

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ИНДУКЦИЈА

1. Рамка во форма на рамностран триаголник се наоѓа во магнетно поле се јачина $H = 6,4 \cdot 10^4 \text{ A/m}$. Нормалата на рамката со насоката на магнетното поле зафаќа агол $\alpha = 30^\circ$. Да се пресмета должината на страната на рамката ако средната вредност на индуцираната електромоторна сила во рамката е $\mathcal{E}_i = 10 \text{ V}$. Индуцирањето настанува при вклучување на магнетното поле кое што ја добива својата максимална вредност за $\Delta t = 0,03 \text{ s}$.

$$H = 6,4 \cdot 10^4 \text{ A/m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mathcal{E}_i = 10 \text{ V}$$

$$\Delta t = 0,03 \text{ s}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

$$a = ?$$

Рамностран триаголник

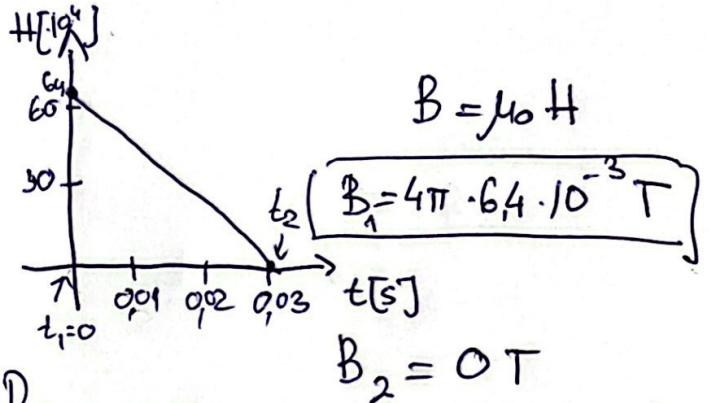


$$S = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$$

За индуцираната ЕМС имаме

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B_1 S \cos \alpha}{\Delta t} = \frac{\mu_0 H \cdot 6,4 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}}{0,03}$$

$$\mathcal{E} = \frac{6,4 \pi \cdot 10^{-1} \cdot a^2}{2}$$



Решение:

$$\text{Во } t = 0, \Phi_1 = B_1 \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Во } t = 0,03 \text{ s } \Phi_2 = 0 = B_2 S \cos \alpha = 0$$

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0 - B_1 S \cos \alpha = -B_1 S \cos \alpha$$

$$\Delta t = 0,03 \text{ s}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$a = \sqrt{\frac{2 \mathcal{E}_i \cdot 10}{6,4 \pi}} = \sqrt{\frac{10}{3,2 \cdot 3,14}}$$

$$a = \frac{10}{\sqrt{10}} = \frac{10}{3,16} \approx 3,16 \text{ cm}$$

2. Соленоид кој има 100 навивки и дијаметар 8 cm се наоѓа во магнетно поле од 0.05 T, при што оската на соленоидот е паралелна на магнетното поле. Соленоидот се завртува за агол од 180° за време од 0,5 s. Оската на вртење е нормална на оската на соленоидот. Најди ја големината на индуцираната електромоторна сила што ќе се појави во соленоидот.

$n = 100$
 $d = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
 $B = 0,05 \text{ T}$
 $\Delta t = 0,5 \text{ s}$
 $\mathcal{E}_i = ?$

$\alpha_1 = 0^\circ$
 $\alpha_2 = 180^\circ$
 $\cos \alpha_1 = 1$
 $\cos \alpha_2 = -1$
 $\Phi_1 = BS_{100} \cos \alpha_1 = BS_{100}$
 $\Phi_2 = -B \cdot S_{100}$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

~~$B = 0,05 \text{ T}$~~

Површина на една навивка од какавот

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

сите површини

$$S_{100} = 100 \frac{\pi d^2}{4} = 25\pi d^2$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = - \frac{2BS_{100}}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 25 \cdot 3,14 \cdot 64 \cdot 10^{-4}}{0,5}$$

$$\mathcal{E}_i = 31,4 \cdot 6,4 \text{ mV}$$

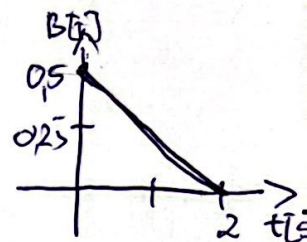
$$\boxed{\mathcal{E}_i = 0,2 \text{ V}}$$

