



*UNIVERSIDADE DO ALGARVE – INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA
ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA*

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA E ELECTRÓNICA

EXERCÍCIOS DE ANÁLISE DE CIRCUITOS II

Jorge Semião

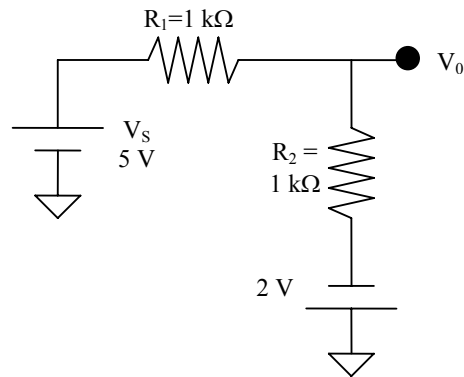
Fevereiro de 2009

ÍNDICE

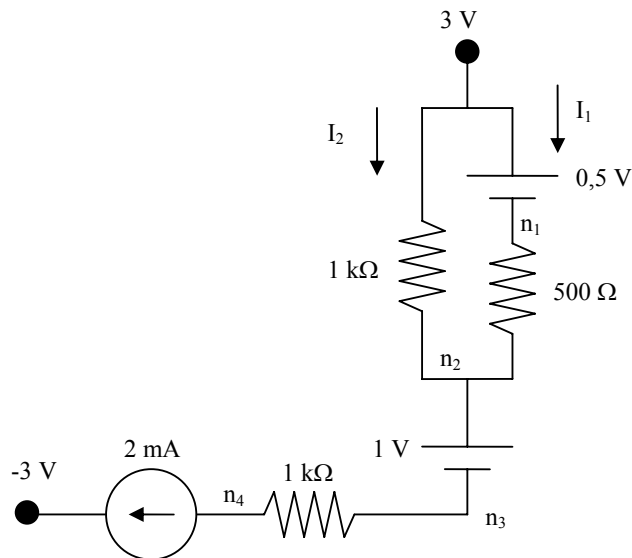
0. Revisões de Análise de Circuitos I	1
1. Características das Bobinas e dos Condensadores.....	3
2. Grandezas Alternadas	8
3. Cálculo de Potência	28
4. Circuitos com Acoplamento Magnético	32
5. Resposta Transitória no Domínio do Tempo de Circuitos RL, RC e RLC	39
6. Soluções	51
Capítulo 0:.....	51
Capítulo 1:.....	51
Capítulo 2:.....	52
Capítulo 3:.....	56
Capítulo 4:.....	57
Capítulo 5:.....	58

0. REVISÕES DE ANÁLISE DE CIRCUITOS I

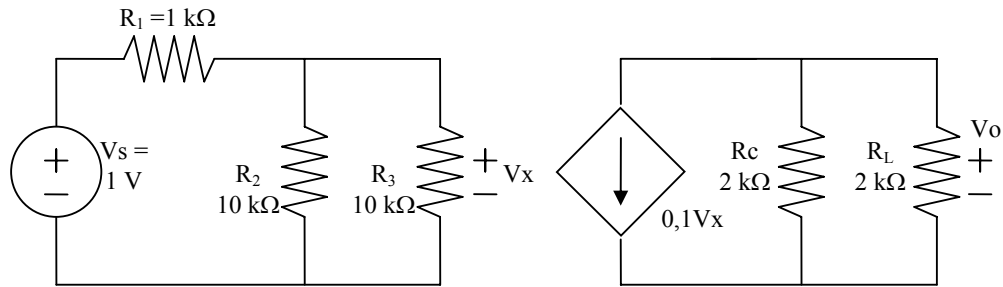
1. Para o circuito da figura abaixo, utilize a regra do divisor de tensão para calcular V_o .



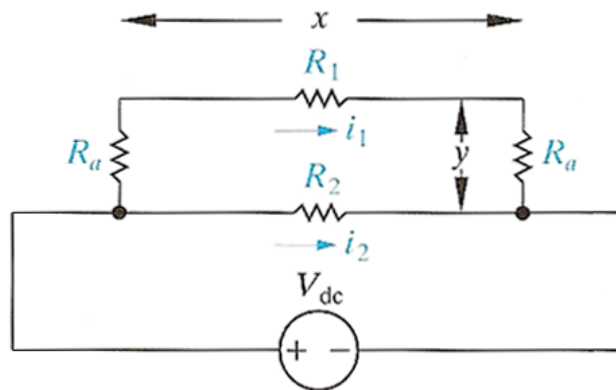
2. Calcule as tensões e correntes respectivamente em todos os nós e ramos.



3. Sabendo que R_c tem uma tolerância de 10%, calcule a sensibilidade de V_o em relação a R_c , definida como dV_o/dR_c , para poder analisar como essa tolerância pode influenciar V_o (note que assim pode escolher qual a tolerância que uma resistência deve ter, pois sabe como essa resistência influencia V_o). Calcule a o erro possível em V_o , devido à tolerância da resistência R_c .



4. A figura mostra um circuito simplificado do desembaciador de vidro traseiro de um veículo automóvel. As resistências representadas são, na realidade, fios de cobre que irão dissipar energia sob a forma de calor e cujo comprimento é proporcional à dissipação de potência do ramo. X representa a distância horizontal da rede e Y a distância vertical, e os seus valores são: $x = 1$ m e $y = 10$ cm. Sabendo que $V_{dc} = 12$ V, dimensione as resistências R_a , R_1 e R_2 , de modo a ter uma dissipação de potência uniforme em toda a rede de 120 W/m.



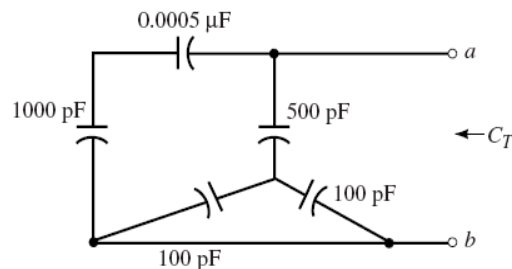
1. CARACTERÍSTICAS DAS BOBINAS E DOS CONDENSADORES

Condensadores

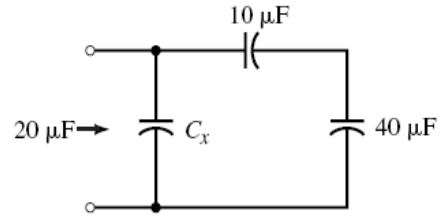
1. Considere um condensador de $10\ \mu\text{F}$. Calcule:
 - a) A sua carga, sabendo que apresenta uma tensão de 24V .
 - b) A sua tensão, sabendo que foi carregado com uma corrente constante de $1\ \text{mA}$ durante $0,5$ segundos.

2. Considere um condensador plano com armaduras de dimensão $10\ \text{cm}$ por $20\ \text{cm}$, e uma separação entre armaduras de $5\ \text{mm}$.
 - a) Calcule a sua capacidade quando o dielétrico é o ar ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}\ \text{F/m}$).
 - b) Como se modifica a sua capacidade se:
 - i) O dielétrico de ar for trocado por cerâmica ($\epsilon_r = 7500$)?
 - ii) A área duplicar?
 - iii) A distância entre armaduras reduzir para metade?
 - c) A tensão de ruptura para o dielétrico ar é $3\ \text{KV/mm}$. Qual é a tensão máxima para este condensador?

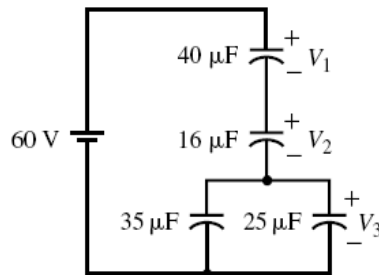
3. Para o circuito da figura, determine a capacidade equivalente.



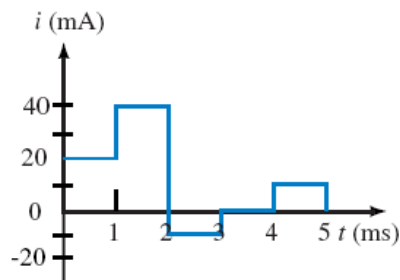
4. Para o circuito da figura, determine a Capacidade C_x .



5. Para o circuito da figura abaixo, determine as tensões V_1 , V_2 e V_3 (sugestão: utilize a regra do divisor de tensão).



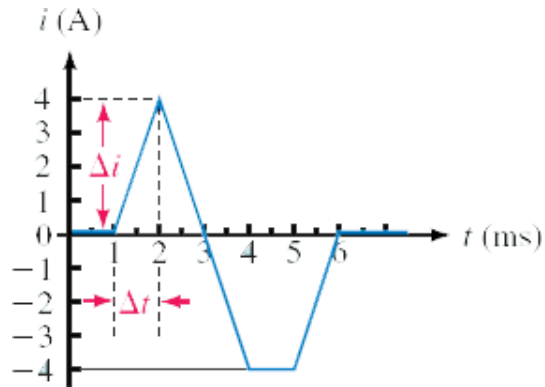
6. Se a tensão nos terminais de um condensador de $4,7\mu\text{F}$ é $v_C = 100e^{-0,05t}$ V, Qual é a sua corrente?
7. A corrente num condensador de $1\mu\text{F}$ é apresentada na figura abaixo. Desenhe o gráfico para a sua tensão? A tensão em $t = 0\text{s}$ é 0V.



Bobinas:

8. Se a corrente de uma bobina de 5 mH muda a uma taxa de 1000 A/s, qual é a tensão induzida na bobina?

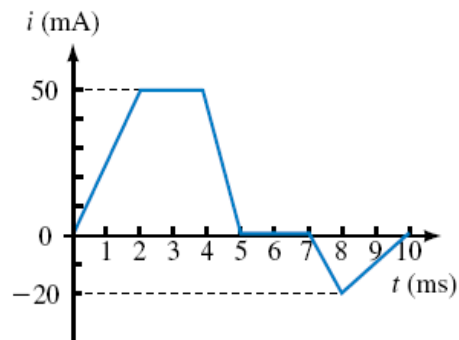
9. A corrente através de uma bobina de 10 mH é indicada na figura. Represente graficamente a sua tensão.



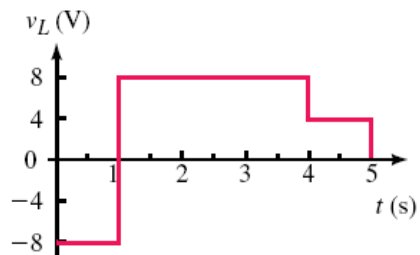
10. Qual é a tensão aos terminais de uma bobina de 12.5 H, cuja corrente é $i = t.e^{-t}$ A?

11. Uma bobina de 0,15 m de comprimento, com núcleo de ar, tem um raio de 0.006 m e apresenta 120 voltas. Calcule a sua indutância ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$).

12. A corrente numa bobina é representada pela figura abaixo. Se a tensão entre instantes 0 e 2 ms é 100 volts, qual é o valor de L ?

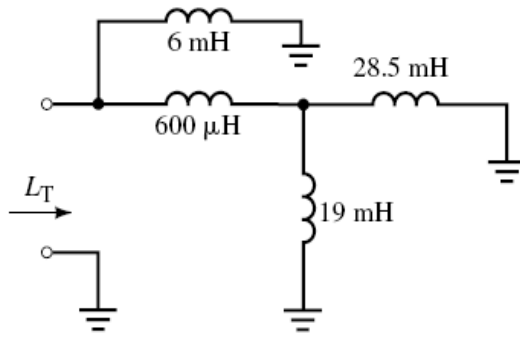


13. A figura abaixo mostra o gráfico da tensão numa bobina. A corrente varia de 4 A para 5 A durante o intervalo de tempo de 4 s para 5 s.

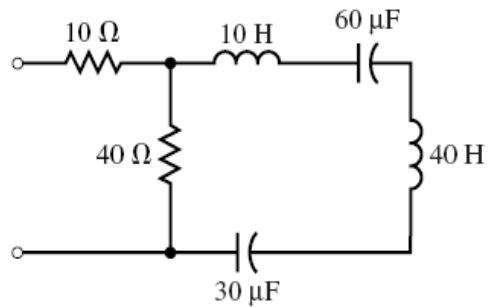


- a) Qual o valor de L ?
- b) Determine a onda da corrente e desenhe-a.
- c) Qual a corrente em $t = 10$ s?

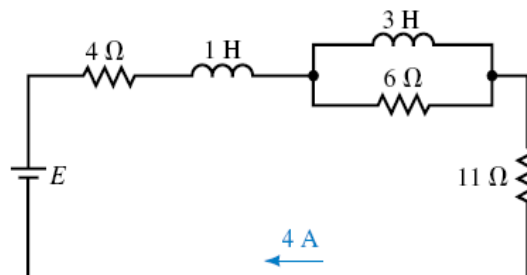
14. Determine L_T .



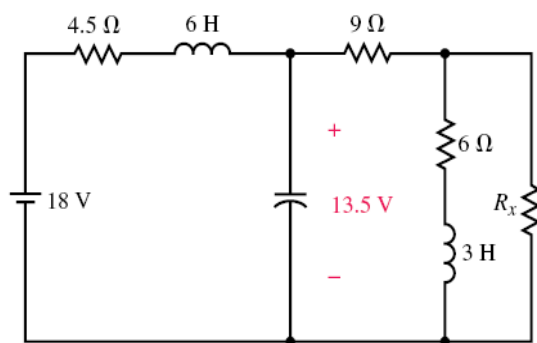
15. Através da combinação de elementos, reduza o circuito à sua forma mais simples.



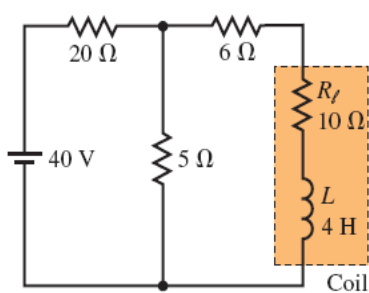
16. No circuito abaixo, calcule E .



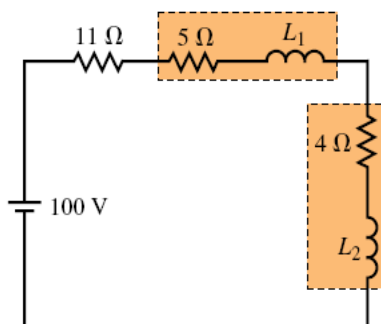
17. No circuito abaixo, calcule R_x .



18. Calcule a energia armazenada na bobine da figura abaixo.



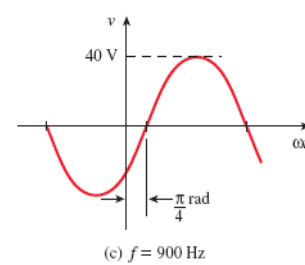
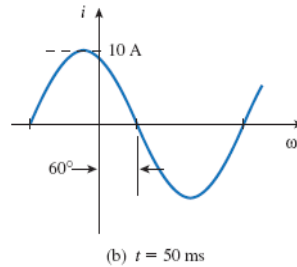
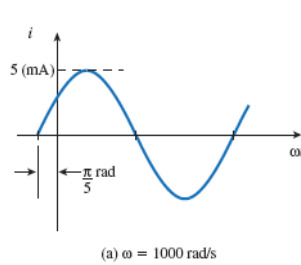
19. Na figura, $L_1 = 2L_2$. A energia total armazenada é $W_T = 75 \text{ J}$. Calcule L_1 e L_2 .



