Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

MĂRIMI ELECTRICE ARMONICE

Problema 0. a. Se consideră o tensiunea electrică care are expresia armonică $\mathbf{v_C(\omega\cdot t)=2\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot 1000+\pi/2)[V]}$. Să se indice valorile parametrilor tensiunii armonice şi să se exprime tensiunea respectivă sub formă fazorială.

b. Se consideră un curent electric exprimat fazorial astfel: $\underline{i_C} = 5\cdot e^{j\cdot\left(100\cdot t+45^0\right)}\ [mA]$. Să se indice valorile parametrilor curentului electric şi să se exprime curentul respectiv sub formă armonică.

Rezolvare:

a. $\mathbf{v_C(\omega\cdot t) = 2\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot 1000 + \pi/2)\ [V]}$

$\downarrow$ amplitudine; $\downarrow$ frecvenţă lucru; $\downarrow$ fază iniţială

Parametrii tensiunii armonice:

amplitudine: $\mathbf{V_c = 2\ [V]}$

frecvenţă (lucru): $\mathbf{f = 1000\ [Hz]}$ pulsaţia de lucru: $\mathbf{\omega = 6{,}28\cdot 10^3\ [rad/s]}$

faza iniţială: $\mathbf{\varphi_V = \pi/2[rad]}$

Expresia fazorială: $$\underline{v_C} = \underbrace{V_c}_{amplitudine}\cdot e^{j\cdot\left(\underbrace{\omega}_{pulsatie}\cdot t+\underbrace{\varphi_V}_{faza_initiala}\right)} = V_c\cdot e^{j\cdot\left(2\cdot\pi\cdot\underbrace{f}_{frecventa}\cdot t+\varphi_V\right)}$$

$$\underline{v_C} = 2\cdot e^{j\cdot\left(6{,}28\cdot 10^3\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)}\ [V] \quad \text{sau} \quad \underline{v_C} = 2\cdot e^{j\cdot\left(2\cdot\pi\cdot 1000\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)}\ [V]$$

b. $$\underline{i_C} = \underbrace{5}_{amplitudine}\cdot e^{j\cdot\left(\underbrace{100}_{pulsatie}\cdot t+\underbrace{45^0}_{faza}\right)}\ [mA]$$

Parametrii curentului electric armonic, exprimat sub formă de fazor:

amplitudine: $\mathbf{I_c = 5\ [mA]}$

pulsaţia de lucru: $\mathbf{\omega = 100\ [rad/s]}$ frecvenţă (lucru): $f = \frac{\omega}{2\cdot\pi}[Hz]$

$$f = \frac{100}{2\cdot\pi}[Hz] \cong 15{,}92[Hz]$$

faza iniţială: $\mathbf{\varphi_I = 45^0}$ (faza este exprimată în grade sexazecimale)

Expresia armonică a curentului electric: $$i_C(\omega\cdot t) = \underbrace{5}_{amplitudine}\cdot\sin\left(\underbrace{100}_{pulsatie}\cdot t+\underbrace{45}_{faza}{}^0\right)\ [mA]$$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Problema 1. Să se calculeze curentul electric printr-un condensator de capacitate electrică **C=1[μF],** dacă tensiunea electrică pe acesta variază în timp după expresia **$v_C(\omega\cdot t)=5+2\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot1000+\pi/2)$[V].** Să se indice pentru fiecare mărime electrică parametrii săi şi să se deseneze formele de undă ale celor 2 mărimi electrice.

Rezolvare

Tensiunea electrică a condensatorului: $\mathbf{v_C(\omega\cdot t) = 5 + 2\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot1000+\pi/2)[V].}$

Valoarea adunată la expresia armonică se numeşte **valoare medie** (sau componentă continuă) şi reprezintă o mărime electrică continuă, pe care este axată variaţia sinusoidală a tensiunii. Fiind o mărime electrică continuă, modul de notare a acesteia respectă convenţia de notare a mărimilor electrice continue: mărimea electrică se noteatză cu literă mare, iar indicele se notează tot cu liteară mare.

Pentru determinarea curentului electric prin condensator se utilizează ecuaţia de funcţionare a condensatorului:

$$\Rightarrow \quad i_C(t) = C\cdot\frac{dv_C}{dt} = 1[\mu F]\cdot\frac{d}{dt}\left(5+2\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot1000\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)\right)[V]$$

$$\Rightarrow \quad i_C(\omega\cdot t) = 1[\mu F]\cdot2\cdot2\cdot\pi\cdot1000\cdot\cos\left(2\cdot\pi\cdot1000\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)[V]$$

$$\Rightarrow \quad i_C(\omega\cdot t) = 10^{-6}\cdot4\cdot3{,}14\cdot10^{3}\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot1000\cdot t+\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}\right)[F\cdot V]$$

$$\Rightarrow \quad i_C(\omega\cdot t) = 12{,}56\cdot10^{-3}\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot1000\cdot t+\pi)[A]$$

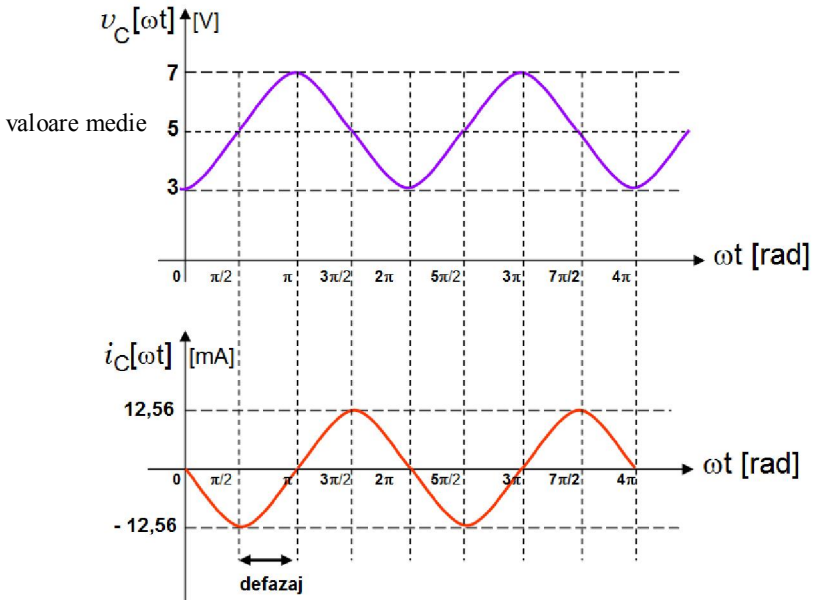
$$\Rightarrow \quad i_C(\omega\cdot t) = 12{,}56\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot1000\cdot t+\pi)[mA]$$

Parametrii mărimilor electrice de terminal ale condensatorului sunt:

	tensiune electrică v_C	**curent electric i_C**
valoare medie	$V_C = 5$ [V]	$I_C = 0$ [mA]
amplitudine	$V_c = 2$ [V]	$I_c = 12{,}54$ [mA]
frecvenţă	f = 1000 [Hz]	f = 1000 [Hz]
fază iniţială	$\varphi_v = \pi/2$ [rad]	$\varphi_I = \pi$ [rad]

- Formele de undă ale mărimilor electrice de terminal sunt prezentate în figura de mai jos, din care se observă defazajul de **π/2 [rad]** între curentul electric prin condensator şi tensiunea electrică pe acesta.
- Se remarcă faptul că **valoarea medie a curentului prin condensator este ÎNTOTDEAUNA nulă.**

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Problema 2. Să se calculeze curentul electric printr-o bobină de inductanţă electrică **L=1[mH],** dacă curentul electric prin aceasta variază în timp după expresia $\mathbf{i_L(\omega\cdot t)=10+5\cdot sin(2\cdot\pi\cdot 10000)[mA]}$. Să se indice pentru fiecare mărime electrică parametrii săi şi să se deseneze formele de undă ale celor 2 mărimi electrice.

