CAPÍTULO 10

CIRCUITOS RLC EM CORRENTES ALTERNADAS

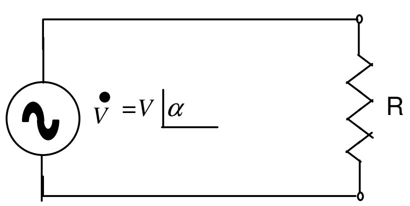
As lâmpadas incandescentes podem ser representadas eletricamente por resistências elétricas. As lâmpadas fluorescentes são representadas por resistências em série com indutâncias. Os transformadores elétricos podem ser representados por resistências em série com indutâncias ou por um conjunto série-paralelo de resistências e indutâncias. Os motores podem ser representados por resistências ou, também, um conjunto série-paralelo de resistências e indutâncias. Os condutores elétricos podem ser representados por somente resistências, quando as reatâncias indutivas e capacitivas são pequenas ou por resistências, indutâncias e capacitâncias quando as reatâncias indutivas e capacitivas são significativas. Assim, existem equipamentos, que aqui chamaremos de *cargas elétricas*, que podem ser representados por R, RL ou RLC. A grande maioria das cargas em corrente alternada são RL.

Neste capítulo estudaremos circuitos R, L, C, RL, RC, LC e RLC. Os circuitos RC e LC serão estudados, pois são situações particulares dos demais circuitos e complementam o estudo de circuitos, além de poderem ocorrer em situações práticas bem específicas.

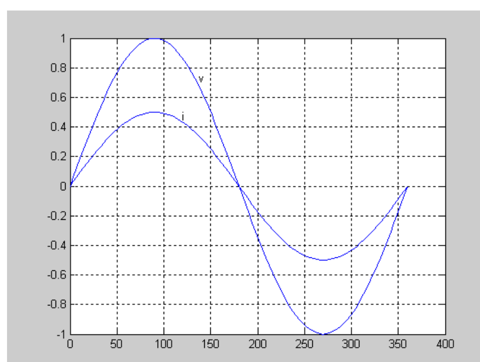
10.1 CIRCUITOS SÉRIE-PARALELOS COM RESISTORES

No capítulo 7, mais especificamente no item 7.7, vimos que o cálculo de corrente e quedas de tensão em circuitos série, paralelo ou série-paralelo de corrente alternada, para circuitos resistivos, é igual ao cálculo de corrente e quedas de tensão dos circuitos em corrente contínua, com a diferença de que a corrente e as quedas de tensão são agora fasores. Os valores de resistência podem ser representados na forma complexa via impedância.

Se tivermos o circuito da Fig. 7.6a, então $\dot{Z} = R\angle 0^o$ e $\dot{I} = \dot{V}/\dot{Z} = V\angle\alpha / R\angle 0^o = (V/R)\angle\alpha$. Pôde-se notar que a tensão e a corrente têm o mesmo ângulo α de deslocamento. Se $\alpha = 0^o$, as ondas de tensão e corrente no resistor tem as formas apresentadas na Fig. 7.6b.



a)



b)

Fig. 7.6 – Tensão e corrente em um resistor

No item 7.8, vimos que a potência dissipada em resistores ou carga resistivas (Ex. lâmpadas incandescentes), pode ser determinada das formas seguintes:

- usando a corrente na forma fasorial

$$P = R\dot{I}\dot{I}^* \qquad (7.10)$$

- usando o módulo da corrente

$$P = RI^2 . \qquad (7.10a)$$

Essa última equação é a mesma equação que se utilizou em circuitos de corrente contínua.

10.2 CIRCUITOS SÉRIE-PARALELOS COM INDUTORES

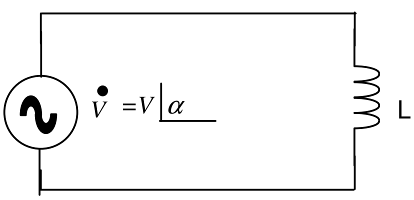
No capítulo 8, vimos que quando se aplica uma tensão alternada em um indutor que tem uma indutância L, a lei de ohm na fórmula complexa continua valendo. Essa equação é:

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}}, \tag{7.7}$$

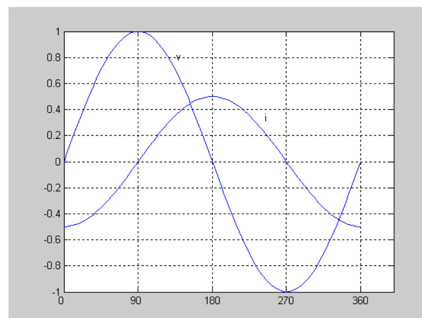
onde $\dot{I}$ e $\dot{V}$ são a corrente e a tensão com anotações fasoriais, e $\dot{Z}$ é um número complexo que representa a *impedância* e tem, na parte imaginária, a reatância calculada como:

$$X_L = \omega L, \tag{8.4}$$

onde $\omega = 2\pi f$ e X_L é a reatância indutiva dada em ohm [Ω]. No circuito da Fig. 8.6a, tem-se R = 0, $X_L = \omega L = 2\pi f\, L$, $\dot{Z}$ = R +jX_L = 0 + jX_L = $X_L \underline{|90^o}$. Então, a corrente no indutor será: $\dot{I} = \dot{V} / \dot{Z}$ = V $\underline{|\alpha}$ / $X_L \underline{|90^0}$ = (V/X_L) $\underline{|\alpha\ \text{-}90^o}$. Se $\alpha = 0^o$, as ondas de tensão e corrente no indutor têm as formas apresentadas na Fig. 8.6b. Pôde-se notar que a onda de corrente está atrasada (defasada) de 90^0 da onda de tensão.



