

Övningsuppgifter 5.1

Induktion - FCL 2009-06-04

A3 Givet: Kvadratisk strömkrets med $d=5\text{ cm}$
Påverkas av $\vec{B} = B_0 \sin(\omega t + \phi)$, där

$$B_0 = 0,17\text{ T}, \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 200\text{ Hz}$$

Sökt: Maximal spänning $\epsilon_{\max} = -\left(\frac{d\Phi_B}{dt}\right)_{\max}$ Faraday's lag

Beräkna strömkretsens area $A = d^2 = 25\text{ cm}^2 = 0,0025\text{ m}^2$

Det magnetiska flödet fås av

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = AB \cos(\theta) \quad (5.1)$$

Maximal spänning fås då $\vec{A} \parallel \vec{B}$ ($\theta = 0$)

$$\Rightarrow \epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt} (A \cdot B_0 \sin(\omega t + \phi)) =$$

Elektromotorisk spänning (EMF)

$$= -AB_0 \omega \cos(\omega t + \phi)$$

$$\Rightarrow \epsilon_{\max} = \max(-AB_0 \omega \underbrace{\cos(\omega t + \phi)}_{[-1, +1]}) = AB_0 \omega =$$

$$= 0,0025\text{ m}^2 \cdot 0,17\text{ T} \cdot 2\pi \cdot 200\text{ Hz} = 0,53\text{ Wb/s}$$

$$= \underline{\underline{0,53\text{ V}}}$$

Magnet puls - MTI 2001-06-07

1 Givet: Spole med $\ell = 2,2 \text{ cm} = 0,022 \text{ m}$
 $N = 2000$ varv, $d = 0,081 \text{ m}$
 $A_{\text{tråd}} = 0,2 \text{ mm}^2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$

Sökt: Går det att skapa en magnetisk puls med $\tau \sim 1 \mu\text{s}$?

Vid inkoppling ökar strömmen i spolen enligt

$$I = I_0(1 - e^{-t/\tau_{\text{RL}}}) \quad (5.5)$$

där $\tau_{\text{RL}} = L/R$ och $I_0 = U/R$ (Ohms lag)
Anta: lång solenoid spole
Självinduktansen hos spolen är

$$L = \frac{N \Phi}{I} = \frac{N A B}{I} = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} \quad (5.3) + (4.4)$$

Resistivitet för koppar $\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}^2/\text{m}$

För en lång (solenoid spole) är L och R :

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{2\pi \ell} = \frac{\mu_0 N^2 \pi d^2}{2\pi \ell} = \left(\text{Ex. 30.3 på s. 1021 i VF} \right)$$

↑
förvärd, använd
ej!

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 2000^2 \cdot \pi \cdot 0,081^2 \text{ m}^2}{2\pi \cdot 0,022 \text{ m}} = 0,75 \text{ H}$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} = \mu_0 \frac{N^2 \pi d^2}{\ell} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 2000^2 \cdot \pi \cdot 0,081^2 \text{ m}^2 / 0,022 \text{ m} = 4,7 \text{ H}$$

$$R = \rho_{\text{Cu}} \frac{L_{\text{tråd}}}{A_{\text{tråd}}} = \rho_{\text{Cu}} \frac{N \cdot 2\pi d}{A_{\text{tråd}}} = 8,7 \Omega$$

$$\Rightarrow \tau_{\text{RL}} = \frac{L}{R} = 0,054 \text{ H}/\Omega = 54 \text{ ms}$$

Nej, går ej ty $\tau > \tau_{\text{RL}}$ $\frac{W_b}{A} / \frac{V}{A} = \frac{V_s}{V} = S$

Magnet puls - MTI 2001-06-07

I

Givet: spole med $l = 0,022 \text{ m}$

$N = 2000$ varv, $d = 0,081 \text{ m}$

$A_{\text{tråd}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$

Sökt: Går det att skapa en magnetisk puls med $\tau \sim 1 \mu\text{s}$?

Vid intkoppling ökar strömmen i spolen enligt

från $\frac{L dI}{dt} + RI = 0$ $I = I_0 (1 - e^{-t/\tau_{RL}})$ (5.5)

där $\tau_{RL} = \frac{L}{R}$ och $I_0 = \frac{U}{R}$ (Ohms lag)

Anta: Kort (solenoid) spole, ty $d > l$

Beräkna B vid $z=0$ och anta att B är konstant inom hela A_{spole} , som är fallet för lång spole

$$B(z=0) = \frac{N \mu_0 I a^2}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} = \frac{N \mu_0 I}{2a} \quad (4.5)$$

Självinduktansen hos spolen är given av (5.3)

$$L = N \frac{\Phi_B}{I} = \left\{ \Phi_B = A_{\text{spole}} B \right\} = \frac{N A_{\text{spole}} N \mu_0 I}{I 2a} = \frac{\mu_0 N^2 \pi a^2}{2a}$$

