26 विद्युत चुम्बकीय प्रेरण

चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = \int \vec{B} . d\vec{A}$$

यदि पृष्ठ बन्द पृष्ठ हो तो चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = \oint \vec{B} . d\vec{A} = 0$$

चूँकि चुम्बकीय बल रेखाएँ बन्द रेखायें होती है तथा मुक्त चुम्बकीय ध्रुवों का अस्तित्व नहीं होता है।

$$B = \frac{\phi}{A}$$

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम

(a) प्रथम नियम : जब किसी परिपथ से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में समय के साथ परिवर्तन होता है तो परिपथ में विद्युत वाहक बल प्रेरित होता है। परिपथ में प्रेरित वि.वा.बल तब तक विद्यमान रहता है जब तक कि सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता रहता है।

(b) द्वितीय नियम :

$$E \propto \left(\frac{d\phi}{dt}\right)$$

लेन्ज का नियम

परिपथ में प्रेरित विद्युत वाहक बल या धारा की दिशा सदैव इस प्रकार होती है कि वह उस कारण का विरोध करती है, जिससे उसकी उत्पत्ति होती है, अर्थात्

$$E = -N\left(\frac{d\phi}{dt}\right)$$

$N \rightarrow$ कुण्डली में घेरों की संख्या

लेन्ज का नियम ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त पर आधारित है।

N चक्करों की कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल, धारा तथा आवेश

(a) प्रेरित वि. वा. बल $\quad E = -N\frac{d\phi}{dt} = -\frac{N(\phi_2 - \phi_1)}{t}$

(b) यदि कुण्डली युक्त परिपथ का प्रतिरोध R हो तो प्रेरित धारा

$$I = \frac{E}{R} = -\frac{N}{R}\left(\frac{d\phi}{dt}\right) = -\frac{N}{R}\frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t}$$

(c) प्रेरित आवेश $$q = -\frac{N(\phi_2 - \phi_1)}{R} = \frac{N(\phi_1 - \phi_2)}{R}$$

आवेश, केवल फ्लक्स परिवर्तन पर निर्भर करता है। समय पर नहीं।

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में किसी चालक छड़ की समवेग रेखीय गति के कारण प्रेरित वि. वा. बल

$$E = -\vec{\ell} \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

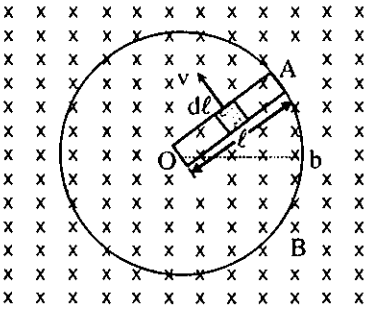
यदि $\vec{e}$, $\vec{v}$ तथा $\vec{B}$ परस्पर लम्बवत् हों तो

$$E = Bv\ell \text{ वोल्ट}$$

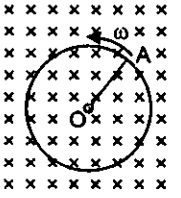
एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में चालक छड़ की कोणीय गति के कारण प्रेरित वि. वा. बल

$$E = \frac{1}{2} B\omega\ell^2 = B\pi n\ell^2 = BAn$$

जहाँ n आवृत्ति है।



एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में धातु की चकती की कोणीय गति के कारण प्रेरित वि. वा. बल

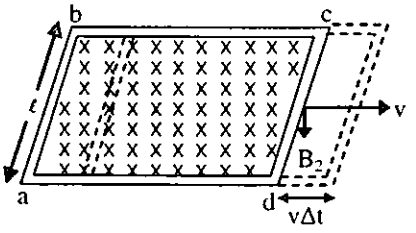


$E_{OA} = \frac{1}{2} B\omega R^2$ (केन्द्र तथा परिधि पर स्थित किसी बिन्दु के मध्य)

$= B\pi R^2 n = BAn$

यहाँ O, A की तुलना में उच्च विभव पर हैं (चित्र देखें)

असमान चुम्बकीय क्षेत्र में नियत रेखीय वेग से गति के कारण एक आयताकार कुण्डली में प्रेरित वि. वा. बल धारा तथा बल :



