

## Lesson-6

# ११ वैद्युत चुम्बकीय प्रेरणा

परिवर्ती चुम्बकीय द्वारा वैद्युत वाहक बल अथवा वैद्युत धारा उत्पन्न होने की घटना की वैद्युत चुम्बकीय प्रेरणा कहते हैं।

प्र०- ११७ के ११७ फराड के वैद्युत चुम्बकीय प्रेरणा सम्बन्धी नियम लिखिए।

उत्तर- प्रथम नियम किसी कुण्डली से सम्बन्धित प्रेरित वैद्युत वाहक बल (e) का मान, चुम्बकीय परवास में परिवर्तन की तरणात्मक दर ( $\frac{d\Phi_B}{dt}$ ) के समानुपाती होता है।

$$e \propto - \frac{d\Phi_B}{dt} \Rightarrow e = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

जहाँ तरणात्मक चिन्ह यह प्रदर्शित करता है कि प्रेरित वैद्युत वाहक बल, परवास में परिवर्तन का विरोध करता है। वैद्युत वाहक बल का मानक वोल्ट होता है जिसमें यदि परिपथ में कोई कुण्डली हो, तब कुण्डली में प्रेरित तूर के N पर हो, तब कुण्डली में प्रेरित वैद्युत वाहक बल,  $e = -N \left( \frac{d\Phi_B}{dt} \right)$

द्वितीय नियम - किसी परिपथ में प्रेरित वैद्युत वाहक बल अथवा प्रेरित धारा की दिशा सदैव ऐसी होती है कि यह

उस कारण का विशेषज्ञ करती है जिससे वह स्वयं उपन्न होती है, इसे लैन्ज का नियम कहते हैं।

फ्लिंग का दारू हाथ का नियम -

यदि हम दारू हाथ का अंगुठा और उसके पास वाली दोनों अंगुलियों को राक-द्वारा के लग्नवत्त फ़ेलाये, तब यदि पहली अंगुली चुम्लकीय क्षेत्र की दिशा को तथा अंगुठा चुम्लक के चलन की दिशा को प्रदाशित करे, तो वीच वाली अंगुली चुम्लक में ऐसी धारा की दिशा बनायेगी

चुम्लकीय फ्लक्स (Magnetic flux) -

क्षेत्र में स्थित किसी तल के अभिभवनवत् गुजरने वाली तल रेखाओं की संख्या का उस तल से बहु चुम्लकीय फ्लक्स ( $\Phi_B$ ) कहते हैं।

अर्थात्,  $\phi_B = BA$

यदि तल चुम्लकीय क्षेत्र से  $\theta$  कोा बना रहा हो तब  $\phi_B = BA \cos \theta$

$\phi_B$  का मात्रक - चुम्लकीय फ्लक्स का SI मात्रक एवं वृत्तिरूप तथा CGS मात्रक मेक्सील है।

1 वैबर (Wb) =  $10^8$  मैक्सील (Mx)

$\phi_B$  की विमा —

$$\phi_B = BA \cos \theta^{\circ}$$

$$\phi_B = \frac{\text{न्यूटन}}{\text{एम्पियर-मीटर}} \times \text{मीटर}^2$$

$$\phi_B = \frac{\text{न्यूटन-मीटर}}{\text{एम्पियर}}$$

$$= [MLT^{-2}] [L]$$

$$[A]$$

$$= [ML^2 T^{-2} A^{-1}]$$

राशि — अदिशा

Note — चुम्बकीय दैरेस की चुम्बकीय परवत्स धनते ही कहते हैं।

प्रेरित धारा तथा प्रेरित आवेश

Induced current

and Induced change) — यदि बन्द परिपथ का

कुल प्रतिरोध  $R$  हो तथा कुड़ली के सिरों पर उपर्युक्त प्रेरित वैद्युत चुम्बकीय वर्गल,  $e$  हो तो कुड़ली में प्रतापित प्रेरित धारा

$$j = \frac{e}{R} \quad \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{में जानते हैं, वैद्युत वाले बल } e = -N \left( \frac{d\phi_B}{dt} \right) \quad \dots \dots \dots (ii)$$