Rezolvare

Pentru determinarea tensiunii electrice pe bobină se utilizează ecuaţia de funcţionare a acesteia:

$$\Rightarrow \quad v_L(t) = L\cdot\frac{di_L}{dt} = 1[mH]\cdot\frac{d}{dt}(10+5\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot 10000\cdot t))[mA]$$

$$\Rightarrow \quad v_L(\omega\cdot t) = 1[mH]\cdot 5\cdot 2\cdot\pi\cdot 10000\cdot\cos(2\cdot\pi\cdot 10000\cdot t)[mA]$$

$$\Rightarrow \quad v_L(\omega\cdot t) = 10^{-3}\cdot 5\cdot 2\cdot 3{,}14\cdot 10^{4}\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot 10000\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)[H\cdot A]$$

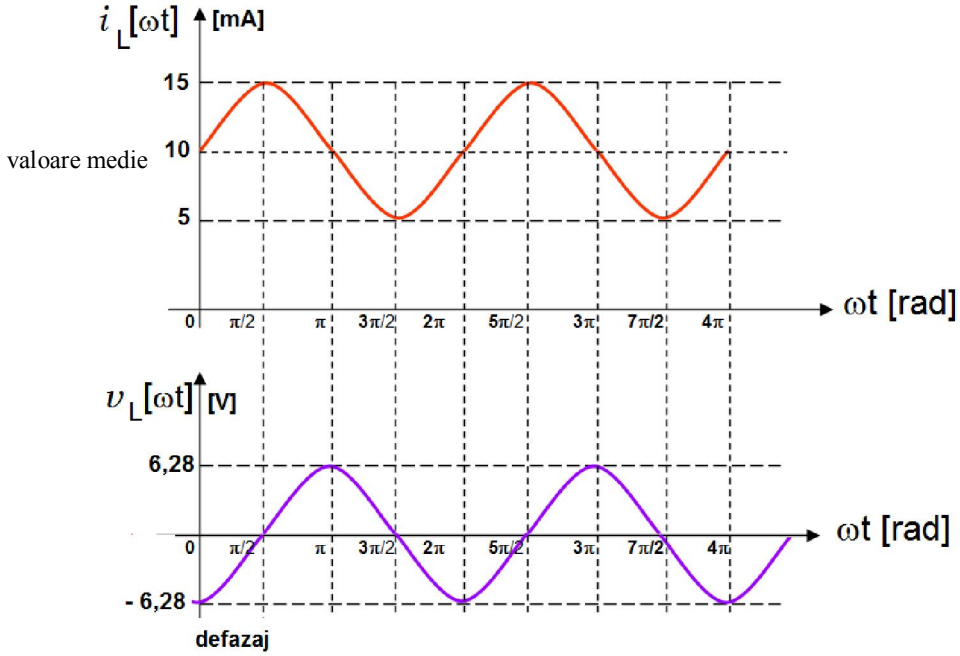
$$\Rightarrow \quad v_L(\omega\cdot t) = 6{,}28\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot 10000\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)[V]$$

Parametrii mărimilor electrice de terminal ale bobinei sunt:

	curent electric i_L	**tensiune electrică v_L**
valoare medie	I_L = 10 [mA]	V_C = 0 [V]
amplitudine	I_l = 5 [mA]	V_c = 6,28 [V]
frecvenţă	f = 10000 [Hz]	f = 10000 [Hz]
fază iniţială	φ_I = 0 [rad]	$\varphi_v = \pi/2$ [rad]

- Formele de undă ale mărimilor electrice de terminal sunt prezentate în figura de mai jos, din care se observă defazajul de **π/2 [rad]** între tenisunea electrică şi curentul electric prin pe bobină.
- Totodată se remarcă faptul că **valoarea medie a tensiunii electrice pe bobină este ÎNTOTDEAUNA nulă.**

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



Problema 3. Se consideră un condensator ideal, de capacitate electrică **C=100[nF]**, prin care amplitudinea curentului electric este $\mathbf{I_c = 500\ [\mu A]}$. Să se determine valoarea reactanţei condensatorului, respectiv valoarea amplitudinii tensiunii electrice pe condensator, pentru frecvenţele de lucru indicate în tabelul de mai jos. Să se traseze graficul variaţiilor celor 2 mărimi, în funcţie de frecvenţa de lucru.

Frecvenţa de lucru	50[Hz]	100[Hz]	500[Hz]	1[kHz]	5[kHz]	10[kHz]	100[kHz]	1[MHz]	100[MHz]

Rezolvare

Formula de calcul pentru reactanţa condendatorului este $X_C = \dfrac{1}{\omega \cdot C}$ *unde* $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, unde **f** reprezintă frecvenţa de lucru. Ţinând cont de relaţiile de mai sus, formula de calcul a reactanţei condensatorului în funcţie de frecvenţa de lucru a acestuia este:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Pe baza acestei formule, valorile reactanţei condensatorului la frecvenţele de lucru din enunţul problemei sunt:

f = 50[Hz] $\Rightarrow$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 10^{-9}} \underbrace{\left[\frac{1}{Hz \cdot F}\right]}_{\Omega} = \frac{10}{3{,}14} \cdot 10^4 [\Omega] = 3{,}18 \cdot 10^4 [\Omega] = 31{,}8 \cdot 10^3 [\Omega] = 31{,}8 [k\Omega]$$

f = 100[Hz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 500[Hz] $\Rightarrow$ ... temă

