5.11 EXERCÍCIOS

5.1 — No circuito da Fig. 5.48a, a tensão fornecida pela fonte é dada por:

$$v(t) = 254 \cos 50t \qquad \text{(V)}$$

A corrente no amperímetro ideal é:

$$i(t) = 14{,}1 \cos (50t + 60^\circ) \qquad \text{(A)}$$

Determinar:

a) a tensão no capacitor;
b) a capacitância do capacitor;
c) o valor da resistência R do circuito.

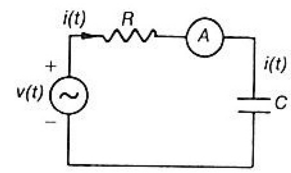


Fig. 5.48*a*

Solução

O primeiro passo nesse tipo de exercício é representar as grandezas na forma fasorial, como segue.

Da expressão de $v(t)$, obtemos:

$$V_{máx} = 254 \text{ V}$$
$$\theta = 0^o$$
$$\omega = 50 \text{ rad/s}$$

Da expressão de $i(t)$:

$$I_{máx} = 14{,}1 \text{ A}$$
$$\phi = 60^o$$

Os valores eficazes destas grandezas são obtidos dividindo-se seus valores máximos por $\sqrt{2}$, assim temos:

$$V = \frac{254}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad V = 220 \text{ V}$$

$$I = \frac{14{,}1}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad I = 10 \text{ A}$$

Assim, na forma fasorial temos:

$$\dot{V} = 220\underline{|0^o}$$

e

$$\dot{I} = 10\underline{|60^o}$$

No domínio da freqüência o circuito original é representado por:

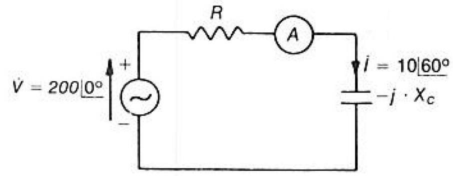


Fig. 5.49 Domínio da freqüência.

Pela aplicação da segunda lei de Kirchoff, obtemos:

$$R\dot{I} - j \cdot X_C \cdot \dot{I} = \dot{V}$$

ou, ainda:

$$(R - j \cdot X_C) = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = \frac{220\underline{|0^\circ}}{10\underline{|60^\circ}} = 22\,\underline{|-60^\circ}$$

Representando-se o segundo membro na forma cartesiana, resulta:

$$R - j \cdot X_C = 11 - j19$$

Da igualdade desses dois complexos resulta:

$$R = 11\ \Omega \text{ e } \quad X_C = 19\ \Omega$$

Desta forma, obtêm-se:

a) A tensão no capacitor será dada por:

$$\dot{V}_C = -j \cdot X_C\dot{I}$$

então

$$\dot{V}_C = -j19 \times 10\underline{|60} = 19\underline{|-90^\circ} \cdot 10\underline{|60^\circ}$$

ou

$$\dot{V}_C = 190\underline{|-30^\circ}$$

No domínio do tempo, resulta:

$$V_C(t) = 190\sqrt{2}\cos(50t - 30^\circ)$$

b) Sendo $X_C = 19\ \Omega$ e lembrando que

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

resulta que:

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{50 \times 19}$$

ou

$$C = 1\ 053\ \mu F$$

c) $R = 11\ \Omega$.

5.2— No circuito da figura que se segue, a fonte de alimentação fornece uma tensão de freqüência 1 kHz e valor eficaz 20 V. O valor eficaz da tensão medida no resistor de 10 Ω é 10 V, e o valor eficaz da tensão medida na bobina de indutância L e resistência r é 12 V. Determine:

a) o valor eficaz da corrente no circuito;
b) a defasagem entre a tensão e a corrente;
c) os valores da indutância L e da resistência r da bobina.

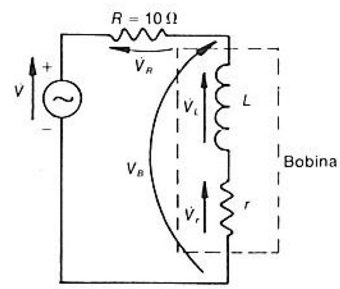


Fig. 5.49*a*

Solução

Vamos inicialmente construir o diagrama de fasores correspondente, no qual a corrente está em fase com as tensões $\dot{V}_R$ e $\dot{V}_r$, e ainda atrasada de 90º em relação à tensão $\dot{V}_L$.

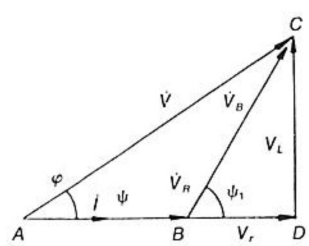


Fig. 5.50 Diagrama de fasores.

a) O valor eficaz da corrente no circuito é dado por:

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{10}{10}$$

ou

$$I = 1 \text{ A}$$

b) Para determinarmos a defasagem entre a tensão V e a corrente I, ou seja, entre V e V_R, vamos aplicar a lei dos co-senos no triângulo ABC, como segue:

$$V_B^2 = V_R^2 + V^2 - 2\,VV_R \cos \psi$$

ou

$$\cos \psi = \frac{V_R + V^2 - V_B^2}{2\,VV_R} = \frac{10^2 + 20^2 - 10^2}{2 \times 20 \times 10}$$

que resulta:

$$\cos \psi = 0{,}89^{\text{o}}$$

ou

$$\psi = 27^{\text{o}}$$

c) Vamos inicialmente determinar a defasagem ψ_1 entre V_B e I pela lei dos senos:

$$\frac{V_B}{\text{sen } \psi} = \frac{V}{\text{sen } (180 - \psi_1)}$$

que resulta:

$$\text{sen } \psi_1 = 0{,}77$$

ou

$$\psi_1 = 50^{\text{o}}$$

Desta forma, do triângulo BCD obtemos:

$$V_r = V_B \cos \psi_1 \text{ ou } V_r = 7{,}7 \text{ V}$$

e, sendo $V_r = rI$, resulta:

$$r = 7{,}7\ \Omega$$

e, ainda,

$$V_L = V_B \text{ sen } \psi_1 \text{ ou } V_L = 9{,}2 \text{ V}$$

e, sendo $V_L = X_L I$, resulta:

$$X_L = 9,2\ \Omega$$

lembrando que:

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot fL$$

resulta:

$$L = 1,46\ \text{mH}$$

5.3 — No circuito da Fig. 5.51 são dados:

$$v(t) = 254 \cos (377t - 60^o)\ \text{V}$$

e o diagrama de fasores correspondentes. Determinar:

a) as tensões V_1 e V_2, bem como a corrente I, no domínio de freqüência e no domínio do tempo;
b) os valores R e C.

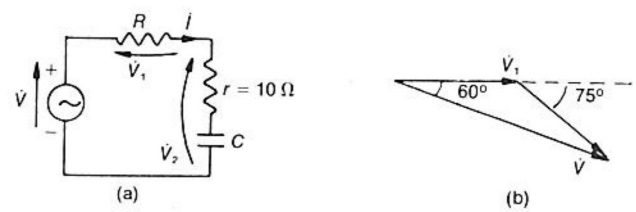


Fig. 5.51 (a) Circuito; (b) diagrama de fasores.

Solução

a) Sendo $v(t) = 254\ (377t - 60^o)$, temos:

$$\begin{aligned} V_{máx} &= 254\ (\text{V}) \\ V &= 220\ \text{V} \\ \omega &= 377\ \text{rad/s} \\ \theta &= -60^o \end{aligned}$$

Aplicando-se a lei dos senos ao diagrama de fasores, resulta:

$$\frac{V}{\text{sen}\ (180^o - 75^o)} = \frac{V_2}{\text{sen}\ 60^o} = \frac{V_1}{\text{sen}\ (75^o - 60^o)}$$

obtendo-se:

$$V_1 = 59\ \text{V e } V_2 = 197,3\ \text{V}$$

ou, em termos fasoriais:

$$\dot{V}_1 = 59\underline{|0^o}$$

(Deve ser lembrado que a fase de $\dot{V}$ é $-60°$ e que $\dot{V}_1$ está adiantado de $60°$ em relação a $\dot{V}$ e que $\dot{V}_2 = 197{,}3\,\underline{|-75°}$.)