सभी (i) में  $e$  का मान रखने पर

$$\text{प्रेरित धारा } j = -N \left( \frac{d\phi_B}{R dt} \right) \quad \dots \dots \dots (iii)$$

यदि प्रेरित आवेश  $q$  हो तो  $a = j \times dt$

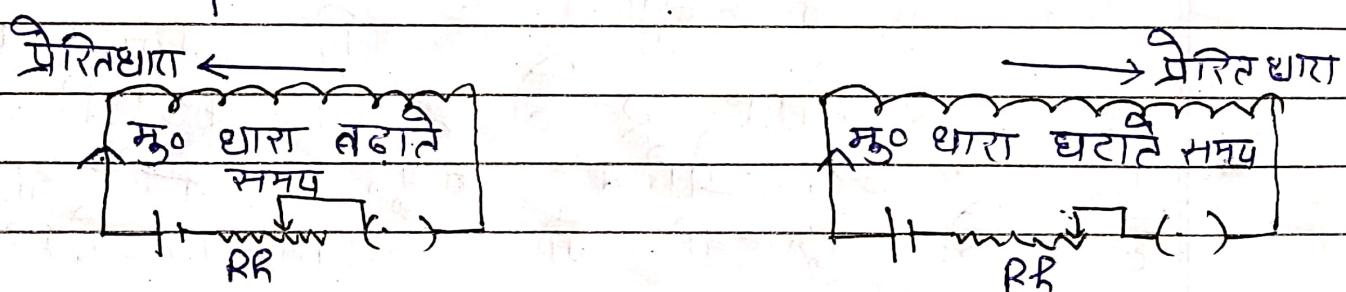
$$\text{सभी (iii) से प्रेरित आवेश } q = - \frac{N}{R} \left( \frac{d\phi_B}{dt} \right) \dots \dots \dots$$

$$a = - \frac{N}{R} d\phi_B$$

## स्वप्रेरणा

(Self Induction) —

जब किसी कुण्डली में प्रताहित धारा के मान में परिवर्तन किया जाता है तो कुण्डली से वह चुम्बकीय पलकस में परिवर्तन होता है जिससे कुण्डली में मुरण्य धारा के साथ - 2 प्रेरित धारा भी उत्पन्न हो जाती है, विद्युत चुम्बकीय प्रेरणा की यह घटना स्व-प्रेरणा कहलाती है। यदि कुण्डली में धारा बढ़ाई जाती है तो लेन्ज के नियमानुसार प्रेरित धारा, मुरण्य धारा के विपरित दिशा में होती है। यदि धारा घटाई जाती है तो प्रेरित धारा की दिशा में होती है।



स्वप्रेरणा गुणाक या स्वप्रेरकत्व — माना कि प्रताहित करने पर कुण्डली के प्रत्येक फेरे से वह चुम्बकीय पलकस  $\Phi_B$  है, यदि कुण्डली में ऐसी की संख्या N है, तो पलकस प्रथिताओं की संख्या प्रवाहित धारा  $i$  के अनुक्रमानुपाती होती है।

अर्थात्,

$$N\Phi_B \propto i$$

$$N\Phi_B = L \cdot i \quad \text{समी(i)}$$

जहाँ  $L$  = कुण्डली का स्वप्रेरण गुणाक

$$L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

यदि  $i = 1$  हो तब

$$L = N\phi_B$$

अतः किसी कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक पूर्णवेस विधि ताऊ की संरचना के बराबर होता है। जबकि कुण्डली में प्रवाहित धारा इकाक हो।