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

f = 1[kHz] $\Rightarrow X_C = \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 10^3\cdot 10^2\cdot 10^{-9}}\underbrace{\left[\frac{1}{Hz\cdot F}\right]}_{\Omega} = \frac{10}{6{,}28}\cdot 10^3[\Omega] = 1{,}59\cdot 10^3[\Omega] = 1{,}59[k\Omega]$

f = 5[kHz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 10[kHz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 100[kHz] $\Rightarrow$ ... temă

f = 1[MHz] $\Rightarrow X_C = \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 10^6\cdot 10^2\cdot 10^{-9}}\underbrace{\left[\frac{1}{Hz\cdot F}\right]}_{\Omega} = \frac{10}{6{,}28}[\Omega] = 1{,}59[\Omega]$

f = 100[MHz] $\Rightarrow$ ... temă

Din calculele de mai sus se constată faptul că **valoarea reactanţei condensatorului SCADE la creşterea frecvenţei de lucru a acestuia.**

Formula de calcul pentru amplitudinea tensiunii electrice pe un condensator care lucrează în regim armonic este:

$$V_c = X_C \cdot I_c$$

Pe baza acestei formule, valorile amplitudinii tensiunii condensatorului la frecvenţele de lucru din enunţul problemei sunt:

f = 50[Hz] $\Rightarrow$ $V_c = 31{,}8[k\Omega]\cdot 500[\mu A] = 31{,}8\cdot 10^3\cdot 5\cdot 10^2\cdot 10^{-6}\underbrace{[\Omega\cdot A]}_{V} = 15{,}9[V]$

f = 100[Hz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 500[Hz] $\Rightarrow$ ... temă

f = 1[kHz] $\Rightarrow$
$V_c = 1{,}59[k\Omega]\cdot 500[\mu A] = 1{,}59\cdot 10^3\cdot 5\cdot 10^2\cdot 10^{-6}\underbrace{[\Omega\cdot A]}_{V} = 0{,}795[V]$

f = 5[kHz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 10[kHz] $\Rightarrow$ ... temă
f = 100[kHz] $\Rightarrow$ ... temă

f = 1[MHz] $\Rightarrow V_c = 1{,}59[\Omega]\cdot 500[\mu A] = 1{,}59\cdot 5\cdot 10^2\cdot 10^{-6}\underbrace{[\Omega\cdot A]}_{V} = 0{,}795\cdot 10^{-3}[V] = 0{,}795[mV]$

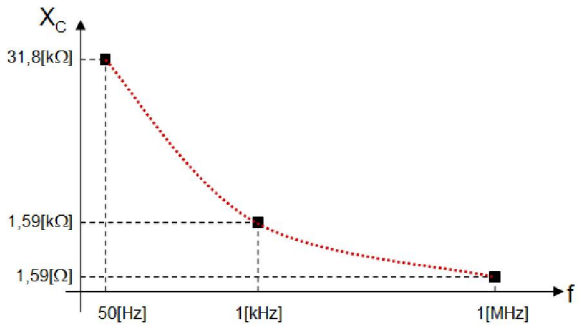
f = 100[MHz] $\Rightarrow$ ... temă

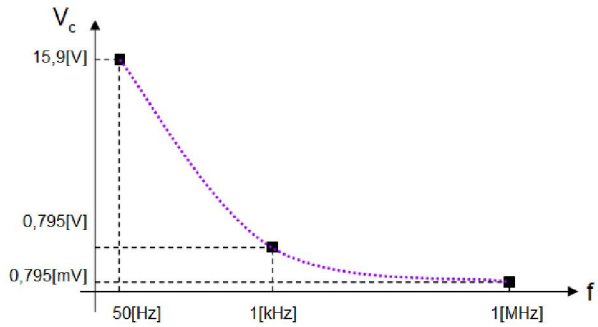
Din calculele de mai sus se constată faptul că **valoarea amplitudinii tensiunii condensatorului SCADE la creşterea frecvenţei de lucru a acestuia. Pentru frecvenţe foarte mari,** amplitudinea tensiunii pe condensator tinde la zero volţi, iar **condensatorul se comportă ca un scurtcircuit.**

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Graficele celor două mărimi electrice calculate se trasează pe baza următoarelor date numerice:

Frecvenţa de lucru	50[Hz]	100[Hz]	500[Hz]	1[kHz]	5[kHz]	10[kHz]	100[kHz]	1[MHz]	100[MHz]
X_C	31,8[kΩ]			1,59[kΩ]				1,59[Ω]	
V_c	15,9[V]			0,796[V]				0,795[mV]	





Problema 4. Se consideră o bobină ideală, de inductanţă electrică **L=100[μH]**, pe care amplitudinea tensiunii electrice este $\mathbf{V_l}$ **= 1[V]**. Să se determine valoarea reactanţei bobinei, respectiv valoarea amplitudinii curentului electric prin bobină, pentru frecvenţele de lucru indicate în tabelul de mai jos. Să se traseze graficul variaţiilor celor 2 mărimi, în funcţie de frecvenţa de lucru.

Frecvenţa de lucru	50[Hz]	100[Hz]	500[Hz]	1[kHz]	5[kHz]	10[kHz]	100[kHz]	1[MHz]	100[MHz]

Rezolvare

Formula de calcul pentru reactanţa bobinei este $X_L = \omega \cdot L \quad unde \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, unde **f** reprezintă frecvenţa de lucru. Ţinând cont de relaţiile de mai sus, formula de calcul a reactanţei bobinei în funcţie de frecvenţa de lucru a acesteia este:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Pe baza acestei formule, valorile reactanţei bobinei la frecvenţele de lucru din enunţul problemei sunt:

f = 50[Hz] $\quad \Rightarrow X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} \underbrace{[Hz \cdot H]}_{\Omega} = 3{,}14 \cdot 10^{-2}[\Omega] = 31{,}4 \cdot 10^{-3}[\Omega] = 31{,}4[m\Omega]$

Temă: să se calculeze valoarea reactanţei bobinei pentru restul valorilor frecvenţei de lucru.
Din calculele de mai sus se constată faptul că **valoarea reactanţei bobinei CREŞTE la creşterea frecvenţei de lucru a acestuia.**

Formula de calcul pentru amplitudinea curentului electrice printr-o bobină care lucrează în regim armonic este:

$$I_l = \frac{V_l}{X_L}$$

Pe baza acestei formule, valorile amplitudinii tensiunii bobinei la frecvenţele de lucru din enunţul problemei sunt:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

f = 50[Hz] $\Rightarrow$ $$I_l = \frac{1[V]}{31{,}4[m\Omega]} = \frac{1}{31{,}4\cdot 10^{-3}}\cdot\underbrace{\left[\frac{V}{\Omega}\right]}_{A} = 31{,}84[A]$$

Din calculul de mai sus, se remarcă faptul că valoarea amplitudinii curentului prin bobină este foarte mare deoarece reactanţa bobinei la frecvenţe de lucru mici este foarte mică (bobina nu se opune trecerii curentului).
Temă: să se calculeze valoarea amplitudinii curentului pentru restul valorilor frecvenţei de lucru.
Din calculele de mai sus se constată faptul că **valoarea amplitudinii curentului prin bobină CREŞTE la creşterea frecvenţei de lucru a acestuia. Pentru frecvenţe foarte mari,** amplitudinea curentului electric prin bobină tinde la zero amperi, iar **bobina se comportă ca un gol.**

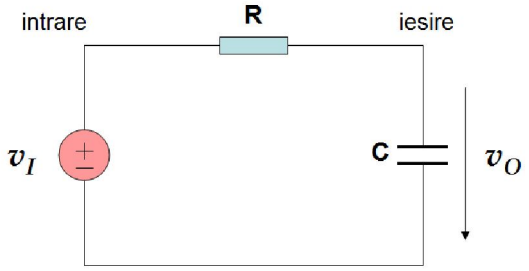
Graficele celor două mărimi electrice calculate se trasează pe baza următoarelor date numerice:

Frecvenţa de lucru	50[Hz]	100[Hz]	500[Hz]	1[kHz]	5[kHz]	10[kHz]	100[kHz]	1[MHz]	100[MHz]
X_L	31,4[mΩ]								
I_l	31,84[A]								

Temă: să se traseze graficele variaţiilor celor două mărimi electrice.

