Electromagnetic Induction (वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण)

परीक्षोपयोगी प्रश्नोत्तर

बहुविकल्पीय प्रश्न

प्रश्न 1.

प्रेरित वैद्युत धारा की दिशा का पता चलता है- **(2012, 15)**

(i) लेन्ज के नियम द्वारा

(ii) फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम द्वारा

(iii) बायो-सेवर्ट के नियम द्वारा

(iv) ऐम्पियर के नियम द्वारा

उत्तर-

(i) लेन्ज के नियम द्वारा

प्रश्न 2.

लेन्ज का नियम किसके संरक्षण नियम के अनुरूप उत्पन्न होता है? **(2017, 18)**

(i) आवेश

(ii) संवेग

(iii) ऊर्जा

(iv) द्रव्यमान

उत्तर-

(iii) ऊर्जा

प्रश्न 3.

लेन्ज के वैद्युत चुम्बकीय फ्लक्स प्रेरण के नियमानुसार इनमें से क्या सत्य है? **(2010, 12, 13)**

(i) आवेश का संरक्षण

(ii) चुम्बकीय फ्लक्स का संरक्षण

(iii) ऊर्जा का संरक्षण

(iv) संवेग का संरक्षण

उत्तर-

(iii) ऊर्जा का संरक्षण

प्रश्न 4.

हेनरी/मीटर मात्रक है-

(i) वैद्युतशीलता का

(ii) चुम्बकशीलता का

(iii) परावैद्युतक का

(iv) स्वप्रेरकत्व का

उत्तर-

(ii) चुम्बकशीलता का

प्रश्न 5.

$\frac{L}{R}$ की विमा होगी, जहाँ प्रेरकत्व है तथा प्रतिरोध है- **(2013,17)**

(i) $[M^0L^0T^{-1}]$

(ii) $[M^0LT]$

(iii) $[M^0L^0T]$

(iv) $[MLT^{-2}]$

उत्तर-

(iii) $[M^0L^0T]$

प्रश्न 6.

10 ओम प्रतिरोध तथा 10 हेनरी प्रेरकत्व की एक कुण्डली 50 वोल्ट की बैटरी से जोड़ी गयी है। कुण्डली में संचित ऊर्जा है- **(2014)**

(i) 125 जूल

(ii) 62.5 जूल

(iii)250 जूल

(iv) 500 जूल

उत्तर-

(iv) 500 जूल

प्रश्न 7.

एक कुण्डली के लिए स्वप्रेरकत्व 2 mH है। उसमें वैद्युत धारा प्रवाह की दर 10_3 ऐम्पियर/सेकण्ड है। इसमें प्रेरित विद्युत वाहक बल है। **(2014)**

(i) 1 वोल्ट

(ii) 2 वोल्ट

(iii) 3 वोल्ट

(iv) 4 वोल्ट

उत्तर-

(ii) 2 वोल्ट

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण का लेन्ज का नियम क्या है? **(2014, 16, 17)**

उत्तर-

किसी परिपथ में प्रेरित विद्युत वाहक बल, अथवा प्रेरित धारा की दिशा सदैव ऐसी होती है कि यह उस कारण का विरोध करती है जिससे वह स्वयं उत्पन्न होती है।

प्रश्न 2.

भंवर धाराओं से आप क्या समझते हैं? **(2010, 12, 17, 18)**

या

भंवर धाराएँ क्या होती हैं? **(2013, 18)**

उत्तर-

आँवर धाराएँ (Eddy Currents)- सन् 1875 में फोको (Focault) ने देखा कि जब किसी धातु का टुकड़ा किसी परिवर्ती" (variable) चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, अथवा किसी चुम्बकीय क्षेत्र में इस प्रकार गति करता है कि उससे बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में लगातार परिवर्तन हो, तो धातु के सम्पूर्ण आयतन में प्रेरित धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। ये धाराएँ धातु के टुकड़े की गति का (अथवा फ्लक्स परिवर्तन का) विरोध करती हैं। इन धाराओं को 'भंवर धाराएँ' कहते हैं। फोको के नाम पर इन्हें 'फोको धाराएँ' भी कहा जाता है। कभी-कभी ये धाराएँ इतनी प्रबल हो जाती हैं कि धातु का टुकड़ा गर्म होकर लाल-तप्त हो जाता है।

प्रश्न 3.

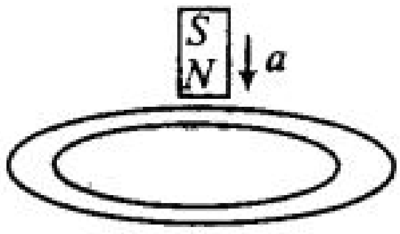
भंवर धाराओं से क्या हानियाँ हैं? किसी ट्रांसफॉर्मर की क्रोड में इनको उत्पन्न होने से किस प्रकार रोका जा सकता है?**(2017)**

उत्तर-

ट्रांसफॉर्मर, डायनमो तथा मोटर की आमेचर कुण्डलियों की क्रोड नर्म लोहे की बनी होती हैं। जब इन यन्त्रों में प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित होती है तो क्रोड से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है, जिससे क्रोड में भंवर धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं और वे गर्म हो जाते हैं। इस प्रकार वैद्युत ऊर्जा का ऊष्मीय ऊर्जा में ह्रास होने लगता है। इस ह्रास (भंवर धाराओं) को कम करने के लिए क्रोड को नर्म लोहे के एक अकेले टुकड़े के रूप में न लेकर, नर्म लोहे की कई पतली-पतली पत्तियों को वार्निश द्वारा जोड़कर आवश्यक मोटाई बना लेते हैं। इस प्रकार की क्रोड, पटलित क्रोड (laminated core) कहलाती है। ऐसा करने से क्रोड का प्रतिरोध बढ़ जाता है तथा मँवर धाराएँ क्षीण हो जाती हैं, फलस्वरूप ऊर्जा ह्रास कम हो जाता है।

प्रश्न 4.