a)



b)

Fig. 8.6 – Tensão e corrente em um indutor

Vimos também que o cálculo de corrente e quedas de tensão em circuitos série, paralelo ou série-paralelo de corrente alternada com indutores é igual ao cálculo de corrente e quedas de tensão dos circuitos em corrente alternada com resistores, transformando as indutâncias em reatâncias e as considerando-as na parte imaginária das impedâncias. A impedância equivalente de conjuntos série ou paralelo de impedâncias é feito da mesma forma que se faz com resistência, porém usando números complexos.

A potência em indutores ou cargas indutivas puras pode ser determinada das formas seguintes:

- usando a corrente na forma fasorial

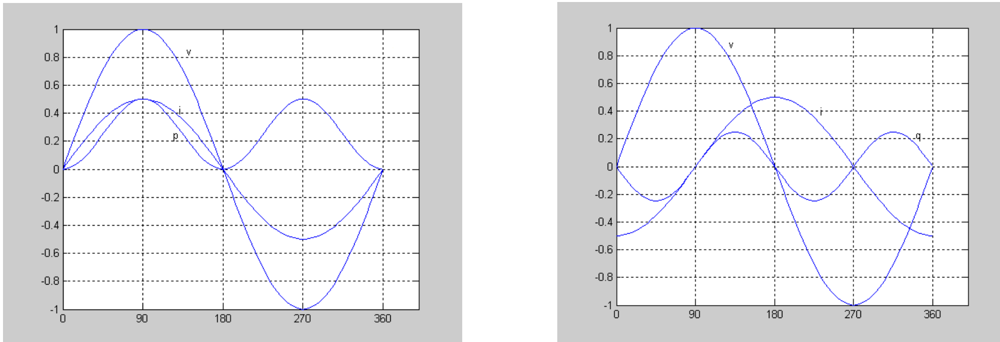
$$Q = X_L \dot{I}\, \dot{I}^{\,*} \tag{8.7}$$

- usando o módulo da corrente

$$Q = X_L I^2 . \tag{8.8}$$

Essas equações são iguais as equações de cálculo de potência em resistências, com as modificações de Q no lugar de P e X_L no lugar de R. A potência Q é denominada de *potência reativa* e tem como unidade o VAr.

Instantaneamente, a potência reativa Q circula pelo circuito puramente indutivo e não sai desse circuito (ver Fig. 8.7b). Em certos momentos, a potência é positiva e em outros momentos é negativa. Isto significa que nos momentos de Q positiva, a energia elétrica entra no indutor e é transformada em energia eletromagnética, e nos momentos negativos essa energia eletromagnética é transformada em energia elétrica e volta no circuito.



a) Potência em um resistor b) Potência em um indutor

Fig. 8.7

10.3 CIRCUITOS SÉRIE-PARALELOS COM CAPACITORES

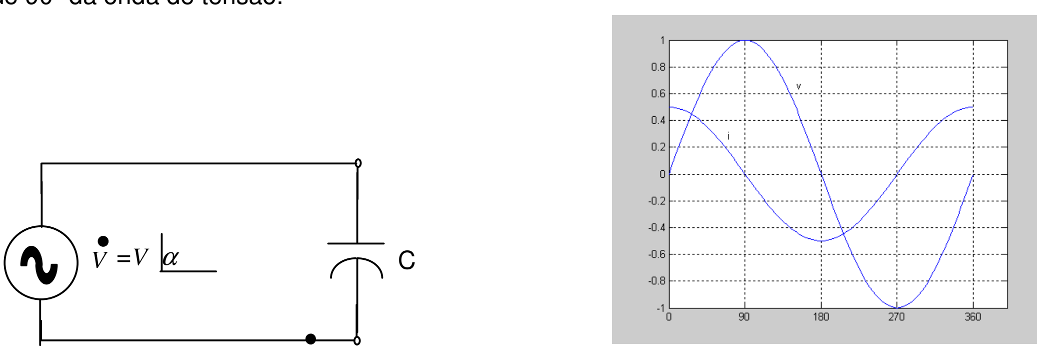
No capítulo 9, vimos que quando se aplica uma tensão alternada em um capacitor, que tem uma capacitância C, a lei de ohm complexa também continua valendo. Essa equação é:

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}}, \tag{7.7}$$

onde $\dot{I}$ e $\dot{V}$ são a corrente e a tensão com anotações fasoriais, e $\dot{Z}$ é um número complexo que representa a *impedância* e tem, na parte imaginária, o valor negativo da reatância, que é calculada como:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \tag{9.4}$$

onde $\omega = 2\pi f$ e X_C é a reatância capacitiva dada em ohm [Ω]. No circuito da Fig. 9.3a, tem-se R = 0, $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi f\, C$, $\dot{Z} = R - jX_C = 0 - jX_C = X_C \underline{|-90^0}$. Então, a corrente no capacitor será: $\dot{I} = \dot{V} / \dot{Z} = V\underline{|\alpha} \,/\, X_L\underline{|-90^0} = (V/X_C)\underline{|\,\alpha + 90^0}$. Se $\alpha = 0^o$, as ondas de tensão e corrente no capacitor têm as formas apresentadas na Fig. 9.3b. Pôde-se notar que a onda de corrente está adiantada (defasada) de 90^0 da onda de tensão.



a) b)

Fig. 9.3 – Tensão e corrente em um capacitor

Vimos também que o cálculo de corrente e quedas de tensão em circuitos série, paralelo ou série-paralelo de corrente alternada com capacitores é igual ao cálculo de corrente e quedas de tensão dos circuitos em corrente alternada com resistores, transformando as capacitâncias em reatâncias e as considerando-as com valor negativo na parte imaginária das impedâncias. A impedância equivalente de conjuntos série ou paralelo de impedâncias é feito da mesma forma que se faz com resistência, porém usando números complexos.

A potência em capacitores ou cargas capacitivas puras pode ser determinada das formas seguintes:

- usando a corrente na forma fasorial

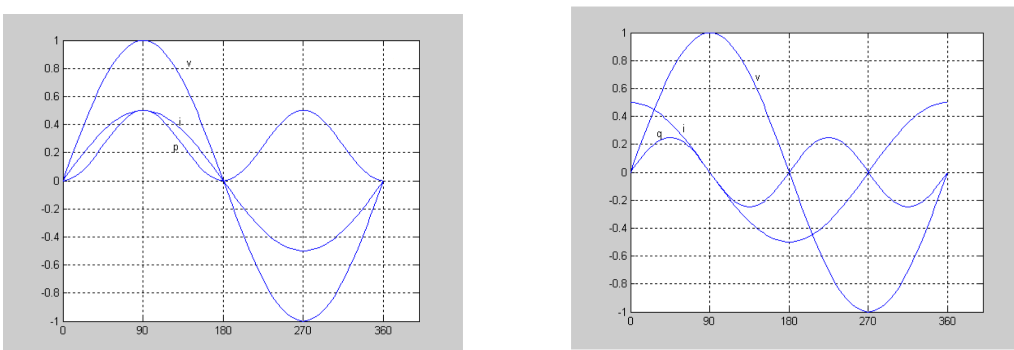
$$Q = -X_C \dot{I}\,\dot{I}^{\,*} \qquad (9.7)$$

- usando o módulo da corrente

$$Q = -X_C I^2 . \qquad (9.8)$$

Essas equações continuam sendo iguais as equações de cálculo de potência em resistências, com as modificações de Q no lugar de P e X_C no lugar de R. A potência Q é denominada de *potência reativa* e tem como unidade o VAr.

Instantaneamente, a potência reativa Q circula pelo circuito puramente capacitivo e não sai desse circuito (ver Fig. 9.4b). Em certos momentos, a potência é positiva e em outros momentos é negativa. Isto significa que nos momentos de Q positiva, a energia elétrica entra no capacitor e é armazenada no campo elétrico do capacitor, e, nos momentos negativos, essa energia elétrica retorna ao circuito.



a) Potência em um resistor b) Potência em um capacitor

Fig. 9.4

10.4 CIRCUITO RL SÉRIE

Nós vimos anteriormente que um resistor limita a corrente em um circuito, através da lei de ohm. Vimos também que um indutor limitará a corrente pela mesma lei de ohm. Se associarmos um resistor em série com um indutor, como mostrado na Fig. 10.1, o resistor e o indutor limitarão juntos essa corrente. O resistor limitará com o valor da resistência na parte real do número complexo da impedância, e o indutor com o valor da reatância indutiva na parte imaginária desse mesmo número complexo da impedância. Assim, teremos uma impedância $\dot{Z}$ = R + jX_L. Isto equivale a termos uma impedância Z_1 = R $\underline{|0^o}$,relativa ao resistor, em série com uma impedância Z_2 = X_L $\underline{|90^o}$ do indutor. Assim, esse circuito poderá ser tratado como se tivéssemos duas impedâncias conectadas em série.

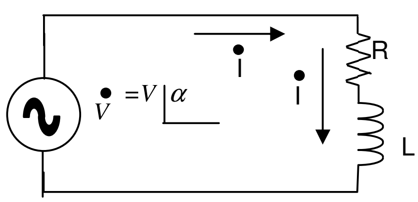


Fig. 10.1 – Um circuito simples RL série.

