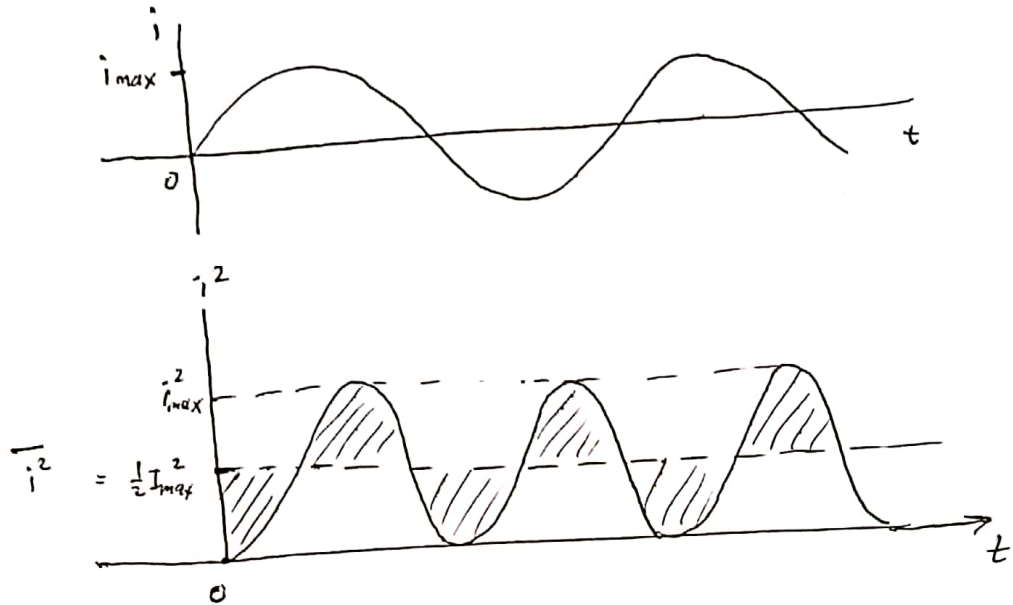


A. Pertanyaan

- ① Volt meter dan Ammeter membaca nilai rms. Dengan sebuah osiloskop kita dapat membaca sebuah tegangan ^{atau arus} maksimum atau mengetes apakah rata-ratanya nol.

kita ingat bahwa nilai rata-rata dari arus dalam satu siklus adalah nol.



$$i_{rms} = \sqrt{\bar{i}^2}$$

$$\bar{i}^2 = \frac{1}{2} i_{max}^2$$

$$i_{rms} = \sqrt{\bar{i}^2} = \sqrt{\frac{1}{2} i_{max}^2} = \frac{i_{max}}{\sqrt{2}}$$

Begitupun sama dengan tegangan rms. $V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$

- ② Reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan frekuensi,

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_c \sim \frac{1}{f}$$

• jika f ^{sangat} tinggi maka $X_c \approx 0$ artinya resistansinya akan menjadi nol atau minimum, hal ini menyebabkan arus yang melalui rangkaian besar, dan akan terjadi rangkaian pendek

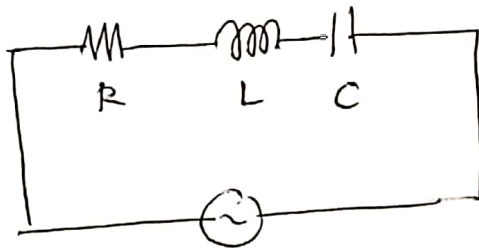
dan berpotensi terjadi hubungan singkat. (korsleting)

- jika f sangat rendah, $f \approx 0$

maka $X_C \approx \frac{1}{0} \approx \infty$ menjadi sangat tinggi

Sehingga rangkaian ini menjadi rangkaian terbuka, karena arus tidak dapat mengalir melalui kapasitor (hambatan sangat tinggi). (rangkaiian terbuka = rangkaian terputus)

③



$$f_2 = 2f_0$$

⊙ untuk R tidak berubah, karena R tidak bergantung frekuensi

⊙ untuk X_L ,

$$\frac{X_{L2}}{X_{L0}} = \frac{2\pi(2f)L}{2\pi fL} = 2 \rightarrow X_{L2} = 2X_{L0}$$

Jadi, Reaktansi Induktifnya menjadi 2 kali lebih besar dari semula.