हितिय प्रतिभाषा — कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित विद्युत वाहक बल

$$e = -N \frac{d\phi_B}{dt}$$

या

$$e = - \frac{d(N\phi_B)}{dt}$$

समी०, स

$$N\phi_B = Li$$

$$e = - \frac{d(Li)}{dt}$$

$$e = -L \frac{di}{dt}$$

$$L = \frac{e}{di/dt}$$

यदि  $di/dt = 1$  हो तब

$$[L = e \text{ (संरचनात्मक रूप से)}]$$

अतः

“किसी कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक संरचनात्मक रूप से प्रेरित विद्युत वाहक बल के बराबर होता है। जबकि कुण्डली में धारा प्रतिरूपन की दर इकाक हो।”

$\perp$  की मात्रक तथा विमा -

$$\begin{aligned}
 \text{(i) मात्रक} & - \frac{\text{हेक्टर}}{\text{वोल्ट रोम्पियर/सीकेएंड}} \\
 \text{(ii) } \perp \text{ की विमा} & - \frac{\text{वोल्ट}}{\text{रोम्पियर/सीकेएंड}} \\
 & = \frac{\text{जुल}}{\text{कुलोम-रोम्पियर}} \\
 & = \frac{[M L^2 T^{-2}] [T]}{[AT] [A]} \\
 & = \frac{[M L^2 T^{-2} A^{-2}]}{[M L^2 T^{-2} A^{-2}]}
 \end{aligned}$$

राशि - अदिशा

प्रश्न - यह समतल बृताकार कुण्डली के लिए स्वप्रेरण गुणाकर का सूत्र निर्णयित कीजिए।

I.M.P

उत्तर - माना कि इनिया की एक समतल बृताकार कुण्डली में  $N$  फैर है तथा इसमें धारा प्रवाहित हो रही है। अतः कुण्डली के केन्द्र पर चुरचकीय देश

$$B = \frac{\mu_0 N j}{2\pi} \quad \dots \text{समी(i)}$$

यदि कुण्डली के सम्पूर्ण तल में चुरचकीय देश  $B$  राक्षसमान है। अतः कुण्डली से वह चुरचकीय फलक्स,  $\Phi_B = B \cdot A$

जहाँ  $A$  कुण्डली का जीगफल है, अतः  $A = \pi r^2$

समी(i) से  $\Phi_B = \frac{\mu_0 N j}{2\pi} \times \pi r^2$

$$\Phi_B = \frac{\mu_0 N j}{2} \times \pi d - \text{समी(2)}$$

कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक  $L = \frac{N \Phi_B}{j}$

$\Phi_B$  का मान समी (2) से रखने पर,

$$L = \frac{N}{j} \times \frac{\mu_0 N j}{2} \times \pi d$$

अतः समतल कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक

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

प्र० - धारावाही परिनालिका के स्व-प्रेरण गुणांक का सूत्र ज्ञात कीजिए। V.T.M.P.

उत्तर- माना कि एक धारावाही परिनालिका जिसका दीर्घफल (A), लंबवाई (l) तथा इसमें तार के फेरो की संख्या (N) है।

माना कि इसमें (j) धारा चाहिए ही रही है। अतः प्रति रुकाक लंबवाई में फेरो की संख्या  $= \frac{N}{l}$

परिनालिका के भीतर चुरचकीय दैर (B)  $= \frac{\mu_0 N j}{l}$

∴ प्रत्यक फेरो में बहु चुरचकीय फलक्षण ( $\Phi_B$ ),

$$\Phi_B = B \cdot A$$

समी (i) से

$$\Phi_B = \frac{\mu_0 N j}{l} \times A - \text{②}$$

अतः परिनालिका का स्वप्रेरकत्व,  $L = \frac{N \Phi_B}{j} - \text{③}$

समी (2) से  $\Phi_B$  का मान रखने पर,  $L = \frac{N}{j} \times \frac{\mu_0 N j}{l} \times A$

$$\left[ L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \right]$$

प्रश्न- अन्योन्य प्रेरण से क्या अभिप्राय है? अन्योन्य प्रेरण से गुणाक की परिभाषा दीजिए तथा दी समतल कुण्डलियों के अन्योन्य प्रेरकत्व का सूत्र स्थापित कीजिए। V.I.m.P