DETERMINAREA FUNCŢIEI DE TRANSFER A UNUI CIRCUIT ÎN REGIM ARMONIC. DETERMINAREA RĂSPUNSULUI UNUI CIRCUIT ÎN REGIM ARMONIC

Problema 1. Se consideră circuitul din figura de mai jos. Să se determine răspunsul circuitului, la pulsaţia de lucru dacă **R= 2 [Ω], C= 25[μF], $v_I = 10\cdot\sin(10^4\cdot t)$ [V].**



Rezolvare
În cursul 12 s-au dedus pentru circuitul de mai sus următoarele relaţii:

Funcţia de transfer a circuitului: $$\boxed{H(j\cdot\omega) = \frac{-j\cdot X_C}{R - j\cdot X_C}}$$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Modulul funcţiei de transfer:

$$\boxed{H(\omega)=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{X_C}{R}\right)^2}}}$$

Defazajul introdus de circuit:

$$\boxed{\varphi_H(\omega)=-\frac{\pi}{2}+arctg\left(\frac{X_C}{R}\right)}$$

Pentru calculul valorii numerice a modulului funcţiei de transfer, respectiv defazajului introdus de circuit, este necesară identificarea pulsaţiei de lucru a circuitului.

Aceasta se identifică, ca mai jos:

$$v_I = 10\cdot\sin(\underset{\substack{\uparrow \\ \text{pulsatia de lucru}}}{\mathbf{10^4}}\cdot t)\ [V]$$

Deci, pulsaţia de lucru are valoarea:

$$\omega=10^4\left[\frac{rad}{s}\right]$$

În continuare se calculează valoarea reactanţei condensatorului:

$$X_C=\frac{1}{\omega\cdot C}=\frac{1}{10^4\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 25[\mu F]}=\frac{1}{10^4\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 25\cdot 10^{-6}[F]}=\frac{100}{25}\underbrace{\frac{1}{\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot[F]}}_{\Omega}=4[\Omega] \qquad \boxed{X_C=4[\Omega]}$$

Cu aceste date, valoarea modulului funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru $\omega=10^4\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$H\left(10^4\right)=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{4}{2}\right)^2}}=\frac{1}{\sqrt{1+(2)^2}}=\frac{1}{\sqrt{5}}\cong 0{,}45 \qquad \boxed{H\left(10^4\right)\cong 0{,}45}$$

iar valoarea defazajului introdus de circuit la pulsaţia de lucru $\omega=10^4\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\varphi_H\left(10^4\right)=-90^0+arctg\left(\frac{4}{2}\right)=-90^0+arctg(2)=-90^0+63{,}43^0=-26{,}57^0 \qquad \boxed{\varphi_H\left(10^4\right)\cong -26{,}57^0}$$

Cu valorile de mai sus, se pot calcula amplitudinea, respectiv faza iniţială a tensiunii de ieşire, la pulsaţia de lucru $\omega=10^4\left[\frac{rad}{s}\right]$. În acest scop este necesar ca mai întâi să se identifice amplitudinea, respectiv faza iniţială a tensiunii de intrare.

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$v_I = \mathbf{10} \cdot \sin(10 \cdot t + \mathbf{0^0})\ [V]$$

↑ amplitudinea ↑ faza initiala

amplitudinea: $V_i = 10[V]$

faza iniţială: $\varphi_{vi} = 0^0$

Amplitudinea tensiunii de ieşire se calculează cu relaţia:

$$V_o = H\left(10^4\right) \cdot V_i \qquad \Rightarrow \qquad V_o = 0{,}45 \cdot 10[V] = 4{,}5[V] \qquad \boxed{V_o = 4{,}5[V]}$$

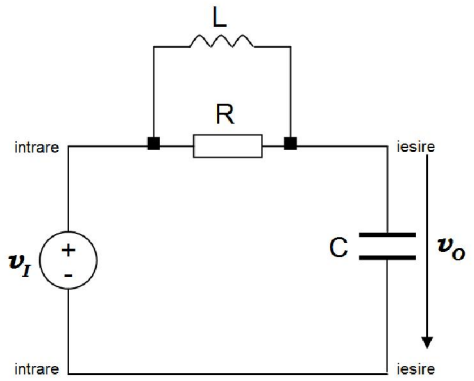
Faza iniţială a tensiunii de ieşire se calculează cu relaţia:

$$\varphi_{vo} = \varphi_H\left(10^4\right) + \varphi_{vi} = -26{,}57^0 + 0^0 = -26{,}57^0 \qquad \boxed{\varphi_{vo} = -26{,}57^0}$$

Răspunsul circuitul la pulsaţia de lucru $\omega = 10^4 \left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\boxed{v_O\left(10^4 \cdot t\right) = 4{,}5 \cdot \sin\left(10^4 \cdot t - 26{,}57^0\right)[V]}$$

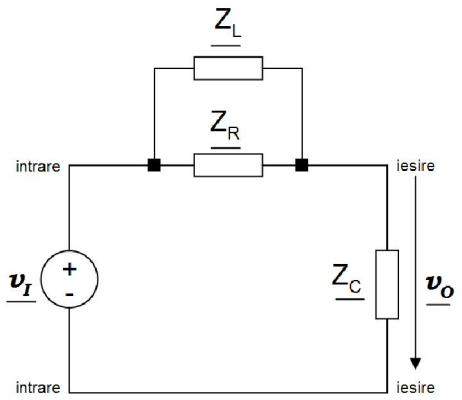
Problema 2. Se consideră circuitul de mai jos, în care **R=10[Ω]**, **L=500[mH]**, **C=50[mF]**. Să se determine:
a. expresia funcţiei de transfer a circuitului în funcţie de reactanţele componentelor, dacă mărimea electrică de ieşire se consideră tensiunea de ieşire $\mathbf{v_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră tensiunea de intrare $\mathbf{v_I}$;
b. valoarea tensiunii de ieşire $\mathbf{v_O}$ (răspunsul circuitului) pentru cazul în care tensiunea de intrare are expresia $\mathbf{v_I(10 \cdot t) = 5 \cdot \sin(10 \cdot t + 75^0)}$ **[V].**