चित्र 6.10 में एक दण्ड-चुम्बक मुक्त रूप से एक कुण्डली के बीच से होकर गिरता है। कारण सहित बताइए कि घुम्बक की त्वरण (a), गुरुत्वीय त्वरण(g) से कम अथवा समान अथवा अधिक होगा। **(2015)**



चित्र 6.10

उत्तर-

जब एक दण्ड चुम्बक मुक्त रूप से एक कुण्डली के बीच से होकर गिरता है तो कुण्डली में वैद्युत धारा प्रेरित हो जाती है, जो सदैव उस कारण का विरोध करती है, जिससे वह उत्पन्न होती है। अत: चुम्बक का त्वरण (a), गुरुत्वीय त्वरण (g) से कम होगा।

प्रश्न 5.

0.2 वेबर /मी के चुम्बकीय क्षेत्र में 10.0 सेमी पृष्ठ क्षेत्रफल की एक आयताकार कुण्डली 20.0 रेडियन/से के नियत कोणीय वेग से घूम रही है। उत्पन्न अधिकतम प्रेरित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए **(2013)**

हल-

आयताकार कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$\Phi = BA = (0.2) \times (10 \times 10^{-4})$ वेबर $= 2 \times 10^{-4}$ वेबर

आयताकार कुण्डली 20.0 रेडियन/से के नियत कोणीय वेग से घूम रही है अर्थात् प्रत्येक चक्कर में फ्लक्स परिवर्तन कें होगा। चूंकि कुण्डली 1 सेकण्ड में 20 चक्कर पूरे कर रही है, अत: फ्लक्स परिवर्तन की दर 20Φ होगी जो कि अभीष्ट प्रेरित विवा० बल होगा।

अतः $e = 20\Phi = 20 \times 2 \times 10^{-4}$ वोल्ट $= 4.0 \times 10^{-3}$ वोल्ट = 4 मिलीवोल्ट

प्रश्न 6.

एक कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स 0.1 सेकण्ड में 1 वेबर से 0.1 वेबर हो जाता है। कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए। **(2015)**

हल—कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल $e = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t}$

$\therefore$ $$e = \frac{-(0.1-1)}{0.1} = 9 \text{ वोल्ट}$$

प्रश्न 7.

1000 फेरों वाली एक कुण्डली में 2.5 ऐम्पियर की दिष्ट धारा प्रवाहित करने पर कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स 1.4×10^{-4} वेबर है। कुण्डली का प्रेरकत्व क्या है? **(2013)**

हल— $$L = \frac{N\Phi}{i} = \left[\frac{1.4 \times 10^{-4}}{2.5}\right] \text{ हेनरी}$$
$$= 5.6 \times 10^{5} \text{ हेनरी}$$ $(\because N\Phi = 1.4 \times 10^{-4}$ वेबर$)$

प्रश्न 8.

एक कुण्डली से बढ़ चुम्बकीय फ्लक्स 0.1 सेकण्ड में 10 वेबर से 1 वेबर कर दिया जाता है। कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल का मान बताइए। **(2015)**

हल—कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल $e = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t}$

$\therefore$ $$e = \frac{-[1-10]}{0.1} = \frac{9}{0.1} = 90 \text{ वोल्ट}$$

प्रश्न 9.

अन्योन्य प्रेरण गुणांक की विमा लिखिए। **(2011)**

उत्तर-

$[ML^{2}T^{-2}A^{-2}]$.

प्रश्न 10.

स्वप्रेरण से आप क्या समझते हैं? **(2016)**

या

स्वप्रेरण का अर्थ समझाइए तथा स्वप्रेरण गुणांक का विमीय सूत्र लिखिए। **(2017)**

उत्तर-

स्वप्रेरण- किसी कुण्डली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स के मान में परिवर्तन होने पर उसी कुण्डली में प्रेरित वैद्युत वाहक बल तथा प्रेरित धारा क्त्पन्न होने की घटना को स्वप्रेरण कहते हैं। स्वप्रेरण गुणांक का विमीय सूत्र = $[ML_2T_{-2}A_{-2}]$

प्रश्न 11.

स्वप्रेरण-गुणांक का विमा सूत्र लिखिए।

उत्तर-

$[ML_2T_{-2}A_{-2}]$

प्रश्न 12.

8.0 मिली-हेनरी स्वप्रेरकत्व वाली कुण्डली में 2.0 ऐम्पियर धारा है। कुण्डली के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र में कितनी ऊर्जा संचित है? **(2010)**

हल—$U = \frac{1}{2} L i_0^2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (2.0)^2 = \mathbf{1.6 \times 10^{-2}}$ **जूल**

प्रश्न 13.

एक कुण्डली का स्वप्रेरकत्व 3.0 x 10_{-3} हेनरी है। यदि 0.1 सेकण्ड में कुण्डली की धारा का मान 5 ऐम्पियर से घट कर शून्य हो जाये तो कुण्डली में उत्पन्न स्वप्रेरित विद्युत वाहक बल की गणना कीजिए। **(2011, 12)**

हल—

$$e = -L\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right) = -3.0 \times 10^{-3} \left[\frac{0-5}{0.1}\right] \text{ वोल्ट}$$

$$= \mathbf{0.150} \textbf{ वोल्ट}$$

प्रश्न 14.