Retomando o diagrama de fasores, temos:

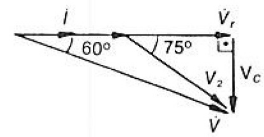


Fig. 5.52 Diagrama de fasores.

onde V_r é a tensão no resistor de 10 Ω e V_C, a tensão no capacitor; resulta que:

$$V_r = V_2 \cos 75° \text{ ou } V_r = 51{,}1 \text{ V}$$

fasorialmente,

$$V_r = 51{,}1\underline{|0°} \text{ (V)}$$

sendo

$$I = \frac{V_r}{r} = \frac{51{,}1\underline{|0°}}{10} = 5{,}1\underline{|0°}$$

Assim, temos:

$$V_1 = 59\underline{|0°},\ V_2 = 197{,}3\underline{|-75°} \text{ e } I = 5{,}1\underline{|0°}$$

No domínio do tempo:

$$v_1(t) = 59\sqrt{2}\cos 377t$$

$$v_2(t) = 197{,}3\sqrt{2}\cos(377t - 75°)$$

$$i(t) = 5{,}1\sqrt{2}\cos(377t)$$

b) Lembrando que:

$$R = \frac{V_1}{I},$$

temos $R = 11{,}6\ \Omega$

sendo que:

$$V_C = V_2 \text{ sen } 75° \text{ ou } V_C = 191{,}4 \text{ V}$$

e lembrando que:

$$X_C = \frac{V_C}{I}$$

resulta que $X_C = 37{,}5\ \Omega$.

Portanto

$$\frac{1}{\omega C} = 37{,}5$$

ou, finalmente,

$$C = 70{,}7\ \mu\text{F}$$

5.4 — O gráfico da Fig. 5.53 (fora de escala) representa a admitância de entrada do circuito indicado. O intervalo AB representa a banda passante deste circuito. Determinar:

a) a freqüência de ressonância e o índice de mérito do circuito nessas condições;
b) os valores dos parâmetros R, L e C.

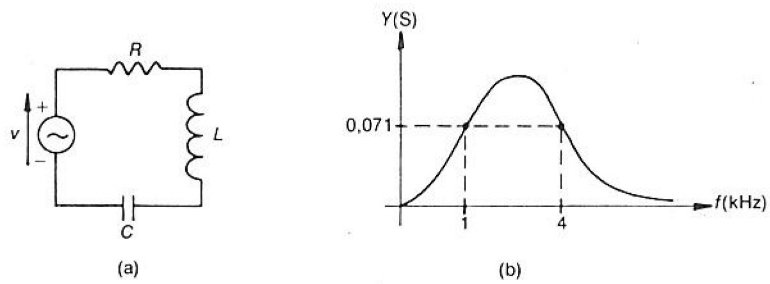


Fig. 5.53 (a) Circuito; (b) gráfico.

Solução

a) A freqüência de ressonância é dada por:

$$f_r = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = \sqrt{1 \times 4}$$

logo, $f_r = 2$ kHz

e o índice de mérito é:

$$Q_0 = \frac{2}{3}$$

b) Do gráfico resulta:

$$\frac{G}{\sqrt{2}} = 0{,}071$$

que nos fornece

$$R = 10\ \Omega$$

A partir da relação

$$Q_0 = \frac{X_{L_r}}{R}$$

resulta:

$$X_{L_r} = \frac{20}{3}$$

Lembrando que na ressonância

$$X_{L_r} = X_{L_C}$$

obtemos:

$$L = 0{,}53 \text{ mH}$$

$$C = 11{,}9 \text{ F.}$$

5.5 — O circuito da figura que se segue é alimentado com tensão eficaz $V = 200\underline{|0^\circ}$ V (ω = 50 rad/s), sendo o amperímetro de ferro-móvel ideal. Determinar:

a) a indicação do amperímetro;
b) os valores eficazes das correntes i_1 e i_2 e suas expressões no domínio do tempo;
c) o diagrama de fasores correspondente.

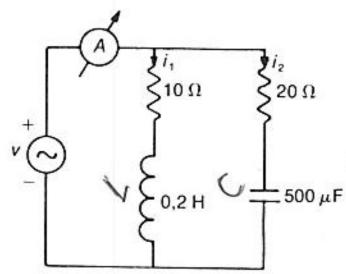


Fig. 5.53*a*

Solução

Passando para o domínio da freqüência, temos:

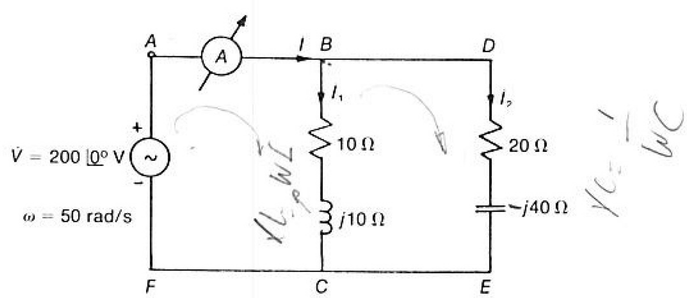


Fig. 5.54 Domínio da freqüência.

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}_{BC}} = \frac{200\underline{|0^o}}{10 + j10} = \frac{200\underline{|0^o}}{10\sqrt{2}\underline{|45^o}} = 10\sqrt{2}\underline{|-45^o} = 14{,}1\underline{|-45^o}\text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}_{DE}} = \frac{200\underline{|0^o}}{20 - j40} = \frac{200\underline{|0^o}}{44{,}7\underline{|-63^o}} = 4{,}5\underline{|63^o}\text{ A}$$

a) $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 14{,}1\underline{|-45^o} + 4{,}5\underline{|63^o} = 10 - j10 + 2 + j4$
$\dot{I} = 12 - j6 = 13{,}4\underline{|-27^o}$ A

O amperímetro indicará 13,4 A.

b) Os valores eficazes das correntes i_1 e i_2 são, respectivamente, $I_1 = 14{,}1$ A e $I_2 = 4{,}5$ A, e suas expressões no domínio do tempo serão:

$$i_1 = 14{,}1 \cdot \sqrt{2}\cos(50t - 45^o) = 20\cos(50t - 45^o)$$
$$i_2 = 4{,}5 \cdot \sqrt{2}\cos(50t + 63^o) = 6{,}4\cos(50t + 63^o)$$

c) O diagrama de fasores correspondente está indicado na Fig. 5.55.

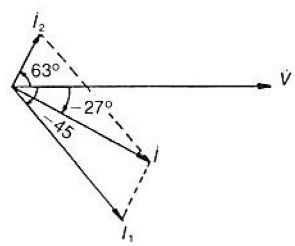


Fig. 5.55 Diagrama de fasores.

5.6 — No circuito da figura que se segue temos $V = 200\underline{|0^o}$ V ($\omega = 100$ rad/s) e $I_1 = 3{,}5\underline{|-100^o}$ A. Pede-se:

a) a tensão V_1;
b) as correntes I e I_2;
c) os valores de R e C;
d) o diagrama de fasores.

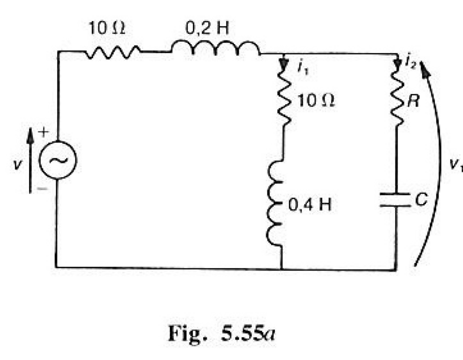


Fig. 5.55a

Solução

Representando o circuito no domínio da freqüência, obtemos:

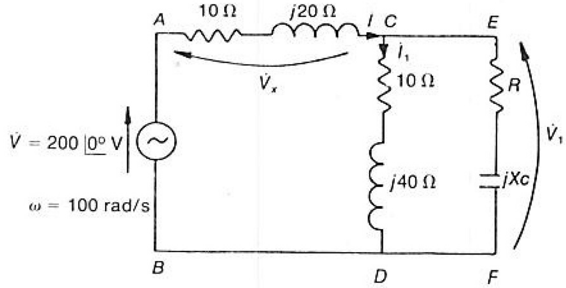


Fig. 5.56 Domínio da freqüência.

a) $\dot{V}_1 = \dot{Z}_{CD} \cdot \dot{I}_1 = (10 + j40) \cdot 3{,}5\angle{-100^\circ} = 41{,}2\angle{76^\circ} \cdot 3{,}5\angle{-100^\circ}$ que resulta:

$$\dot{V}_1 = 144{,}2\angle{-24^\circ}\ \text{V}$$

b) $$\dot{I} = \frac{\dot{V}_x}{\dot{Z}_{AC}} = \frac{\dot{V} - \dot{V}_1}{\dot{Z}_{AC}} = \frac{200\angle{0^\circ} - 144{,}2\angle{-24^\circ}}{10 + j20}$$

ou

$$\dot{I} = \frac{68{,}3 + j58{,}7}{10 + j20} = \frac{90{,}1\angle{41^\circ}}{22{,}4\angle{63^\circ}}$$

logo

$$\dot{I} = 4{,}0\angle{-22^\circ}\ \text{A}$$

sendo que

$$\dot{I}_2 = \dot{I} - \dot{I}_1 = 4\angle{-22^\circ} - 3{,}5\angle{-100^\circ} = 3{,}7 - j1{,}5 - (-0{,}6 - j3{,}4)$$

$$\dot{I}_2 = 4{,}3 + j1{,}9 = 4{,}7\angle{24^\circ}\ \text{A ou } \dot{I}_2 = 4{,}7\angle{24^\circ}\ \text{A}$$

c) $$\dot{Z}_{EF} = R + jX_C = \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2} = \frac{144{,}2\angle{-24^\circ}}{4{,}7\angle{24^\circ}} = 30{,}7\angle{-48^\circ}$$

lembrando que

$$R + jX_C = 30{,}7\angle{-48^\circ} = 20{,}5 - j22{,}8$$

concluímos que:

$$R = 20{,}5\ \Omega \quad \text{e} \quad X_C = 22{,}8\ \Omega$$

resultando

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{100 \times 22{,}8}\text{, ou seja, } C = 438{,}6\ \mu\text{F}.$$

d) O diagrama de fasores é dado por:

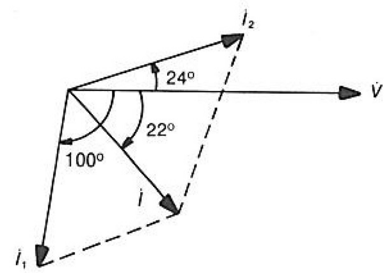


Fig. 5.57 Diagrama de fasores.

5.7 — No circuito da figura que se segue, $v = 2\cos(10t + 60^{\circ})$ (V). Determine:

a) a admitância de entrada;
b) a corrente I;
c) as correntes I_1, I_2 e I_3;
d) a freqüência de ressonância e o fator de qualidade nessa freqüência.

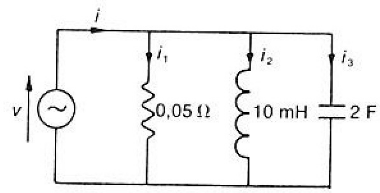


Fig. 5.57*a*

Solução

No domínio da freqüência temos:

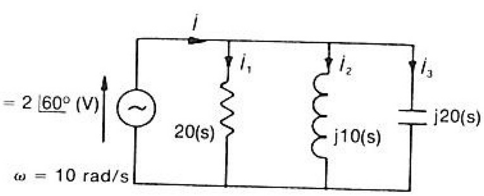


Fig. 5.58 Domínio da freqüência.

a) a admitância de entrada será:

$$\dot{Y} = 20 - j10 + j20 \text{ ou } \dot{Y} = 20 + j10 \text{ S} = 22{,}4\underline{|27^\circ} \text{ S}$$

b) $\dot{I} = \dot{Y} \cdot \dot{V} = 22{,}4\underline{|27^\circ} \cdot 2\underline{|60^\circ} = 44{,}8\underline{|87^\circ}$ A

c) $\dot{I}_1 = 20 \cdot \dot{V} = 20 \cdot 2\underline{|60^\circ} = 40\underline{|60^\circ}$ A
$\dot{I}_2 = -j10 \cdot \dot{V} = 10\underline{|-90^\circ} \cdot 2\underline{|60^\circ} = 20\underline{|-30^\circ}$ A
$\dot{I}_3 = j20 \cdot \dot{V} = 20\underline{|90^\circ} \cdot 2\underline{|60^\circ} = 40\underline{|150^\circ}$ A

d) $f_0 = 1{,}13$ Hz

$$Q_0 = \frac{R}{X_{L_r}} = \frac{R}{2\pi \cdot f_0 \cdot L} = \frac{0{,}05}{2 \times 1{,}13 \times 0{,}01} = 0{,}70$$

5.8 — No circuito da figura que se segue, determinar as tensões e correntes indicadas.

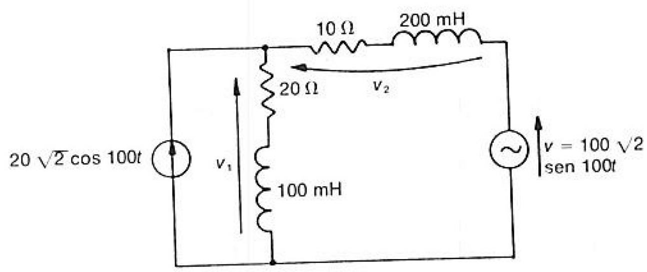


Fig. 5.58*a*

Solução

Passando para o domínio da freqüência, obtemos:

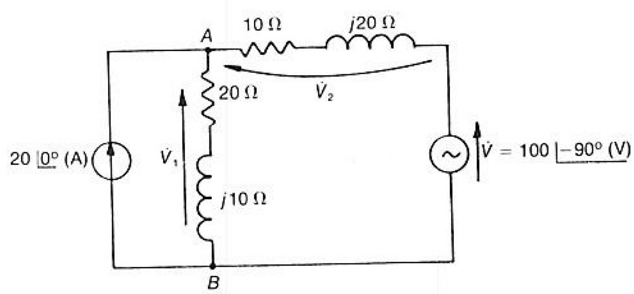


Fig. 5.59 Domínio da freqüência.

Transformando a fonte de corrente em uma fonte de tensão equivalente, obtemos:

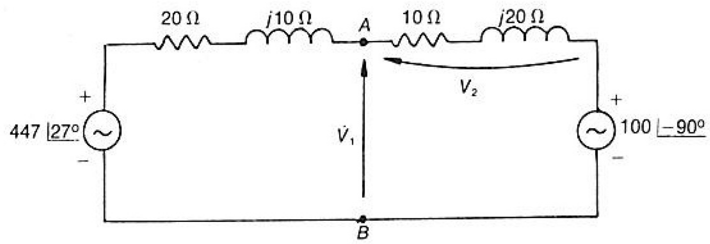


Fig. 5.60 Circuito modificado.

$$\dot I_2 = \frac{447\underline{|27^o} - 100\,\underline{|-90^o}}{30 + j30} = \frac{398{,}3 + j203 - (-j100)}{30 + j30}$$

ou

$$\dot I_2 = \frac{398{,}3 + j303}{30 + j30} = \frac{500{,}5\underline{|37^o}}{42{,}4\,\underline{|45^o}}$$

que resulta:

$$\dot I_2 = 11{,}8\underline{|8^o}\ \text{A}$$

$$\dot V_1 = 447\underline{|27^o} - (20 + j10)\cdot \dot I_2 = 447\underline{|27^o} - 22{,}4\underline{|27^o}\cdot 11{,}8\underline{|8^o}$$

$$\dot V_1 = 447\underline{|27^o} - 264{,}3\underline{|35^o} = 398{,}3 + j202{,}9 - (216{,}5 + j151{,}6)$$

ou

$$\dot V_1 = 181{,}8 + j51{,}3 = 188{,}9\underline{|16^o}\ \dot V$$

$$\dot I_1 = \frac{\dot V_1}{20 + j10} = \frac{188{,}9\underline{|16^o}}{22{,}4\,\underline{|27^o}}\ \therefore \dot I_1 = 8{,}4\,\underline{|-9^o}\ \text{A}$$

$$\dot V_2 = (10 + j20)\cdot \dot I_2 = 22{,}4\underline{|63^o}\cdot 11{,}8\underline{|8^o}$$

que resulta:

$$\dot V_2 = 264{,}3\underline{|71^o}\ \dot V$$

5.9 — Utilizando a análise de malhas, determinar as correntes indicadas no circuito a seguir.

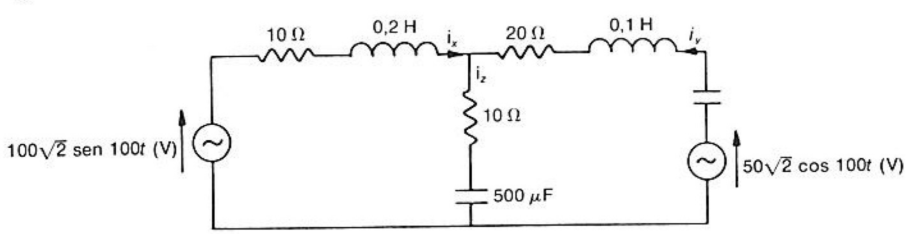


Fig. 5.60*a*

Solução

Passando para o domínio da freqüência, temos:

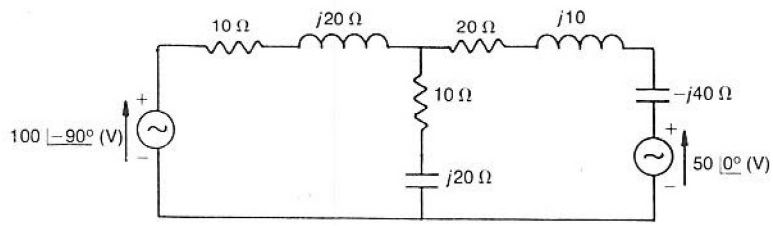


Fig. 5.61 Domínio da freqüência.