3. Во хомогено магнетно поле со јачина 0.5 T се наоѓа рамка со површина $S = 10^{-3} \text{ m}^2$, нормално поставена на магнетните силини линии. Отпорот на рамката е $R = 1 \Omega$. Колкаво количество електричество протекува низ спроводникот од рамката ако магнетното поле се намалува со константна брзина. до от. за време од ~~2 s~~ 2 s .

$$B_1 = 0.5 \text{ T} \quad B_2 = 0 \text{ T}$$

$$S = 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$



$$R = 1 \Omega$$

$$\Delta t = \cancel{2 \text{ s}} \quad \Delta t = 2 \text{ s}$$

$$Q = ?$$

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 =$$



$$B \parallel s_n$$

$$\alpha = \angle(B, s_n) = 0$$

$$\cos \alpha = 1$$

$$\Delta \Phi = B_2 S - B_1 S = S(B_2 - B_1)$$

$$\Phi = BS \cos 0^\circ$$

$$\Phi_1 = B_1 S \cdot 1$$

$$\Phi_2 = B_2 S$$

$$\Delta \Phi = 10^{-3} \cdot (0 - 0.5)$$

$$\Delta \Phi = -5 \cdot 10^{-3}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \text{ s}} = 2.5 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{2.5 \text{ mV}}}$$

Омев закон:

$$\mathcal{E}_i = IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{2.5 \text{ mV}}{1} = \underline{\underline{2.5 \text{ mA}}}$$

од деф. за струја
(средна)

$$I_{cp} = \frac{Q}{t} \Rightarrow$$

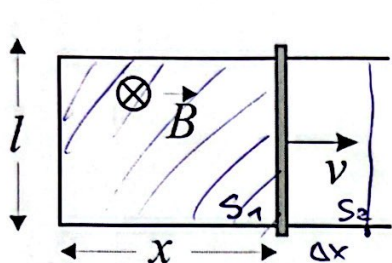
$$Q = I_{cp} \Delta t$$

$$Q = 2.5 \text{ mA} \cdot 2 \text{ s} = 5 \text{ mC}$$

$$\boxed{Q = 5 \text{ mC}}$$

4. По неподвижни шини се движи спроводник без триење. Должината на спроводникот е $l = 1,5 \text{ m}$. Системот се наоѓа во хомогено магнетно поле со јачина $B = 0,1 \text{ T}$ (Магнетното поле има правец како на Сл.1). Проводникот се движи со константна брзина $v = 20 \text{ m/s}$.

- а) Колкава е индуцираната електромоторна сила во спроводникот?
 б) Колку изнесува Амперовата сила која дејствува на спроводникот.
 Електричниот отпор по единица покршина на спроводникот и шините е $\rho' = 0,01 \Omega \cdot \text{m}$?



$$l = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 0,1 \text{ T}$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{а) } \mathcal{E}_i = ?$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} \quad \text{б) } F_a = ? \quad \rho' = \frac{R}{S} = 0,01 \Omega \cdot \text{m}$$

$$\Phi_1 = B \cdot S_1 \cos \alpha' = B \cdot S_1 = B \cdot l \cdot x$$

$$\Phi_2 = B S_2 \cos \alpha' = B S_2 = B l (x + \Delta x) \quad \Delta x = v \Delta t$$

$$\Phi_2 = B l (x + v \Delta t)$$

$$\Delta \Phi = B l (x + v \Delta t) - B l x = B l \cdot v \cdot \Delta t$$

$$\text{а) } \mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{B l \cdot v \Delta t}{\Delta t} = -B l \cdot v = 0,1 \cdot 1,5 \cdot 20 = 3 \text{ V}$$

$$\text{б) Амперова сила: } F_a = \overset{I=?}{\downarrow} I \cdot l \cdot B = 200 \cdot 1,5 \cdot 0,1 = 30 \text{ N}$$

ог Омов закон $\mathcal{E}_i = I R \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$

$$R = \left(\rho' \frac{l}{S} \right) = \rho' \cdot l \quad \frac{\rho'}{S} \rightarrow \text{гегено } \rho' = \frac{R}{S} = 0,01 \Omega \cdot \text{m} \Rightarrow R = 0,01 \cdot 1,5$$