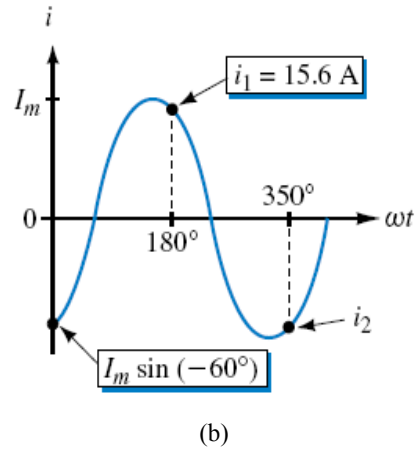
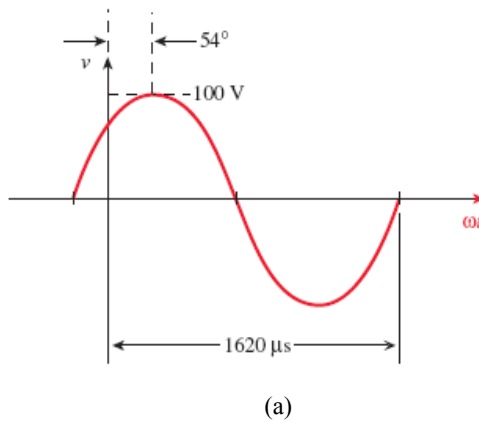
2. GRANDEZAS ALTERNADAS

Valor Médio e Valor Eficaz

1. Escreva as equações para as ondas da figura abaixo. Expresse o desfasamento inicial em graus.

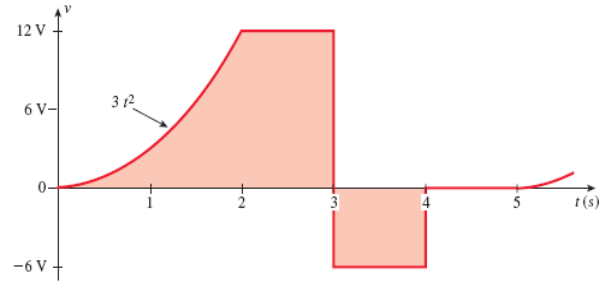


2. Determine as equações para as ondas seguintes. Para (b) determine ainda i_2 .

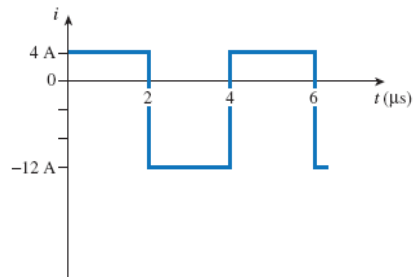


3. Dada a equação $v = 30\text{sen}(\omega t - 45^\circ)$, onde $\omega = 40\pi \text{ rad/s}$, esboce um período. Determine os tempos para $v = 0$, $v = 23$ e $v = -23$ (V).
4. Determine os valores rms : (a) bateria de 12V; (b) $-24 \text{ sen}(\omega t + 73^\circ) \text{ mA}$; (c) $10 + 24 \text{ sen}(\omega t) \text{ V}$; (d) $45 + 27 \cos(2\omega t) \text{ V}$.

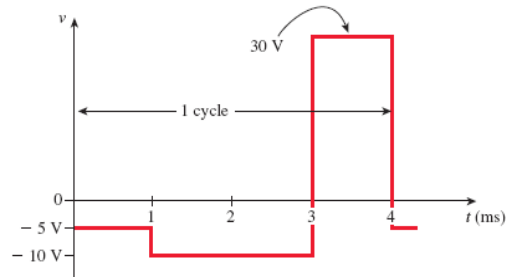
5. Calcule o valor médio da seguinte onda:



6. Calcule o valor eficaz para as seguintes ondas:

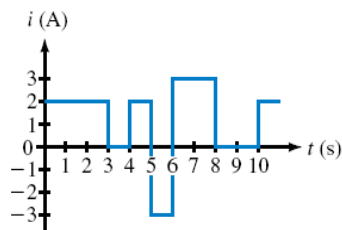


(a)

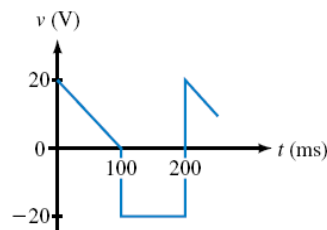


(b)

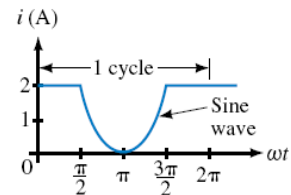
7. Calcule os valores médios e valores eficazes para as seguintes ondas:



(a)

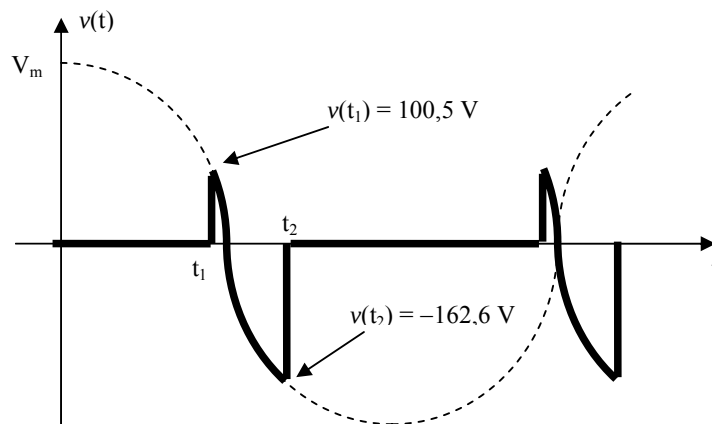


(b)



(c)

8. Para a onda da figura, considere a frequência da sinusóide a tracejado de 50Hz, em que $V_m = \sqrt{2} \cdot 230$ (V). Calcule a equação da onda rectificada (a negrito). Considerando uma lâmpada comum de 100W, para funcionar a 230V, calcule a potência média entregue à lâmpada se a tensão que alimenta a lâmpada for a tensão rectificada da figura.



Números Complexos

9. Reduza as seguintes expressões à forma polar.

a) $15 - j6 - \left[\frac{18 \angle 40^\circ + (12 + j8)}{11 + j11} \right]$

b) $\frac{21 \angle 20^\circ - j41}{36 \angle 0^\circ + (1 + j12) - 11 \angle 40^\circ}$

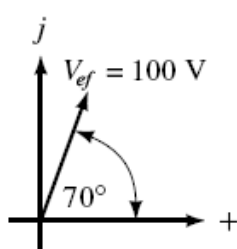
c) $\frac{18 \angle 40^\circ - 18 \angle 40^\circ}{7 - j12} - \frac{16 + j17 + 21 \angle 60^\circ}{4}$

10. Calcule o valor final da expressão:

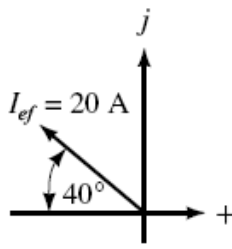
$$\frac{(-2 + j3) \times 40e^{j\pi/3}}{8 \angle 140^\circ + 5 \angle -40^\circ - (4 - j3)} + \frac{j(4 + j5)^* \times (-6 - j8)}{4 + j5}$$

Fasores

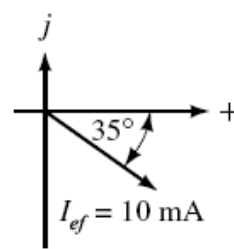
11. Para os seguintes fasores, determine a equação para $v(t)$ ou $i(t)$, consoante o caso.



(a)

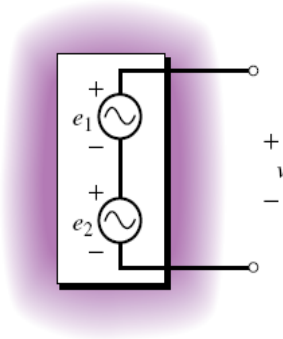


(b)



(c)

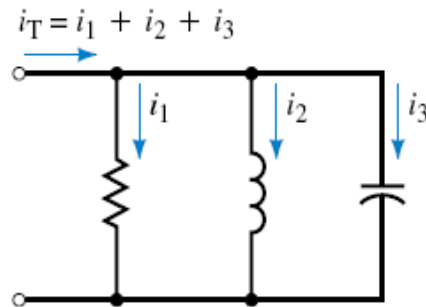
12. Sabendo que para o circuito da figura abaixo se tem $e_1(t) = 10 \sin(\omega t)$ (V) e $e_2(t) = 15 \sin(\omega t + 60^\circ)$ (V), determine a equação da onda $v(t)$ e esboce um período para as 3 ondas.



13. Num dado nó de um circuito onde confluem 3 ramos, de modo que $i_1(t) = i_2(t) + i_3(t)$, sabemos que a variação no tempo de duas das correntes são dadas pelas expressões: $i_1(t) = \sqrt{2} \cdot 10 \cos(100t + 30^\circ)$ (A); $i_2(t) = \sqrt{2} \cdot 15 \sin(100t + 150^\circ)$ (A).

- O intervalo de tempo entre dois instantes consecutivos para os quais o valor instantâneo de i_3 é igual ao de i_1 .
- A energia eléctrica dissipada em calor durante 5 minutos numa resistência de 4Ω atravessada por i_1 .
- A expressão temporal de $i_3(t)$, bem como o valor das 3 correntes no instante $t=2s$.
- O valor de i_2 , nos instantes em que i_3 se anula.
- O valor de i_1 , nos instantes em que i_3 é igual a -7 A.

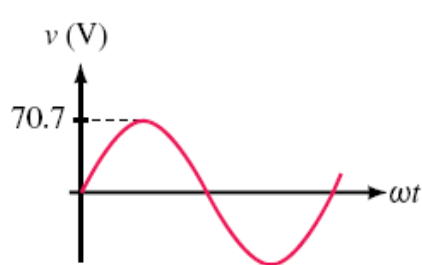
14. Para o circuito da figura determine i_T , sabendo que $i_1 = 10 \sin(\omega t)$, $i_2 = 20 \sin(\omega t - 90^\circ)$ e $i_3 = 5 \sin(\omega t + 90^\circ)$.



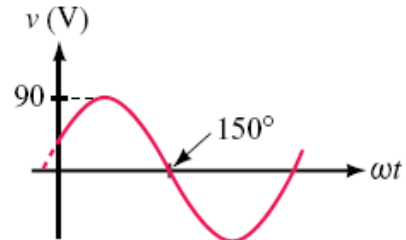
15. A tensão aos terminais de um determinado componente é $v = 120 \sin(\omega t + 55^\circ)$ V e a sua corrente é $-18 \cos(\omega t + 145^\circ)$ mA. Mostre que o componente é uma resistência e calcule o seu valor.

R, L e C em regime permanente sinusoidal

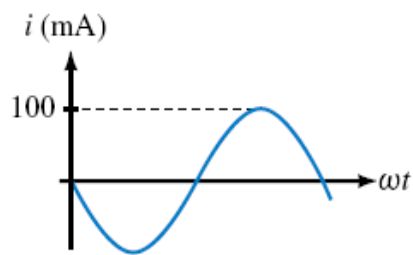
16. Exprese as tensões e correntes das figuras abaixo no domínio do tempo e no domínio fasorial.



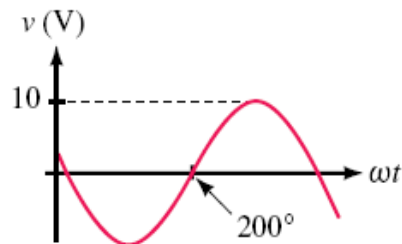
(a)



(b)



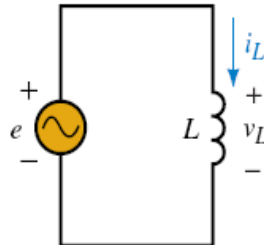
(c)



(d)

17. Para a figura abaixo, $V_m = 10$ V and $I_m = 5$ A. Para os seguintes casos determine as equações em falta:

- $v_L = 10 \sin(\omega t + 60^\circ)$ V , i_L ?
- $v_L = 10 \sin(\omega t - 15^\circ)$ V , i_L ?
- $i_L = 5 \cos(\omega t - 60^\circ)$ V , v_L ?
- $i_L = 5 \sin(\omega t + 10^\circ)$ V , v_L ?



18. Considere a seguinte tensão aos terminais de um componente eléctrico: $v(t) = 100 \sin(\omega t + 30^\circ)$ V. Calcule a expressão da corrente nas seguintes condições:

- Se o componente for uma resistência com resistência $R = 2 \Omega$.
- Se o componente for uma bobina com reactância $X = 2 \Omega$.
- Se o componente for uma capacidade com reactância $X = 2 \Omega$.

19. Uma bobina de $0,5\text{H}$ apresenta aos seus terminais $v(t) = 100\text{sen}(wt)$ V de tensão. Calcule a sua reactância e a sua corrente para uma operação a:

- a) 60Hz .
- b) 1000Hz .
- c) 500rad/s .

20. Considere as seguintes condições para uma bobina e determine:

- a) A frequência, se: $v_L = 40\text{sen}(wt+30^\circ)$ V; $i_L = 364\text{sen}(wt-60)$ mA, $L = 2\text{mH}$.
- b) L e θ , se: $v_L = 40\text{sen}(wt+\theta)$ V; $i_L = 250\text{sen}(wt+40)$ μA , $f = 500\text{kHz}$.

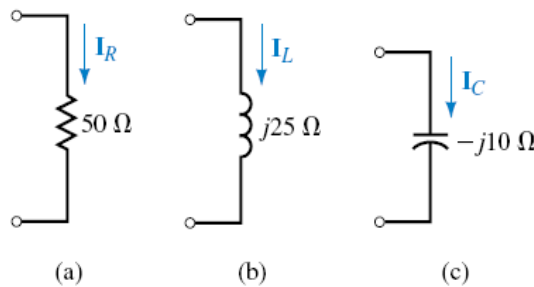
21. Um condensador de $5\mu\text{F}$ apresenta aos seus terminais $v(t) = 100\text{sen}(wt)$ V de tensão. Calcule a sua reactância e a sua corrente para uma operação a:

- a) 60Hz .
- b) 1000Hz .
- c) 500rad/s .