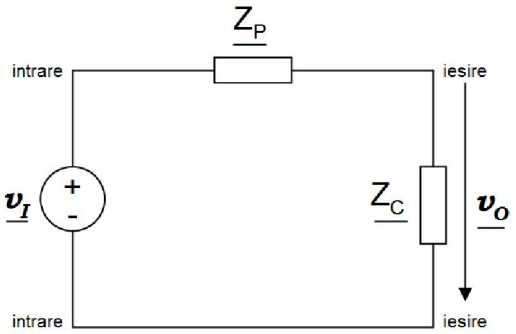
Rezolvare
a. Funcţia de transfer a circuitului în regim armonic se determină pe circuitul reprezentat în regim armonic. Circuitul în regim armonic se obţine prin înlocuirea componentelor cu impedanţele lor, respectiv înlocuirea mărimilor electrice prin fazorii corespunzători. După aceste modificări, circuitul în regim armonic are schema electrică din figura de mai jos, în care:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$Z_R = R$$
$$Z_L = j \cdot X_L$$
$$Z_C = -j \cdot X_C$$



După cum se observă, elementele $\mathbf{Z_L}$ şi $\mathbf{Z_R}$ sunt conectate în paralel, de unde, circuitul de mai sus se simplifică prin utilizarea impedanţei echivalente grupării în paralel a celor 2 componente, ca în figura de mai jos:



unde:

$$\underline{Z_P} = \frac{\underline{Z_R} \cdot \underline{Z_L}}{\underline{Z_R} + \underline{Z_L}}$$

Funcţia de transfer a unui circuit în regim armonic se determină cu relaţia generală:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{marime_electrica_iesire}{marime_electrica_intrare}}$$

Pentru circuitul de mai sus, deoarece mărimea electrică de ieşire se consideră tensiunea de ieşire $\mathbf{v_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră tensiunea de intrare $\mathbf{v_I}$, funcţia de transfer a circuitului se determină cu relaţia:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{\underline{v_O}}{\underline{v_I}}}$$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Circuitul din figura de mai sus reprezintă un divizor de tensiune. Rezultă că tensiunea de ieşire, în funcţie de tensiunea de intrare, se determină cu relaţia de la divizorul de tensiune (prezentată în cursul precedent):

$$\boxed{\underline{v_O} = \frac{\underline{Z_C}}{\underline{Z_P} + \underline{Z_C}} \cdot \underline{v_I}}$$

Din relaţiile de mai sus, rezultă că funcţia de transfer a circuitului în regim armonic este:

$$H(j\cdot\omega) = \frac{\underline{Z_C}}{\underline{Z_P} + \underline{Z_C}} = \frac{\underline{Z_C}}{\frac{\underline{Z_R}\cdot\underline{Z_L}}{\underline{Z_R}+\underline{Z_L}} + \underline{Z_C}} = \frac{-j\cdot X_C}{\frac{j\cdot R\cdot X_L}{R+j\cdot X_L} - j\cdot X_C} = \frac{-j\cdot X_C\cdot(R+j\cdot X_L)}{j\cdot R\cdot X_L - j\cdot X_C\cdot(R+j\cdot X_L)}$$

$$\boxed{H(j\cdot\omega) = \frac{X_C\cdot X_L - j\cdot X_C\cdot R}{X_C\cdot X_L + j\cdot R\cdot(X_L - X_C)}}$$

Expresia funcţiei de transfer este indicată mai sus. După cum se observă, atât la numitor cât şi la numărător s-a separat partea reală de cea imaginară. În calculul expresiei funcţiei de transfer, NU este recomandabil să se amplifice expresia cu conjugatul numitorului.

b. Pentru determinarea valorii tensiunii de ieşire $\mathbf{v_O}$**,** în cazul în care $\mathbf{v_I(10\cdot t) = 10\cdot\sin(10\cdot t+75^0)}$ **[V],** este necesară determinarea valorii numerice a funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru a circuitului, apoi modulul, respectiv defazajul acesteia la pulsaţia de lucru a circuitului.

În acest scop, deoarece **valoarea funcţiei de transfer depinde de valoarea pulsaţiei de lucru** a circuitului, din expresia tensiunii de intrarea trebuie identificată valoarea pulsaţiei de lucru. Aceasta se identifică, ca mai jos:

$$v_I(10\cdot t) = 10\cdot\sin(\underset{\substack{\uparrow \\ \text{pulsatia de lucru}}}{\mathbf{10}}\cdot t+75^0)\ [V]$$

Deci, pulsaţia de lucru are valoarea:

$$\omega = 10\left[\frac{rad}{s}\right]$$

În continuare se calculează valorile reactanţelor componentelor reactive din circuit:

bobina:

$$X_L = \omega\cdot L = 10\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 500[mH] = 10\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 5\cdot 10^2\cdot 10^{-3}[H] = 10\cdot 5\cdot 10^2\cdot 10^{-3}\underbrace{\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot[H]}_{\Omega} = 5[\Omega]$$

$$\boxed{X_L = 5[\Omega]}$$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{10\left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 50[mF]} = \frac{1}{10\left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}[F]} = \frac{10}{5} \underbrace{\frac{1}{\left[\frac{rad}{s}\right] \cdot [F]}}_{\Omega} = 2[\Omega]$$

$$\boxed{X_C = 2[\Omega]}$$

Cu aceste date, valoarea funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru $\omega = 10\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$H(j \cdot 10) = \frac{X_C \cdot X_L - j \cdot X_C \cdot R}{X_C \cdot X_L + j \cdot R \cdot (X_L - X_C)} = \frac{2[\Omega] \cdot 5[\Omega] - j \cdot 2[\Omega] \cdot 10[\Omega]}{2[\Omega] \cdot 5[\Omega] + j \cdot 10[\Omega] \cdot (5[\Omega] - 2[\Omega])}$$

$$H(j \cdot 10) = \frac{10 - j \cdot 20}{10 + j \cdot 30} \frac{[\Omega]^2}{[\Omega]^2} = \frac{10 - j \cdot 20}{10 + j \cdot 30} = \frac{1 - j \cdot 2}{1 + j \cdot 3}$$

$$\boxed{H(j \cdot 10) = \frac{1 - j \cdot 2}{1 + j \cdot 3}}$$

Modulul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega = 10\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$H(10) = \frac{\sqrt{1^2 + (-2)^2}}{\sqrt{1^2 + 3^2}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{10}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cong 0.707 \qquad \boxed{H(10) \cong 0.707}$$

Defazajul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega = 10\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\varphi(10) = arctg\left(\frac{-2}{1}\right) - arctg\left(\frac{3}{1}\right) = -arctg(2) - arctg(3) \cong -63{,}43^0 - 71{,}56^0 \cong -135^0 \quad \boxed{\varphi_H(10) \cong -135^0}$$