Resistansen ges av: $= \frac{\mu_0 N^2 \pi a}{2}$, där $a = \frac{d}{2}$

$$R = \frac{\rho_{\text{Cu}} \cdot l_{\text{tråd}}}{A_{\text{tråd}}} = \frac{\rho_{\text{Cu}} N 2\pi a}{A_{\text{tråd}}}, \quad \text{där } \rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m/m}$$

resistiviteten för koppar,

$$\Rightarrow \tau_{RL} = \frac{L}{R} = \frac{\mu_0 N^2 \pi a \cdot A_{\text{tråd}}}{2 \rho_{\text{Cu}} N 2\pi a} = \frac{\mu_0 N A_{\text{tråd}}}{4 \rho_{\text{Cu}}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 2000}{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}} = 0,0074 \text{ H}/\Omega = \underline{\underline{7,4 \text{ ms}}}$$

Går detta?
Nej, ty $\tau \ll \tau_{RL}$

Cykellyse - MT1 1999-06-02

1] Givet: $f = 1,5 \text{ Hz}$, $n = 50$ magneter, $A = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$B = 0,40 \text{ T}$$

Sökt: Hur många varv N i lindning behövs för
 $U = 3 \text{ V}$

Inducerade spänningen i en spole ges av

$$U = N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (5.2)$$

Φ_B - magnetiskt flöde

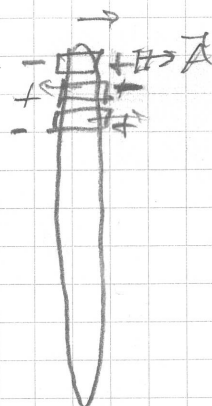
$\Phi_B = AB$, kommer ändras mellan $\pm AB$ med
en hastighet $f \cdot n = 75 \text{ Hz} \Leftrightarrow \Delta t = 0,013 \text{ s}$

$$\Rightarrow \Delta \Phi_B = 2AB$$

$$U = N \frac{d\Phi_B}{dt} \approx N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = N \frac{2AB}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow N = \frac{U \Delta t}{2AB} = \frac{3 \text{ V} \cdot 0,013 \text{ s}}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,40 \text{ T}} = \underline{\underline{250 \text{ st}}}$$

Dimensionskontroll: $[\text{Vs} / \text{Tm}^2 = \text{Wb} / \text{Wb} = \text{st}] \text{ OK}$



Tröghetsnavigering - 1 MT 2002-03-05

2

Givet: 2 korta spolar, 1 fixt i förhållande till gyro/jorden, den andra fixt i förhållande till båten, och mäter ömsesidiga induktansen M

Sökt: Hur stor vridning $\Delta\theta$ motsvarar $\Delta M = \frac{1}{10000}$ om $\theta_0 = 45^\circ$ resp. $\theta_0 = 0^\circ$

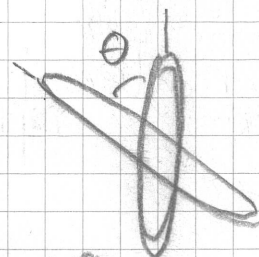
Ömsesidiga induktansen ges av

$$M = N_1 \frac{\Phi_1}{I_2}$$

1 - spole 1
2 - spole 2 (5.4)

Φ ges av $\vec{A} \cdot \vec{B}$:

$$\Phi_1 = \vec{A}_1 \cdot \vec{B}_2 = A_1 B_2 \cos \theta$$



$$\Rightarrow M = \frac{N_1 A_1 B_2}{I_2} \cos \theta = M_0 \cos \theta$$

ty M_0 max,
utan bara minsta
får $\theta = 0$

där M_0 är den ömsesidiga induktansen vid $\theta = 0$

Skriv $\theta = \theta_0 + \Delta\theta$, $M = M_0 \cos(\theta_0) \cdot (1 - \Delta M)$ [VL]

[HL] $\Rightarrow M_0 \cos(\theta_0) (1 - \Delta M) = M_0 \cos(\theta_0 + \Delta\theta)$
 $\cos(\theta_0) (1 - \Delta M) = \cos(\theta_0 + \Delta\theta)$

$$\Rightarrow \Delta\theta = -\theta_0 + \cos^{-1} [\cos(\theta_0) (1 - \Delta M)]$$

$\theta_0 = 45^\circ$: $\Delta\theta = -45^\circ + \cos^{-1} \left[\cos(45^\circ) \left(1 - \frac{1}{10000} \right) \right] = \underline{\underline{0,006^\circ}}$

$\theta_0 = 0^\circ$: $\Delta\theta = 0^\circ + \cos^{-1} \left[\underbrace{\cos(0^\circ)}_{=1} \left(1 - \frac{1}{10000} \right) \right] = \underline{\underline{0,81^\circ}}$

Magnet bromsar - IMT 2003-01-13

2 Sökt: Varför är magnetbromsar lösningsfria?

Spänningen (vilket i sin tur ger strömmen)

fås från Faradays lag $\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$

Den inducerade strömmen i spolen kommer att skapa ett magnetfält som motverkar det yttre magnetfältet (Lenz lag) och ger upphov till bromsverkan.

När hjulen låser sig sluter spolen snurra, vilket gör att flödesförändringen $\frac{d\Phi_B}{dt} = 0$, alltså ingen inducerad spänning eller dt ström och bromsverkan försvinner.