A corrente que circula nesse circuito é determinada pela expressão complexa da lei de ohm. Assim,

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}}, \qquad (7.7)$$

A queda de tensão no resistor é determinada pelo produto da sua resistência pela corrente, na forma fasorial, que nele circula. Assim, $\Delta\dot{V}_R$ = R$\dot{I}$ ou, trabalhando somente com números complexos, $\Delta\dot{V}_R = \dot{Z}_1\dot{I}$. A queda de tensão no indutor é determinada pelo produto do número imaginário da reatância indutiva pela corrente, também na forma fasorial, que nele circula. Assim, $\Delta\dot{V}_L = jX_L\dot{I}$ ou $\Delta\dot{V}_L = \dot{Z}_2\ \dot{I}$. Nota-se, que a queda de tensão é o produto de uma impedância, na forma complexa, pela corrente na forma fasorial.

Quanto às potências, temos uma potência ativa P, dissipada no resistor, que é determinada pela equação 7.10 ou 7.10a, e uma potência reativa Q, circulante no indutor, que é determinada pela equação 8.7 ou 8.8. Em termos de plano complexo, poderíamos representar essas potências como mostrado na Fig. 10.2.

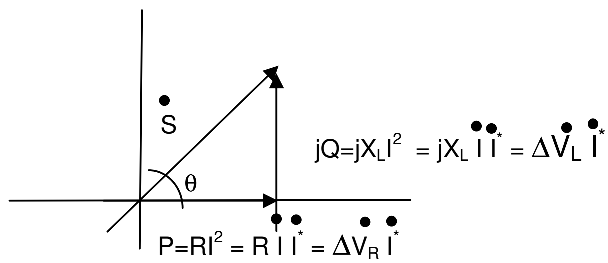


Fig. 10.2 – Triângulo de potências

A potência que sai da fonte, em um dado instante, é a composição das potências P e Q. Essa potência é denominada de *potência aparente*, e é representada por $\dot{S}$ na mesma Fig. 10.2. Ela é calculada por $\dot{S} = \dot{Z}\ \dot{I}\ \dot{I}^*$ ou $\dot{S} = \dot{V}\ \dot{I}^*$. O módulo de $\dot{S}$ pode ser calculado por S = VI, enquanto o ângulo θ é o *ângulo da impedância* $\dot{Z}$. Conseqüentemente, P = S cos θ e Q = S sen θ. A unidade de S é o VA. Se relacionarmos P com S, como mostrado abaixo, temos o chamado fator de potência (FP),

$$FP = \frac{P}{S} \tag{10.1}$$

ou

$$FP = \cos\theta, \tag{10.1a}$$

ou

$$FP = \frac{R}{Z}. \tag{10.1b}$$

onde, como dito acima, o ângulo θ é o *ângulo da impedância* $\dot{Z}$. Em um circuito puramente resistivo, o fator de potência é unitário, pois S=P. Já em um circuito puramente indutivo, o fator de potência é zero, pois P=0. Em circuitos RL, o fator de potência pode variar entre zero e um, dependendo dos valores de resistências e indutâncias.

Se tivermos um circuito com vários resistores e indutores ligados em série, como aquele mostrado na Fig. 10.3, então pode-se considerar cada um como sendo uma impedância e trata-se o circuito como o circuito da Fig. 10.1 através de impedâncias equivalentes.

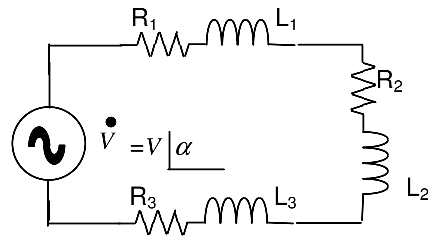


Fig. 10.3 – Um circuito RL série com 3 resistências e 3 indutâncias.

Exemplo 10.1: Seja o circuito da Fig. 10.4, onde se tem uma carga elétrica constituída por resistência e uma indutância. Calcular:

a) A reatância indutiva da indutância considerando f = 60 Hz;
b) a impedância total do circuito;
c) a corrente;
d) as quedas de tensão na resistência e na indutância;
e) as potências ativa na resistência e reativa na indutância;
f) a potência total que sai da fonte;
g) I o fator de potência desta carga.

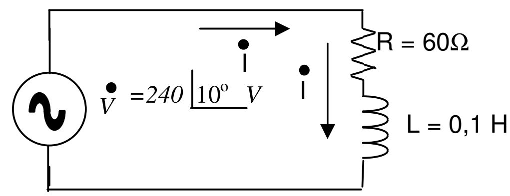


Fig. 10.4 – Um circuito simples RL série.

Solução: a) Cálculo da reatância indutiva da indutância

Como f = 60 Hz, então ω = 377

Mas $X_L = \omega L$. Então $X_L = 377 \times 0{,}1 = 37{,}7\ \Omega$

b) A impedância total do circuito será $\dot{Z} = R + jX_L = 60 + j37{,}7$
$= 70{,}86 \angle 32{,}14^o\ \Omega$

c) A corrente é dada pela equação (7.7)

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} = \frac{240\angle 10^0}{70{,}86\angle 32{,}14^0} = 3{,}39 \angle -22{,}14^0 \text{ A.}$$

d) Quedas de tensão

No resistor

$$\Delta\dot{V}_R = R\dot{I} = 60 \times 3{,}39 \angle -22{,}14^o = 203{,}22 \angle -22{,}14^0 \text{ V}$$

ou

$$\Delta\dot{V}\ V_R = \dot{Z}_R\ \dot{I} = 60\angle 0^0 \times 3{,}39 \angle -22{,}14^o = 203{,}22 \angle -22{,}14^0 \text{ V}$$

No indutor

$$\Delta\dot{V}_L = jX_L\dot{I} = j\,37{,}7 \times 3{,}39 \angle -22{,}14 = 37{,}7 \angle 90^0 \times 3{,}39 \angle -22{,}14^0$$
$$= 127{,}68 \angle 67{,}86^0 \text{ V}$$

e) Potências

No resistor

$P = R \times I^2 = 60 \times 3{,}39^2 = 688{,}3$ W.