एक कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक 10 मिली हेनरी है। इसमें वैद्युत धारा 5 मिलीसेकण्ड में 5 ऐम्पियर से 15 ऐम्पियर हो जाती है। कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए। **(2016, 18)**

हल— दिया है, $L = 10$ मिली हेनरी $= 10 \times 10^{-3}$ हेनरी

$\Delta i = 15 - 5 = 10$ ऐम्पियर

तथा $\Delta t = 5$ मिली सेकण्ड $= 5 \times 10^{-3}$ सेकण्ड

$\therefore$ प्रेरित विद्युत वाहक बल $e = -L \dfrac{\Delta i}{\Delta t}$

$$= -(10 \times 10^{-3}) \times \frac{10}{5 \times 10^{-3}}$$

$$= \frac{-100}{5} = -20 \text{ वोल्ट}$$

ऋण चिन्ह यह दर्शाता है कि विद्युत वाहक बल e ऐसी दिशा में प्रेरित होता है जिससे कि वह कुण्डली में धारा-परिवर्तन का विरोध करता है।

प्रश्न 15.

यदि प्राथमिक कुण्डली में बहने वाली 3.0 ऐम्पियर की धारा को 0.001 सेकण्ड में शून्य कर दिया जाए तो द्वितीयक कुण्डली में उत्पन्न प्रेरित वाहक बल 15000 वोल्ट होता है। इन कुण्डलियों का अन्योन्य प्रेरण गुणांक ज्ञात कीजिए। **(2017)**

हल— दिया है, $\Delta i = (0 - 3.0)$ ऐम्पियर, $\Delta t = 0.001$ सेकण्ड

$e = 15000$ वोल्ट, $M = ?$

अतः अन्योन्य प्रेरण गुणांक, $M = -\dfrac{e}{\left(\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right)} = \dfrac{-e\Delta t}{\Delta i}$

$$= -\frac{15000 \times 0.001}{(0 - 3.0)} = 5 \text{ हेनरी}$$

लघु उत्तरीय प्रश्न

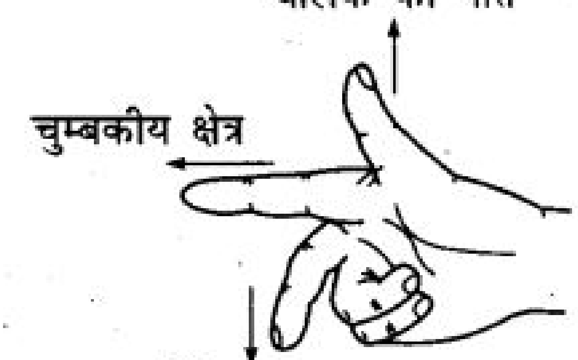
प्रश्न 1.

फ्लेमिंग का दायें हाथ का नियम लिखिए। **(2011)**

उत्तर-

फ्लेमिंग के दायें हाथ का नियम (Fleming's Right Hand Rule)- जब कोई ऋजुरेखीय चालक तार किसी चुम्बकीय क्षेत्र में उसके लम्बवत् गति करता है तो इसमें उत्पन्न प्रेरित धारा की दिशा फ्लेमिंग के दायें हाथ के नियम की सहायता से ज्ञात की जाती है। इस नियम के अनुसार,

यदि हम दायें हाथ का अँगूठा तथा इसके पास वाली दोनों अँगुलियों को एक साथ इस प्रकार फैलाएँ कि वे परस्पर लम्बवत् हों (चित्र 6.11), तब यदि पहली अँगुली चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में तथा अँगूठा चालक की गति की दिशा में संकेत करें तो बीच वाली अँगुली चालक में प्रेरित वैद्युत धारा की दिशा की ओर संकेत करेगी।"



चित्र 6.11

प्रश्न 2.

फैराडे के वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण सम्बन्धी नियम बताइए। **(2009, 11, 15, 17, 18)**

उत्तर-

फैराडे के वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के नियम-फैराडे ने वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के निम्नलिखित दो नियम दिये हैं

(i) प्रथम नियम- "जब किसी परिपथ से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है तो उसमें एक विद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है।" यदि परिपथ 'बन्द' है तो उसमें प्रेरित धारा बहने लगती है। यह धारा केवल तभी तक बहती है जब

तक कि चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता रहता है।

(ii) द्वितीय नियम- "प्रेरित विद्युत वाहक बल चुम्बकीय फ्लक्स के परिवर्तन की ऋणात्मक दर के बराबर होता है।" यदि किसी समय परिपथ से गुजरने वाले चुम्बकीय फ्लक्स का मान के Φ1 है और Δt समयान्तर के बाद यह फ्लक्स हो जाता है, तो

Δt समयान्तर में चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन $= (\Phi_2 - \Phi_1) = \Delta\Phi$

यदि परिपथ में प्रेरित वि० वा० बल e हो, तो $e = -\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$

जब, $\lim_{\Delta t \to 0}$ तो $\quad e = -\lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) \quad$ अर्थात् $\quad e = -\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$

ऋणात्मक चिह्न यह प्रदर्शित करता है कि वि० वा० बल सदैव चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन का विरोध करता है। यह लेन्ज का नियम कहलाता है। यदि चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन की दर वेबर प्रति सेकण्ड में लें तो प्रेरित विद्युत वाहक बल वोल्ट में होता है। यदि कुण्डली में N फेरे हों तो पूरी कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल

$$e = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\left(\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t}\right) \text{ वोल्ट}$$

जहाँ, NΦ कुण्डली में चुम्बकीय फ्लक्स-ग्रन्थिताओं (flux linkages) की संख्या है।

प्रश्न 3.