$$R = 0,015 \Omega \Rightarrow I = \frac{3}{0,015} = 200 \text{ A}$$

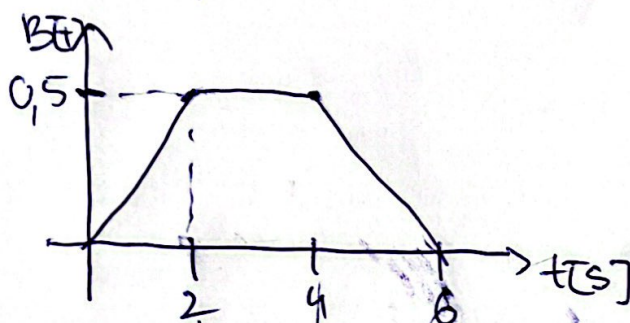
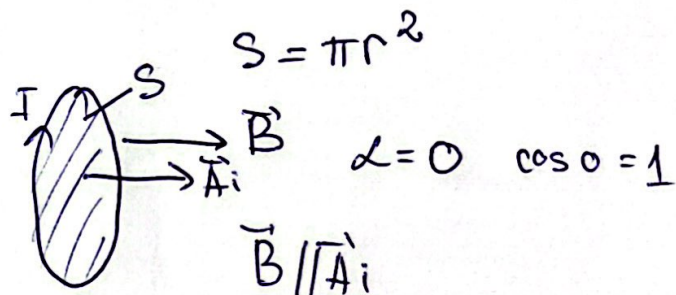
$$\boxed{F_a = 30 \text{ N}}$$

6. Метален прстен со радиус 12 cm и отпор 11.3 Ω се наоѓа во магнетно поле, така што магнетните сиови линии се нормални на површината на прстенот. Притоа, магнетната индукција се менува со времето така што во почетокот на времето е 0, па за време 2 секунди линеарно пораснала до 0.5 T. Потоа од 2 до 4 секунди ја задржува истата вредност, и потоа од 4 до 6 секунди паѓа на 0. Да се нацрта графикот на временската зависност на јачината на индуцираната струја од времето.

$$r = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

$$R = 11,3 \Omega$$

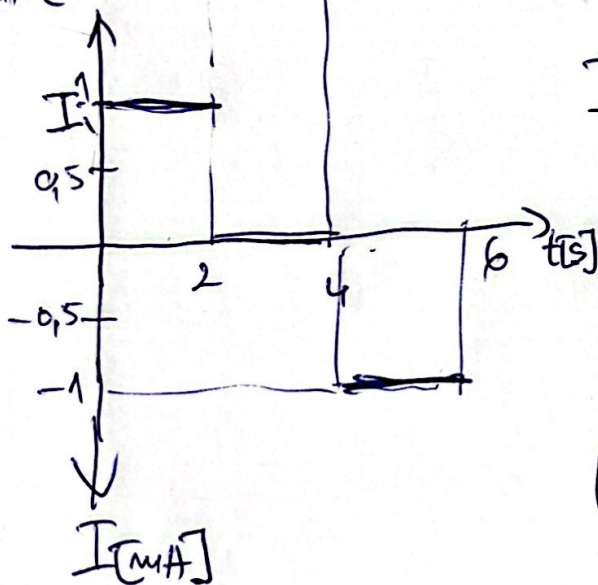
B - променлива со t



$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = BS$$

Решение



$$[0 \leq t \leq 2 \text{ s}] \quad \mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{0,5 \cdot \pi r^2}{2}$$

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{0,25 \cdot \pi r^2}{R} = 1 \text{ mA}$$

$$[2 \leq t \leq 4] \quad \Delta B = 0 \quad \Delta\phi = 0$$

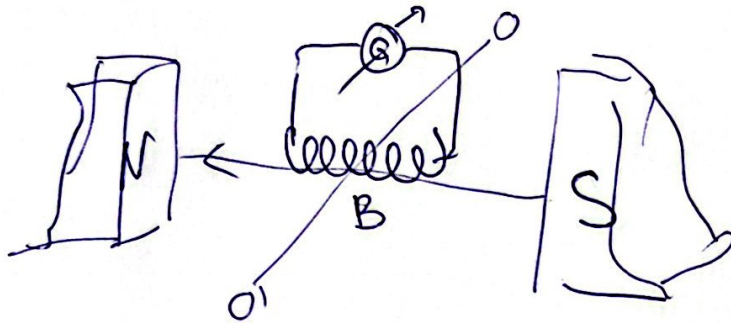
$$\mathcal{E}_i = 0 \quad I_i = \frac{0}{R} = 0$$

$$[4 \leq t \leq 6] \quad \mathcal{E}_i = -\frac{(-\Delta BS)}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{0,5 \cdot \pi r^2}{2} \cdot \frac{1}{R}$$

$$I_i = \frac{0,5}{2} \cdot 3,14 \cdot \frac{0,12^2}{11,3} = -1 \text{ mA}$$

8. Еден мал калем бил поставен помеѓу половите на еден електромагнет, така што оската на калемот се совпаѓа со правецот на векторот на магнетната индукција. Плоштината на напречниот пресек на калемот е 3 mm^2 а бројот на навивките му е 60. Кога калемот ќе се заврти за 180° околу оската OO' , галванометарот поврзан со него ќе покаже дека потекло количество електричество $4,5 \text{ } \mu\text{C}$. Да се најде магнетната индукција на електромагнетот доколку е познато дека отпорот на колото е $40 \text{ } \Omega$.