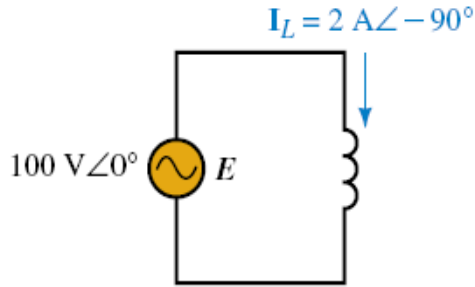
22. Considere as seguintes condições para um condensador e determine:

- a) A frequência, se: $v_C = 362\text{sen}(wt-33^\circ)$ V; $i_C = 94\text{sen}(wt+57)$ mA, $C = 2,2\mu\text{F}$.
- b) C e θ , se: $v_C = 3,6\text{sen}(wt+\theta)$ V; $i_C = 350\text{sen}(wt+40)$ mA, $f = 12\text{kHz}$.

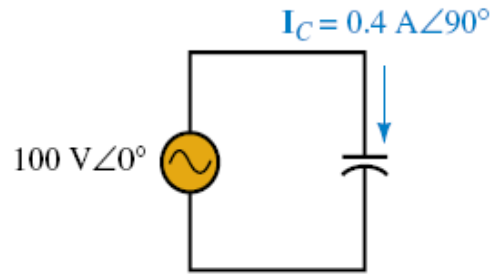
23. Se a corrente que atravessa cada elemento de circuito da figura é $0,5\angle 0^\circ$ (A) (na forma de fasor), determine a respectiva tensão, na forma de fasor e no domínio do tempo.



24. Para cada circuito da figura abaixo, determine as grandezas desconhecidas.

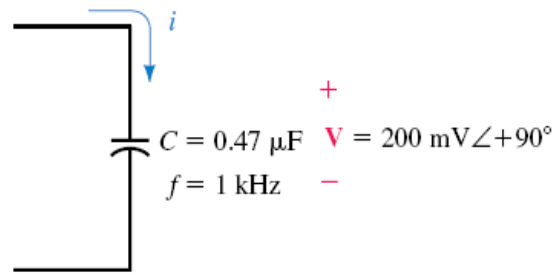
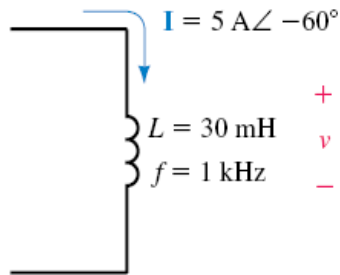


(a) $L = 0.2 \text{ H}$.
Determine f .



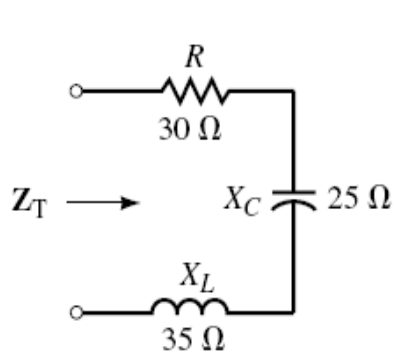
(b) $f = 100 \text{ Hz}$.
Determine C .

25. Para os componentes da figura abaixo:

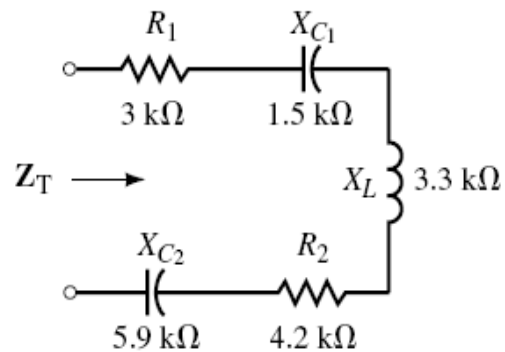


- Determine a tensão v usando fasores.
- Esboce as formas de onda sinusoidais de v e i .
- Trace o diagrama de fasor para V e I .

26. Calcule a impedância total dos seguintes circuitos:

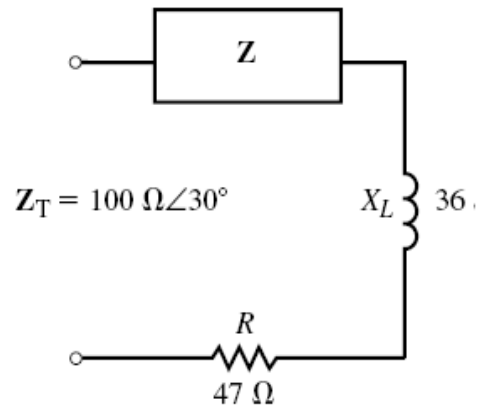


(a)



(b)

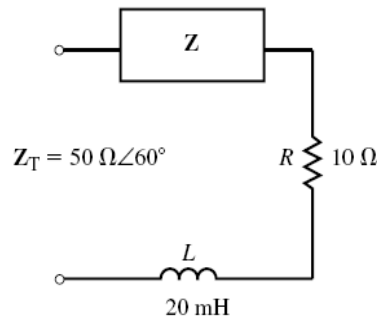
27. Considere o circuito da figura abaixo:



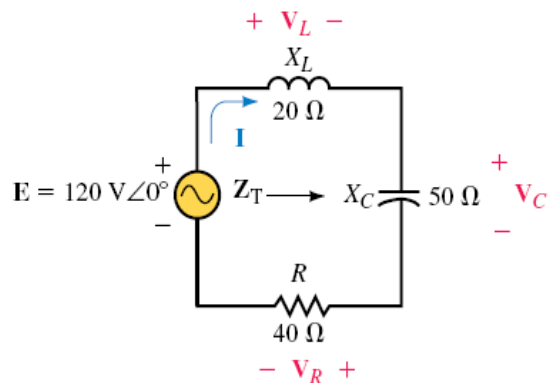
- Determine a impedância Z que conduz à impedância total Z_T .
- Trace um diagrama de impedâncias mostrando Z e Z_T .

28. Um circuito contendo dois elementos tem uma impedância total de $Z_T = 2k\Omega \angle 15^\circ$ a uma frequência de 18kHz. Determine os componentes e os seus respectivos valores em Ω , H, ou F.

29. O circuito da figura abaixo opera a uma frequência de 1kHz. Que componentes em série devem ser colocados no bloco Z para as condições indicadas?.

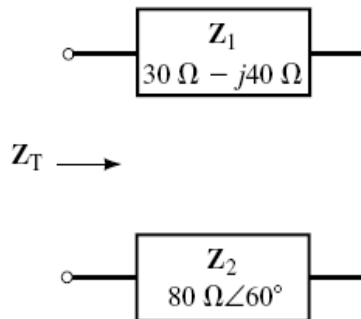


30. Considere o circuito da figura abaixo:

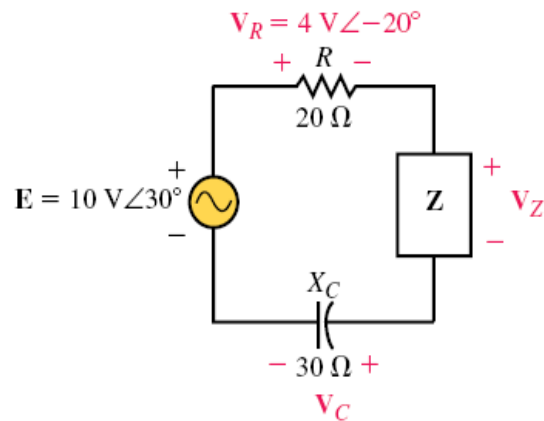


- Determine a Z_T , I , V_R , V_L e V_C .
- Trace um diagrama de fasores mostrando as tensões e corrente nos componentes.
- Determine a potência média dissipada pela resistência.
- Calcule a potência média entregue pela fonte. Compare com o resultado de (c).

31. Suponha uma tensão de $240V\angle 30^\circ$ é aplicada ao circuito. Use o divisor de tensão para calcular a tensão aos terminais de cada impedância.

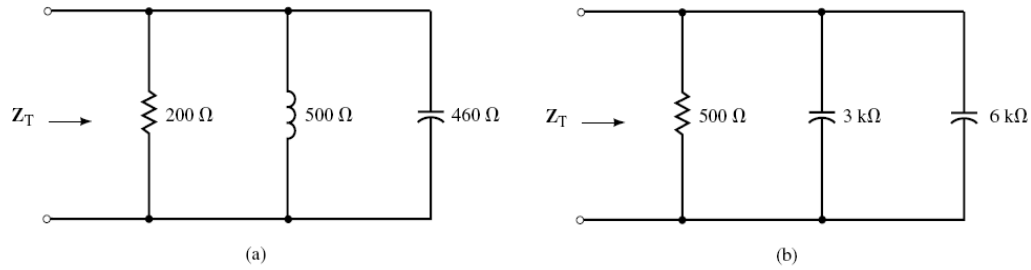


32. Considere o circuito da figura abaixo:

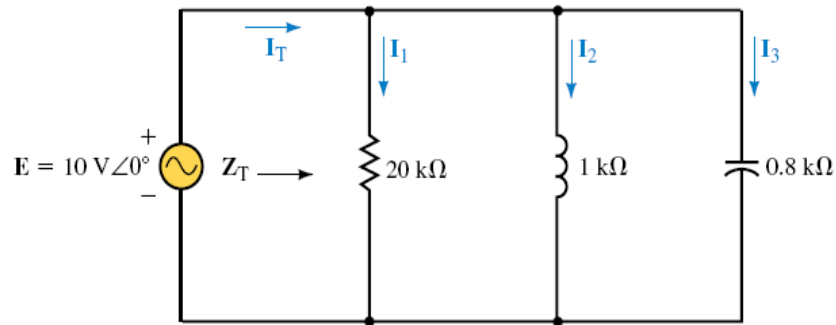


- Determine a tensão em X_C .
- Use a lei das tensões de Kirchhoff para encontrar a tensão aos terminais da impedância desconhecida.
- Determine Z .
- Determine a potência média dissipada pelo circuito.

33. Calcule a impedância de entrada dos seguintes circuitos:

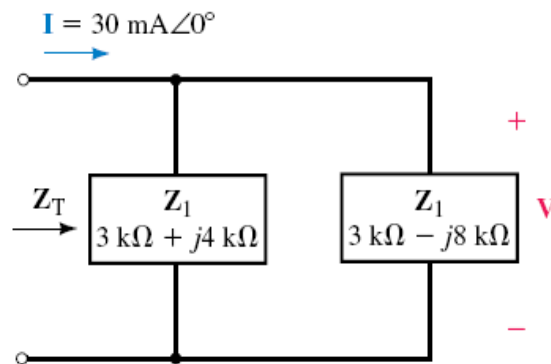


34. Considere o circuito da figura abaixo:



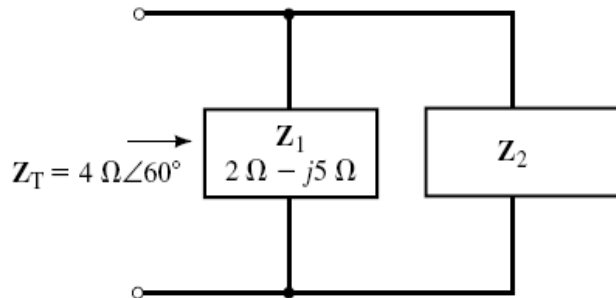
- Determine Z_T , I_T , I_1 , I_2 e I_3 .
- Esboce o diagrama de admitâncias mostrando cada uma delas.
- Esboce o diagrama de fasor mostrando E , I_T , I_1 , I_2 e I_3 .
- Determine a potência média dissipada pela resistência.
- Determine a potência média entregue pela fonte.

35. Considere o circuito da figura abaixo:

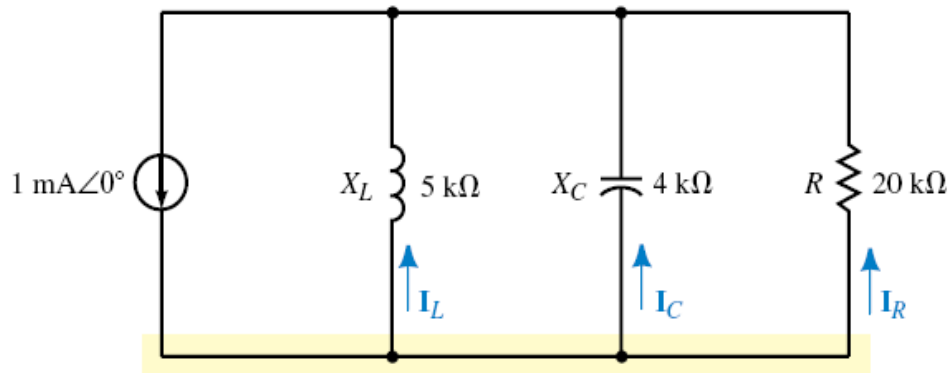


- Determine Z_T .
- Dada a corrente indicada, utilize a lei de Ohm para calcular a tensão aos terminais do circuito.

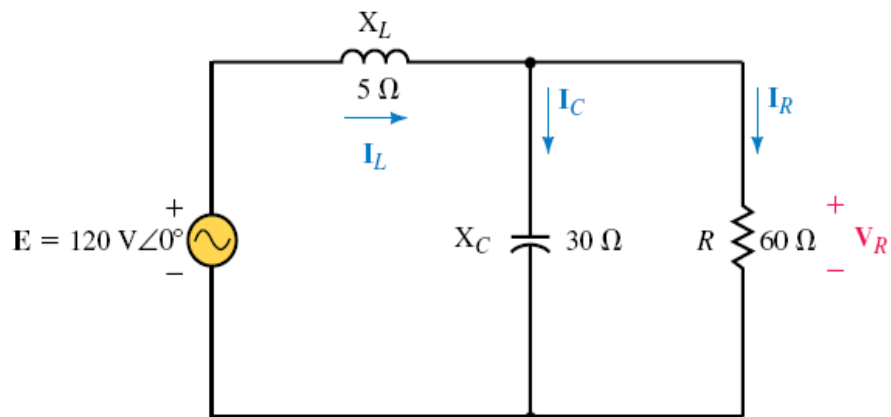
36. Determine a impedância Z_2 que conduz à impedância total mostrada na figura.



37. Utilize a regra do divisor de corrente para calcular a corrente em cada elemento do circuito. Verifique que se aplica a lei das correntes de Kirchhoff.