No Indutor

$Q = X_L\, I^2 = 37{,}7 \times 3{,}39^2 = 432{,}5$ VAr.

f) Potência total que sai da fonte

$$\dot{S} = \dot{V} \times \dot{I}^{*} = 240\angle 10^0 \times 3{,}39\angle 22{,}14^0 = 812{,}8\angle 32{,}14^0 \text{ VA.}$$

Nota-se que o ângulo da potência total é o próprio ângulo da impedância. Essa potência pode ser calculada também como

$$\dot{S} = P + jQ = 688{,}3 + j\,432{,}5 = 812{,}8\angle 32{,}14^0 \text{ VA}$$

g) Fator de potência

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{688{,}3}{812{,}8} = 0{,}85$$

ou

$$FP = \cos\theta = \cos 32{,}14^0 = 0{,}85.$$

10.5 CIRCUITOS RC E LC SÉRIES

Esses circuitos são tratados de forma similar ao circuitos RL.

10.6 CIRCUITOS RL, RC E LC PARALELOS.

Para cada resistor, indutor e capacitor se determina uma impedância. Então, trata-se esse circuito como se fosse um circuito de corrente continua, porém com números complexos e fasores.

10.7 CIRCUITOS RLC.

Para cada resistor, indutor e capacitor se determina uma impedância. Então, trata-se esse circuito como se fosse um circuito de corrente continua, porém com números complexos e fasores.

Problemas Propostos

10.1: Seja o circuito da Fig. 10.5, onde se tem uma carga elétrica constituída por resistência e uma indutância. Calcular:

a) A reatância indutiva da indutância considerando f = 60 Hz;
b) a impedância total do circuito;

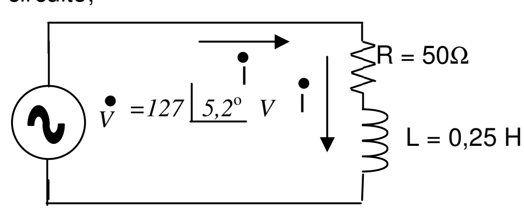


Fig. 10.5 – Um circuito simples RL série.

10.2: Considerando o mesmo circuito do problema 10.1, calcular:

c) a corrente;
d) as quedas de tensão na resistência e na indutância;
e) as potências ativa na resistência e reativa na indutância;
f) a potência total que sai da fonte;
g) o fator de potência desta carga.

10.3: Seja o circuito da Fig. 10.6. Calcular: a) A reatância capacitiva do capacitor considerando f = 60 Hz; b) a impedância total do circuito.

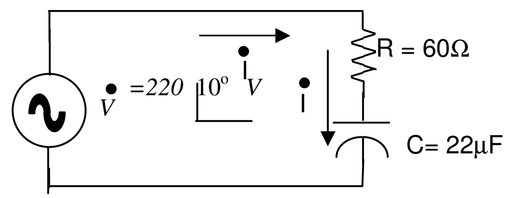


Fig. 10.6 – Um circuito simples RC série.

10.4: Para o mesmo circuito do problema 10.3, a) a corrente que circula no resistor e no capacitor; b) as quedas de tensão no resistor e no capacitor; c) as potências ativa, reativa no resistor e capacitor; d) a potência total que sai da fonte.

10.5: Seja o circuito da Fig. 10.7. Calcular: a) As reatâncias indutiva e capacitiva do capacitor considerando f = 50 Hz; b) a impedância total do circuito.

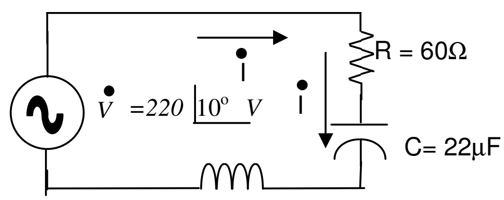


Fig. 10.7 – Um circuito simples RC série.

10.6: Para o mesmo circuito do problema 10.5, a) a corrente que circula no resistor, no indutor e no capacitor; b) as quedas de tensão no resistor, no indutor e no capacitor; c) as potências ativa,, reativa e aparente no resistor, indutor e capacitor; d) as potências ativa, reativa e total que saem da fonte; e) os fatores de potência no resistor, indutor e capacitor; f) o fator de potência do conjunto RLC.

10.7: Seja o circuito da Fig. 10.8. Calcular: a) As reatâncias indutiva e capacitiva do capacitor considerando f = 50 Hz; b) a impedância total do circuito.