Equacionando-se o sistema de equações na forma matricial, de maneira semelhante à que foi feita nos circuitos de corrente contínua, vem:

$$\begin{vmatrix} \dot{Z}_{11} & -\dot{Z}_{12} \\ -\dot{Z}_{21} & \dot{Z}_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{vmatrix}$$

ou

$$\begin{vmatrix} 20 & -(10 - j20) \\ -(10 - j20) & 30 - j50 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 100 \angle{-90^\circ} \\ -50 \angle{0^\circ} \end{vmatrix}$$

Resolvendo o sistema, obtemos:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 20 & -10 + j20 \\ -10 + j20 & 30 - j50 \end{vmatrix} = 600 - j1\,000 - 100 + 400 + 400j$$

ou seja,

$$\Delta = 900 - j600 = 1081{,}7 \angle{-34^\circ}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 100 \angle{-90^\circ} & -10 + j20 \\ -50 \angle{0^\circ} & 30 - j50 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -j100 & -10 + j20 \\ -50 & 30 - j50 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_1 = -j3\,000 - 5\,000 - 5\,000 + j1\,000 = -\,10\,000 - j2\,000 =$$

$$\Delta_1 = 10\,198 \angle{-169^\circ}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 20 & -j100 \\ -10 + j20 & -50 \end{vmatrix} = -\,1\,000 - j1\,000 - 2\,000 = 3\,162{,}3 \; - \angle{162^\circ}$$

$$\Delta_2 = -3\,000 - j1\,000 = 3162{,}3\underline{|-162^o}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{10\,198\,\underline{|-169^o}}{1\,081{,}7\,\underline{|-34^o}} = 9{,}4\,\underline{|-135^o}\text{ A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{3\,162{,}3\,\underline{|-162^o}}{1\,081{,}7\,\underline{|-34^o}} = 2{,}9\,\underline{|-128^o}\text{ A}$$

Portanto:

$$\dot{I}_X = \dot{I}_1 = 9{,}4\underline{|-135^o}\text{ A}; \dot{I}_y = \dot{I}_2 = 2{,}9\underline{|-128^o}\text{ A}$$

e

$$\dot{I}_z = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 9{,}4\underline{|-135^o} - 2{,}9\underline{|-128^o}$$
$$\dot{I}_z = 6{,}6\underline{|-138^o}\text{ A}$$

No domínio do tempo:

$$i_x = 94\sqrt{2}\cos(100t - 135^o)$$
$$i_y = 2{,}9\sqrt{2}\cos(100t - 128^o)$$
$$i_z = 6{,}6\sqrt{2}\cos(100t - 138^o)$$

5.10 — Utilizando a análise nodal, determine as tensões $\dot{V}_1$ e $\dot{V}_2$ e a corrente $\dot{I}$, do circuito da Fig. dada a seguir. Escrevendo-se o sistema de matrizes correspondentes, vem:

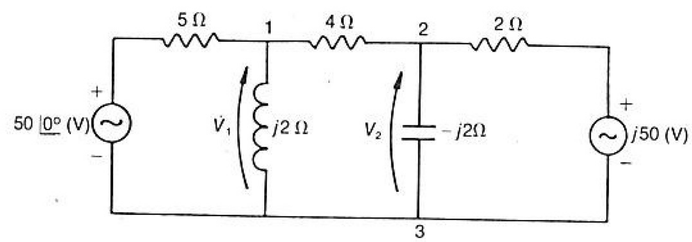


Fig. 5.61*a*

Solução

Transformando as fontes de tensão em fontes de correntes e as impedâncias em admitâncias, obtemos:

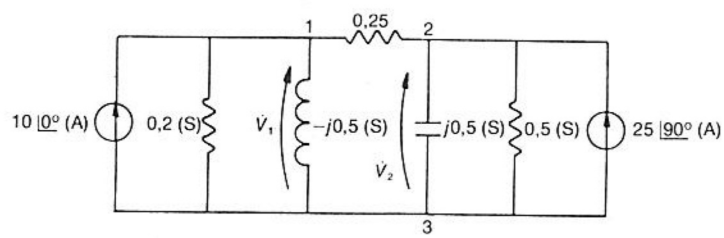


Fig. 5.62 Circuito modificado.

Escrevendo o sistema de matrizes correspondentes, vem:

$$\begin{vmatrix} \dot{Y}_{11} & -\dot{Y}_{12} \\ -\dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dot{J}_1 \\ \dot{J}_2 \end{vmatrix}$$

ou

$$\begin{vmatrix} (0{,}45 - j0{,}5) & 0{,}25 \\ -0{,}25 & (0{,}75 + j0{,}5) \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{vmatrix} \begin{matrix} = \\ = \end{matrix} \begin{vmatrix} 10\underline{|0^\circ} \\ 25\underline{|90^\circ} \end{vmatrix}$$

chamando

$$\Delta_y = \begin{vmatrix} 0{,}45 - j0{,}5 & 0{,}25 \\ -0{,}25 & 0{,}75 + j0{,}5 \end{vmatrix} = 0{,}55\ -\underline{|16^\circ}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 10\underline{|0^\circ} & -0{,}25 \\ 25\underline{|90^\circ} & 0{,}75 + j0{,}5 \end{vmatrix} = 13{,}5\underline{|56^\circ}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} (0{,}45 - j0{,}5) & 10\underline{|0^\circ} \\ -0{,}25 & 25\underline{|90^\circ} \end{vmatrix} = 18{,}4\underline{|38^\circ}$$

Resulta:

$$\dot{V}_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta_y} = \frac{13{,}5\underline{|56^\circ}}{0{,}55 - 16^\circ} = 24{,}6\underline{|72^\circ}\ \text{V}$$

$$\dot{V}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{18{,}4\underline{|38^\circ}}{0{,}55\underline{|-16^\circ}} = 33{,}5\underline{|54^\circ}\ \text{V}$$

$$\dot{I} = 0{,}25 \cdot (\dot{V}_1 - \dot{V}_2) = 0{,}25\ [7{,}6 + j23{,}4 - (19{,}7 + j27{,}1)]$$

ou

$$\dot{I} = 0{,}25 \cdot (-12{,}1 - j3{,}7) = 0{,}25 \times 12{,}7\underline{|-163^\circ}$$

logo

$$\dot{I} = 3{,}2\underline{|-163^\circ}\ \text{A}$$

5.11 — No circuito da Fig. 5.62a, determinar o gerador de Thévenin equivalente entre A e B. Que corrente passará por um resistor de resistência $R = 4\ \Omega$, quando ligados A e B?

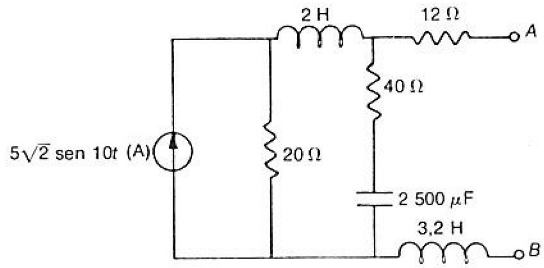


Fig. 5.62*a*

Solução

Passando para o domínio da freqüência, vem:

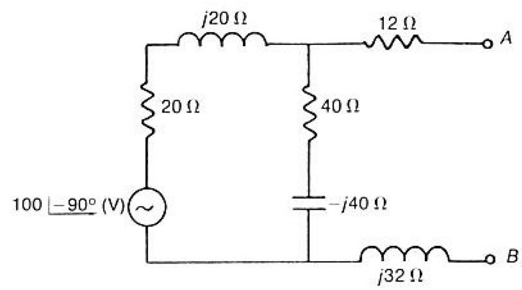


Fig. 5.63 Circuito modificado.

A impedância de Thévenin equivalente será:

$$\dot{Z}_{th} = 12 + j32 + \frac{(20 + j20)\,(40 - j40)}{(20 + j20)\,(40 - j40)} = 36 + j40\,\Omega = 13{,}5\underline{|47^{\circ}}\,\Omega$$

A tensão no gerador de Thévenin equivalente é:

$$\dot{V}_{th} = \frac{100\,\underline{|-90^{\circ}}}{20 + j20 + 40 - j40} \cdot (40 - j40) = -20\,(2 + j4) = 40\,\sqrt{5}\,\underline{|-117^{\circ}}$$

ou

$$\dot{V}_{th} = 90\underline{|-117^{\circ}}\ \mathrm{V}$$

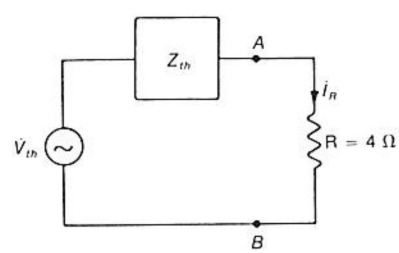


Fig. 5.64 Thévenin equivalente.

$$\dot{I} = \frac{90\angle{-117^\circ}}{36 + j40 + 4} = \frac{90\angle{-117^\circ}}{40 + j40} = \frac{90\angle{-117^\circ}}{40\sqrt{2}\angle{45^\circ}} = 1{,}6\angle{-162^\circ}\ \text{A}$$

logo

$$\dot{I} = 1{,}6\angle{-162^\circ}\ \text{A}$$

5.12 — Determine a tensão V_1 do circuito da figura dada a seguir, utilizando o teorema de Thévenin para a parte situada à esquerda de AB, de modo que a corrente I indicada seja nula.