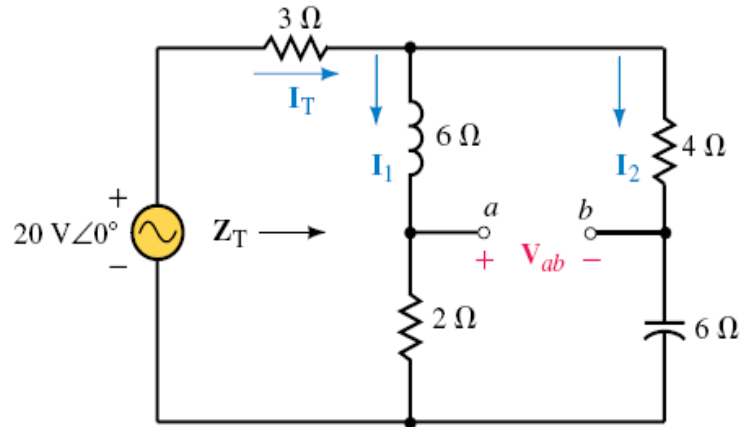


38. Considere o circuito da figura abaixo:



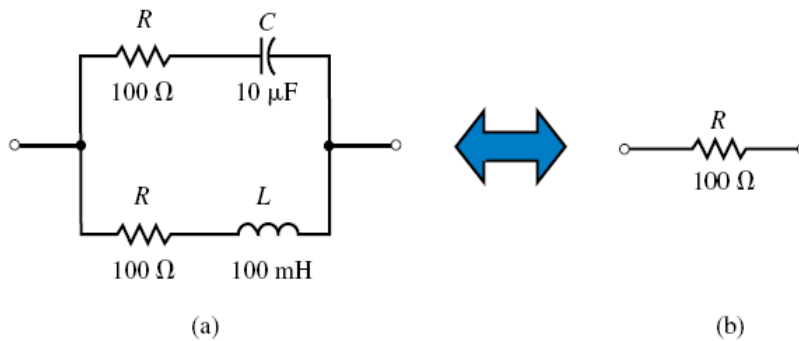
- Determine Z_T , I_L , I_C e I_R .
- Esboce o diagrama de fasor mostrando E , I_L , I_C , e I_R .
- Determine a potência média dissipada pela resistência.
- Determine a potência média entregue pela fonte e compare com o resultado da alínea anterior.

39. Considere o circuito da figura abaixo:

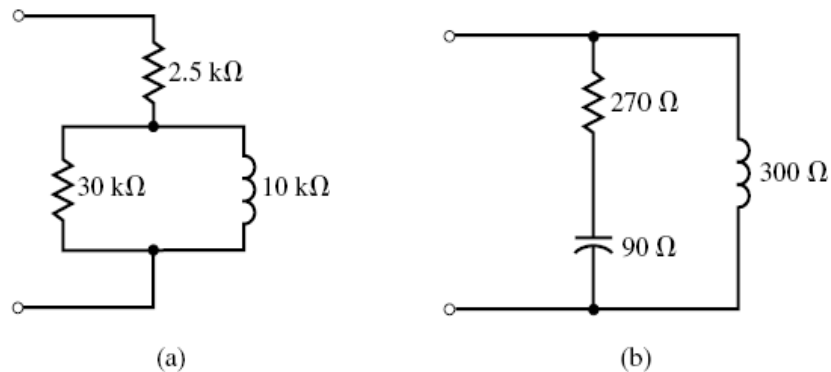


- Determine Z_T , I_T , I_1 e I_2 .
- Determine a tensão V_{ab} .

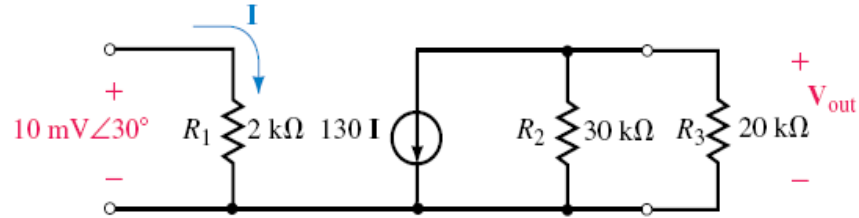
40. Mostre que os circuitos têm a mesma impedância às frequências de 1 krad/s e 10 krad/s (pode ser mostrado que estes circuitos são equivalentes a todas as frequências).



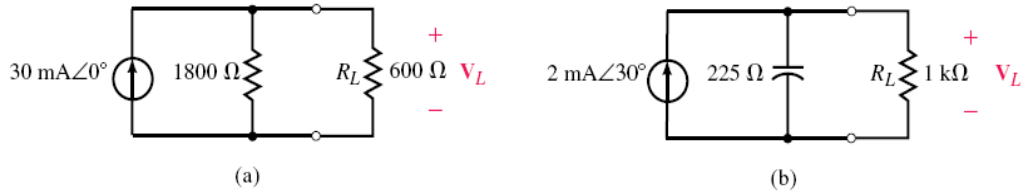
41. Converta os circuitos da figura em equivalentes série de dois elementos.



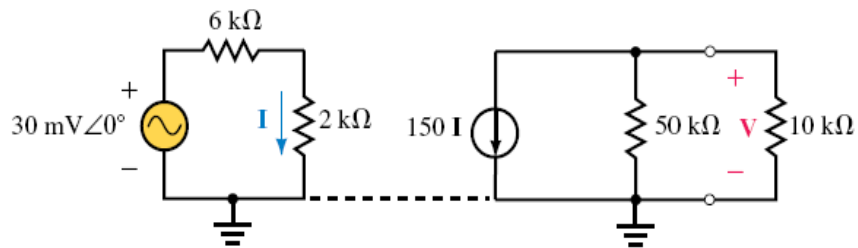
42. Calcule V_{out} para o circuito.



43. Converta as fontes de corrente para fontes de tensão equivalentes. Calcule V_L .

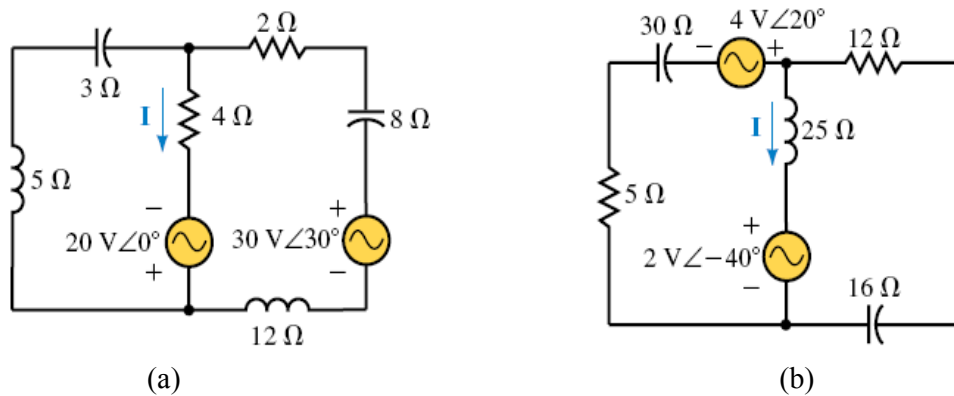


44. Considere o circuito:

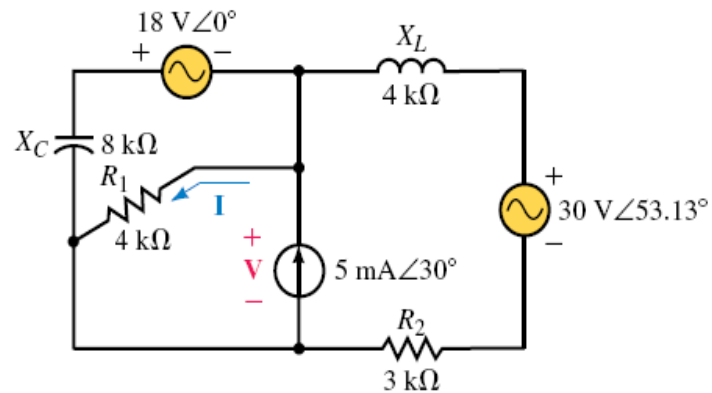


- a) Calcule a tensão V .
b) Converta a fonte de corrente para um equivalente com fonte de tensão e calcule novamente V . Compare com o resultado anterior.

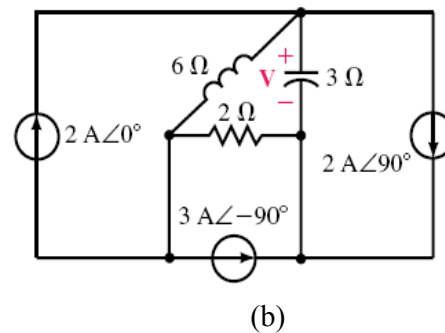
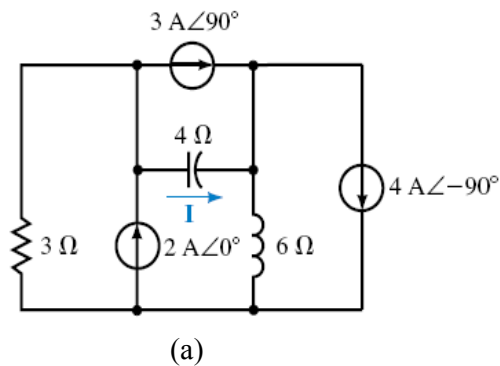
45. Para os circuitos da figura, determine I utilizando a lei das malhas.



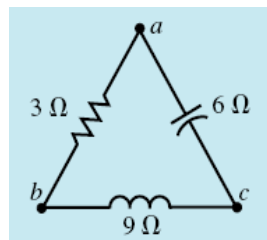
46. Utilize a lei das malhas para determinar I e V no circuito. Repita a análise do problema, utilizando a lei dos nós. Compare os resultados.



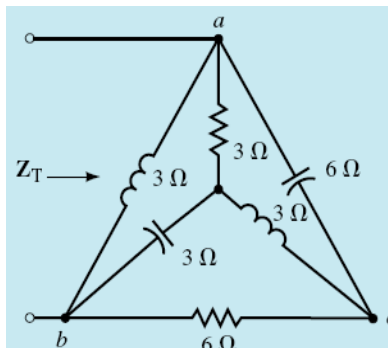
47. Para os circuitos da figura, determine I e V utilizando a lei dos nós.



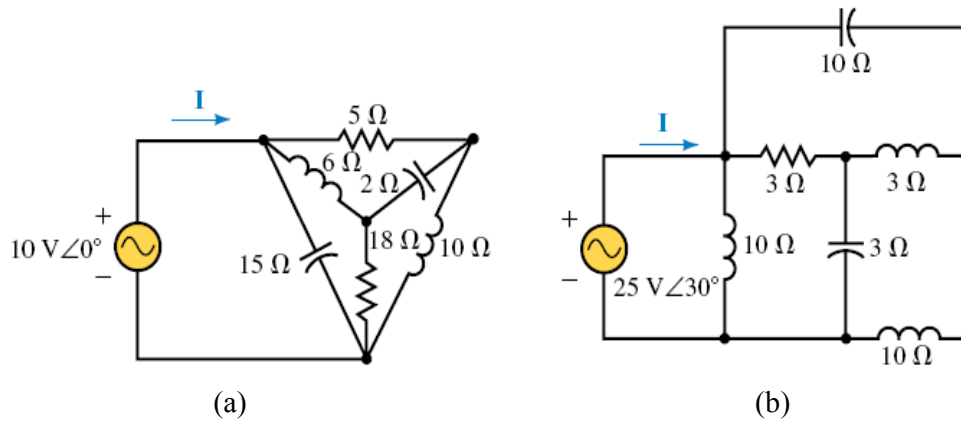
48. Calcule o equivalente estrela do circuito.



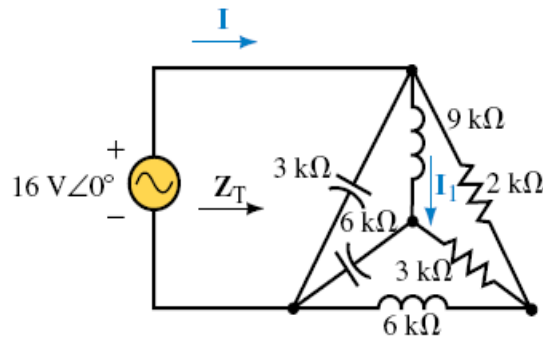
49. Calcule a impedância total Z_T .



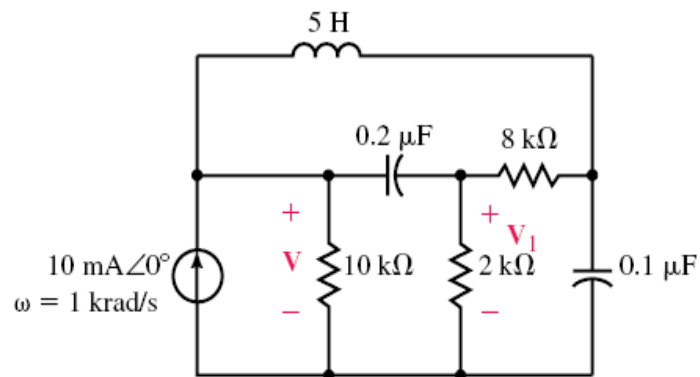
50. Usando as conversões estrela-triângulo, calcule as correntes I nos circuitos.



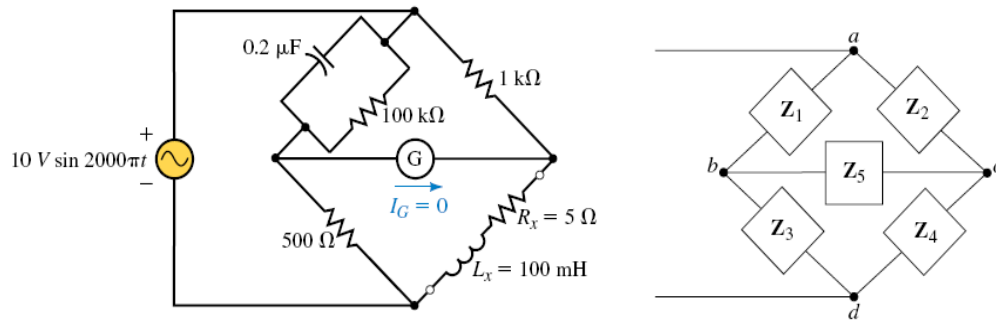
51. Determine a impedância equivalente Z_T e calcule as correntes I e I_1 .



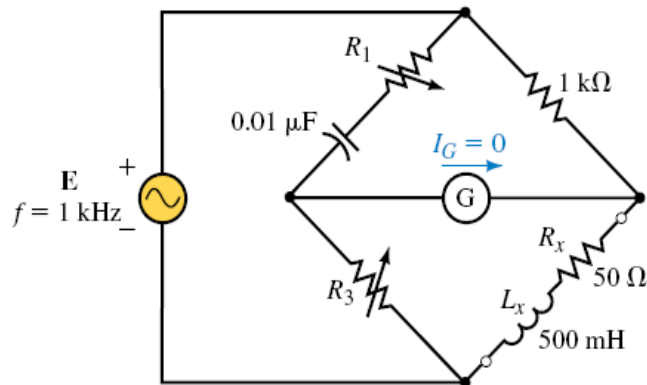
52. Determine a impedância equivalente Z_T e calcule as tensões V e V_1 .



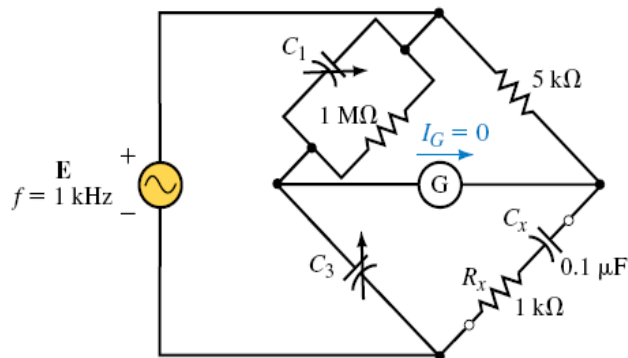
53. Mostre que o circuito ponte da figura está equilibrado, isto é, que a seguinte relação de impedâncias se verifica: $Z_1 / Z_3 = Z_2 / Z_4$, ou $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$.