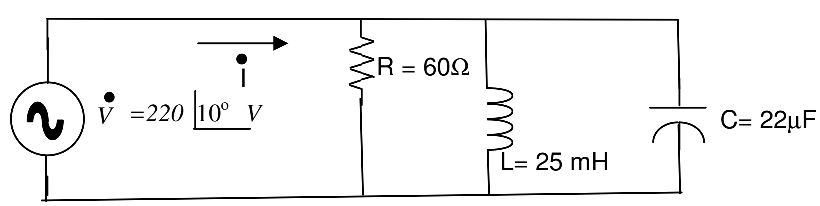


Fig. 10.8 – Um circuito simples RC série.

10.8: Para o mesmo circuito do problema 10.8, a) a corrente que circula no resistor, no indutor e no capacitor; b) as quedas de tensão no resistor, no indutor e no capacitor; c) as potências ativa, reativa e aparente no resistor, indutor e capacitor; d) as potências ativa, reativa e total que saem da fonte. e) os fatores de potência no resistor, indutor e capacitor; f) o fator de potência do conjunto RLC.

10.9: Seja o circuito da Fig. 10.9. Calcular: a) As reatâncias indutivas das indutâncias considerando f = 60 Hz; b) a impedância total do circuito.

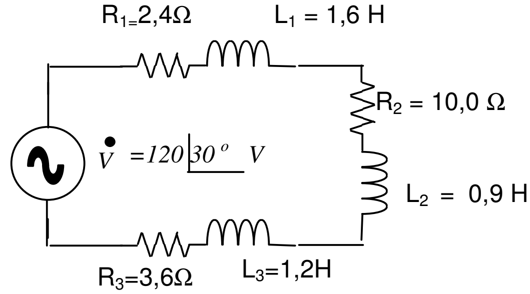


Fig. 10.9 – Um circuito simples RL série.

10.10: Para o mesmo circuito do problema 10.9, calcular: a) a corrente que sai da fonte; b) as quedas de tensão no resistor R_1 e no indutor L_1; c) as potências ativa, reativa nesses resistor e indutor; d) a potência total que sai da fonte

10.11: Seja o circuito da Fig. 10.10. Considerando f = 400 Hz, calcular: a impedância total do circuito. b) a corrente total no ramo de R_2; c) a queda de tensão nesse resistor; d) as potências ativa, reativa nesse resistor; e) potência total que sai da fonte.

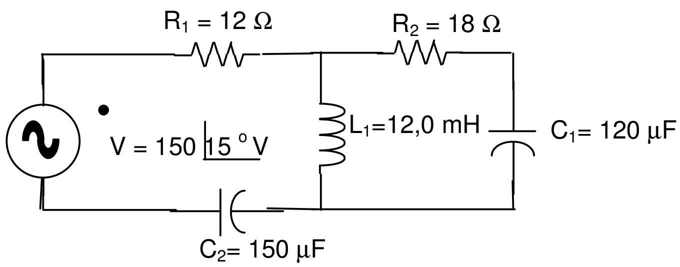


Fig. 10.10 – Circuito do problema 10.11.

10.12: Considerando os dados e resultados do problema 10.11, calcular: a) a corrente total no ramo de R_2; b) a queda de tensão nesse resistor; c) as potências ativa, reativa nesse resistor; d) potência total que sai da fonte.

10.13: Seja o circuito em corrente alternada de um sistema elétrico, como mostrado na Fig. 10.11, com f = 60 Hz.

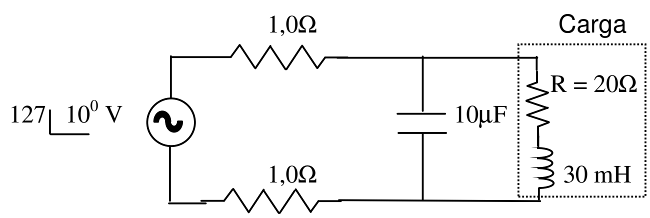


Fig. 10.11 – Circuito do problema 10.13.

Pede-se **com unidades**:

a) a impedância total na forma polar (módulo e ângulo) do circuito.
b) a corrente total fornecida pela fonte (na forma polar).
c) as potências ativa, reativa e aparente(forma polar) fornecidas pela fonte.
d) a tensão, a corrente, as potências ativa, reativa e aparente(forma polar) e o fator de potência na carga.
e) o fator de potência da carga e do conjunto carga + capacitor.

10.14 Sejam duas torneiras elétricas puramente resistivas - monofásicas de 6000W-220V (cada torneira), alimentadas na tensão de $220\angle 0^o$ V através de um circuito com 2 condutores de cobre de 10 mm^2. Cada condutor tem 100 m, e admite-se que a temperatura dos condutores seja de 70^o C. Calcular a tensão, a corrente, as potências ativa e aparente em torneira elétrica.

10.15 Seja uma carga elétrica monofásica de 12000 VA-220V –FP = 0,85, alimentada na tensão de $220\angle 0^o$ V através de um circuito com 2 condutores de cobre de 10 mm^2. Cada condutor tem 100 m, e admite-se que a temperatura dos condutores seja de 70^o C. Calcular a tensão, a corrente, as potências ativa e aparente em torneira elétrica.