⊙ untuk X_C

$$\frac{X_{C2}}{X_{C0}} = \frac{\frac{1}{\omega C_2}}{\frac{1}{\omega C_0}} = \frac{\frac{1}{2\pi(2f)C}}{\frac{1}{2\pi fC}} = \frac{1}{2}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{2} X_{C0}$$

Jadi, Reaktansi Kapasitifnya menjadi Setengah dari semula

④ Hal ini jauh lebih baik secara ekonomi untuk mentransmisikan pada tegangan tinggi dari pada tegangan rendah. Karena kehilangan daya $i^2 R$ pada garis transmisi memiliki nilai rendah secara signifikan (penting). Dengan mentransmisikan daya pada tegangan tinggi mengizinkan penggunaan transformator (trafo) step down untuk membuat tegangan rendah dan arus tinggi tersedia pada akhir pemakai (konsumen).

kita ambil perbandingannya pada kasus berikut.

Sebuah stasiun pembangkit listrik perlu mengirimkan energi pada laju 20 MW ke sebuah kota sejauh 1 km.

(i) jika hambatan kabel 2Ω , harga energi 10 sen/kWh, perkirakan harga yg harus dibayar untuk energi yg diubah ke energi dlm kabel selama satu hari.
Tegangan yang lazim untuk pembangkit daya listrik komersial adalah 22 kV, tetapi sebuah trafo penaik digunakan untuk menaikkan tegangan menjadi 230 kV sebelum transmisi

(ii) ulangi perhitungan dimana pembangkitnya energi pada tegangan asli 22 kV

jawab: (i)
$$i_{rms} = \frac{P_{rata-rata}}{\Delta V_{rms}} = \frac{20 \times 10^6 \text{ W}}{230 \times 10^3 \text{ V}} = 87 \text{ A}$$

laju pengiriman energi ke hambatan dalam kabel

$$P_{rata-rata} = I_{rms}^2 R = (87 \text{ A})^2 (2 \Omega) = 15 \text{ kW}$$

Selama satu hari, energi yg hilang akibat ^(hambatan kabel)

$$15 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 360 \text{ kWh}$$

dengan harga \$36

$$(ii) I_{rms} = \frac{P_{rata-rata}}{\Delta V_{rms}} = \frac{20 \times 10^6 W}{22 \times 10^3 V} = 910 A$$

$$P_{rata-rata} = I_{rms}^2 R = (910)^2 (2) = 1,7 \times 10^3 kW$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya per hari} &= (1,7 \times 10^3 kW) (24 \text{ jam}) (\$0,10 / kWh) \\ &= \$4100 \end{aligned}$$

Jadi, jelas dengan transmisi pada tegangan tinggi lebih hemat secara biaya.

5) Dalam sebuah rangkaian RLC, sudut fasa bergantung pada frekuensi sumber.

•) pada frekuensi sangat rendah, kapasitor mendominasi impedansi dan sudut fasa mendekati -90° ($X_C > X_L$)

•) sudut fasa bernilai nol pada frekuensi resonansi, atau $X_C = X_L$

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow f_{\text{resonansi}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