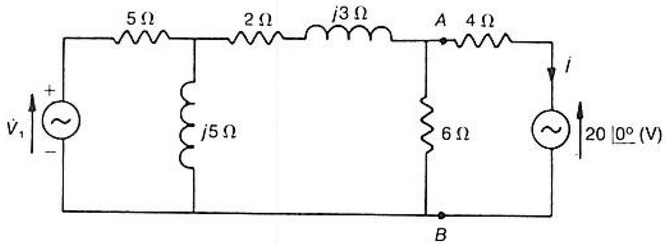


Fig. 5.64a

Solução

Do circuito obtemos:

$$\dot{Z}_{th} = \frac{\left(\dfrac{j25}{5 + j5} + 2 + j3\right) \cdot 6}{\dfrac{j25}{5 + j5} + 2 + j3 + 6} = \frac{(4{,}5 + j5{,}5) \cdot 6}{10{,}5 + j5{,}5}$$

$$\dot{Z}_{th} = \frac{42{,}6\angle{51^\circ}}{11{,}9\angle{28^\circ}} = 3{,}6\angle{23^\circ}$$

Cálculo da tensão $\dot{V}_{th}$:

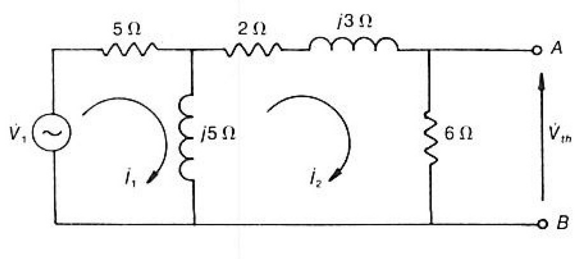


Fig. 5.65 Circuito para determinação do Thévenin equivalente.

Por análise de malhas, obtemos:

$$\begin{vmatrix} 5+j5 & -j5 \\ -j5 & 8+j8 \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dot{V}_1 \\ 0 \end{vmatrix}$$

chamando

$$\Delta = \begin{vmatrix} 5+j5 & -j5 \\ -j5 & 8+j8 \end{vmatrix} = 25 + j80$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -j5 & \dot{V}_1 \\ -j5 & 0 \end{vmatrix} = j5 \cdot \dot{V}_1$$

resulta:

$$\dot{I}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{j5 \cdot \dot{V}_1}{25 + j80}$$

logo

$$\dot{V}_{th} = 6 \cdot \dot{I}_2 = \frac{30j \cdot \dot{V}_1}{25 + j80}$$

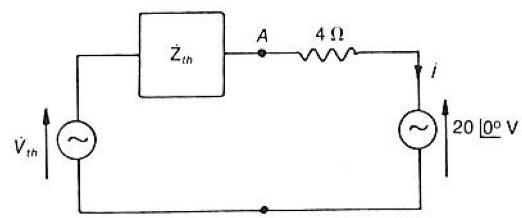


Fig. 5.66 Thévenin equivalente.

Se $\dot{I} = 0$, então

$$\dot{V}_{th} = 20\underline{|0^\circ},$$

ou seja:

$$\frac{30j \cdot \dot{V}_1}{25 + j80} = 20 \therefore \dot{V}_1 = \frac{20\,(25 + j80)}{j30} = \frac{20 \cdot 83{,}8\underline{|73^\circ}}{30\underline{|90^\circ}}$$

logo:

$$\dot{V}_1 = 55{,}9\underline{|-17^\circ}\ \text{V}$$

5.13 — No circuito da figura que se segue, a tensão aplicada pela fonte é dada por $v = 100 \cos (200t + 60^o)$ (V) e a corrente é dada por $i = 5\sqrt{2} \cos (200t + 15^o)$ (A). Determine R e L.

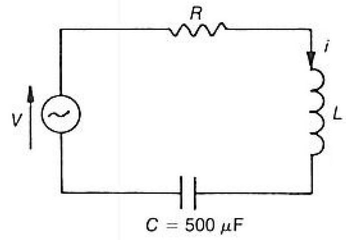


Fig. 5.66*a*

Resposta

$$R \cong 10\ \Omega \text{ e } \quad L = 0{,}1\ \text{H}$$

5.14 — Determinar, no circuito da figura a seguir, a impedância de entrada e calcular, no domínio do tempo e no domínio da freqüência, as tensões e correntes indicadas.

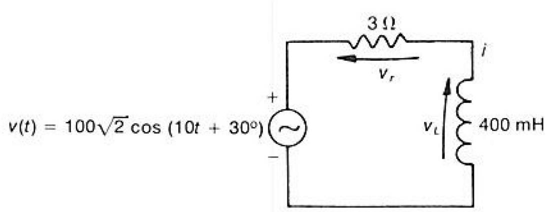


Fig. 5.66*b*

Resposta

$$\begin{aligned}
\dot{Z} &= 3 + j4\ (\Omega);\\
\dot{I} &= 20\underline{|-23^o}\ (\text{A});\\
i(t) &= 20\sqrt{2} \cos (10t - 23^o);\\
\dot{V}_R &= 60\underline{|-23^o}\ (\text{V});\\
v_r(t) &= 60\sqrt{2} \cos (10t - 23);\\
\dot{V}_L &= 80\underline{|67^o};\\
V_L(t) &= 80\sqrt{2} \cos (10t + 67^o).
\end{aligned}$$

5.15 — No circuito da Fig. 5.66c determine:

a) a impedância de entrada;
b) as tensões indicadas no domínio do tempo e no domínio da freqüência;
c) a corrente indicada no domínio do tempo e no domínio da freqüência.

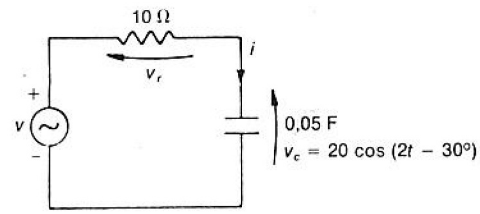


Fig. 5.66c

Resposta

a) $\dot{Z} = 10 - j10\ (\Omega)$

b) $\dot{V}_R = 20\underline{|60^o}\ (V)$
$v_r(t) = 20\sqrt{2}\cos(2t + 60)\ (V)$
$\dot{V} = 20\sqrt{2}\underline{|15^o}\ (V)$
$v(t) = 40\cos(2t + 15)\ (V)$

c) $\dot{I} = 2\underline{|60^o}\ (A)$
$i(t) = 2\sqrt{2}\cos(2t + 60)\ (A)$

5.16 — No circuito a seguir, determine:

a) a impedância de entrada;
b) a corrente no domínio da freqüência;
c) as tensões indicadas no domínio de freqüência.

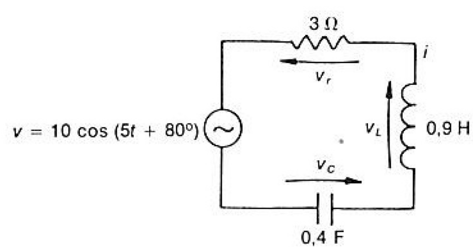


Fig. 5.66d

Resposta

a) $\dot{Z} = 3 + j4\ (\Omega)$
b) $\dot{I} = \sqrt{2}\underline{|27^o}\ (A)$
c) $\dot{V}_R = 3\sqrt{2}\underline{|27^o}\ (V)$
$\dot{V}_L = 4{,}5\sqrt{2}\underline{|117^o}\ (V)$
$\dot{V}_C = 0{,}5\sqrt{2}\underline{|-63^o}\ (V)$

5.17 — No circuito da Fig. 5.66*e*, determine:

a) a impedância de entrada;
b) a corrente $\dot{I}$;

c) as tensões $\dot{V}$, $\dot{V}_R$ e $\dot{V}_C$;
d) a freqüência de ressonância;
e) o fator de qualidade na ressonância.