भंवर धाराओं के अनुप्रयोग लिखिए। **(2017, 18)**

उत्तर-

आँवर धाराओं के अनुप्रयोग निम्नवत् हैं-

(i) दोलन-रुद्ध धारामापी- चल-कुण्डली धारामापियों को दोलन-रुद्ध (dead beat) बनाने के लिए भंवर धाराओं का उपयोग किया जाता है। इसके लिये धारामापी की कुण्डली ताँबे के विद्युतरोधी तार को ऐलुमिनियम के फ्रेम पर लपेटकर बनायी जाती है। जब कुण्डली विक्षेपित होती है, तो उससे बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है जिससे फ्रेम में भंवर धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं जो कुण्डली की गति का विरोध करती हैं। अत: कुण्डली शीघ्र ही शून्य पर लौट आती है।

(ii) प्रेरण भट्टी- प्रेरण भट्टी में पिघलाये जाने वाली धातु को एक तेजी से परिवर्तित होने वाले चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है जिसे उच्च-आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा से प्राप्त किया जाता है इससे धातु में प्रबल भंवर धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं जिनकी ऊष्मा से धातु लाल-तप्त होकर पिघल जाती है। यह प्रक्रिया खनिज पदार्थ से धातु निकालने में भी प्रयुक्त की जाती है।

(iii) प्रेरण मोटर- जब एक धात्विक बेलन किसी घूमते हुए चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो बेलन में भंवर धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। ये धाराएँ, लेन्ज के नियमानुसार, बेलन तथा चुम्बकीय क्षेत्र के बीच आपेक्षिक गति को घटाने का प्रयत्न करती हैं। अतः बेलन चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में घूमने लगता है। प्रेरण मोटर का यही सिद्धान्त है।

(iv) वैद्युत ब्रेक- विद्युत रेलगाड़ियों में पहिये की धुरी के साथ एक ड्रम लगा रहता है जो पहिये के साथ घूमता है। जब ब्रेक लगाने होते हैं, तो ड्रम पर एक प्रबल चुम्बकीय क्षेत्र लगा दिया जाता है। जिससे ड्रम में भंवर धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं और ड्रम पहिये को रोक देता है।

प्रश्न 4.

एक कुण्डली का क्षेत्रफल 100 सेमी है तथा इसमें 400 फेरे हैं। 0.20 वेबर/मी$_2$ का चुम्बकीय क्षेत्र कुण्डली के तल के लम्बवत है। यदि चुम्बकीय क्षेत्र 0.1 सेकण्ड में घटकर शुन्य हो जाए तो कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल का मान ज्ञात कीजिए। यदि कुण्डली का प्रतिरोध 4 ओम हो तो प्रेरित धारा का मान ज्ञात कीजिए। **(2013, 14)**

हल—विद्युत वाहक बल $e = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = -NA\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)$

$$= -400 \times 1.0 \times 10^{-2}\left(\frac{0-0.02}{0.1}\right)$$

$$= -4 \times (-2) = 8 \text{ वोल्ट}$$

$\because$ कुण्डली का प्रतिरोध $R = 4$ ओम

$\therefore$ कुण्डली में प्रेरित धारा $i = \frac{e}{R} = \frac{8}{4} = 2$ ऐम्पियर

प्रश्न 5.

एक L लम्बाई की धातु की छड़ कोणीय आवृत्ति से अपने एक सिरे के परितः घूर्णन कर रही है। चुम्बकीय क्षेत्र B छड़ की घूर्णन अक्ष के समान्तर आरोपित है। छड़ के सिरों के बीच उत्पन्न प्रेरित विद्युत वाहक बल ज्ञात कीजिए। यदि छड़ का प्रतिरोध हो तब उसमें प्रेरित धारा क्या होगी? **(2014)**

हल—एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में गतिशील छड़ में उत्पन्न प्रेरित वि० वा० बल

$$e = Bvl$$

जहाँ, $B =$ चुम्बकीय क्षेत्र, $v =$ छड़ का वेग, $l =$ छड़ की लम्बाई

प्रश्नानुसार, छड़ कोणीय आवृत्ति ω से घूर्णन कर रही है, इसलिए प्रेरित वि० वा० बल

$$e = B\omega L$$

यदि छड़ का प्रतिरोध R है, तब प्रेरित धारा $I = \frac{e}{R}$

जहाँ, $e = B\omega L$ $\therefore$ $I = \frac{B\omega L}{R}$

प्रश्न 6.

जब एक प्राथमिक कुण्डली में धारा शून्य से 2.0 ऐम्पियर, 300 मिली सेकण्ड में परिवर्तित की जाती है तो द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित विद्युत वाहक बल 0.80 वोल्ट है। दोनों कुण्डलियों के बीच अन्योन्य प्रेरण गुणांक की गणना कीजिए। **(2015)**

हल— $\Delta i = 2.0$ ऐम्पियर, $\Delta t = 0.3$ सेकण्ड, $e = 0.80$ वोल्ट

विद्युत वाहक बल $e = -M\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right) \Rightarrow 0.80 = M\left(\frac{2.0}{0.3}\right)$

$$M = \frac{0.80 \times 0.3}{2.0} = 12 \times 10^{-2} \text{ हेनरी}$$

प्रश्न 7.