În scopul determinării valorii amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de ieşire, trebuie identificată valoarea amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de intrare:

$$v_I(10 \cdot t) = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{amplitudinea}}}{\mathbf{5}} \cdot \sin(\ 10 \cdot t\ +\ \underset{\substack{\uparrow \\ \text{faza initiala}}}{\mathbf{75^0}})\ [V]$$

amplitudinea: $V_i = 5[V]$

faza iniţială: $\varphi_{vi} = 75^0$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Determinarea valorii amplitudinii tensiunii de ieşire se realizează utilizând relaţia:

$$\boxed{V_o = H(10)\cdot V_i}$$

$V_o = 0{,}707\cdot 5[V] \cong 3{,}53[V]$ $\boxed{V_o \cong 3{,}53[V]}$

Determinarea valorii fazei iniţiale a tensiunii de ieşire se realizează utilizând relaţia:

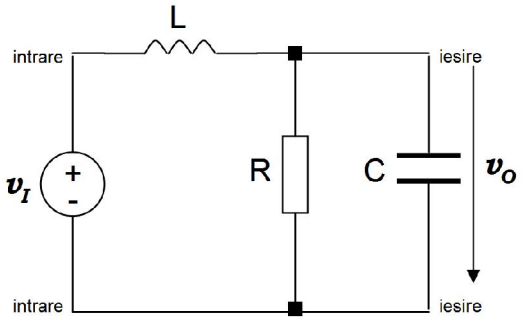
$$\boxed{\varphi_{vo} = \varphi_H(10) + \varphi_{vi}}$$

$\varphi_{vo} = -135^0 + 75^0 = -60^0$ $\boxed{\varphi_{vo} = -60^0}$

Deci, valoarea tensiunii de ieşire la pulsaţia de lucru $\omega = 10\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\boxed{v_O(10\cdot t) = 3{,}53\cdot \sin\left(10\cdot t - 60^0\right)[V]}$$

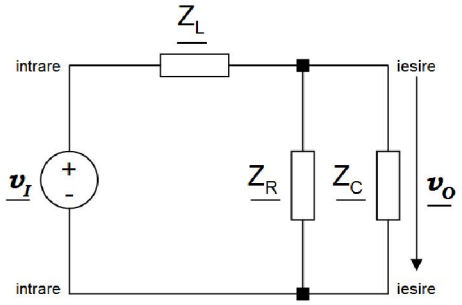
Problema 3. Se consideră circuitul de mai jos, în care **R=1[kΩ]**, **L=50[mH]**, **C=10[nF]**. Să se determine:
a. expresia funcţiei de transfer a circuitului în funcţie de reactanţele componentelor, dacă mărimea electrică de ieşire se consideră tensiunea de ieşire $\mathbf{v_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră tensiunea de intrare $\mathbf{v_I}$;
b. valoarea tensiunii de ieşire $\mathbf{v_O}$ (răspunsul circuitului) pentru cazul în care tensiunea de intrare are expresia $\mathbf{v_I(10^5\cdot t) = 2\cdot \sin(10^5\cdot t+145^0)}$ **[V]**.



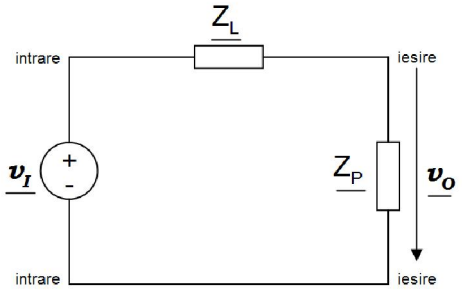
Rezolvare
a. Funcţia de transfer a circuitului în regim armonic se determină pe circuitul reprezentat în regim armonic. Circuitul în regim armonic se obţine prin înlocuirea componentelor cu impedanţele lor, respectiv înlocuirea mărimilor electrice prin fazorii corespunzători. După aceste modificări, circuitul în regim armonic are schema electrică din figura de mai jos, în care:

$$Z_R = R$$
$$Z_L = j\cdot X_L$$
$$Z_C = -j\cdot X_C$$

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



După cum se observă, elementele $\mathbf{Z_C}$ şi $\mathbf{Z_R}$ sunt conectate în paralel, de unde, circuitul de mai sus se simplifică prin utilizarea impedanţei echivalente grupării în paralel a celor 2 componente, ca în figura de mai jos:



unde:

$$\underline{Z_P} = \frac{\underline{Z_R} \cdot \underline{Z_C}}{\underline{Z_R} + \underline{Z_C}}$$

Funcţia de transfer a unui circuit în regim armonic se determină cu relaţia generală:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{marime_electrica_iesire}{marime_electrica_intrare}}$$

Pentru circuitul de mai sus, deoarece mărimea electrică de ieşire se consideră tensiunea de ieşire $\mathbf{v_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră tensiunea de intrare $\mathbf{v_I}$, funcţia de transfer a circuitului se determină cu relaţia:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{\underline{v_O}}{\underline{v_I}}}$$

Circuitul din figura de mai sus reprezintă un divizor de tensiune. Rezultă că tensiunea de ieşire, în funcţie de tensiunea de intrare, se determină cu relaţia de la divizorul de tensiune (prezentată în cursul precedent):

$$\boxed{\underline{v_O} = \frac{\underline{Z_P}}{\underline{Z_P} + \underline{Z_L}} \cdot \underline{v_I}}$$

Din relaţiile de mai sus, rezultă că funcţia de transfer a circuitului în regim armonic este:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$H(j\cdot\omega)=\frac{\underline{Z}_P}{\underline{Z}_P+\underline{Z}_L}=\frac{\dfrac{\underline{Z}_R\cdot\underline{Z}_C}{\underline{Z}_R+\underline{Z}_C}}{\dfrac{\underline{Z}_R\cdot\underline{Z}_C}{\underline{Z}_R+\underline{Z}_C}+\underline{Z}_L}=\frac{\underline{Z}_R\cdot\underline{Z}_C}{\underline{Z}_R\cdot\underline{Z}_C+\underline{Z}_R\cdot\underline{Z}_L+\underline{Z}_L\cdot\underline{Z}_C}=\frac{-j\cdot R\cdot X_C}{X_L\cdot X_C+j\cdot R\cdot(X_L-X_C)}$$

$$\boxed{H(j\cdot\omega)=\frac{-j\cdot R\cdot X_C}{X_C\cdot X_L+j\cdot R\cdot(X_L-X_C)}}$$

Expresia funcţiei de transfer este indicată mai sus.

b. Pentru determinarea valorii tensiunii de ieşire $\mathbf{v_O}$**,** în cazul în care $\mathbf{v_I(10^5\cdot t) = 2\cdot\sin(10^5\cdot t+145^0)}$ **[V],** este necesară determinarea valorii numerice a funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru a circuitului, apoi modulul, respectiv defazajul acesteia la pulsaţia de lucru a circuitului.