10.16: Seja o circuito em corrente alternada de um sistema elétrico, como mostrado na Fig. 10.11, com f = 60 Hz, duas cargas e dois cabos alimentando essas cargas. A carga 1 é de 2500 VA-127V-FP=0,70 e a carga 2 de 3500 VA-127 V- FP= 0,90. Os cabos são de cobre, 10 mm^2 e cada um tem o comprimento de 30m e estão na temperatura de 60^0 C.

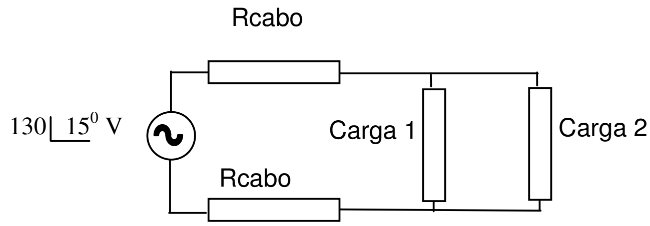


Fig. 10.11 – Circuito do problema 10.13.

Pede-se **com unidades**:

a) a impedância total na forma polar (módulo e ângulo) do circuito.
b) a corrente total fornecida pela fonte (na forma polar).
c) as potências ativa, reativa e aparente(forma polar) fornecidas pela fonte.
d) a tensão, a corrente, as potências ativa, reativa e aparente (forma polar) e o fator de potência de cada carga.
e) o fator de potência das duas cargas juntas

Respostas

10.1 a) X_L = 94,2Ω

b) $\dot{Z}$ = $106,7\angle 62,1^o$ Ω.

10.2 c) $\dot{I}$ = $1,19\angle -56,9^o$ A.

d) $\dot{V}_R$ = $59,5\angle -56,9^o$ V; $\dot{V}_L$ = $112,2\angle 33,1^o$ V.

e) P_R = 70,8 W; Q_L = 133,5 VAr.

f) $\dot{S}$ = $151,2\angle 62,1^o$ VA.

g) FP = 0,469.

10.3 a) X_C = 120,6Ω

b) $\dot{Z}$ = $134,7\angle -63,5^o$ Ω.

10.4 a) $\dot{I}$ = $1,63\angle 73,5^o$ A.

b) $\dot{V}_R$ = $98,0\angle 73,5^o$ V; $\dot{V}_C$ = $197,0\angle -16,5^o$ V.

c) P_R = 160,1 W; Q_R = 0,0 VAr.

P_C = 0,0 W; Q_C = -321,7 VAr.

d) $\dot{S}$ = $359,4\angle -63,5^o$ VA.

10.5 a) X_L = 7,85Ω; X_C = 144,7Ω;

b) $\dot{Z} = 149{,}4 \angle{-66{,}3^o}$ Ω.

10.6 a) $\dot{I} = 1{,}47 \angle{76{,}3^o}$ A.

b) $\dot{V}_R = 88{,}3 \angle{76{,}3^o}$ V; $\dot{V}_L = 11{,}6 \angle{166{,}3^o}$ V; $\dot{V}_C = 213{,}0 \angle{-13{,}4^o}$ V.

c) P_R = 130,1 W; Q_R = 0,0 VAr; $\dot{S}_R = 130{,}1 \angle{0{,}0^o}$ VA.

P_L = 0,0 W; Q_L = 17,0 VAr; $\dot{S}_R = 17{,}0 \angle{90{,}0^o}$ VA.

P_C = 0,0 W; Q_R = -313,7 VAr; $\dot{S}_R = 313{,}7 \angle{-90{,}0^o}$ VA.

d) P = 130,1 W; Q = -296,7 VAr; $\dot{S} = 323{,}9 \angle{-66{,}3^o}$ VA.

e) FP_R = 1,0; FP_L = 0,0; FP_C = 0,0.
f) FP_{RLC} = -0,402;

10.7 a) X_L = 7,85Ω; X_C = 144,7Ω;

b) $\dot{Z} = 8{,}23 \angle{82{,}1^o}$ Ω.

10.8 a) $\dot{I} = 26{,}7 \angle{-72{,}1^o}$ A.

b) $\dot{V}_R = 220{,}0 \angle{10{,}0^o}$ V.; $\dot{V}_L = 220{,}0 \angle{10{,}0^o}$ V; $\dot{V}_C = 220{,}0 \angle{10{,}0^o}$ V.

c) P_R = 806,7 W; Q_R = 0,0 VAr; $\dot{S}_R = 806{,}7 \angle{0{,}0^o}$ VA.

P_L = 0,0 W; Q_L = 6162,5 VAr; $\dot{S}_R = 6162{,}5 \angle{90{,}0^o}$ VA.

P_C = 0,0 W; Q_R = -334,5 VAr; $\dot{S}_R = 334{,}5 \angle{-90{,}0^o}$ VA.

d) P = 806,7 W; Q = 5828,0 VAr; $\dot{S} = 5883{,}5 \angle{82{,}1^o}$ VA.

e) FP_R = 1,0; FP_L = 0,0; FP_C = 0,0.
f) FP_{RLC} = 0,137;

10.9 a) X_{L1} = 603,2Ω; X_{L2} = 339,3Ω; X_{L3} = 452,4Ω.

b) $\dot{Z} = 1395{,}0 \angle{89{,}3^o}$ Ω.