स्वप्रेरण गुणांक की परिभाषा लिखिए तथा मात्रक बताइए। **(2009, 11, 13, 16, 17, 18)**

या

स्वप्रेरकत्व की परिभाषा लिखिए। **(2013, 14, 17)**

उत्तर-

NΦ = Li तथा यदि i = 1 तो L = NΦ, अत: किसी कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक कुण्डली में चुम्बकीय फ्लक्स ग्रन्थिताओं के बराबर होता है, जबकि कुण्डली में एकांक धारा प्रवाहित हो रही है। संख्यात्मक रूप से प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण

$$e = L\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right) \quad \text{अथवा} \quad L = \frac{e}{(\Delta i / \Delta t)}$$

यदि $\Delta i/\Delta t = 1$ ऐम्पियर/सेकण्ड तो $L = e$

अत: "किसी कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक संख्यात्मक रूप से उस प्रेरित वि० वा० बल के बराबर होता है जो कुण्डली में धारा-परिवर्तन की दर एकांक अर्थात् एक ऐम्पियर प्रति सेकण्ड होने पर उत्पन्न होता है।" इसका मात्रक हेनरी होता है।

प्रश्न 8.

एक समतल वृत्ताकार कुण्डली के लिए स्वप्रेरण गुणांक का सूत्र निगमित कीजिए। **(2012)**

उत्तर-

माना r मीटर त्रिज्या तथा N फेरों की एक समतल वृत्ताकार कुण्डली में ऐम्पियर की वैद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। अतः कुण्डली के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = \frac{\mu_0 N_i}{2r}$$

मानी कुण्डली के सम्पूर्ण तल में चुम्बकीय क्षेत्र B एकसमान है (यद्यपि कुण्डली की परिधि के समीप चुम्बकीय क्षेत्र B अधिक होता है)। अतः कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय-फ्लक्स Φ = BA

जहाँ, A कुण्डली के तल का क्षेत्रफल है; अतः $A = \pi r^2$

समीकरण (1) से B का मान रखने पर,

$$\Phi = BA = \frac{\mu_0 N i}{2r} \times \pi r^2 = \frac{\mu_0 \pi N i r}{2}$$

कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक $L = \frac{N\Phi}{i} = \frac{N}{i}\left(\frac{\mu_0 \pi N i r}{2}\right)$

अतः समतल कुण्डली का स्वप्रेरकत्व $L = \frac{\mu_0}{2} \pi N^2 r$

समीकरण (1) से स्पष्ट है कि किसी कुण्डली का स्वप्रेरकत्व बढ़ाने के लिए कुण्डली में फेरों की संख्या अधिक लेनी चाहिए। यदि कुण्डली के अन्दर. लौहचुम्बकीय पदार्थ की छड़ रख दी जाए तो कुण्डली से बद्ध चुम्बकीय-फ्लक्स बढ़ जाता है, जिससे कुण्डली का स्वप्रेरकत्व बढ़ जाएगा।

प्रश्न 9.

धारावाही लम्बी परिनालिका के स्व-प्रेरकत्व का सूत्र स्थापित कीजिए। **(2017, 18)**

उत्तर-

माना एक लम्बी वायु-क्रोड परिनालिकों की लम्बाई l तथा परिच्छेद क्षेत्रफल A है। परिनालिका में फेरों की कुल संख्या N तथा उसमें प्रेरित धारा i है।

परिनालिका के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र $B = \frac{\mu_0 Ni}{l}$

जहाँ μ_0 निर्वात् की चुम्बकशीलता है।

कुण्डली के प्रत्येक फेरे से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स

$$\phi = BA = \frac{\mu_0 NiA}{l}$$

अत: परिनालिका के सभी फेरों से बद्ध कुल चुम्बकीय फ्लक्स

$$= N\phi = N \times \frac{\mu_0 NiA}{l} = \frac{\mu_0 N^2 iA}{l}$$

परन्तु परिनालिका के सभी फेरों से बद्ध कुल चुम्बकीय फ्लक्स

$$N\phi = Li$$

जहाँ, L परिनालिका का स्व-प्रेरकत्व है।

अत: परिनालिका का स्व-प्रेरकत्व $L = \frac{N\phi}{i}$

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \text{ हेनरी}$$

यदि परिनालिका को μ चुम्बकशीलता के पदार्थ की क्रोड पर लपेटकर बनाया गया है, तब

परिनालिका का स्व-प्रेरकत्व $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ हेनरी

जहाँ, $\mu = \mu_0 \mu_r$, यहाँ μ_r परिनालिका की क्रोड के पदार्थ की सापेक्ष चुम्बकशीलता है।

प्रश्न 10.