În acest scop, deoarece **valoarea funcţiei de transfer depinde de valoarea pulsaţiei de lucru** a circuitului, din expresia tensiunii de intrarea trebuie identificată valoarea pulsaţiei de lucru. Aceasta se identifică, ca mai jos:

$$v_I(10^5\cdot t) = 2\cdot\sin(\underset{\substack{\uparrow\\ \text{pulsatia de lucru}}}{\mathbf{10^5}}\cdot t+145^0)\ [V]$$

Deci, pulsaţia de lucru are valoarea:

$$\omega=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]$$

În continuare se calculează valorile reactanţelor componentelor reactive din circuit:

bobina:

$$X_L=\omega\cdot L=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 50[mH]=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 5\cdot 10\cdot 10^{-3}[H]=5\cdot 10^3\underbrace{\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot[H]}_{\Omega}=5\cdot 10^3[\Omega]=5[k\Omega]$$

$$\boxed{X_L=5[k\Omega]}$$

$$X_C=\frac{1}{\omega\cdot C}=\frac{1}{10^5\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 10[nF]}=\frac{1}{10^5\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot 10\cdot 10^{-9}[F]}=10^3\frac{1}{\underbrace{\left[\frac{rad}{s}\right]\cdot[F]}_{\Omega}}=10^3[\Omega]=1[k\Omega]$$

$$\boxed{X_C=1[k\Omega]}$$

Cu aceste date, valoarea funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru $\omega=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$H\left(j\cdot 10^5\right)=\frac{-j\cdot X_C\cdot R}{X_C\cdot X_L+j\cdot R\cdot\left(X_L-X_C\right)}=\frac{-j\cdot 1[k\Omega]\cdot 1[k\Omega]}{1[k\Omega]\cdot 5[k\Omega]+j\cdot 1[k\Omega]\cdot\left(5[k\Omega]-1[k\Omega]\right)}$$

$$H\left(j\cdot 10^5\right)=\frac{-j\cdot 1}{5+j\cdot 4}\frac{[k\Omega]^2}{[k\Omega]^2}=\frac{-j}{5+j\cdot 4}$$

$$\boxed{H\left(j\cdot 10^5\right)=\frac{-j}{5+j\cdot 4}}$$

Modulul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$H\left(10^5\right)=\frac{\sqrt{(-1)^2}}{\sqrt{5^2+4^2}}=\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{34}}\cong 0.17 \qquad \boxed{H\left(10^5\right)\cong 0.17}$$

Defazajul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega=10^5\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\varphi\left(10^5\right)=arctg\left(\frac{-1}{0}\right)-arctg\left(\frac{4}{5}\right)=-arctg(\infty)-arctg(0{,}8)\cong -90^0-38{,}66^0\cong -128{,}66^0$$

$$\boxed{\varphi_H\left(10^5\right)\cong -128{,}66^0}$$

În scopul determinării valorii amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de ieşire, trebuie identificată valoarea amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de intrare:

$$v_I(10^5\cdot t)=\underset{\substack{\uparrow\\ \text{amplitudinea}}}{\mathbf{2}}\cdot\sin(10^5\cdot t+\underset{\substack{\uparrow\\ \text{faza initiala}}}{\mathbf{145^0}})\ [V]$$

amplitudinea: $V_i=2[V]$

faza iniţială: $\varphi_{vi}=145^0$

Determinarea valorii amplitudinii tensiunii de ieşire se realizează utilizând relaţia:

$$\boxed{V_o=H\left(10^5\right)\cdot V_i}$$

$$V_o=0{,}17\cdot 2[V]\cong 0{,}34[V] \qquad \boxed{V_o\cong 0{,}34[V]}$$

Determinarea valorii fazei iniţiale a tensiunii de ieşire se realizează utilizând relaţia:

$$\boxed{\varphi_{vo}=\varphi_H\left(10^5\right)+\varphi_{vi}}$$

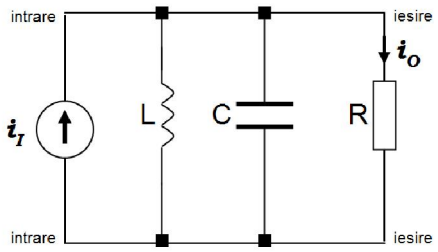
Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$\varphi_{vo} = -128{,}66^0 + 145^0 = 16{,}34^0 \qquad \boxed{\varphi_{vo} = 16{,}34^0}$$

Deci, valoarea tensiunii de ieşire la pulsaţia de lucru $\omega = 10^5 \left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

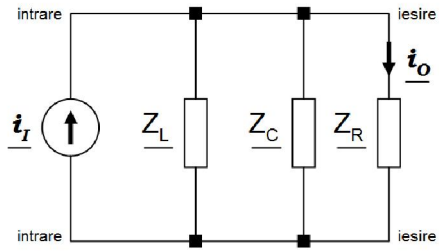
$$\boxed{v_O\left(10^5 \cdot t\right) = 0{,}34 \cdot \sin\left(10^5 \cdot t + 16{,}34^0\right)[V]}$$

Problema 4. Se consideră circuitul de mai jos, în care **R=10[Ω]**, **L=10[mH]**, **C=200[μF]**. Să se determine:
a. expresia funcţiei de transfer a circuitului în funcţie de reactanţele componentelor, dacă mărimea electrică de ieşire se consideră curentul de ieşire $\mathbf{i_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră curentul de intrare $\mathbf{i_I}$;
b. valoarea curentului de ieşire $\mathbf{i_O}$ (răspunsul circuitului) pentru cazul în care curentul de intrare are expresia $\mathbf{i_I(10^3 \cdot t) = 8 \cdot \sin(10^3 \cdot t + 45^0)}$ **[mA]**.



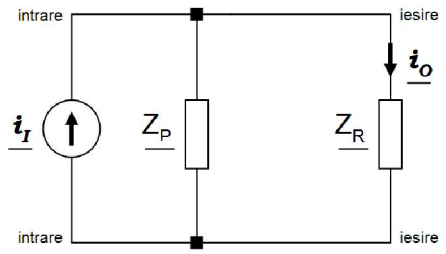
Rezolvare
a. Funcţia de transfer a circuitului în regim armonic se determină pe circuitul reprezentat în domeniul complex. Circuitul în domeniul complex se obţine prin înlocuirea componentelor cu impedanţele lor, respectiv înlocuirea mărimilor electrice prin fazorii corespunzători. După aceste modificări, circuitul în domeniul complex are schema electrică din figura de mai jos, în care:

$$Z_R = R$$
$$Z_L = j \cdot X_L$$
$$Z_C = -j \cdot X_C$$



După cum se observă, elementele $\mathbf{Z_C}$ şi $\mathbf{Z_L}$ sunt conectate în paralel, de unde, circuitul de mai sus se simplifică prin utilizarea impedanţei echivalente grupării în paralel a celor 2 componente, ca în figura de mai jos:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



unde:

$$\underline{Z_P} = \frac{\underline{Z_L} \cdot \underline{Z_C}}{\underline{Z_L} + \underline{Z_C}}$$