54. Determine os valores das resistências desconhecidas, de modo que o circuito ponte esteja equilibrado.

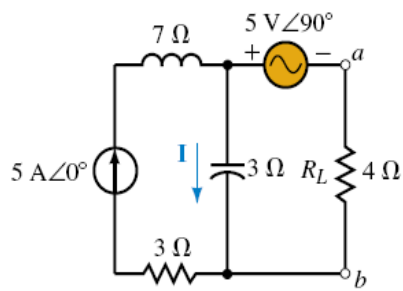


55. Determine os valores dos condensadores desconhecidos, de modo que o circuito ponte esteja equilibrado.

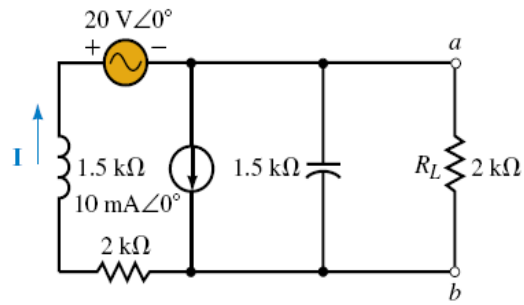


Teorema da Sobreposição

56. Utilize o teorema da sobreposição para determinar a corrente I indicada nos circuitos.



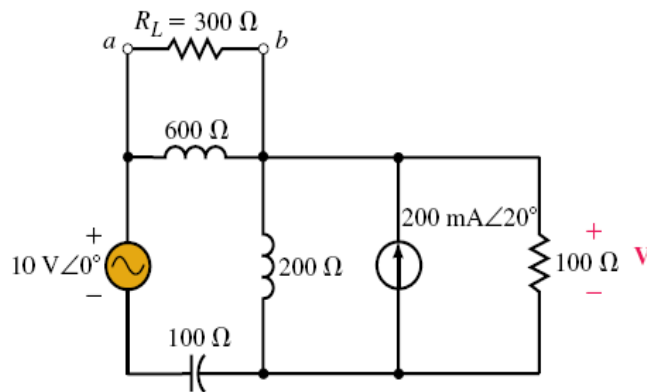
(a)



(b)

57. Utilize o teorema da sobreposição para determinar a tensão V_{ab} indicada nos circuitos da pergunta anterior.

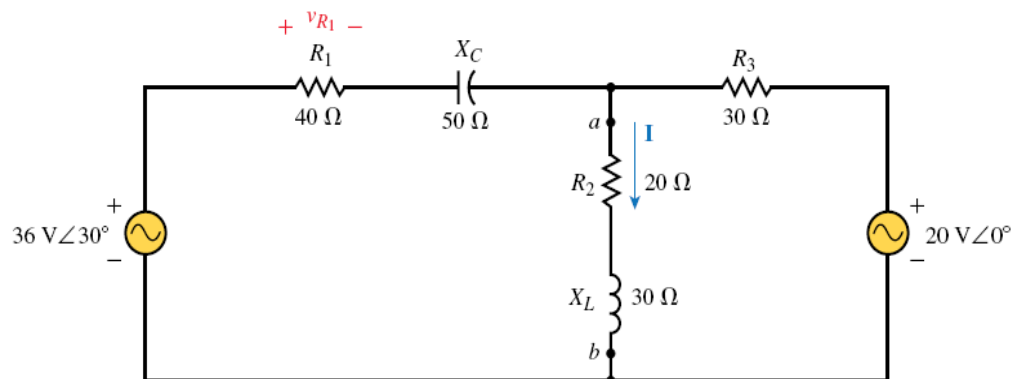
58. Considere o circuito da figura:



a) Use o teorema da sobreposição para determinar a tensão V .

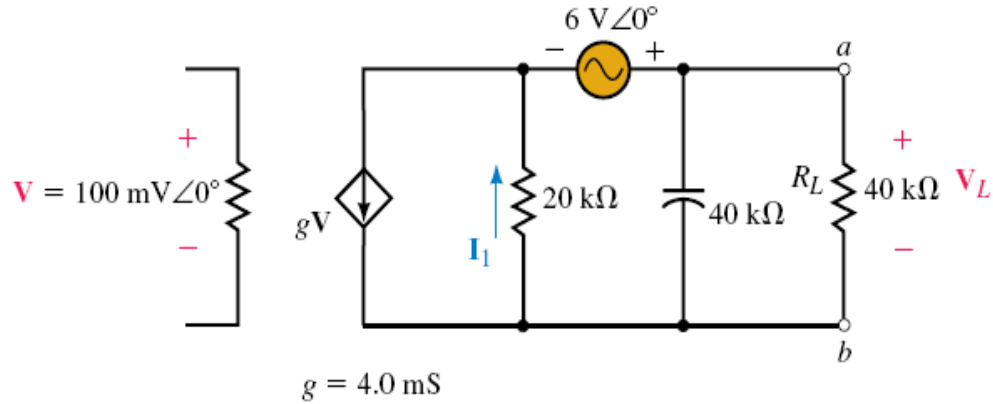
b) Mostre que a potência dissipada pela resistência indicada não pode ser determinada por sobreposição.

59. Considere o circuito da figura:



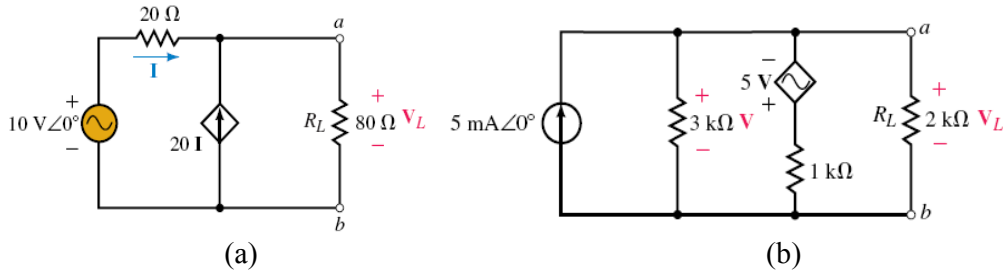
- Use o teorema da sobreposição para calcular I .
- Calcule a onda sinusoidal de V_{R1} .

60. Considere o circuito da figura:

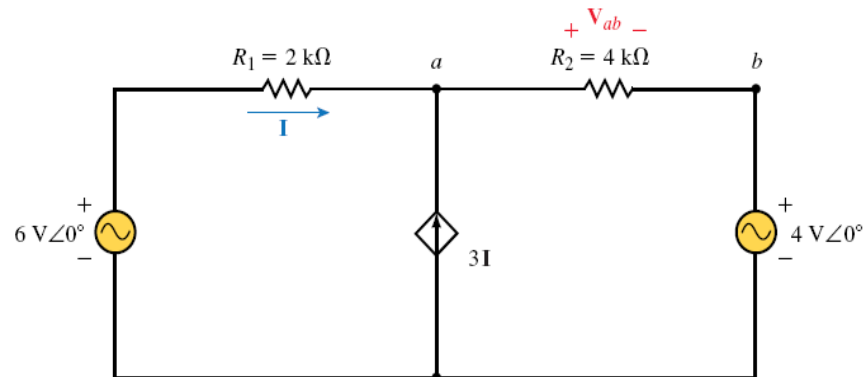


- Use o teorema da sobreposição para calcular V_L .
- Use o teorema da sobreposição para calcular I_1 .
- Se a magnitude da tensão aplicada V é aumentada para 200mV, calcule a tensão V_L resultante.

61. Utilize o teorema da sobreposição para determinar a tensão V_L dos circuitos.

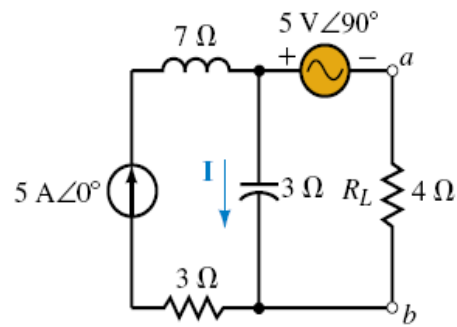


62. Utilize o teorema da sobreposição para determinar a tensão V_{ab} do circuito.

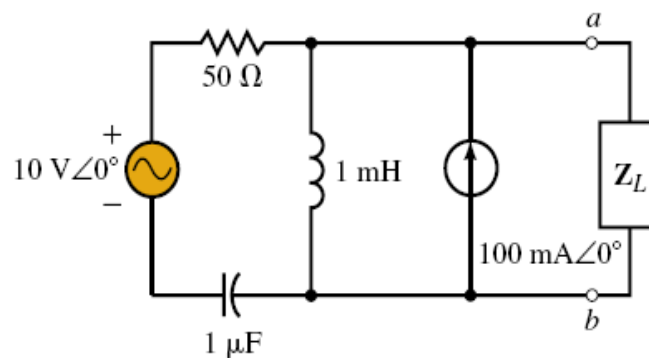


Teoremas de Thévenin e de Norton

63. Calcule o circuito equivalente de Thévenin externo à carga indicada.

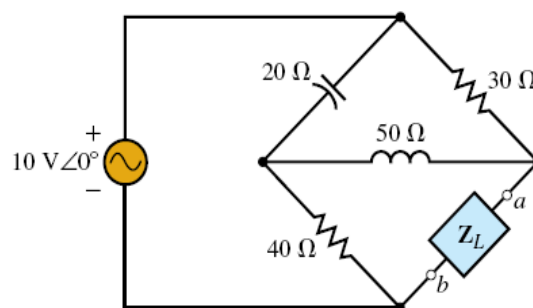


64. Considere o circuito da figura:



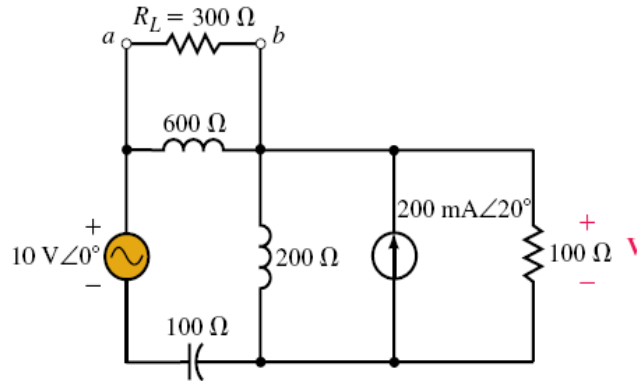
- Encontre o circuito equivalente de Thévenin externo à carga indicada, para uma frequência de 5kHz.
 - Determine a potência dissipada na carga se $Z_L = 100 \angle 30^\circ$.
65. Suponha que o circuito do problema anterior opera a uma frequência de 2kHz:
- Encontre o circuito equivalente de Norton externo à carga.
 - Se uma resistência de carga de 20Ω for ligada entre os terminais a e b, calcule a corrente na carga.

66. Considere o circuito da figura:



- Encontre o circuito equivalente de Thévenin externo à carga indicada.
- Determine a potência dissipada na carga se $Z_L = 20 \angle -60^\circ$.

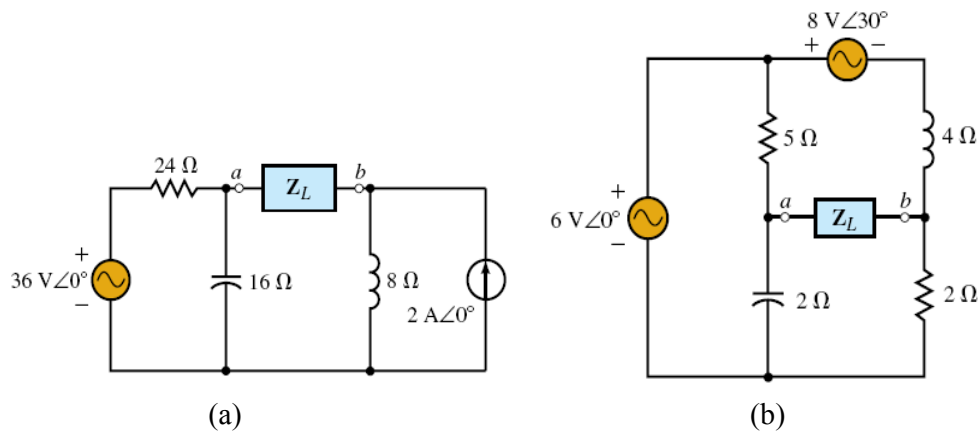
67. Considere o circuito da figura:



- Encontre o circuito equivalente de Norton externo à carga, colocada entre os terminais a e b.
- Determine a corrente através da carga indicada.
- Determine a potência dissipada pela carga.

Teoremas da máxima potência entregue à carga

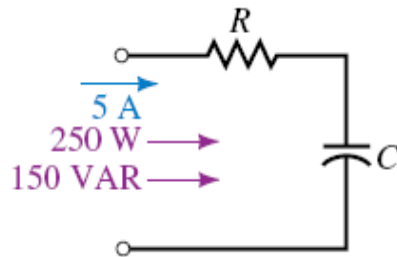
68. Para os seguintes circuitos, calcule a impedância de carga, Z_L , necessária para assegurar que a carga recebe a máxima potência e calcule essa potência:



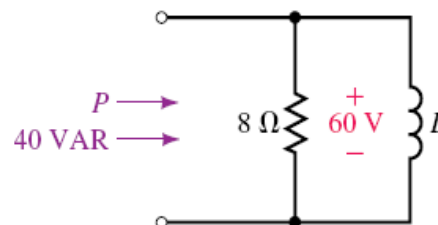
3. CÁLCULO DE POTÊNCIA

Potências em circuitos AC

1. O circuito da figura trabalha a uma frequência de 100Hz. Calcule R , X_C e C para o circuito da figura (a) e P , X_L e L , para o circuito da figura (b).

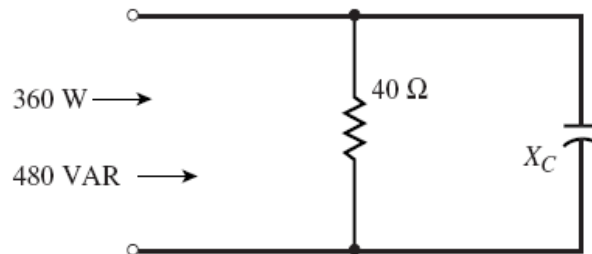


(a)

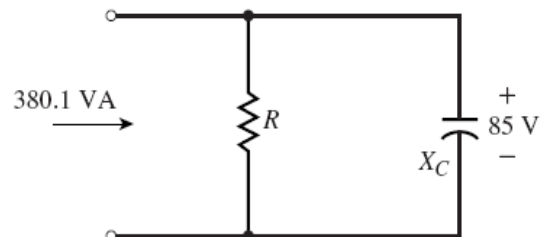


(b)

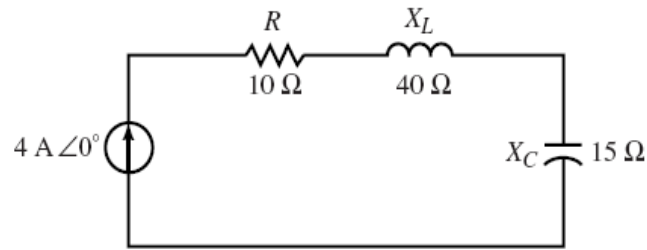
2. O circuito da figura calcule X_C .