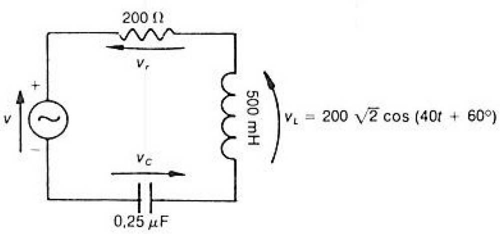


Fig. 5.66*e*

Resposta

a) $\dot{Z} = 20 - j20\ (\Omega)$
b) $\dot{I} = 10\underline{|-30^o}\ (A)$
c) $\dot{V} = 200\underline{|-75^o}\ (V)$
$\dot{V}_R = 100\sqrt{2}\underline{|-30^o}\ (V)$
$\dot{V}_C = 200\sqrt{2}\underline{|-120^o}\ (V)$
d) $f_0 = 9$ Hz
e) $Q_0 = 1{,}41$

5.18 — No circuito da Fig. 5.67 temos $\dot{I} = 5\underline{|-30^o}$ A e o diagrama de fasores correspondente está representado ao lado. Sendo $f = 60$ Hz, determinar:

a) $\dot{V}$, $\dot{V}_1$ e $\dot{V}_2$;
b) R e L.

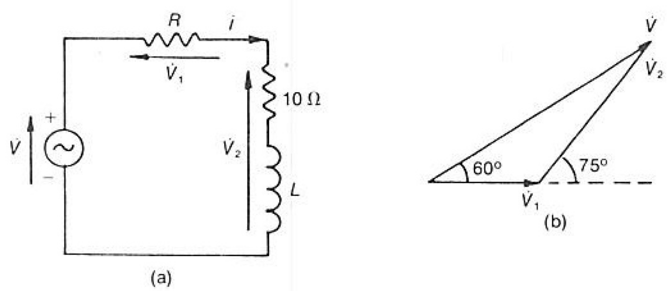


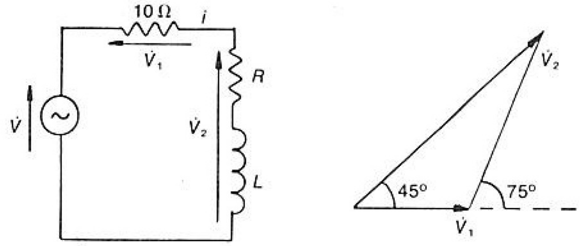
Fig. 5.67 (a) Circuito; (b) diagrama de fasores.

Resposta

a) $\dot{V} = 215{,}4\underline{|30^o}\ (V)$
$\dot{V}_1 = 57{,}7\underline{|-30^o}\ (V)$
$\dot{V}_2 = 193{,}2\underline{|45^o}\ (V)$
b) $R = 11{,}5\ \Omega$
$L = 100$ mH

5.19 — No circuito da Fig. 5.68 sabe-se que $\dot{I} = I\angle 15^\circ$ e $\dot{V} = 40\angle\theta$. Seu diagrama de fasores está representado ao lado. Determinar:

a) $\dot{V}$, $\dot{V}_1$, $\dot{V}_2$ e $\dot{I}$;
b) R e L, sabendo que $f = 60$ Hz.



(a) (b)

Fig. 5.68 (a) Circuito; (b) diagrama de fasores.

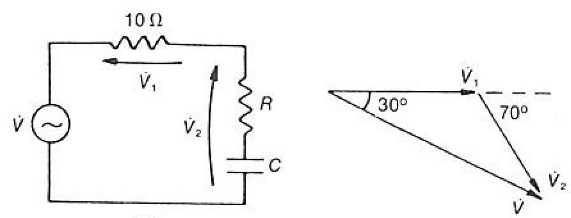
Resposta

a) $\dot{V} = 77{,}3\angle 60^\circ$ (V)
$\dot{V}_1 = 40\angle 15^\circ$ (V)
$\dot{V}_2 = 56{,}8\angle 90^\circ$ (V)
$\dot{I} = 4\angle 15^\circ$ (A)

b) $R = 3{,}7\ \Omega$
$L = 36$ mH

5.20 — No circuito da Fig. 5.69 tem-se $\dot{V} = 200\angle -30^\circ$, o diagrama de fasores correspondente está representado ao lado. Determine:

a) $\dot{I}$, $\dot{V}_1$ e $\dot{V}_2$;
b) R e C, sendo $f = 60$ Hz.



(a) (b)

Fig. 5.69 (a) Circuito; (b) diagrama de fasores.

Resposta

a) $\dot{I} = 7{,}2\angle 20^\circ$ (A)
$\dot{V}_1 = 72{,}3\angle 20^\circ$ (V)
$\dot{V}_2 = 163{,}8\angle -50^\circ$ (V)
b) $R = 7{,}8\ \Omega$ e $C = 124\ \mu$F.

5.21 — No circuito da Fig. 5.70 a admitância de entrada varia com a freqüência conforme o gráfico indicado. Determinar:

a) a freqüência (f_0) e o fator de qualidade do circuito nessa freqüência.
b) os parâmetros R, L e C;
c) a relação entre as intensidades que assume a corrente i na freqüência de ressonância e na freqüência de uma oitava abaixo ($f_0/2$).

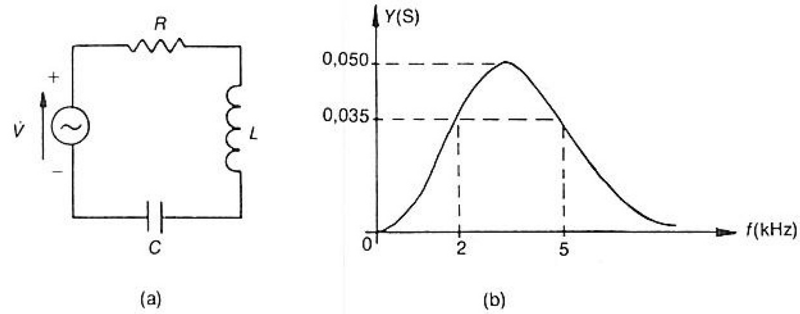


Fig. 5.70 (a) Circuito; (b) gráfico.

Resposta

a) $f_0 = 3{,}16$ kHz
b) $R = 20\ \Omega$; $L = 1{,}1$ mH e $C = 2{,}4\ \mu F$
c) $\dfrac{\dot{I}_0}{I'} = 1{,}8$

5.22— Nos circuitos dados a seguir, determine as tensões e as correntes indicadas e trace os diagramas de fasores correspondentes.

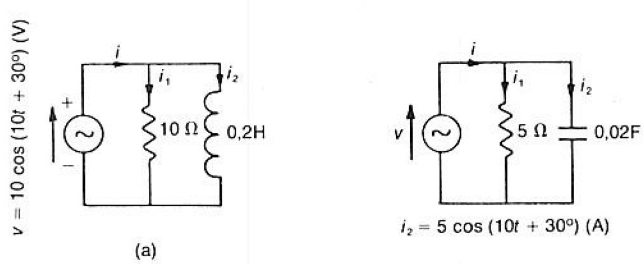


Fig. 5.70*a*

Resposta

a) $i_1 = 1\cos(5t + 30^\circ)$; $i_2 = 1\cos(5t - 60^\circ)$ e $i = \sqrt{2}\cos(5t - 15^\circ)$.

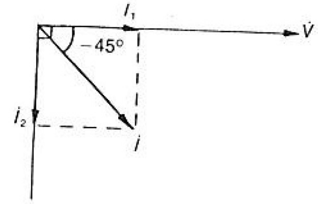


Fig. 5.70*b*

b) $v = 25\cos(10t - 60°)$; $i_1 = 5\cos(10t - 60°)$ e $i = 7{,}1\cos(10t - 15°)$

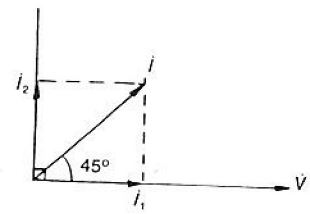


Fig. 5.70*c*

5.23 — No circuito a seguir, determine as tensões e correntes indicadas e a impedância medida entre A e B.

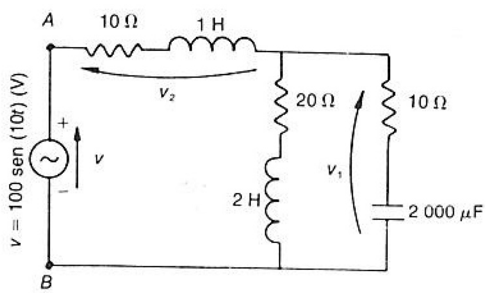


Fig. 5.70*d*

Resposta

$$\begin{aligned}
Z_{AB} &= 46{,}4\underline{|21°};\\
i &= 2{,}2\cos(10t - 111°);\\
i_1 &= 2{,}7\cos(10t - 145°);\\
i_2 &= 1{,}5\cos(10t - 21°);\\
v_1 &= 77{,}8\cos(10t - 100°);\\
v_2 &= 31{,}1\cos(10t - 66°).
\end{aligned}$$

5.24 — No circuito da Fig. 5.70*e* são dadas $\dot V = 138\underline{|36°}$ V e $\dot V_1 = 50\underline{|30°}$ V. A freqüência é $f = 100$ Hz. Determinar:

a) a impedância da parte situada à direita de AB;

b) as correntes $\dot{I}$, $\dot{I}_1$ e $\dot{I}_2$;
c) os parâmetros R e L.

