्या, सम्बद्ध फ्लक्स प्रति ऐम्पियर, तथा कुण्डली

Scanned with CamScanner

में प्रवाहित धारा ज्ञात हो तो दोनों कुण्डलियों में पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक का मान निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

$$M = \frac{N_2 \phi_1}{I_1}$$

जहाँ N_2 = दूसरी कुण्डली के वर्तनों की संख्या,

ϕ_1 = सम्बद्ध फ्लक्स प्रति ऐम्पियर

I_1 = प्रथम कुण्डली में प्रवाहित धारा

(3) **परिनालिका के लिये पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक**—कल्पना कीजिए कि

परिनालिका की लम्बाई मीटर में $= l$

परिनालिका का अनुप्रस्थ क्षेत्र वर्ग मीटर में $= a$

प्रथम कुण्डली में वर्तनों की संख्या $= N_1$

दूसरी कुण्डली में वर्तनों की संख्या $= N_2$

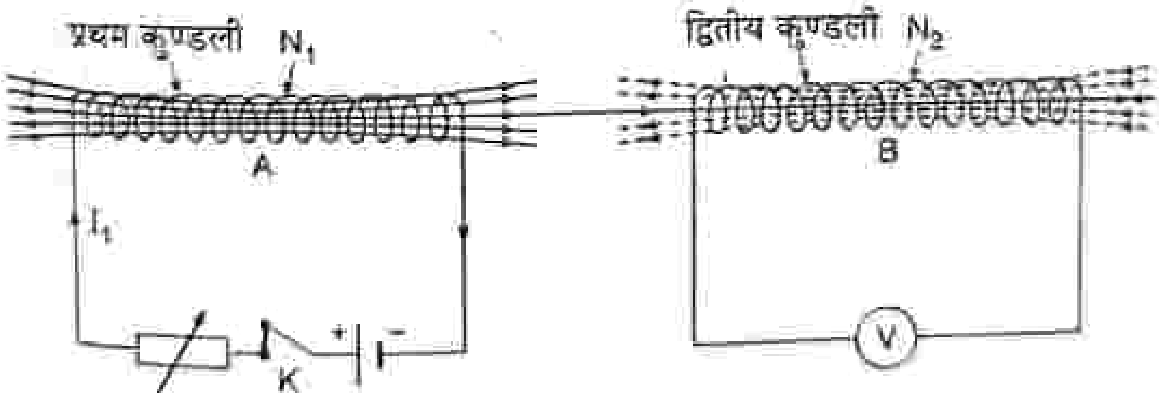
सम्बन्ध फ्लक्स प्रति ऐम्पियर $= \phi_1$

तथा प्रथम कुण्डली में प्रवाहित धारा $= I_1$

तो पारस्परिक प्रेरकत्व गुणांक, $M = \frac{N_2 \phi_1}{I_1}$

जबकि परिनालिका में फ्लक्स, $\phi_1 = \frac{N_1 I_1}{l/\mu_0 \mu_r a}$

$$= \frac{N_1 I_1 a \mu_0 \mu_r}{l}$$



चित्र–6.10

$$M = \frac{N_2}{I_1}\left(\frac{N_1 I_1 \mu_0 \mu_r a}{l}\right)$$

$$= \frac{N_1 N_2 a \mu_0 \mu_r}{l} \text{ हेनरी} \quad \text{(किसी माध्यम में)}$$

$$M = \frac{N_1 N_2 a \mu_0}{l} \text{ हेनरी} \quad \text{(हवा माध्यम में)}$$

Scanned with CamScanner

युग्मन गुणांक (Coefficient of Coupling)—चित्र 6.10 के अनुसार कल्पना कीजिये कि दो कुण्डलियां जिनमें वर्तनों की संख्या क्रमशः N_1 तथा N_2 है। इन कुण्डलियों के अपने अलग-अलग स्वप्रेरकत्व गुणांक निम्न हैं—

$$L_1 = \frac{N_1^2}{l/\mu_0 \mu_r A} \quad \text{तथा} \quad L_2 = \frac{N_2^2}{l/\mu_0 \mu_r A}$$

प्रथम कुण्डली (A) I_1 में ऐम्पियर द्वारा ϕ_1 फ्लक्स उत्पन्न होगा।

अर्थात्
$$\phi_1 = \frac{N_1 I_1}{l/\mu_0 \mu_r A}$$

मान लीजिये इस फ्लक्स की एक भिन्न K_1 अर्थात् $K_1\phi_1$ द्वितीय कुण्डली (B) से ग्रन्थित (linked) होती है।

तब
$$M = \frac{K_1\phi_1 \times N_2}{I_1} \quad \ldots \text{(i)}$$

जहाँ $K_1 < 1, \phi_1$ का मान उपरोक्त समीकरण में रखने पर,

$$M = K_1 \times \frac{N_1 N_2}{l/\mu_0 \mu_r A} \quad \ldots \text{(ii)}$$

इस प्रकार द्वितीय कुण्डली (B) में I_2 ऐम्पियर द्वारा ϕ_2 फ्लक्स उत्पन्न होगा,

अर्थात्
$$\phi_2 = \frac{N_2 I_2}{l/\mu_0 \mu_r A}$$

मान लीजिये इस फ्लक्स की एक भिन्न K_2, अर्थात् $K_2\phi_2$ प्रथम कुण्डली (A) से ग्रन्थित होती है।