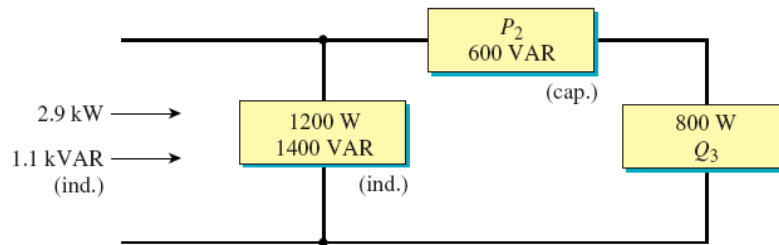
3. O circuito da figura, $X_C = 42,5\ \Omega$. Calcule R , P e Q .



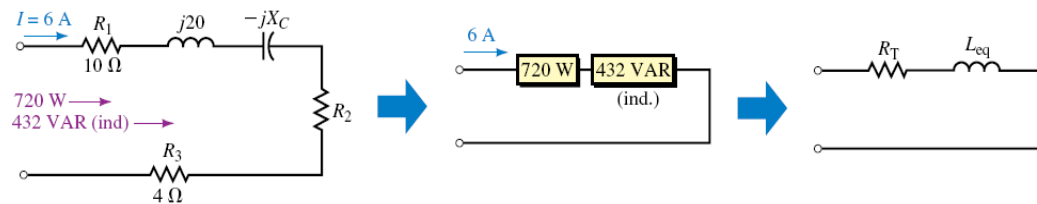
4. Calcule a potência média total e a potência reativa total fornecida pela fonte da figura abaixo.



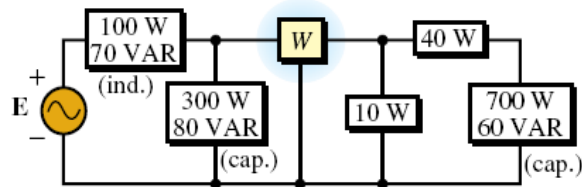
5. Para o circuito da figura abaixo, calcule P_2 e Q_3 . O elemento da carga 3 é capacitivo ou indutivo?



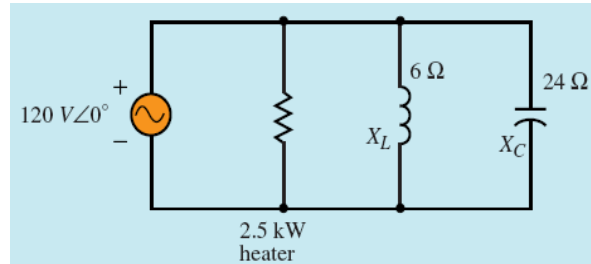
6. Para o circuito da figura, $\omega = 10 \text{ rad/s}$. Determine R_T , R_2 , X_C e L_{eq} .



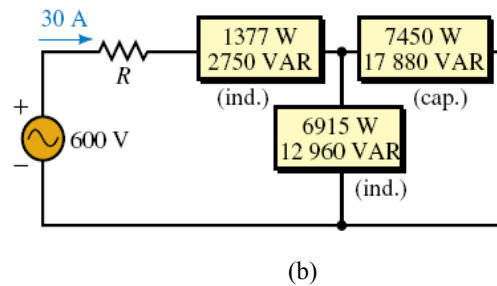
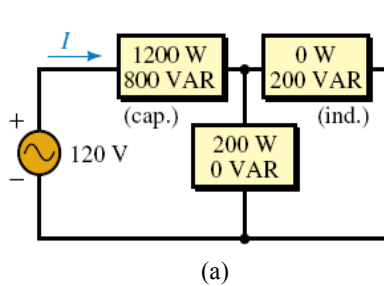
7. Qual a leitura do wattímetro. Qual o triângulo de potências visto pela fonte.



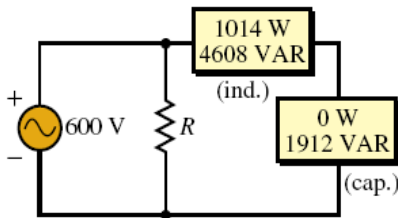
8. Um gerador fornece potência a um aquecedor eléctrico, a um elemento indutivo e a um condensador, como ilustrado na figura.



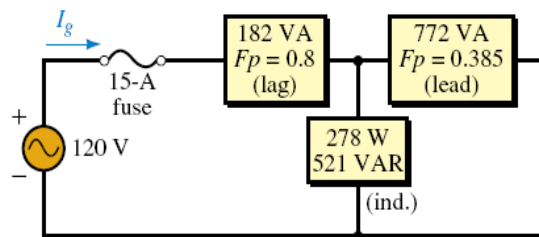
- Determine P e Q para cada carga.
 - Calcule a potência total activa e reactiva fornecida pelo gerador.
 - Desenhe o triângulo de potências para as cargas combinadas e a potência aparente total.
 - Determine a corrente fornecida pelo gerador.
9. Para os circuitos (a) e (b) da figura, determine, respectivamente, I e R .



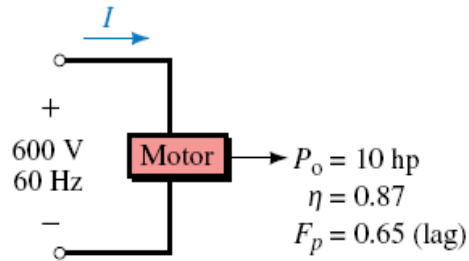
10. Para o circuito da figura, $S_{\text{fonte}} = 4835 \text{ VA}$. Calcule R .



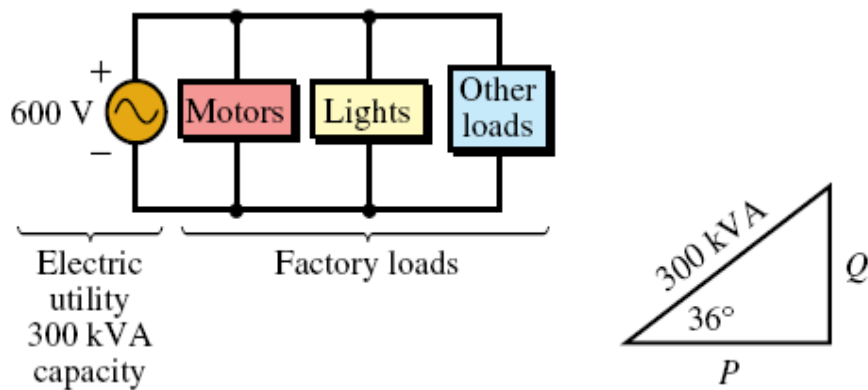
11. Para o circuito da figura determine P_T , Q_T e S_T . O fusível vai rebentar?



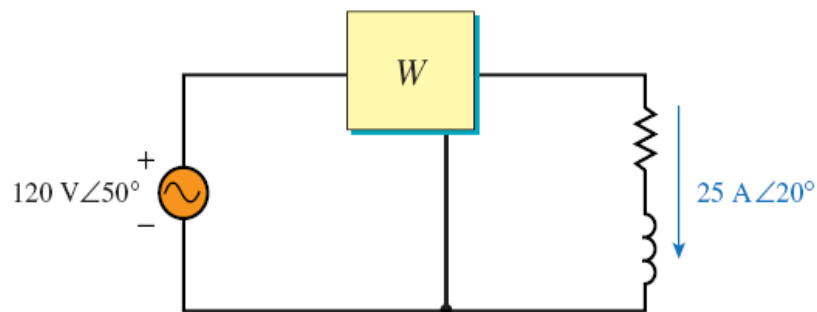
12. Para corrigir o factor de potência do circuito para a unidade, é adicionado um condensador de correcção. Mostre onde o condensador é ligado e determine o seu valor (note que $1 \text{ hp} = 745,7 \text{ W}$ e “lag” indica que a corrente está atrasada em relação à tensão).



13. Um fornecedor eléctrico apresenta 600V, 300kVA de capacidade para fornecer energia eléctrica. Fornece energia para uma fábrica com um triângulo de potências mostrado na Figura. Esta é a carga máxima para o fornecedor. Se um condensador corrigir o factor de potência para a unidade, que potência (com factor de potência unitário) pode ainda ser vendida a outros consumidores?



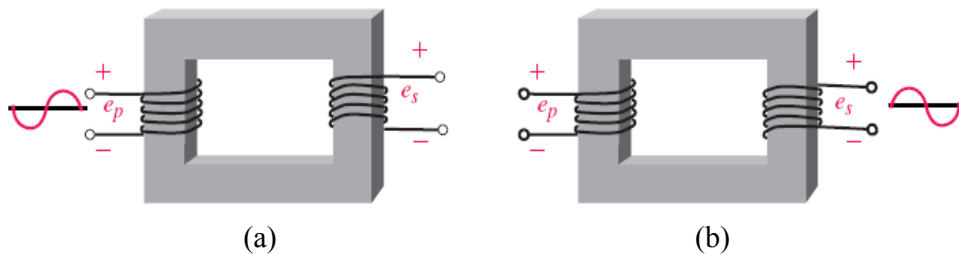
14. Qual a leitura do wattímetro?



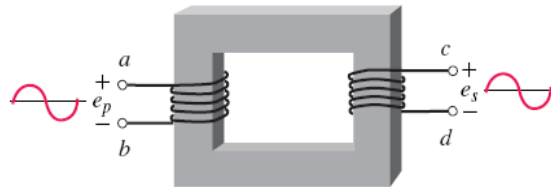
4. CIRCUITOS COM ACOPLAMENTO MAGNÉTICO

Transformadores Ideais

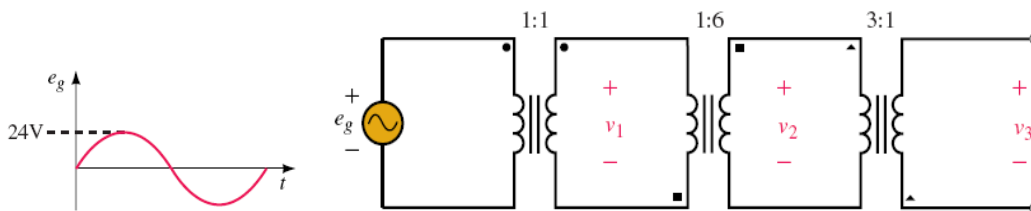
1. Para os transformadores da figura, esboce a onda que falta (no primário em (a) e no secundário em (b)).



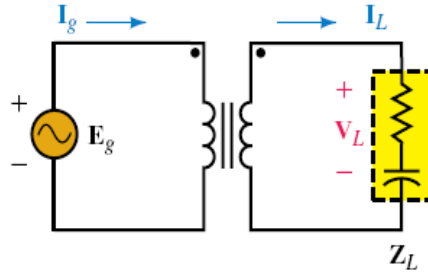
2. Um transformador ideal apresenta $N_p = 1000$ espiras e $N_s = 4000$ espiras.



- a) Fará aumentar ou diminuir a tensão, do primário para o secundário?
 b) Se a tensão no secundário é $e_p(t) = 100 \cdot \sin(\omega t)$ (V), qual a tensão no primário?
 c) Se $E_p = 24 \text{ V} \angle 0^\circ$, qual a tensão em E_s ?
 d) Se $E_p = 800 \text{ V} \angle 0^\circ$, qual a tensão em E_s quando os enrolamentos provocam uma defasagem de 180° (por exemplo, enrolamento invertido no secundário)?
3. Para a figura abaixo, determine relação de fases para v_1 , v_2 , e v_3 . Determine a expressão para cada tensão.



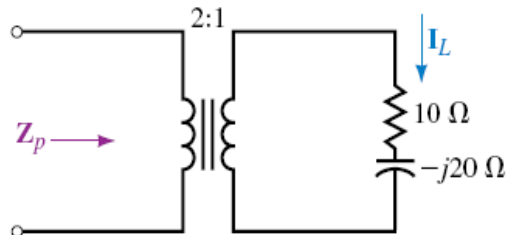
4. Para a figura, considere as condições indicadas e responda:



- $E_g = 240 \text{ V} \angle 0^\circ$, $n_1/n_2 = 2$, e $Z_L = 8 - j 6 \Omega$. Determine I_L , V_L , I_g .
- $E_g = 240 \text{ V} \angle 0^\circ$, $n_1/n_2 = 0.5$, e $I_g = 2 \text{ A} \angle 20^\circ$. Determine I_L , V_L , Z_L .
- $V_L = 40 \text{ V} \angle 0^\circ$, $n_1/n_2 = 2$, e $I_g = 0.5 \text{ A} \angle 10^\circ$. Determine Z_L .
- $Z_L = 6 - j 8 \Omega$, $n_1/n_2 = 4$, e $I_g = 4 \text{ A} \angle 30^\circ$. Determine V_L , E_g .
- $Z_L = 10 \Omega \angle -5^\circ$, $n_1/n_2 = 3$, e $I_L = 4 \text{ A} \angle 25^\circ$. Determine:
 - E_g e I_g .
 - Potência entregue à carga.
 - Potência gerada pelo gerador E_g .
 - $P_{out} = P_{in}$?

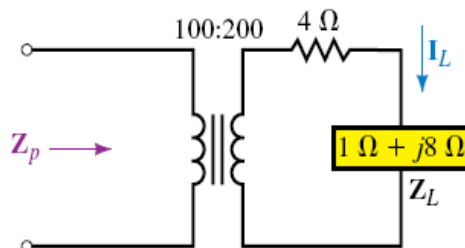
Impedância Reflectida

5. Para o circuito da figura, determine;



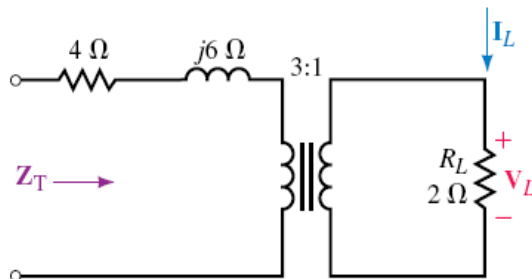
- Z_p .
- Se $E_g = 120 \angle 40^\circ$, determine I_g , I_L , V_L .
- A relação de espiras que faz $Z_p = 62.5 - j 125 \Omega$.

6. Para o circuito da figura, determine;



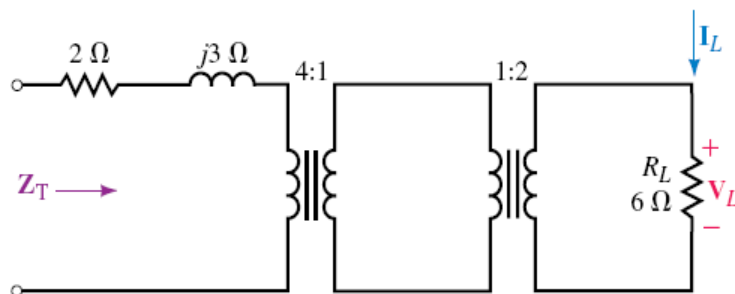
- a) Z_p .
- b) Se $E_g = 120\angle 40^\circ$, determine I_g , I_L , V_L .
- c) A relação de espiras que faz $Z_p = 84.9\angle 58^\circ$.