Funcţia de transfer a unui circuit în regim armonic se determină cu relaţia generală:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{marime_electrica_iesire}{marime_electrica_intrare}}$$

Pentru circuitul de mai sus, deoarece mărimea electrică de ieşire se consideră curentul de ieşire $\mathbf{i_O}$, iar mărimea electrică de intrare se consideră curentul de intrare $\mathbf{i_I}$, funcţia de transfer a circuitului se determină cu relaţia:

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{\underline{i_O}}{\underline{i_I}}}$$

Circuitul din figura de mai sus reprezintă un divizor de curent. Rezultă că, curentul de ieşire, în funcţie de curentul de intrare, se determină cu relaţia de la divizorul de curent (prezentată în cursul precedent):

$$\boxed{\underline{i_O} = \frac{\underline{Z_P}}{\underline{Z_P} + \underline{Z_R}} \cdot \underline{i_I}}$$

Din relaţiile de mai sus, rezultă că funcţia de transfer a circuitului în regim armonic este:

$$H(j \cdot \omega) = \frac{\underline{Z_P}}{\underline{Z_P} + \underline{Z_R}} = \frac{\dfrac{\underline{Z_L} \cdot \underline{Z_C}}{\underline{Z_L} + \underline{Z_C}}}{\dfrac{\underline{Z_L} \cdot \underline{Z_C}}{\underline{Z_L} + \underline{Z_C}} + \underline{Z_R}} = \frac{\underline{Z_L} \cdot \underline{Z_C}}{\underline{Z_R} \cdot \underline{Z_C} + \underline{Z_R} \cdot \underline{Z_L} + \underline{Z_L} \cdot \underline{Z_C}} = \frac{X_L \cdot X_C}{X_L \cdot X_C + j \cdot R \cdot (X_L - X_C)}$$

$$\boxed{H(j \cdot \omega) = \frac{X_L \cdot X_C}{X_C \cdot X_L + j \cdot R \cdot (X_L - X_C)}}$$

Expresia funcţiei de transfer este indicată mai sus.

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

b. Pentru determinarea valorii curentului de ieşire $\mathbf{i_O}$**,** în cazul în care $\mathbf{i_I(10^3 \cdot t) = 8 \cdot \sin(10^3 \cdot t + 45^0)}$ **[mA],** este necesară determinarea valorii numerice a funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru a circuitului, apoi modulul, respectiv defazajul acesteia la pulsaţia de lucru a circuitului.

În acest scop, deoarece **valoarea funcţiei de transfer depinde de valoarea pulsaţiei de lucru** a circuitului, din expresia curentului de intrare trebuie identificată valoarea pulsaţiei de lucru. Aceasta se identifică, ca mai jos:

$$i_I(10^3 \cdot t) = 8 \cdot \sin(\underset{\substack{\uparrow \\ \text{pulsatia de lucru}}}{\mathbf{10^3}} \cdot t + 45^0)\ [\text{mA}]$$

Deci, pulsaţia de lucru are valoarea:

$$\omega = 10^3 \left[\frac{rad}{s}\right]$$

În continuare se calculează valorile reactanţelor componentelor reactive din circuit:

bobina: $$X_L = \omega \cdot L = 10^3 \left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 10[mH] = 10^3 \left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 10 \cdot 10^{-3}[H] = 10 \underbrace{\left[\frac{rad}{s}\right] \cdot [H]}_{\Omega} = 10[\Omega]$$

$$\boxed{X_L = 10[\Omega]}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{10^3 \left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 200[\mu F]} = \frac{1}{10^3 \left[\frac{rad}{s}\right] \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}[F]} = \frac{10}{2} \underbrace{\frac{1}{\left[\frac{rad}{s}\right] \cdot [F]}}_{\Omega} = 5[\Omega]$$

$$\boxed{X_C = 5[\Omega]}$$

Cu aceste date, valoarea funcţiei de transfer la pulsaţia de lucru $\omega = 10^3 \left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$H\left(j \cdot 10^3\right) = \frac{X_L \cdot X_C}{X_C \cdot X_L + j \cdot R \cdot (X_L - X_C)} = \frac{10[\Omega] \cdot 5[\Omega]}{10[\Omega] \cdot 5[\Omega] + j \cdot 10[\Omega] \cdot (10[\Omega] - 5[\Omega])}$$

$$H\left(j \cdot 10^3\right) = \frac{50}{50 + j \cdot 50} \frac{[k\Omega]^2}{[k\Omega]^2} = \frac{1}{1 + j}$$

$$\boxed{H\left(j \cdot 10^3\right) = \frac{1}{1 + j}}$$

Modulul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega = 10^3 \left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

$$H\left(10^3\right)=\frac{\sqrt{(1)^2}}{\sqrt{1^2+1^2}}=\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}}\cong 0.707$$

$$\boxed{H\left(10^3\right)\cong 0.707}$$

Defazajul funcţiei de transfer, la pulsaţia de lucru $\omega=10^3\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\varphi\left(10^3\right)=arctg\left(\frac{1}{0}\right)-arctg\left(\frac{1}{1}\right)=arctg(\infty)-arctg(1)\cong 90^0-45^0\cong 45^0$$

$$\boxed{\varphi_H\left(10^3\right)\cong 45^0}$$

În scopul determinării valorii amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de ieşire, trebuie identificată valoarea amplitudinii, respectiv a fazei iniţiale a tensiunii de intrare:

$$i_I(10^3\cdot t) = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{amplitudinea}}}{\mathbf{8}} \cdot \sin(\ 10^3 \cdot t\ +\ \underset{\substack{\uparrow \\ \text{faza initiala}}}{\mathbf{45^0}})\ [\text{mA}]$$

amplitudinea: $I_i=8[mA]$

faza iniţială: $\varphi_{ii}=45^0$

Determinarea valorii amplitudinii curentului de ieşire se realizează utilizând relaţia:

$$\boxed{I_o=H\left(10^3\right)\cdot I_i}$$

$$I_o=0{,}707\cdot 8[mA]\cong 5{,}65[mA]$$

$$\boxed{I_o\cong 5{,}65[mA]}$$

Determinarea valorii fazei iniţiale a curntului de ieşire se realizează utilizând relaţia:

$$\boxed{\varphi_{io}=\varphi_H\left(10^3\right)+\varphi_{ii}}$$

$$\varphi_{io}=45^0+45^0=90^0$$

$$\boxed{\varphi_{io}=90^0}$$

Deci, valoarea tensiunii de ieşire la pulsaţia de lucru $\omega=10^3\left[\frac{rad}{s}\right]$ este:

$$\boxed{i_O\left(10^3\cdot t\right)=5{,}65\cdot\sin\left(10^3\cdot t+90^0\right)[mA]}$$