•) pada frekuensi sangat tinggi, induktor mendominasi impedansi, $X_L > X_C$, maka ϕ mendekati $+90^\circ$.

~~~~~ "

- ① a) Seluruh energi didalam rangkaian tinggal didalam kapasitor ketika muatan pada kapasitor mencapai maksimum. dan kemudian nol.

Sehingga, 
$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(2,90 \times 10^{-6} \text{ C})^2}{2 (3,60 \times 10^{-6} \text{ F})} = 1,17 \times 10^{-6} \text{ J}$$

- b) ketika kapasitor sepenuhnya kosong (muatannya), arus nya adalah maksimum dan seluruh energi tinggal di dalam induktor.

maka, 
$$U = \frac{Li^2}{2}$$

$$i = \sqrt{\frac{2U}{L}} = \sqrt{\frac{2(1,168 \times 10^{-6} \text{ J})}{75 \times 10^{-3} \text{ H}}} = 5,58 \times 10^{-3} \text{ A}$$

- ② a) muatan maksimum adalah  $Q = CV_{\text{max}}$

$$Q = (1 \times 10^{-9} \text{ F})(3 \text{ V}) = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

- b) dari persamaan,  $U = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{Q^2}{2C}$ , maka

$$i = \frac{Q}{\sqrt{LC}} = \frac{3 \times 10^{-9} \text{ C}}{\sqrt{(3 \times 10^{-3} \text{ H})(1 \times 10^{-9} \text{ F})}} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ A}$$

- c) ketika arus berada pada keadaan maksimum, energi magnetik berada pada keadaan maksimum juga,

$$U_{B \text{ max}} = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} (3 \times 10^{-3} \text{ H})(1,7 \times 10^{-3} \text{ A})^2$$

$$U_{B \text{ max}} = 4,5 \times 10^{-9} \text{ J}$$

③ a) Setelah dipindahkan ke posisi b rangkaian menjadi sebuah rangkaian LC.

frekuensi sudut osilasinya,

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(54 \times 10^{-3} \text{ H})(6,20 \times 10^{-6} \text{ F})}}$$

$$f = 275 \text{ Hz}$$

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

b) ketika saklar dipindah, kapasitor diisi menjadi 34 V dan arusnya nol.

Jadi, muatan maksimum pada kapasitor adalah:

$$Q = CV = 6,20 \times 10^{-6} \text{ F} (34 \text{ V})$$

$$Q = 2,11 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$\text{Amplitudo arus, } I = \omega Q = 2\pi f Q = 2\pi (275 \text{ Hz})(2,11 \times 10^{-4} \text{ C})$$

$$I = 0,365 \text{ A}$$

Catatan:

Dalam rangkaian LC:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{C} q = 0 \quad (\text{osilasi LC})$$

$$\text{Solusinya adalah: } q = Q \cos(\omega t + \phi) \quad (\text{muatan})$$

$$\text{dengan } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\text{arusnya: } i = \frac{q}{t} = -\omega Q \sin(\omega t + \phi)$$

$$\text{amplitudo arus: } \omega Q //$$



④ Asensi dan keadaan akhir permasalahan adalah sama dengan menentukan saat  $t=0$ ,  $\phi=0$  dalam persamaan  $q = Q e^{-Rt/2L} \cos(\omega t + \phi)$  (lihat halliday chapter 31)

karena energi maksimum di dalam kapasitor (tiap siklus) diberikan oleh  $\frac{q_{\max}^2}{2C}$ ,

dimana  $q_{\max}$  adalah muatan maksimum (selama diberikan setiap siklus), kemudian  $U_{\max} = \frac{1}{2} U_{\text{awal}}$

$$\frac{q_{\max}^2}{2C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow q_{\max} = \frac{Q}{\sqrt{2}}$$

kemudian,

$$q_{\max} = Q e^{-Rt/2L} \Rightarrow \ln \left( \frac{q_{\max}}{Q} \right) = -\frac{Rt}{2L}$$

Kita tahu

$$q_{\max} = \frac{Q}{\sqrt{2}}, \text{ maka } t = -\frac{2L}{R} \ln \left( \frac{q_{\max}}{Q} \right)$$

$$t = -\frac{2L}{R} \ln \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{L}{R} \ln 2$$

Catatan:

$$\text{Identitas: } \ln \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = -\ln \sqrt{2} = -\frac{1}{2} \ln 2$$

$$\textcircled{5} \text{ a) } X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_d = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$⑤ \text{ a) } f_d = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(6 \times 10^{-3} \text{ H})(10 \times 10^{-6} \text{ F})}} = 6,5 \times 10^2 \text{ Hz}$$