7. Para o circuito da figura, determine;



- a) Z_p .
- b) Se $E_g = 120\angle -40^\circ$, determine I_g , I_L , V_L .

8. Para o circuito da figura, determine;

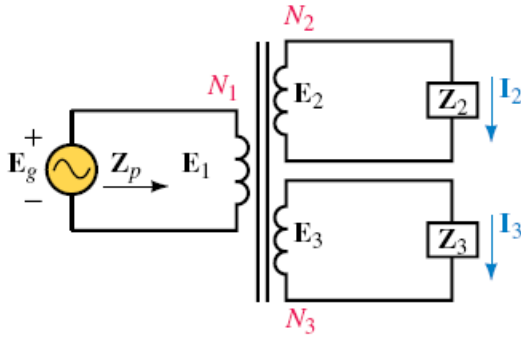


- a) Z_p .
- b) Se $E_g = 120\angle -40^\circ$, determine I_g , I_L , V_L .

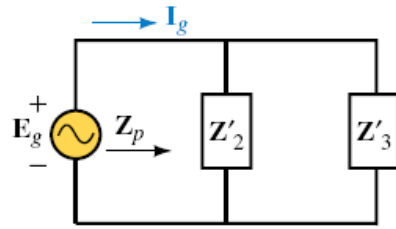
Aplicações de Transformadores (Ideais)

9. Um transformador tem a indicação no primário de 7.2 kV, com $n_1/n_2 = 0.2$, e o secundário indica a corrente de 3 A. Qual a indicação de potência aparente em kVA?

10. Para o circuito da figura (a) abaixo, $a_2 = 2$ e $a_3 = 5$, $Z_2 = 20\Omega \angle 50^\circ$, $Z_3 = (12 + j4)\Omega$ e $E_g = 120V \angle 0^\circ$. Calcule as duas correntes de carga e a corrente do gerador. Calcule também a impedância Z_p vista pelo primário, com o auxílio do circuito equivalente da figura (b).

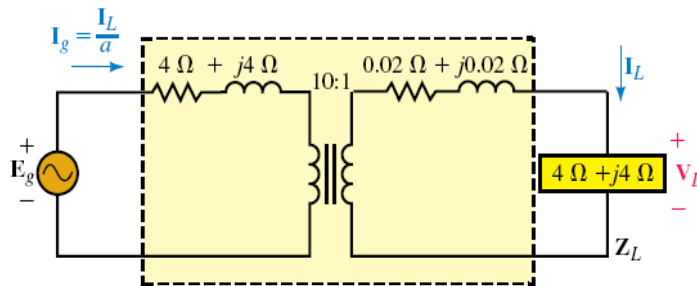


$$(a) \quad a_2 = N_1/N_2 \\ a_3 = N_1/N_3$$



$$(b) \quad Z'_2 = a_2^2 Z_2 \\ Z'_3 = a_3^2 Z_3$$

11. Para o circuito da figura, $E_g = 1220V \angle 0^\circ$.

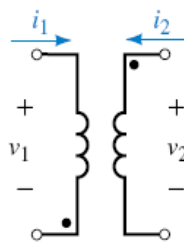


- a) Obtenha o circuito equivalente (visto pelo primário).
b) Determine I_g , I_L e V_L .

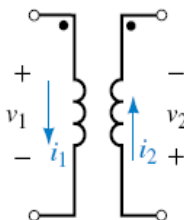
12. Um amplificador com equivalente de Thévenin de 10V e R_{th} de 25Ω alimenta uma coluna de 4Ω através de um transformador com uma relação de espiras de $n_1/n_2 = 5$. Qual a potência entregue à coluna?

Circuitos Não Idealmente Acoplados

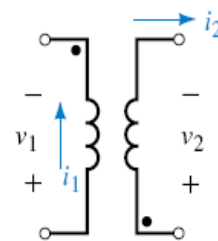
13. Para os circuitos com transformadores da figura, apresente as equações das tensões em ambos os lados do transformador.



(a)



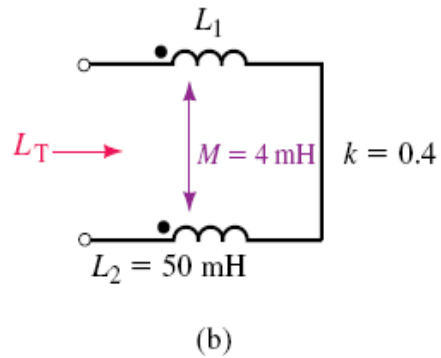
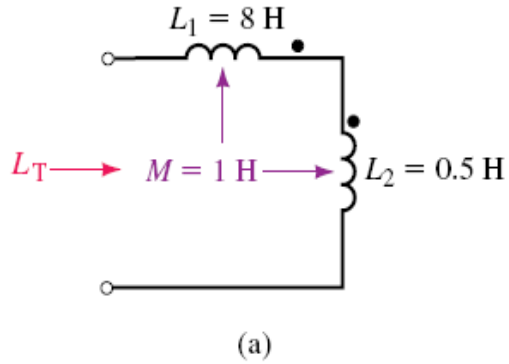
(b)



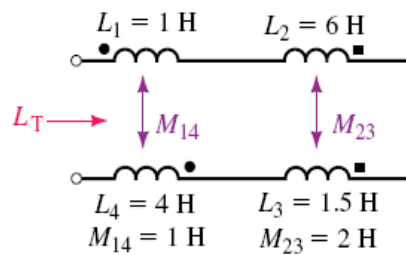
(c)

14. Para um conjunto de duas bobinas acopladas magneticamente, $L_1 = 2 \text{ H}$, $M = 0.8 \text{ H}$ e o coeficiente de acoplamento k de 0.6. Determine L_2 .

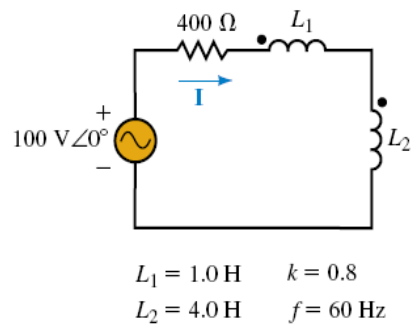
15. Para cada um dos circuitos da figura, determine L_T .



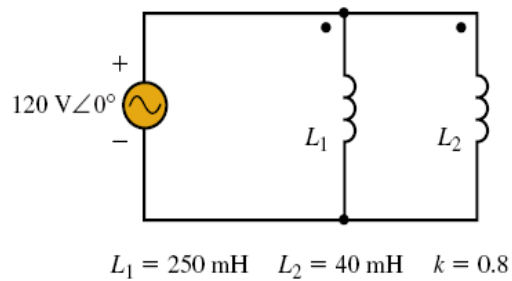
16. Para o circuito da figura, determine L_T .



17. Para o circuito da figura, determine I .

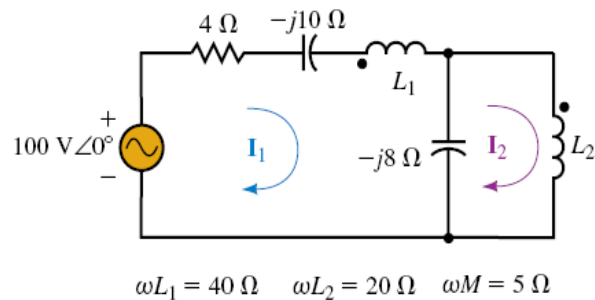


18. Os indutores da figura estão acoplados mutuamente. Qual é a sua indutância equivalente? Se $f = 60 \text{ Hz}$, qual é a corrente da fonte?

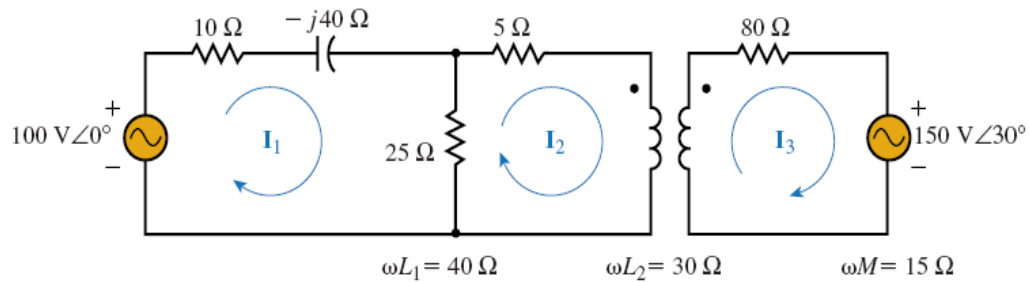


Circuitos Acoplados Magneticamente com Excitação AC

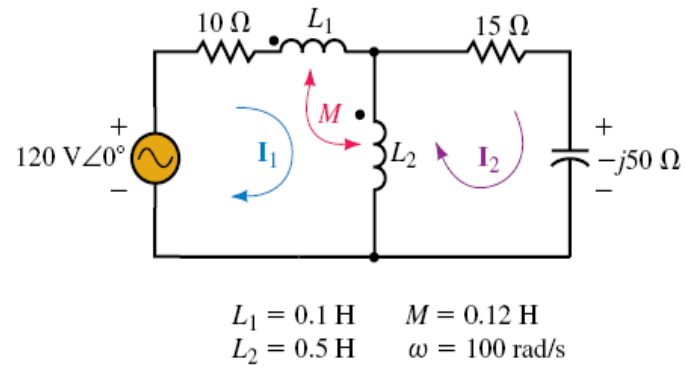
19. Para o circuito da figura, escreva as equações das malhas.



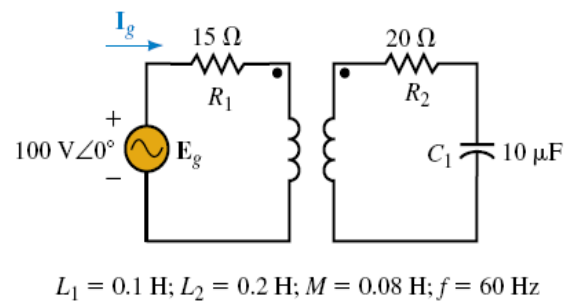
20. Escreva as equações das malhas para o circuito da figura.



21. Escreva as equações das malhas para o circuito da figura.



22. Para o circuito da figura:

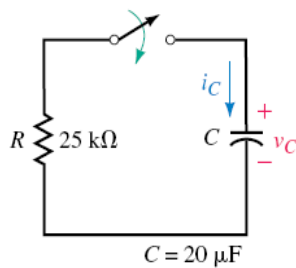


- a) Determine Z_{in} .
- b) Determine I_g .

5. RESPOSTA TRANSITÓRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO DE CIRCUITOS RL, RC E RLC

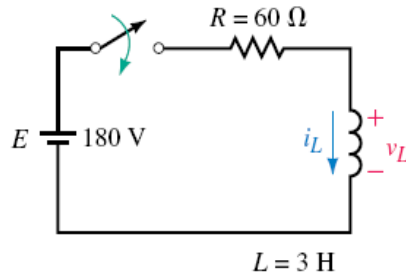
Transitórios em circuitos RC e RL de 1ª Ordem

1. Para o circuito da figura, considere que o condensador está inicialmente carregado com 50V, antes do interruptor se fechar:



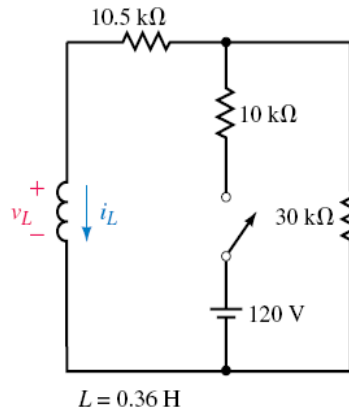
- Determine a equação para a descarga de v_C .
- Determine a equação da corrente de descarga, i_C .

2. O interruptor da figura é fechado em $t = 0$ s.



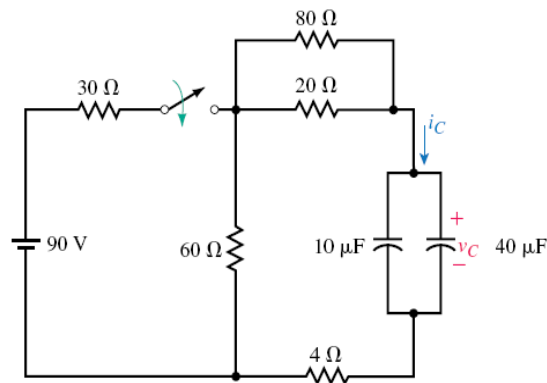
- Qual é a constante de tempo do circuito?
- Quanto tempo é necessário para atingir o regime permanente?
- Determine as equações para i_L e v_L .
- Calcule os valores para i_L e v_L para os instantes $t = 0, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$.
- Esboce a forma de onda de i_L e v_L .

3. Considere o circuito da figura.



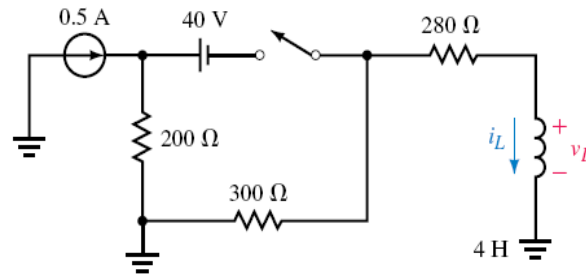
- Calcule as constantes de tempo de carga e de descarga do circuito, considerando o interruptor respectivamente fechado e aberto.
- Determine as equações para v_L e i_L durante a carga, sabendo que está inicialmente descarregado.
- Determine as equações para v_L e i_L durante a descarga depois da abertura do interruptor, sabendo que inicialmente está carregado, ou seja, na situação com interruptor fechado em regime permanente.

4. Considere o circuito da figura e responda às perguntas, considerando que o interruptor se fecha em $t = 0 \text{ s}$ e que os condensadores estão inicialmente descarregados:

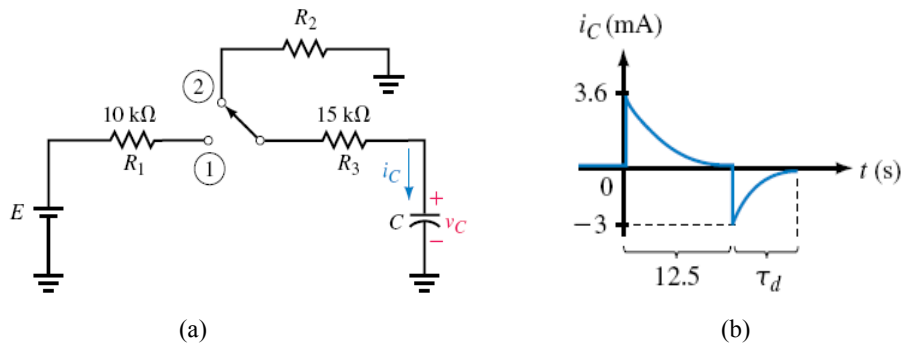


- Determine as equações para v_C e i_C .
- Calcule a tensão nos condensadores para $t = 0^+, 2, 4, 6, 8, 10$ e 12 ms .
- Calcule a corrente nos condensadores para $t = 0^+, 2, 4, 6, 8, 10$ e 12 ms .