अधता

प्रश्न- वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण क्या होता है? वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण के आधार पर अन्योन्य प्रेरण की परिभाषा बनाइए।

उत्तर- वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण - जब किसी कुण्डली की चुम्बकीय आणकिक गति होती है तो कुण्डली में एक विद्युत वाव बल उत्पन्न हो जाता है, जिसे प्रेरित विद्युत वाव बल कहते हैं। यदि कुण्डली एक वंद परिपथ होती है तो इस प्रेरित विद्युत वाव बल के कारण कुण्डली में वैद्युत धारा प्रवाहित होती है, जिसे प्रेरित धारा कहते हैं। इस घटना की वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं।

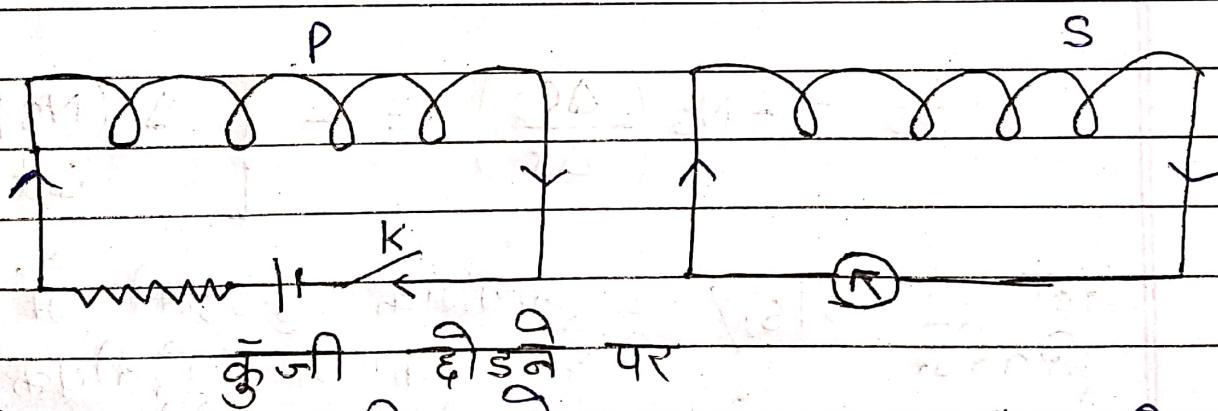
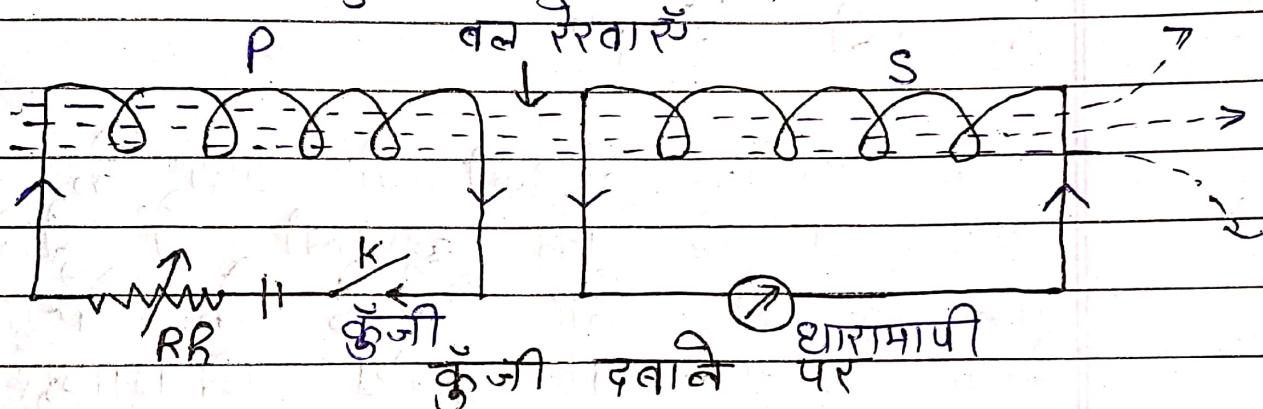
अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction) - यदि