10.10 a) $\dot{I} = 0{,}0860 \angle{-59{,}3^o}$ A.

b) $\dot{V}_{R1} = 0{,}206 \angle{-59{,}3^o}$ V.; $\dot{V}_{L1} = 51{,}9 \angle{30{,}7^o}$ V.
c) P_{R1} = 0,0178 W; Q_{R1} = 0,0 VAr.
P_{L1} = 0,0 W; Q_{L1} = 4,46 VAr.

d) $\dot{S} = 10{,}3 \angle{89{,}3^o}$ VA.

10.11 $\dot{Z} = 28{,}0 \angle{8{,}49^o}$ Ω.

b) $\dot{I}_{R2} = 5{,}00 \angle{40{,}4^o}$ A.

c) $\dot{V}_{R2} = 90{,}1 \angle{40{,}4^o}$ V.
d) P_{R2} = 450 W; Q_{R2} = 0,0 VAr.

e) $\dot{S} = 804{,}1 \angle{8{,}49^o}$ VA.

10.12 a) $\dot{I} = 5{,}00\ \angle 40{,}4^o$ A.

b) $\dot{V}_{R2} = 90{,}1\ \angle 40{,}4^o$ V.

c) $P_{R2} = 450$ W; $Q_{R2} = 0{,}0$ VAr.

d) $\dot{S} = 804{,}1\ \angle 8{,}49^o$ VA.

10.13 a) $\dot{Z}_{Total} = 25{,}8\ \angle 23{,}1^o\ \Omega$.

b) $\dot{I}_{total} = 4{,}93\ \angle -13{,}1^o$ A.

c) $P_{fonte} = 576{,}1$ W; $Q_{fonte} = 245{,}8$ VAr; $\dot{S} = 626{,}3\ \angle 23{,}1^o$ VA.

d) $\dot{V}_{c\arg a} = 118{,}0\ \angle 11{,}9^o$ V; $\dot{I}_{c\arg a} = 5{,}13\ \angle -17{,}6^o$ A. $P_{c\arg a} = 527{,}4$ W; $Q_{fonte} = 298{,}3$ Var;

$\dot{S}_{c\arg a} = 605{,}9\ \angle 29{,}5^o$ VA; $FP_{c\arg a} = 0{,}870$.

e) $FP_{c\arg a} = 0{,}870$; $FP_{c\arg a+capacitor} = 0{,}906$.

10.14 $\dot{V}_{torneira} = 199{,}6\ \angle 0{,}0^o$ V.

$\dot{I}_{torneira} = 24{,}7\ \angle 0{,}0^o$ A.

P 4940 W; $\dot{S}_{torneira} = 4940{,}2\ \angle 0{,}0^o$ VA.

10.15 $\dot{V}_{c\arg a} = 202{,}2\ \angle 2{,}83^o$ V.

$\dot{I}_{c\arg a} = 50{,}1\ \angle -29{,}0^o$ A.

P 8613,5 W; $\dot{S}_{torneira} = 10133{,}6\ \angle 31{,}8^o$ VA.

10.16 a) $\dot{Z}_{total} = 2{,}83\ \angle 32{,}7^o\ \Omega$.

b) $\dot{I}_{total} = 46{,}0\ \angle -17{,}7^o\ \Omega$.

c) $P_{fonte} = 5030{,}9$ W; $Q_{fonte} = 3228{,}8$ VAr; $\dot{S} = 5977{,}8\ \angle 32{,}7^o$ VA.

d) $\dot{V}_{c1} = \dot{V}_{c2} = 125{,}4\ \angle 16{,}4^o$ V; $\dot{I}_{c1} = 19{,}4\ \angle -29{,}2^o$ A; $\dot{I}_{c2} = 27{,}2\ \angle -9{,}49^o$ A.

$P_{c1} = 1706{,}5$ W; $Q_{C1} = 1741{,}0$ VAr; $\dot{S}_{c1} = 2437{,}9\ \angle 45{,}6^o$ VA.

$P_{c2} = 3071{,}8$ W; $Q_{C2} = 1487{,}7$ VAr; $\dot{S}_{c2} = 3413{,}1\ \angle 25{,}8^o$ VA.

$FP_{c1} = 0{,}700$; $FP_{c2} = 0{,}900$.

e) $FP_{2c\arg as} = 0{,}0{,}829$

Por convenção, o fator de potência de uma carga RC, ou equivalente RC de cargas, é negativo.

Caro aluno,

Se você encontrar alguma resposta diferente das respostas apresentadas acima, por favor faça contato comigo no PCA-SALA 218 nesta 5a. feira (13/10/05) à tarde ou na 6ª. Feira (14/10/05) durante o dia. Na 2ª. Feira e 3ª. Feira da próxima semana (semana da prova) estarei viajando.Na 4ª. Feira, pela manhã até as 11:00 horas, dou aula no PCA.