Задано:

$$S = 3 \text{ mm}^2$$

$$N = 60$$

$$\alpha = 180^\circ$$

$$\Delta Q = 4,5 \text{ } \mu\text{C}$$

$$R = 40 \text{ } \Omega$$

$$B = ?$$

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{-N \Delta\phi}{R \Delta t}$$

$$\cos 0 = 1$$

$$\cos 180 = -$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{N}{R} \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

$$\Delta Q = \frac{N \Delta\phi}{R} = \frac{N}{R} \cdot 2BS$$

На 1
намотка
од калем

$$\Delta\phi = 2BS$$

$$B = \frac{\Delta Q \cdot R}{2N \cdot S} = \frac{4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 40}{2 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = \frac{4,5 \cdot 4^2}{2 \cdot 6 \cdot 3} = \frac{3}{6} = 0,5 \text{ T}$$

$$B = 0,5 \text{ T}$$

9. Краевите на еден калем од 100 навивки се кратко споени. Калемот бил сместен во магнетно поле, така што магнетните силиви линии се паралелни со оската на калемот. Површината на напречниот пресек на калемот е 40 cm^2 , а отпорот на жицата е 150Ω . Да се опресели топлотната загуба во единица време ако промената на магнетната индукција во текот на времето изнесува 10^{-3} A/s .

$$\cos \alpha = 1 \quad \alpha = 0^\circ$$

Задано:

$$n = 1000$$

$$S = 40 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$R = 150 \Omega$$

$$P = ?$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-3} \text{ A/s}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = - \frac{N \Delta B \cdot S}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = - \frac{NS}{R} \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

Според Фул-ленџов закон резултатот на I_i го загрева калемот, па ослободената топлина ќе биде

$$\Delta W = I_i^2 R \cdot \Delta t$$

Топлината загуба во единица време е

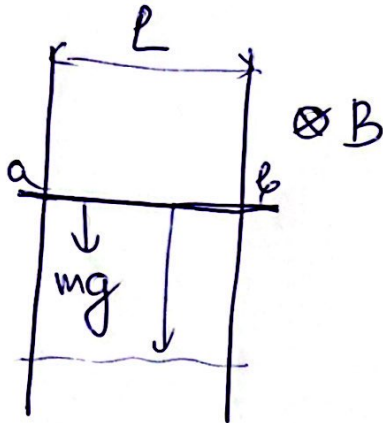
$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{I_i^2 R \Delta t}{\Delta t} = I_i^2 R$$

$$P = \frac{N^2 S^2}{R^2} R \cdot \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right)^2 = \frac{1000^2 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^{-6}}{150} = \frac{16}{150} \cdot 10^{-6} =$$

$$P = 10^{-7} \text{ W}$$

10. Во хомогено магнетно поле со индукција B се нашол еден спроводник. Векторот на B е нормален на рамнината на цртање. Подвижниот дел „ab“ кој има маса m се лизга надолу без триење и постојана брзина. Да се најде електричниот отпор R на 'ab' ако се занемари отпорот на останатиот дел на системот и ако се дадени: $B=10^{-2}\text{T}$, $v=1\text{ m/s}$, $m=1\text{ g}$ и $l=50\text{ cm}$.



Задено:

$$B = 10^{-2}\text{ T}$$

$$v = 1\text{ m/s}$$

$$m = 1\text{ g}$$

$$l = 50\text{ cm} = 0,5\text{ m}$$

$$R = ?$$

За да се движи со постојана v , треба силите да се во рамнотежа

↓
Гравитациона
Лоренцова

$$F_g = mg$$

$$F_L = I B \cdot l$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_i = l \cdot B \cdot v}$$

$$mg = \frac{\mathcal{E}_i}{R} \cdot B \cdot l$$

$$R = \frac{\mathcal{E}_i B \cdot l}{mg} = \frac{l B \cdot v \cdot B \cdot l}{mg} = \frac{l^2 B^2 \cdot v}{mg}$$

$$R = \frac{0,5^2 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{1 \cdot 10} = 0,25 \cdot 10^{-5} \Omega = \underline{\underline{2,5 \mu\Omega}}$$