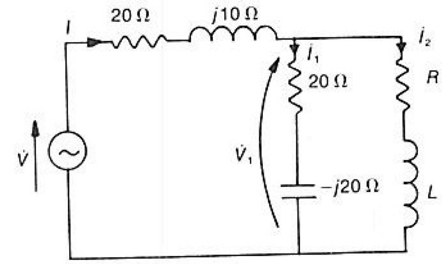


Fig. 5.70*e*

Resposta

a) $\dot{Z}_{AB} = 12 + j3{,}9\ (\Omega)$
b) $\dot{I} = 3{,}4\underline{|12^\circ}\ (A)$
$\dot{I}_1 = 1{,}8\underline{|75^\circ}\ (A)$
$\dot{I}_2 = 3{,}5\underline{|-15^\circ}\ (A)$
c) $R = 10\ \Omega$ e $L = 16$ mH

5.25 — No circuito a seguir são conhecidos $\dot{V} = 138\underline{|36^\circ}$ V e $\dot{V}_1 = 50\underline{|30^\circ}$ V. A freqüência é $f = 60$ Hz. Determinar:

a) a admitância do trecho situado à direita de AB;
b) as correntes $\dot{I}$, $\dot{I}_1$ e $\dot{I}_2$;
c) os parâmetros R e L.

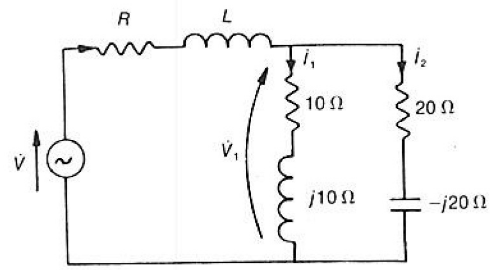


Fig. 5.70*f*

Resposta

a) $\dot{Z}_{AB} = 12{,}7\underline{|18^\circ}$
b) $\dot{I} = 3{,}9\underline{|12^\circ}$
$\dot{I}_1 = 3{,}5\underline{|-1{,}5^\circ}$
$\dot{I}_2 = 1{,}8\underline{|75^\circ}$
c) $R = 20{,}1\ \Omega$
$L = 28$ mH

5.26 — No circuito a seguir, determinar a tensão V_x utilizando a análise de malhas.

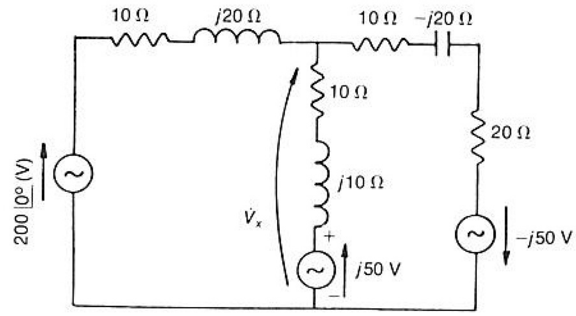


Fig. 5.70*g*

Resposta

$$\dot{V}_x = 59{,}4\underline{|2^o} \text{ (V)}.$$

5.27 — No circuito dado a seguir, determinar as correntes e tensões indicadas.

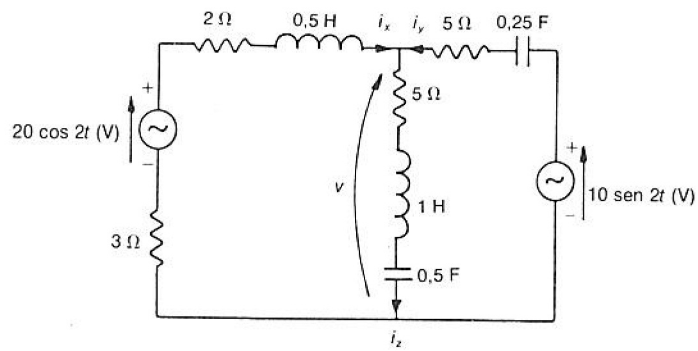


Fig. 5.70*h*

Resposta

$$i_x = 2{,}5 \cos (2t + 9^o);\ i_y = 1{,}8 \cos (2t + 56^o);$$
$$i_\omega = 1{,}8 \cos (2t - 39^o);\ v = 9{,}5 \cos (2t - 28^o).$$

5.28 — Para a rede da Fig. a seguir, escrever o sistema de equações, na forma matricial, que resultam da aplicação da análise de malhas.

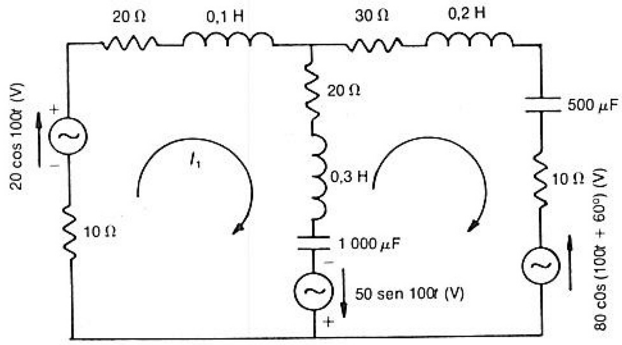


Fig. 5.70*i*

Resposta

$$\begin{vmatrix} (50+j30) & -(20+j20) \\ -(20+j20) & (60+j20) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20\underline{|0^\circ} + 50\underline{|-90^\circ} \\ -80\underline{|60^\circ} - 50\underline{|-90^\circ} \end{vmatrix}$$

5.29 — Para a rede da figura que se segue, escrever o sistema de equações, na forma matricial, que resultam da aplicação da análise de malhas.

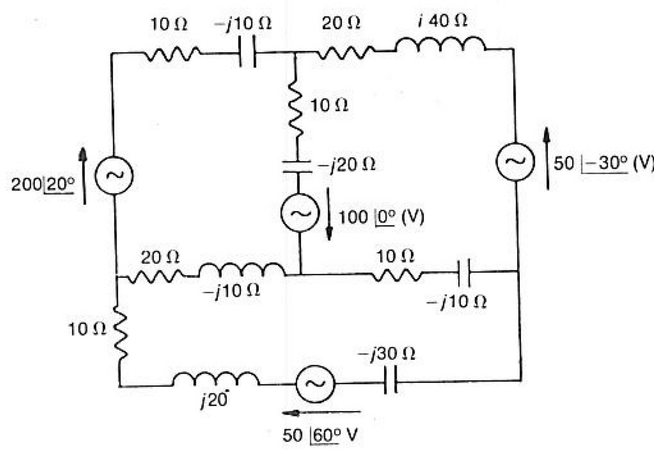


Fig. 5.70*j*

Resposta

$$\begin{vmatrix} (40-j20) & -(10-j20) & -(20+j10) \\ -(10-j20) & (40+j10) & -(10\cdot j10) \\ -(20+j10) & -(10-j10) & (60-j10) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 100\underline{|0^\circ} + 200\underline{|20^\circ} \\ -50\underline{|30^\circ} - 100\underline{|0^\circ} \\ 50\underline{|60^\circ} \end{vmatrix}$$

5.30 — Para o circuito dado a seguir escrever o sistema de equações, na forma matricial, que resultam da aplicação da análise nodal.

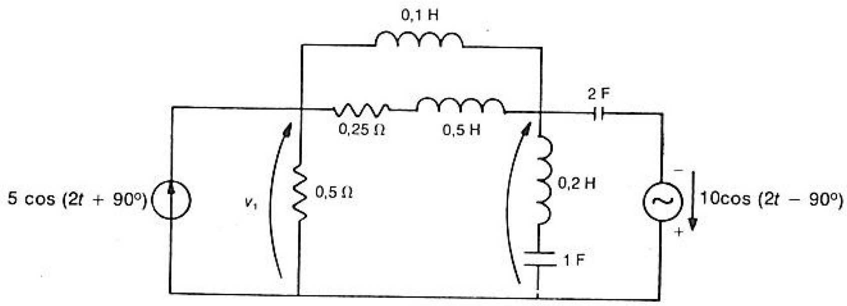


Fig. 5.70*k*

Resposta

$$\begin{vmatrix} 2{,}2 - j6 & -0{,}2 - j6 \\ -0{,}2 + j6 & 0{,}2 + j8 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} j5 \\ 40 \end{vmatrix}$$

5.31 — Para o circuito dado a seguir, escrever o sistema de equações, na forma matricial, que resultam da aplicação da análise nodal.