(i) कुण्डली से निकलने वाले फ्लक्स में समय Δt में कुल बढ़ोतरी

$$\Delta\phi = (B_2 - B_1) l v \Delta t$$

(ii) कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित वि. वा. बल

$$E = (B_1 - B_2) l v$$

(iii) यदि कुण्डली का प्रतिरोध R हो तो कुण्डली में धारा

$$I = \frac{E}{R} = \frac{(B_1 - B_2)}{R} \ell v$$

(iv) कुण्डली पर लगने वाला कुल बल

$$F = I l (B_1 - B_2) \text{ (बांयी तरफ)}$$

(v) परिणामी बल के विरूद्ध किया गया कार्य

$$W = (B_1 - B_2)^2 \frac{\ell^2 v^2}{R} \Delta t \text{ जूल}$$

इस कार्य में दी गई ऊर्जा परिपथ में ऊष्मा ऊर्जा के रूप में प्रकट होती है।

(vi) Δt समय में I धारा प्रवाहित करने में दी गई ऊर्जा

$$H = I^2 R \Delta t$$

या $$H = (B_1 - B_2)^2 \frac{\ell^2 v^2}{R} \Delta t \text{ जूल}$$

या $$H = W$$

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में आयताकार कुण्डली का घूर्णन

(a) कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = BAN \cos\theta$$
$$= BAN \cos \omega t$$

(b) कुण्डली में प्रेरित वि. वा. बल

$$E = -\frac{d\phi}{dt} = BA N\omega \sin \omega t = E_0 \sin \omega t$$

(c) कुण्डली के परिपथ में प्रेरित धारा

$$I = \frac{E}{R} = \frac{BAN\omega}{R} \sin \omega t$$
$$= \frac{E_0}{R} \sin \omega t$$

(d) उत्पन्न विद्युत वाहक बल तथा धारा प्रत्यावर्ती वि. वा. बल तथा प्रत्यावर्ती धारा कहलाते हैं।

स्वप्रेरणत्व तथा स्वप्रेरकत्व (L)

एक कुण्डली या परिपथ में धारा परिवर्तित करने पर उसी कुण्डली या परिपथ से सम्बन्धित फ्लक्स में परिवर्तन होता है, जिससे उसी कुण्डली या परिपथ में प्रेरित वि. वा. बल उत्पन्न हो जाता है, तो इस घटना को स्वप्रेरण कहते हैं।

(i) $\phi \propto I$ or $\phi = LI$

या $L = \frac{\phi}{I}$

(ii) $E = -L \frac{dI}{dt}$

जहाँ L स्वप्रेरकत्व है।

या $L = \frac{E}{-(dI/dt)}$

(iii) कुण्डली के लिये

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \pi R}{2} = \frac{\mu_0 N^2 A}{2R}$$

(iv) परिनालिका के लिये

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$$

(v) एक–दूसरे से काफी दूरी पर स्थित (बिना युग्मन के) L_1 तथा L_2 स्वप्रेरकत्व की कुण्डलियों के

(a) श्रेणीक्रम संयोजन के लिये :

$L = L_1 + L_2 .... L_n$

(b) समान्तर क्रम संयोजन के लिये :

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} ..... \frac{1}{L_n}$$

अन्योन्य प्रेरण तथा अन्योन्य प्रेरकत्व

(a) एक कुण्डली या परिपथ में धारा परिवर्तित करने पर निकटवर्ती दूसरी कुण्डली या परिपथ से सम्बद्ध फ्लक्स परिवतर्तित होता है, जिससे दूसरी कुण्डली या परिपथ में प्रेरित वि. वा. बल उत्पन्न हो जाता है, तो इस घटना को अन्योन्य प्रेरण कहते हैं।

(b) $\phi_2 \propto I_1$ or $\phi_2 = MI_1$ या $M = \frac{\phi_2}{I_1}$

(c) $E_2 = -\frac{d\phi_2}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt}$ या $M = \frac{E_2}{-(dI_1/dt)}$