स्वप्रेरण गुणांक की परिभाषा दीजिए। **(2018)**

एक प्रेरक में प्रवाहित धारा i = 2 + 5t द्वारा व्यक्त की जाती है, जहाँ i ऐम्पियर तथा t सेकण्ड में है। इसमें स्वप्रेरित विद्युत वाहक बल 10 मिलीवोल्ट है। ज्ञात कीजिए।

(i) स्वप्रेरण गुणांक तथा

(ii) t = 2 सेकण्ड पर प्रेरक में संचित ऊर्जा

हल-

[स्वप्रेरण गुणांक की परिभाषा के लिए लघु उत्तरीय प्रश्न 7 का उत्तर देखें।]

दिया है,

e = 10 मिलीवोल्ट = 10 x 10-3 वोल्ट

धारा $i = 2 + 5t$

$$\therefore \quad \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{d}{dt}(2+5t) = 5 \text{ ऐम्पियर/सेकण्ड}$$

(i) स्वप्रेरण गुणांक $L = \dfrac{e}{\left(\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right)} = \dfrac{10 \times 10^{-3}}{5} = 2 \times 10^{-3}$ हेनरी

= 2 मिली हेनरी

(ii) $t = 2$ सेकण्ड पर प्रेरक में धारा $i = 2 + 5 \times 2$

$= 2 + 10 = 12$ ऐम्पियर

$\therefore$ प्रेरक में संचित ऊर्जा $= \dfrac{1}{2} Li^2 = \dfrac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times (12)^2$

$= 144 \times 10^{-3} =$ **0.144 जूल**

प्रश्न 11.

एक प्रेरकत्व कुण्डली में वैद्युत धारा 0.3 सेकण्ड में शून्य से बढ़कर 8.0 A हो जाती है। जिसके कारण उसमें 30 V का प्रेरित वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है। कुण्डली का स्वप्रेरकत्व गुणांक ज्ञात कीजिए। **(2014)**

हल— समयान्तराल $\Delta t = 0.3$ सेकण्ड

धारा-परिवर्तन $\Delta i = (8.0 - 0) = 8.0$ A

वि० वा० बल, $e = 30$ V

सूत्र $e = -L\left(\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right)$ में (–) चिह्न दिशा का प्रतीक है। अत: इसे छोड़ने पर,

संख्यात्मक रूप से, $e = -L\left(\dfrac{\Delta i}{\Delta t}\right)$

$$\Rightarrow \quad L = e\left(\frac{\Delta t}{\Delta i}\right) = 30 \times \left(\frac{0.3}{8.0}\right) = \frac{9}{8}$$

= **1.125 हेनरी**

प्रश्न 12.

किसी कुण्डली में 0.1 सेकण्ड में धारा शून्य से बढ़कर 5.0 ऐम्पियर हो जाती है, जिससे 20 वोल्ट का प्रेरित वैद्युत वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक ज्ञात कीजिए। **(2016)**

हल-

दिया है, समयान्तराल $\Delta t = 0.1$ सेकण्ड

प्रेरित विद्युत वाहक बल, $e = 20$ वोल्ट

धारा परिवर्तन, $\Delta i = (5 - 0) = 5$ ऐम्पियर

सूत्र $e = -L\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right)$ में ऋणात्मक चिह्न दिशा का प्रतीक है। अतः इसे छोड़ने पर,

$$e = L\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right)$$

$$\Rightarrow \quad L = e\left(\frac{\Delta t}{\Delta i}\right) = 20 \times \left(\frac{0.1}{5.0}\right)$$

$$= \frac{2}{5} = 0.4 \text{ हेनरी}$$

प्रश्न 13.

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से क्या अभिप्राय है। किसी कुण्डली का स्वप्रेरण गुणांक 80 मिली हेनरी है। इस कुण्डली में कितने समय में धारा शून्य से बढ़कर 5 ऐम्पियर होने पर विद्युत वाहक बल 400 वोल्ट हो जायेगा? **(2015)**

हल—विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के लिए दीर्घ उत्तरीय प्रश्न 2 देखिए।

प्रश्नानुसार, $L = 80\text{ mH} = 80 \times 10^{-3}\text{H}$, $\Delta i = 5 - 0 = 5$ ऐम्पियर, $e = 400$ वोल्ट, $\Delta t = ?$

$\because$ प्रेरित विद्युत वाहक बल $e = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$

$$\therefore \quad \Delta t = \frac{80 \times 10^{-3} \times 5}{400} = 10^{-3} \text{ सेकण्ड}$$

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

संक्षेप में बताइए कि लेन्ज का नियम ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त को कैसे पोषित करता है। **(2009)**

या

लेन्ज का नियम लिखिए। क्या यह ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त का उल्लंघन करता है? **(2009, 11)**

या

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण सम्बन्धी लेन्ज के नियम का उल्लेख कीजिए। यह किस संरक्षण के नियम पर आधारित है? **(2015)**