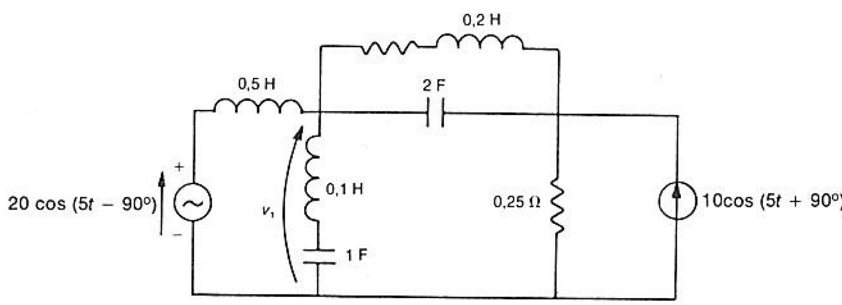


Fig. 5.70*l*

Resposta

$$\begin{vmatrix} 0{,}2 + j4{,}9 & -0{,}2 - j9 \\ -0{,}2 - j9 & 4{,}2 + j9 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -8 \\ j10 \end{vmatrix}$$

5.32 — Representar o circuito da Fig. 5.70*m*, no domínio da freqüência e escrever o sistema de equações, na forma matricial, que resultam da aplicação da análise de malhas.

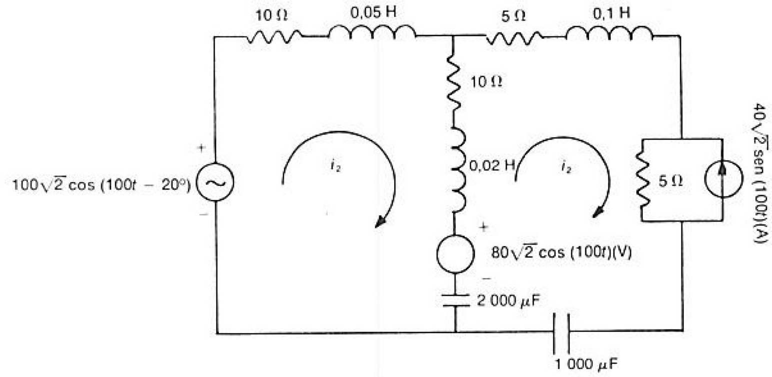


Fig. 5.70*m*

Resposta

$$\begin{vmatrix} 20+j2 & -10+j3 \\ -10+j3 & 20-j3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot I_1 \\ \dot I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 100\underline{|-20^\circ} - 80\underline{|0^\circ} \\ 80\underline{|0^\circ} - 200\underline{|90^\circ} \end{vmatrix}$$

5.33 — Utilizando o teorema de Thévenin para a parte situada à esquerda de AB, determine $\dot V_1$ para que se tenha $\dot I = 10\underline{|0^\circ}$ (A).

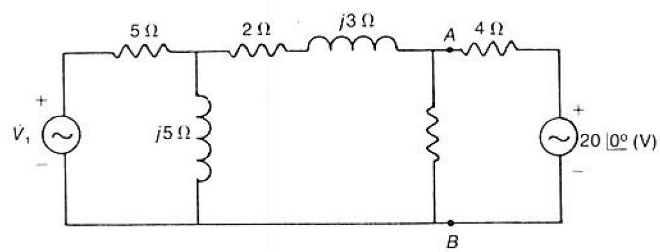


Fig. 5.70*n*

Resposta

$$\dot V_1 = 263\underline{|-8^\circ}\ (\text{V}).$$

5.34 — Determine o Thévenin equivalente entre os pontos A e B do circuito da Fig. 5.71a. Qual a corrente $\dot{I}$ no ramo AB, quando entre A e B é ligada a associação da Fig. 5.71(b)?

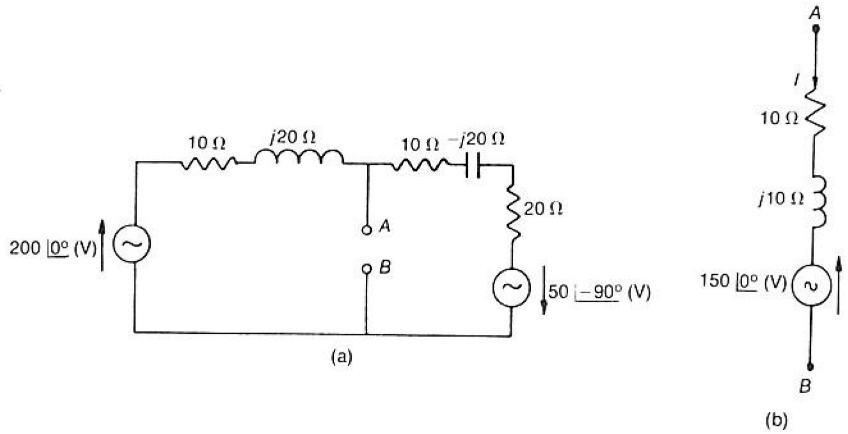


Fig. 5.71 (a) Circuito; (b) associação.

Resposta

$$\dot{V}_{th} = 152{,}5\underline{|-35^{\circ}}\ (\mathrm{V})$$
$$\dot{Z}_{th} = 20{,}2\underline{|30^{\circ}}\ (\Omega)$$
$$\dot{I} = 5{,}5\underline{|-84^{\circ}}\ (\mathrm{A})$$

5.35 — No circuito a seguir, determine:

a) a tensão $\dot{V}_{AB}$;
b) a corrente $\dot{I}$ que passará por um resistor de resistência $R = 10\ \Omega$, quando ligado entre A e B.

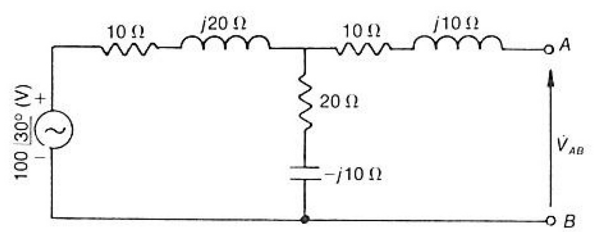


Fig. 5.71a

Resposta

a) $\dot{V}_{AB} = 71{,}7\underline{|-15^{\circ}}\ (\mathrm{V})$
b) $\dot{I} = 1{,}9\underline{|-38^{\circ}}\ (\mathrm{A})$

5.36 — Determine o gerador de Norton equivalente entre A e B para o circuito da Fig. 5.71b a seguir.

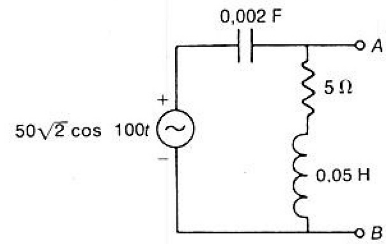


Fig. 5.71*b*

Resposta

$$\dot{I}_N = j10\ (\mathrm{A});$$
$$\dot{Z}_N = 5 - j5\ (\Omega).$$

5.37 — Determine o Norton equivalente entre os pontos A e B do circuito a seguir.

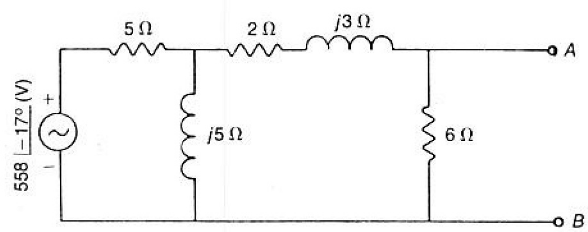


Fig. 5.71*c*

Resposta

$$\dot{I}_N = 5{,}6\underline{|-23^\circ}\ (\mathrm{A});\ \dot{Z}_N = 3{,}6\underline{|23^\circ}\ (\Omega).$$

5.38 — Determine o Thévenin equivalente entre os pontos XY do circuito.

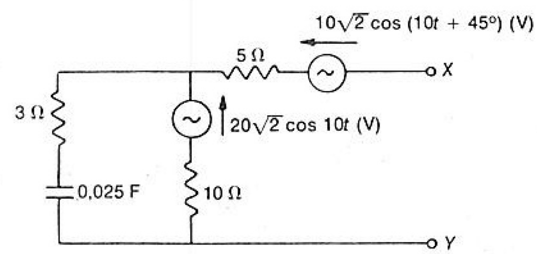


Fig. 5.71*d*

Resposta

$$\dot{V}_{th} = 11{,}4\underline{|264^\circ}\ (\mathrm{V});\ \dot{Z}_{th} = 8{,}3\underline{|-15^\circ}\ (\Omega).$$