तब,
$$M = \frac{K_2\phi_2 \times N_1}{I_2} = K_2 \frac{N_1 N_2}{l/\mu_0 \mu_r A} \quad \ldots \text{(iii)}$$

समीकरण (ii) तथा (iii) को आपस में गुणा करने पर

$$M^2 = K_1 K_2 \frac{{N_1}^2}{l/\mu_0 \mu_r A} \times \frac{{N_2}^2}{l/\mu_0 \mu_r A} \quad \text{या} \quad M^2 = K_1 K_2 L_1 L_2$$

$$\sqrt{(K_1 K_2)} = K \text{ रखने पर, } M^2 = K\sqrt{(L_1 L_2)}$$

या
$$K = \frac{M}{\sqrt{(L_1 L_2)}}$$

K स्थिरांक **युग्मन गुणांक** (Coefficient of coupling) कहलाता है तथा इसे दो कुण्डलियों के मध्य उपस्थित वास्तविक पारस्परिक प्रेरकत्व तथा पारस्परिक प्रेरकत्व के अधिकतम सम्भव मान के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। यदि एक कुण्डली का फ्लैक्स दूसरी कुण्डली से पूर्णरूप से ग्रन्थित हो तो K का मान इकाई (unit)

Scanned with CamScanner

होता है यदि एक कुण्डली का फ्लक्स दूसरी कुण्डली के साथ कुछ भी ग्रन्थित न हो, तो $K = 0$ (शून्य) होगा। प्रथम स्थिति में जब $K = 1$ होता है, तब कुण्डलियाँ दृढ़ रूप से युग्मित (coupled) होती हैं, तथा जब $K = 0$ होता है तब कुण्डलियाँ एक दूसरे से चुम्बकीय रूप से पृथक् होती हैं।

विचार प्रश्न 6.1 फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण नियमों को समझाइये तथा उनके व्यवहारिक उदाहरण दीजिये।

उत्तर: फैराडे के विद्युत चुम्बक प्रेरण नियम।

प्रथम नियम—जब किसी परिपथ या कुण्डली के चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो परिपथ कुण्डली में विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है।

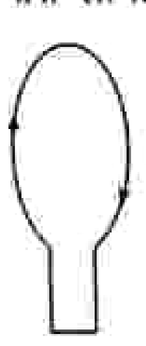
द्वितीय नियम—किसी परिपथ या कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण फ्लक्स परिवर्तन की दर के सीधे समानुपाती होता है।

उपरोक्त नियमों का प्रयोग विद्युत मशीनों जैसे जनित्र, मोटरें तथा ट्रांसफार्मर के परिचालन (operation) में किया जाता है, जो मूल रूप से प्रेरित विद्युत वाहक बल पर ही निर्भर करते हैं।

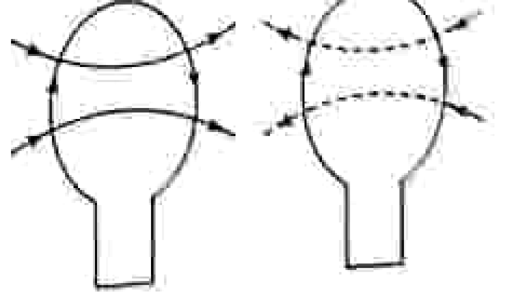
विचार प्रश्न 6.2—एक कुण्डली को स्थिर मान वाले चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है। क्या कुण्डली में कोई विद्युत वाहक बल (E.M.F.) प्रेरित (induced) होगा? अपने उत्तर के समर्थन के लिये कारण दीजिये।

उत्तर: यदि किसी कुण्डली या चालक को किसी स्थिर मान वाले चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो उसमें विद्युत वाहक बल प्रेरित नहीं होता है। इस नियम की पुष्टि फैरड के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के प्रथम नियम (§ 6.3) द्वारा की जा सकती है। अधिक स्पष्टीकरण के लिये (§ 6.7) भी देखें।

विचार प्रश्न 6.3—दो लूप एक दूसरे के समान्तर में रखे हुए हैं तथा एक लूप में चित्र 6.11 में दिखाई गई दिशा में धारा प्रवाहित हो रही है। धारा वहन करते हुए लूप को, दूसरे लूप के पास लाया जाता है।



चित्र—6.11



चित्र—6.12

धारा वहन करते हुए लूप के कारण दो बल रेखायें खींचो तथा दूसरे लूप में प्रेरित धारा के कारण भी दो बल रेखायें (lines of force) खींचें तथा प्रेरित धारा की दिशा भी दिखायें।

उत्तर: चित्र 6.12 देखिये।

Scanned with CamScanner