या

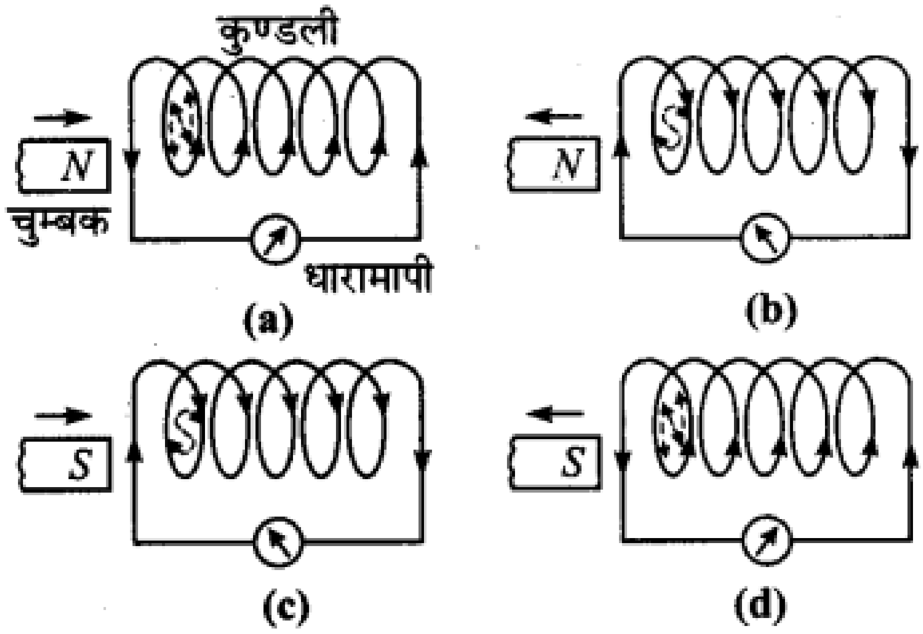
लेन्ज का नियम क्या है? **(2018)**

उत्तर-

लेन्ज का नियम- किसी परिपथ में प्रेरित वि० वा० बल, अथवा प्रेरित धारा, की दिशा सदैव ऐसी होती है कि यह उस कारण का विरोध करती है जिससे कि यह उत्पन्न होती है। इसे ही 'लेन्ज का नियम' कहते हैं। लेन्ज के नियम की पुष्टि फैराडे के प्रयोगों से हो जाती है। इन प्रयोगों में चुम्बक की गति के कारण ही कुण्डली में प्रेरित धारा बहती है। जब हम चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को कुण्डली के पास लाते हैं तो कुण्डली में प्रेरित धारा ऐसी दिशा में प्रवाहित होती है कि कुण्डली का चुम्बक के सामने वाला तल उत्तरी ध्रुव की तरह कार्य करता है (चित्र 6.12 a)। अतः यह पास आते हुए चुम्बक को दूर हटाने का प्रयत्न करता है अर्थात् उसकी गति का विरोध करता है। इसी प्रकार, जब चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को।

कुण्डली से दूर हटाते हैं तो कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार होती है कि कुण्डली का सामने वाला तल दक्षिणी ध्रुव की तरह कार्य करता है (चित्र 6.12 b)। अब यह चुम्बक को अपनी ओर आकर्षित करता है अर्थात् उसकी गति को पुन: विरोध करता है। ठीक इसी प्रकार, जब चुम्बक के दक्षिणी ध्रुव को कुण्डली के पास ले जाते हैं अथवा दूर हटाते हैं तो कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा इस प्रकार होती है कि वह चुम्बक की गति का विरोध करती है (चित्र 6.12 c तथा d)। अतः स्पष्ट है कि प्रत्येक दंशा में चुम्बक को गतिमान करने के लिए इस विरोधी बल के कारण कुछ यान्त्रिक कार्य करना पड़ता है। ऊर्जा-संरक्षण के नियमानुसार, ठीक यही कार्य हमें कुण्डली में वैद्युत-ऊर्जा (ऊष्मा) के रूप में प्राप्त होता है।

हम चुम्बक को जितना तेज चलायेंगे हमें उतनी ही तेजी से कार्य करना होगा अर्थात् प्रेरित धारा उतनी ही प्रबल होगी। यदि कुण्डली किसी स्थान पर कटी हो (परिपथ खुला हो) तब चुम्बक को चलाने पर धारा प्रेरित नहीं होगी (यद्यपि वि० वा० बल प्रेरित होगा) तथा कोई कार्य भी नहीं होगा।



चित्र 6.12

उपर्युक्त प्रयोगों में यह बात उल्लेखनीय है कि यदि कुण्डली में प्रेरित धारा की दिशा चुम्बक की गति का विरोध न करे तो हमें बिना कोई कार्य किये ही लगातार वैद्युत-ऊर्जा प्राप्त होती रहेगी जो कि असम्भव है। अतः लेन्ज का नियम ऊर्जा-संरक्षण के लिए एक आवश्यकता है।

प्रश्न 2.

वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण क्या होता है ? वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के आधार पर अन्योन्य प्रेरण की परिघटना समझाइए। अन्योन्य प्रेरण का एक उदाहरण दीजिए। **(2011, 17)**

या

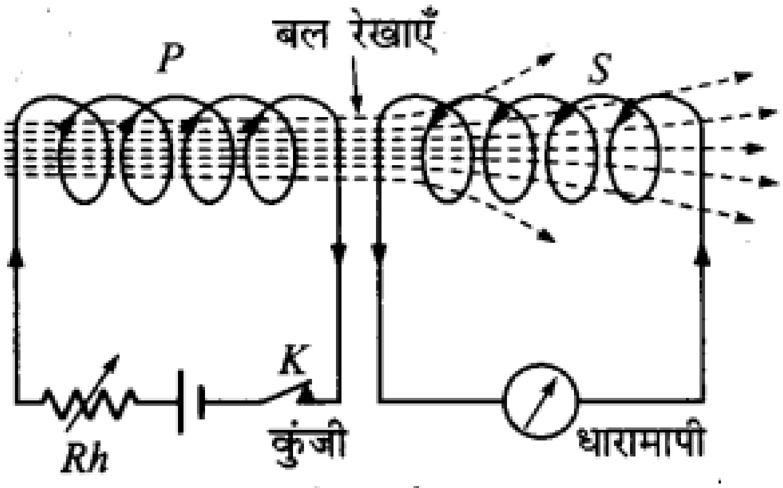
अन्योन्य प्रेरण गुणांक की परिभाषा एवं मात्रक लिखिए। दो समतल कुण्डलियों के बीच अन्योन्य प्रेरकत्व के लिए सूत्र स्थापित कीजिए। **(2012)**