(d) $M_{12} = M_{21} = M$

(e) दो समाक्ष परिनालिकाओं के लिये M का मान

$$M = \frac{\mu_0 N_1 N_2 A}{\ell}$$

(f) यदि L_1 तथा L_2 स्वप्रेरकत्व की दो कुण्डलियों को एक दूसरे पर लपेटा गया हो

$$M = K \sqrt{L_1 L_2}$$

जहाँ K युग्मन नियतांक है।

(g) समान दिशा में लपेटी गई तथा श्रेणीक्रम में जुड़ी कुण्डलियों के लिये

$$L = L_1 + L_2 + 2M$$

विपरीत दिशा में लपेटी गई तथा श्रेणीक्रम में जुड़ी कुण्डलियों के लिये

$$L = L_1 + L_2 - 2M$$

समान्तर क्रम में जुड़ी दो कुण्डलियों के लिये

$$L = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \pm 2M}$$

प्रेरकत्व में एकत्रित ऊर्जा

ऊर्जा चु. क्षेत्र के रूप में संचित होती है।

$$U_B = \frac{1}{2} L I_{max}^2$$

चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व

$$U_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

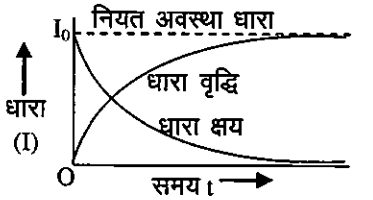
L–R परिपथ

(a) धारा में वृद्धि $I = I_0 (1 - e^{-Rt/L})$

(b) धारा में क्षय $I = I_0 e^{-Rt/L}$

(c) समय नियतांक $\tau = L/R$

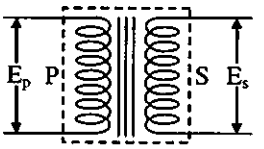
समय नियतांक में → धारा में वृद्धि I = 63% of I
→ धारा में ह्रास I = 37% of I_0



भंवर धाराए

यदि किसी चालक को चुम्बकीय क्षेत्र में गति करायें तो उसमें जो प्रेरित धारायें उत्पन्न होती है, उन्हें भंवर धाराएँ कहते हैं। ये बन्द परिपथ में प्रवाहित होती है। इनके कारण ऊर्जा की हानि होती है तथा यह ऊर्जा ऊष्मा के रूप में प्रकट होती है।

ट्रान्सफॉर्मर



(a) इसकी सहायता से प्रत्यावर्ती धारा तथा वोल्टता का मान परिवर्तित किया जाता है।

(b) $\frac{E_s}{E_p} = \frac{n_s}{n_p} = K$

(c) $\frac{I_s}{I_p} = \frac{n_p}{n_s} = \frac{1}{K}$ (आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लिये)

(d) आदर्श ट्रांसफॉर्मर में :

$$E_pI_p = E_sI_s \quad \text{या} \quad P_{in} = P_{out}$$

(e) उच्चायी ट्रांसफॉर्मर में :

$$n_s > n_p \quad \text{या} \quad K > 1$$
$$E_s > E_p \quad \text{और} \quad I_s < I_p$$

(f) अपचायी ट्रान्सफॉर्मर में :

$$n_s < n_p \quad \text{या} \quad K < 1$$
$$E_s < E_p \quad \text{और} \quad I_s > I_p$$

(g) दक्षता $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\ \%$

जनित्र या डायनमो

वह वैद्युत युक्ति जिसके द्वारा यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है, जनित्र कहलाती है। यह वि. चु. प्रेरण के सिद्धान्त पर आधारित है।

प्रत्यावर्ती धारा जनित्र

इसमें क्षेत्र चुम्बक, आर्मेचर, सर्पिल वलय तथा ब्रुश होते हैं। इससे उत्पन्न वोल्टता तथा धारा की आवृत्ति होती है -

$$f = \frac{Nn}{2}$$

$N \rightarrow$ ध्रुवों की संख्या

$n \rightarrow$ घूर्णन आवृत्ति

दिष्ट धारा जनित्र

इसमें क्षेत्र चुम्बक, आर्मेचर, दिक् परिवर्तक (कम्यूटेटर) तथा ब्रुश होते हैं।

मोटर

विरोधी विद्युत वाहक बल $e \propto \omega$

कुण्डली में प्रवाहित धारा

$$i_a = \frac{E - e_b}{R}$$

अथवा $E = e_b + i_aR$

जहाँ R कुण्डली का प्रतिरोध है।

प्राप्त शक्ति $= i_ae_b$

दक्षता $\eta = \frac{e_b}{E} \times 100\ \%$