b) Reaktansi Induktif

$$X_L = \omega_d L = 2\pi f_d L$$

$$X_L = 2\pi (650 \text{ Hz})(6 \times 10^{-3} \text{ H}) = 24 \Omega$$

Reaktansi kapasitif memiliki nilai sama pada frekuensi ini.

⑥ a) Pada grafik, dapat kita lihat bahwa frekuensi sudut resonansinya adalah

$$\omega = 25000 \text{ rad/s}$$

hal ini berarti,

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$C = (\omega^2 L)^{-1}$$

$$= [(25000)^2 \times 200 \times 10^{-6}]^{-1}$$

$$C = 8 \mu\text{F}$$

b) Dari grafik juga diperlihatkan bahwa amplitudo arus pada resonansi adalah 4A, namun pada resonansi, Impedansi  $Z$  menjadi murni resistif ( $Z=R$ )

$$\text{Sehingga, } R = \frac{\mathcal{E}}{i} = \frac{8 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 2 \Omega$$



7) a)  $R = 200 \Omega$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2(3,14)(60)(70 \times 10^{-6})} = \frac{10^6}{26376} = 37,91 \Omega$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2(3,14)(60)(230 \times 10^{-3} H) = 86,7 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{200^2 + (86,7 - 37,91)^2}$$

$$= 193,95 \Omega$$

$$Z = 194 \Omega$$

b) Sudut fasa,

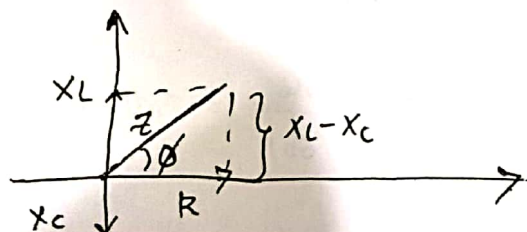
$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{X_L - X_C}{R} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{86,7 - 37,91}{200} \right)$$

$$\phi = 13,7^\circ$$

c) arus maksimum,  $I = \frac{E_m}{Z} = \frac{36}{194} = 0,185 A$

d) Rangkaian ini bersifat induktif, karena  $X_L > X_C$ , dan  $V$  mendahului arus sebesar  $\phi$ ,

sehingga diagram fasornya,



- 8) a) ketika kedua saklar ditutup (hal ini secara efektif menghilangkan resistor dari rangkaian), impedansinya hanya total reaktansi,

$$X_{net} = \frac{12V}{0,447A} = 26,85\Omega$$

ketika Saklar 1 ditutup namun, saklar 2 terbuka, kita mempunyai reaktansi sama (neto) seperti yang kita diskusikan, namun sekarang resistor merupakan bagian dari rangkaian

$$\text{maka, } R = \frac{X_{net}}{\tan \phi} = \frac{26,85\Omega}{\tan 15^\circ} = 100\Omega$$

- b) untuk situasi yang pertama digambarkan di dalam soal (kedua saklar terbuka), kita dapat membalikan alasan kita pada bagian (a) dan menemukan,

$$X_{net \text{ pertama}} = R \tan \phi'$$

$$X_{net \text{ pertama}} = 100 \tan(-30,9^\circ) = -59,96\Omega$$

kita mengamati bahwa efek dari saklar 1 berimplikasi,

$$X_C = X_{net} - X_{net \text{ pertama}}$$

$$= 26,85 - (-59,96)$$

$$X_C = 86,81\Omega$$

$$\text{Sehingga diperoleh, } C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi(60)(86,81)} = 30,6 \mu F$$

- c) karena  $X_{net} = X_L - X_C$ , maka ditemukan,

$$X_L = X_{net} + X_C \quad L = \frac{X_L}{\omega}$$

$$= 26,85 + 86,81$$

$$= 113,66$$

$$L = \frac{113,66}{2\pi(60)} = 301 \text{ mH}$$

9) a) Impedansinya adalah :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{(12)^2 - (1,3 - 0)^2} = 12,1 \Omega$$

b) laju rata-rata energi

$$P_{avg} = \frac{\epsilon_{rms}^2 R}{Z^2} = \frac{(120V)^2 (12 \Omega)}{(12,07 \Omega)^2} = 1,186 \times 10^3 W$$

$$P_{avg} \approx 1,19 \times 10^3 W$$

10) a) konstanta fase adalah :

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{V_L - V_C}{V_R} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{V_L - V_L/2}{V_L/2} \right) = \tan^{-1}(1) = 45^\circ$$

b) Kita ketahui bahwa

$$\epsilon_m \cos \phi = iR$$

$$\text{maka: } R = \frac{\epsilon_m \cos \phi}{i} = \frac{(30V) (\cos 45^\circ)}{300 \times 10^{-3} A} = 70,7 \Omega$$

Selamat Belajar

dibuat oleh :

Ka Wawan K

magister physics ITB

2021

Chanel youtube : Berfisika.Com