या

अन्योन्य प्रेरण गुणांक की परिभाषा दीजिए तथा इसका मात्रक लिखिए। **(2015, 17)**

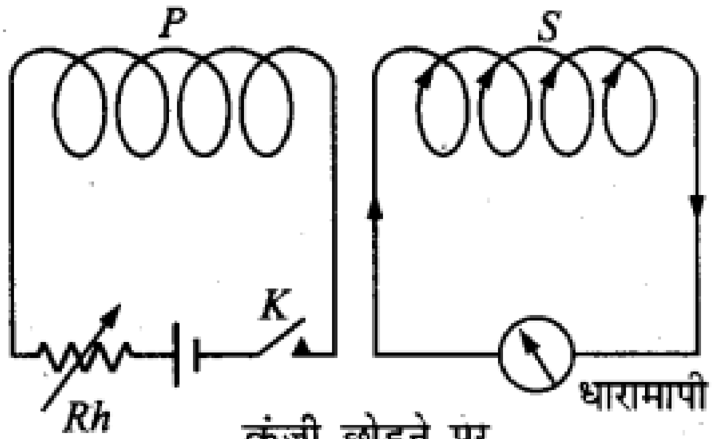
उत्तर-

वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction)- जब किसी कुण्डली तथा चुम्बक के बीच आपेक्षिक गति होती है तो कुण्डली में एक वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है, जिसे प्रेरित विद्युत वाहक बल कहते हैं। यदि कुण्डली एक बन्द परिपथ में है तो इस प्रेरित वि० वा० बल के कारण कुण्डली में वैद्युत धारा प्रवाहित होती है, जिसे प्रेरित धारा कहते हैं। इस घटना को वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं।



कुंजी दबाने पर

चित्र 6.13 (a)



कुंजी छोड़ने पर

चित्र 6.13 (b)

अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction)- यदि दो कुण्डलियों को पास-पास रखकर, एक में धारा प्रवाहित करें, अथवा उसमें प्रवाहित धारा को बन्द करे, अथवा प्रवाहित धारा के मान में परिवर्तन करें तो दूसरी कुण्डली में एक प्रेरित विद्युत वाहक 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 वि० वा० बल उत्पन्न होता है, द्वितीयक कुण्डली कहलाती है। अन्योन्य प्रेरण के उदाहरण ट्रांसफॉर्मर तथा प्रेरण कुण्डली हैं।

अन्योन्य प्रेरण-गुणांक अथवा अन्योन्य प्रेरकत्व– (i) यदि प्राथमिक कुण्डली में i_p ऐम्पियर की धारा प्रवाहित होने से द्वितीयक कुण्डली में प्रत्येक फेरे से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स Φ_s, हो और द्वितीयक कुण्डली में कुल N_s फेरे हों, तो द्वितीयक कुण्डली से बद्ध कुल चुम्बकीय फ्लक्स $N_s\Phi_s$ होगा, जो प्राथमिक कुण्डली में प्रवाहित धारा i_p के अनुक्रमानुपाती होता है, अर्थात्

$$N_s \Phi_s \propto i_p$$

अथवा $$N_s \Phi_s = M i_p$$

जहाँ M एक नियतांक है जिसे दोनों कुण्डलियो के बीच अन्योन्य प्रेरण-गुणांक अथवा अन्योन्य प्रेरकत्व कहते हैं।

$$\therefore \quad M = \frac{N_s \Phi_s}{i_p}$$

यदि इस सूत्र में $i_p = 1$ ऐम्पियर तो $M = N_s \Phi_s$. अतः "दो कुण्डलियों के बीच अन्योन्य प्रेरण-गुणांक किसी एक कुण्डली में चुम्बकीय फ्लक्स ग्रन्थिताओं की संख्या के बराबर होता है, जबकि दूसरी कुण्डली में एकांक धारा प्रवाहित हो रही हो।"

यदि प्राथमिक कुण्डली में धारा के मान में परिवर्तन करने से द्वितीयक कुण्डली में प्रेरित वि० वा० बल e_s हो, तो फैराडे के वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण सम्बन्धी द्वितीय नियमानुसार,

$$e_s = -N_s \left(\frac{\Delta \Phi_s}{\Delta t}\right) = -\left[\frac{\Delta (N_s \Phi_s)}{\Delta t}\right]$$

जहाँ, $\Delta (N_s \Phi_s) / \Delta t$ प्राथमिक कुण्डली में धारा-परिवर्तन के कारण द्वितीयक कुण्डली में फ्लक्स-परिवर्तन की दर है।

परन्तु $$N_s \Phi_s = M i_p$$

$$\therefore \quad e_s = -\left[\frac{\Delta (M i_p)}{\Delta t}\right] = -\left[\frac{M \Delta i_p}{\Delta t}\right]$$

अथवा $$M = -\left(\frac{e_s}{\Delta i_p / \Delta t}\right)$$

यदि $\Delta i_p / \Delta t = 1$ ऐम्पियर/सेकण्ड तो $M = e_s$ (संख्यात्मक रूप से)

अत: 'दो कुण्डलियों के बीच अन्योन्य प्रेरण-गुणांक किसी एक कुण्डली के उस प्रेरित वि० वी० बल के संख्यात्मक मान के बराबर होता है जो कि दूसरी कुण्डली में धारा-परिवर्तन की दर एकांक होने पर उत्पन्न होता है।" अन्योन्य प्रेरण-गुणांक का मात्रक हेनरी है तथा विमा $[ML^2T^{-2}A^{-2}]$ है।