दो कुण्डलियों को पास्त-2 सेवकर रख मैं धारा प्रवाहित करें तो दूसरी कुण्डली में एक प्रेरित विद्युत वाव बल उत्पन्न होता है। वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण की यह घटना अन्योन्य प्रेरण कहलाती है। वह कुण्डली जिसमें धारा परिवर्तित होती है, प्राथमिक कुण्डली तथा जिसमें प्रेरित विद्युत वाव बल उत्पन्न होती है।

हितीयक कुण्डली कहलाती है। अन्यीन्य प्रेरणा के उदाहरण हासफासरि तथा प्रेरणा कुण्डली है।

अन्यीन्य प्रेरणा - वृणांक अथवा अन्यीन्य प्रेरकल:

माना प्राथमिक कुण्डली में  $jip$  धारा प्रवाहित होती है तो हितीयक कुण्डली में प्रत्येक फेरे से चुरबकीय पल्बक्स  $\phi_s$  होती है। यदि  $b$  हितीयक कुण्डली में  $N_s$  फेरे हों तो,



हितीयक कुण्डली से बहुत कुल चुरबकीय पल्बक्स  $N_s \phi_s$  होता है तथा यह प्राथमिक कुण्डली में प्रवाहित धारा  $jip$  के अनुक्रमानुपाती होता है अथवा,

$$\text{अथवा } N_s \phi_s \propto jip \\ N_s \phi_s = Mip \quad \text{समीक्षा}$$

जहाँ  $M =$  रुक नियतांक है, जिसे दीवी

कुण्डलियी के बीच अन्योन्य प्रेरणा गुणांक अद्यता अन्योन्य प्रेरकत्व कहते हैं।

$$M = \frac{Ns\phi_s}{ip}$$

यदि  $ip = 1$  रोम्पियर हो तो,  $M = Ns\phi_s$  अर्थात् “दो कुण्डलियी के बीच अन्योन्य प्रेरणा गुणांक किसी एक कुण्डली में चुम्लकीय पलक्षण की संरक्षा के बराबर होती है, जबकि दूसरी कुण्डली में एकाक धारा प्रवाहित हो रही है।”

यदि प्राथमिक कुण्डली में धारा के मान में परिवर्तन करने से द्वितीय कुण्डली में प्रेरित वैधुत वर्णन es हो, तो फेराड के वैधुत चुम्लकीय प्रेरणा सम्बन्धी द्वितीय नियमानुसार,

$$es = -Ns \left( \frac{\Delta \phi_s}{\Delta t} \right) = - \left[ \frac{\Delta (Ns\phi_s)}{\Delta t} \right]$$

जहाँ,  $\Delta(Ns\phi_s)/\Delta t$  प्राथमिक कुण्डली में धारा के परिवर्तन के कारण द्वितीय कुण्डली में पलक्षण परिवर्तन की दर है।

$$Ns\phi_s = Mip \quad \text{सभी (i) से}$$

$$es = - \left[ \frac{\Delta(Mip)}{\Delta t} \right] = -M \left( \frac{\Delta ip}{\Delta t} \right)$$

$$M = - \left( \frac{es}{\frac{\Delta ip}{\Delta t}} \right)$$

यदि  $\Delta i_p / \Delta t = I A/s$  तो  $M = es$  (सरण्यात्मक रूप से)

अन्य प्रैरो का मात्रक ही है। तथा  
विमा  $[ M l^2 T^{-2} A^{-2} ]$  है।