

FISIKA 2

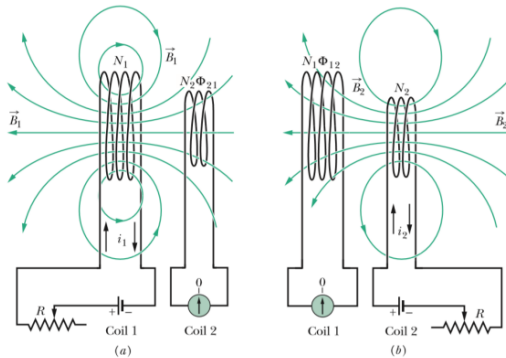
Pertemuan 1 - Minggu 11 (190055)
May 31, 2021

1 Gaya Gerak Listrik Induksi

Lanjutannya minggu lalu.

1.1 Induktansi Timbal Balik

Dua kumparan masing masing dialiri arus listrik I_1 dan I_2 seperti ditunjukkan pada Gambar



Pada gambar (a) ketika kumparan 1 dialiri arus maka B_1 akan menembus kumparan 2, sebaliknya Ketika kumparan 2 (gambar b) dialiri arus maka B_2 akan menembus kumparan 1, sehingga:

$$\Phi_{21} = B_1 A_2$$

$$\Phi_{12} = B_2 A_1$$

PADA KUMPARAN 1

Φ_{12} = fluks pada kawat 1 oleh kawat 2

$\Phi_{12} = k_2 I_2$

$$\begin{aligned}\epsilon_1 &= -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{dt} \\ \epsilon_1 &= -N_1 \frac{d(k_2 I_2)}{dt} \\ \epsilon_1 &= -N_1 k_2 \frac{dI_2}{dt}\end{aligned}$$

dengan

$$M = N_1 k_2$$

Jadi pada kumparan satu

$$\epsilon_1 = -M \frac{dI_2}{dt}$$

PADA KUMPARAN 2

Φ_{21} = fluks pada kawat 2 oleh kawat 1

$\Phi_{21} = k_1 I_1$

$$\begin{aligned}\epsilon_2 &= -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} \\ \epsilon_2 &= -N_2 \frac{d(k_1 I_1)}{dt} \\ \epsilon_2 &= -N_2 k_1 \frac{dI_1}{dt}\end{aligned}$$

dengan

$$M = N_2 k_1$$

Jadi pada kumparan kedua

$$\epsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

Induktansi timbal balik disebut (M), atau sering juga disebut induktansi silang, atau induktansi pasangan antara 2 kumparan. Nilai M pada kedua kumparan tersebut sama, karena saling mempengaruhi

Pada GGL 1 (ϵ_1)

$$\begin{aligned}\epsilon_1 &= -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{dt} \\ -M \frac{dI_2}{dt} &= -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{dt} \\ MI_2 &= N_1 \Phi_{12}\end{aligned}$$

$$M = \frac{N_1 \Phi_{12}}{I_2}$$

Pada GGL 2 (ϵ_2)

$$\begin{aligned}\epsilon_2 &= -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} \\ -M \frac{dI_1}{dt} &= -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} \\ MI_1 &= N_2 \Phi_{21}\end{aligned}$$

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1}$$

1.2 Induktansi Diri

Selanjutnya Induktansi diri yang akan lebih banyak dibahas, dan selanjutnya cukup akan disebut **Induktansi**.

$$\begin{aligned}N_1 &= N_2 = N \\ I_1 &= I_2 = I \\ \Phi_{12} &= \Phi_{21} = \Phi \\ M &= L = N \frac{\Phi}{I}\end{aligned}$$

L juga disebut induktansi dengan satuan yang sama, yaitu **Henry (H)**. Maka didapatkan Hukum Lenz dimana

$$\epsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

1.2.1 Energi Yang Tersimpan

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

Daya :

$$P = \varepsilon I$$

$$P = L I \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dW}{dt} = L I \frac{dI}{dt}$$

$$W = \int_0^I L I dI$$

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

1.2.2 Rapat Energi Induktor

Rapat energi adalah rumusan universal, bukan hanya berlaku di kumparan selenoida, tapi juga berlaku di toroida, dll.

$$u_B = \frac{\text{Energi}}{\text{volume}}$$

$$u_B = \frac{\frac{1}{2} L I^2}{A l}$$

$$u_B = \frac{\frac{1}{2} N \frac{\Phi}{I} I^2}{A l}$$

$$u_B = \frac{\frac{1}{2} N \frac{B A}{I} I^2}{A l}$$

$$u_B = \frac{1}{2} \frac{N B}{l} \frac{B l}{\mu_0 N}$$

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

$$B = \frac{\mu_0 I N}{l}$$

$$I = \frac{B l}{\mu_0 N}$$

1.3 Soal

Soal buku hal. 139 no. 12:

Sebuah solenoida yang terdiri 500 lilitan Panjangnya 8 cm. Bila arus dalam solenoida ini naik dari 0 sampai 2,5 A dalam waktu 0,35 s, besarnya ggl yang terinduksi adalah 0,05 volt. Carilah:

- Induktansi solenoida
- Luas penampang solenoida

Penyelesaian:

Penyelesaian:

- Induktansi solenoida

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Karena dilihat besarnya maka tanda negative dihilangkan

$$0,05 = L \frac{(2,5 - 0)}{0,35}$$

$$0,05 = L \frac{(2,5 - 0)}{0,35}$$

$$L = \frac{0,05 \times 0,35}{2,5}$$

$$L = 7 \text{ mH}$$

- Luas penampang solenoida

$$L = N \frac{\Phi}{I}$$

$$L = N \frac{B A}{I} = N \frac{\frac{\mu_0 I N}{l} A}{I}$$

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

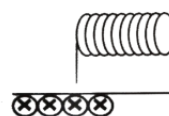
$$A = \frac{L l}{\mu_0 N^2}$$

$$A = \frac{7 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 500^2}$$

$$A = \frac{5,6 \times 10^{-3}}{\pi} \text{ m}^2 = \frac{56}{\pi} \text{ cm}^2$$

Soal buku hal. 140 no. 13:

Sebuah solenoida sangat panjang memiliki 200 lilitan/cm dan berdiameter 3 cm. Ditengah tengah solenoida ditempatkan sebuah kumparan sesumbu dengan solenoida tadi dan mempunyai jumlah lilitan 100 serta berdiameter 2 cm (lihat gambar). Tentukan besarnya ggl induksi dan arus induksi dalam kumparan untuk $t = 2$ s, apabila arus yang mengalir pada solenoida adalah $i = 3t + t^2$ A serta resistansi kumparan adalah 0,15 ohm



Penyelesaian:

Menggunakan GGL induksi

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1} \rightarrow M = \frac{N_2 B_1 A_2}{I_1}$$

$$M = \frac{N_2 \frac{\mu_0 I_1 N_1}{l} A_2}{I_1} \text{ dengan } n = \frac{N_1}{l}$$

$$n = 200 \frac{\text{lilitan}}{\text{cm}} = 20000 \frac{\text{lilitan}}{\text{m}}$$

$$M = N_2 \mu_0 n A_2$$

$$M = 100 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20000 \times \frac{1}{4} \pi \times (2 \times 10^{-2})^2$$

$$M = 8\pi^2 \times 10^{-5} \text{H}$$

$$\varepsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -8\pi^2 \times 10^{-5} \frac{d(3t + t^2)}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -8\pi^2 \times 10^{-5} (3 + 2t)$$

pada $t = 2 \text{ s}$

$$\varepsilon_2 = -8\pi^2 \times 10^{-5} (3 + 4)$$

$$\varepsilon_2 = -9,6 \text{ mV}$$

arus induksi

$$i_{\text{induksi}} = \frac{\varepsilon_2}{R}$$

$$i_{\text{induksi}} = \frac{9,6 \times 10^{-3}}{0,15} = 64 \text{mA}$$

b. ggl yang diinduksikan pada kumparan kecil.

$$\varepsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$\varepsilon_2 = -\pi^2 \times 10^{-5} \times 0,5$$

$$\varepsilon_2 = -0,05 \text{mV}$$

c. Hitunglah rapat energi di kumparan besar bila arus yang lewat 0,1 A

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

$$u_B = \frac{\left(\frac{\mu_0 I_1 N_1}{l_1}\right)^2}{2\mu_0}$$

$$u_B = \frac{\mu_0 \left(\frac{I_1 N_1}{l_1}\right)^2}{2}$$

$$u_B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{0,1 \times 500}{0,1}\right)^2}{2}$$

$$u_B = 5\pi \times 10^{-2} \text{joule/m}^3$$

1.4 Induktansi Silang antara Kawat Lurus dan Kawat Lurus

Perhitungan yang lengkap ada di Buku Diktat..

Soal buku hal. 140 no. 14:

Di tengah-tengah kumparan yang jari-jarinya 3 cm, panjang 10 cm dan terdiri dari 500 lilitan, terdapat kumparan kecil yang berjari-jari 2 cm. Panjang kumparan kecil ini 4 cm dan terdiri dari 50 lilitan.

- Hitung induktansi silang system
- Bila arus pada kumparan besar berubah 0,5 A/s, hitunglah ggl yang diinduksikan pada kumparan kecil.
- Hitunglah rapat energi di kumparan besar bila arus yang lewat 0,1 A

Penyelesaian:

a. Induktansi silang system

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1} \rightarrow M = \frac{N_2 B_1 A_2}{I_1}$$

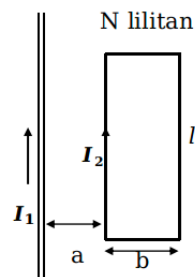
$$M = \frac{N_2 \frac{\mu_0 I_1 N_1}{l_1} A_2}{I_1}$$

$$M = \frac{\mu_0 N_2 N_1 A_2}{l_1}$$

$$M = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 500 \times \frac{1}{4} \pi \times (2 \times 10^{-2})^2}{0,1}$$

$$M = \pi^2 \times 10^{-5} \text{H}$$

Sebuah loop persegi dengan N lilitan dialiri arus listrik I_2 berada pada jarak a dari kawat lurus panjang yang dialiri arus I_1 seperti pada gambar. Hitung induktansi silang system?



Penyelesaian:

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1}$$

$$\Phi_{21} = \frac{\mu_0 I_1 l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

$$M = \frac{N \mu_0 I_1 l}{2\pi I_1} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

$$M = \frac{N \mu_0 l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$