5. Considere o circuito da figura, onde o interruptor está inicialmente aberto, em regime permanente. Em $t = 0$ s, o interruptor é fechado.

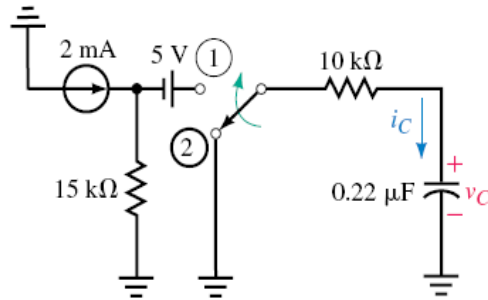


- Determine as equações para v_L e i_L .
 - Calcule os valores de i_L e v_L em $t = 25$ ms.
6. Para o circuito de (a), o condensador está inicialmente descarregado. O interruptor é movido primeiro para a carga, em seguida para a descarga, apresentando a corrente mostrada em (b). O condensador carrega completamente em 12.5 s. Determine E , R_2 , e C .



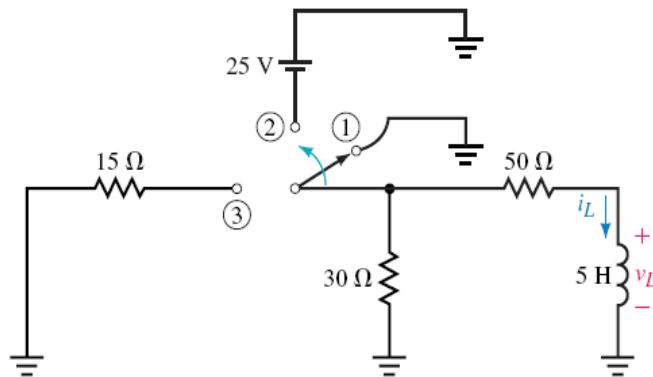
7. Para o circuito da figura anterior, suponha $E = 80$ V; $R_2 = 25$ kΩ e $C = 0.5$ μF:
- Qual é a constante de tempo de carga?
 - Qual é a constante de tempo de descarga?
 - Com o condensador inicialmente descarregado, mova o interruptor para a posição 1 e determine as equações para v_C e i_C durante a carga.
 - Mova o interruptor para a posição de descarga. Quanto tempo leva a descarregar completamente?
 - Esboce o gráfico de v_C e i_C , desde o instante onde é inicialmente carregado até que esteja totalmente descarregado. Assuma que o interruptor está na posição de carga durante 80 ms.

8. Considere o circuito da figura.

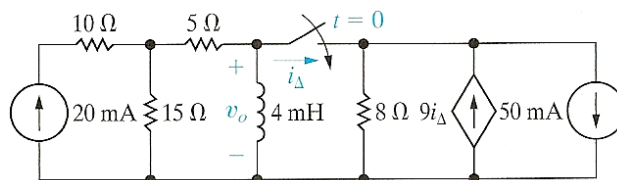


- Qual é a constante de tempo de carga?
- Qual é a constante de tempo de descarga?
- O interruptor está na posição 2 e o condensador está descarregado. Mova o interruptor para a posição 1 e determine as equações para v_C e i_C .
- Depois do condensador ter sido carregado durante duas constantes de tempo, mova-o para a posição 2 e determine as equações para v_C e i_C durante a descarga.
- Esboce o gráfico de v_C e i_C , nas condições de (c) e (d).

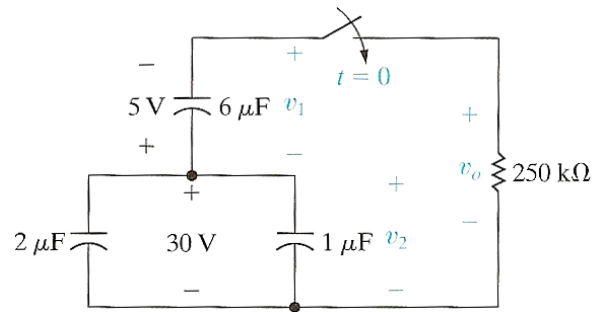
9. O circuito da figura está em regime permanente com o interruptor na posição 1. Em $t = 0$, é movido para a posição 2, e aí permanece durante 1.0 s. Depois é movido para a posição 3, onde fica. Esboce as curvas para i_L e v_L desde $t=0$ s até chegar ao regime permanente na posição 3. Calcule a tensão na bobina e a corrente em $t = 0.1$ s e em $t = 1.1$ s.



10. O interruptor da figura esteve aberto durante muito tempo, sendo fechado em $t = 0$. Calcule $v_o(t)$ para $t \geq 0$.

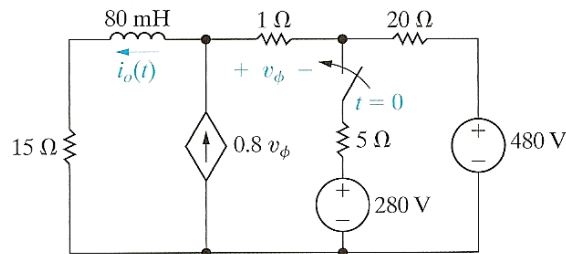


11. No momento em que o interruptor é fechado, os condensadores estão carregados com as tensões mostradas.

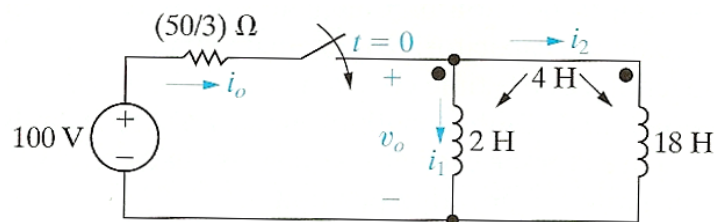


- Calcule $v_o(t)$ para $t \geq 0^+$.
- Que percentagem da energia total inicial armazenada é dissipada na resistência?
- Calcule $v_1(t)$ para $t \geq 0^+$.
- Calcule $v_2(t)$ para $t \geq 0^+$.
- Calcule a energia em (milijoules) presa nos condensadores ideais.

12. O interruptor da figura esteve aberto durante muito tempo, sendo fechado em $t = 0$. Calcule $i_o(t)$ para $t \geq 0$.

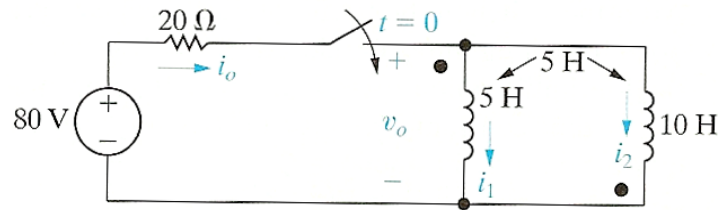


13. Não existe energia acumulada no circuito no momento em que o interruptor é fechado.



- Calcule $i_o(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $v_o(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $i_1(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $i_2(t)$ para $t \geq 0$.

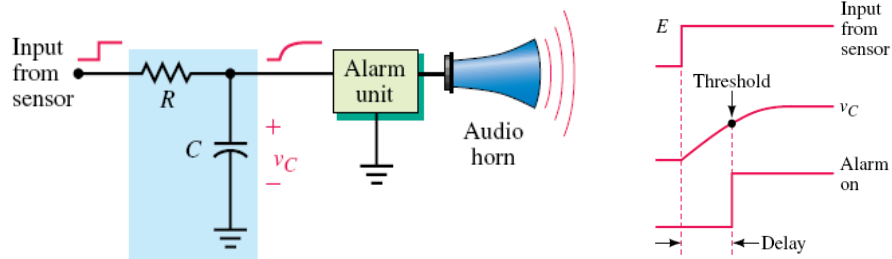
14. Não existe energia acumulada no circuito no momento em que o interruptor é fechado.



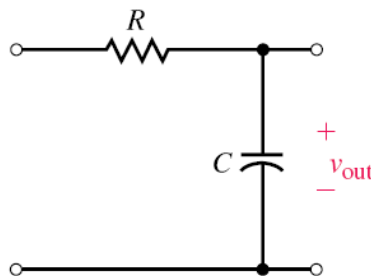
- Calcule $i_0(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $v_0(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $i_1(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $i_2(t)$ para $t \geq 0$.

Outras Aplicações

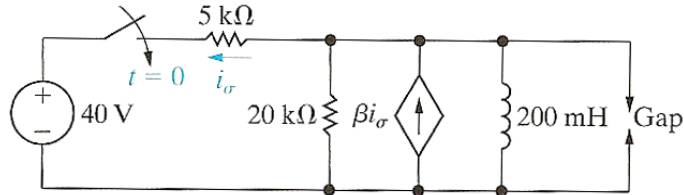
15. Para o circuito de alarme da figura, se a entrada é um degrau de 5V, $R = 750 \text{ k}\Omega$, e o alarme é activado em 15 s quando $v_C = 3.8 \text{ V}$, qual é o valor de C ?



16. Se um degrau for aplicado à entrada do circuito da figura e, considerando $R = 150 \text{ }\Omega$ e $C = 20 \text{ pF}$, calcule o tempo de subida aproximado para a tensão de saída, calculado entre os 10% e os 90% da variação da tensão na saída.

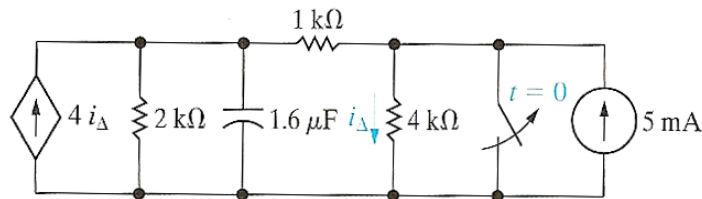


17. A abertura (gap) no circuito irá produzir um arco eléctrico quando a sua tensão atingir 45 kV. A corrente inicial na bobina é zero. O valor de β é ajustado para que a resistência de Thévenin aos terminais da bobina seja de $-5 \text{ k}\Omega$.



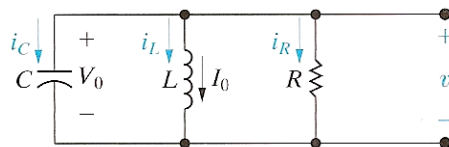
- Qual é o valor de β ?
- Quantos micro segundos são precisos depois do interruptor fechar para produzir o arco eléctrico?

18. O interruptor da figura tem estado fechado por muito tempo. A tensão máxima no condensador é de 14400 V. Quanto tempo depois da abertura do interruptor é que a tensão através do condensador atinge o seu valor máximo?



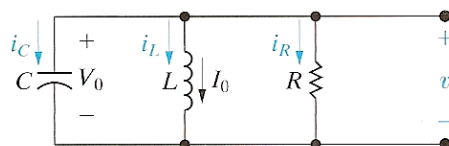
Transitórios em circuitos RLC de 2ª Ordem

19. Para o circuito da figura, determine:



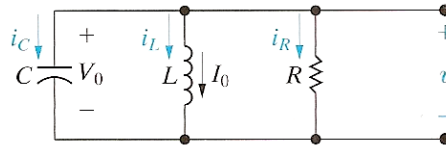
- As raízes da equação característica que estabelecem o comportamento transitório da tensão, considerando $R = 200 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$ e $C = 0,2 \mu\text{F}$.
- A resposta será sobreamortecida, sobamortecida ou criticamente amortecida?
- Repita (a) e (b) para $R = 312,5 \Omega$.
- Qual o valor de R que causa uma resposta criticamente amortecida?

20. O circuito da figura apresenta $R = 200 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$ e $C = 0,2 \mu\text{F}$, com os seguintes valores iniciais: $v(0^+) = 15 \text{ V}$; $i_L(0^+) = 30 \text{ mA}$.



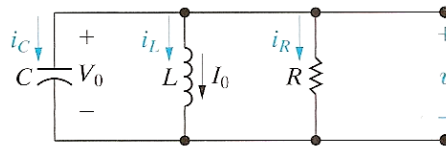
- Calcule a corrente inicial em cada ramo do circuito.
- Calcule o valor inicial para dv/dt .
- Calcule a expressão para $v(t)$.
- Calcule a expressão para $i_R(t)$, $i_L(t)$ e $i_C(t)$.

21. O circuito da figura apresenta $R = 2 \text{ k}\Omega$, $L = 250 \text{ mH}$ e $C = 10 \text{ nF}$, com os seguintes valores iniciais: $v(0^+) = V_0 = 0 \text{ V}$; $i_L(0^+) = I_0 = -4 \text{ A}$.



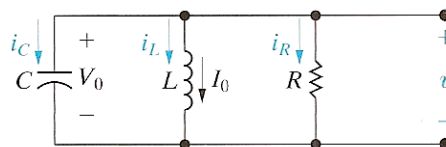
- Calcule $i_R(0^+)$.
- Calcule $i_C(0^+)$.
- Calcule $dv(0^+)/dt$.
- Calcule A_1 .
- Calcule A_2 .
- Calcule $v(t)$ para $t \geq 0$.

22. O circuito da figura apresenta $R = 20 \text{ k}\Omega$, $L = 8 \text{ H}$ e $C = 0,125 \text{ }\mu\text{F}$, com os seguintes valores iniciais: $v(0^+) = 0 \text{ V}$; $i_L(0^+) = -12,25 \text{ mA}$.



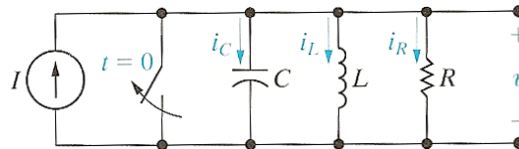
- Calcule as raízes da equação característica.
- Calcule v e dv/dt para $t = 0^+$.
- Calcule a expressão de $v(t)$ para $t \geq 0$.

23. O circuito da figura apresenta uma resistência variável, $L = 10 \text{ mH}$ e $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$. A resistência é ajustada de modo que as raízes da equação característica sejam $-8000 \pm j6000 \text{ rad/s}$. A tensão inicial no condensador é de 10 V e a corrente inicial na bobina é de 80 mA .



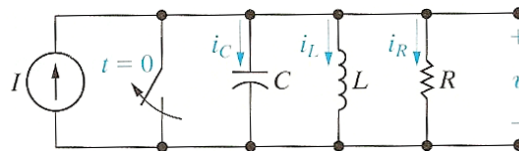
- Calcule R .
- Calcule dv/dt para $t = 0^+$.
- Calcule A_1 e A_2 , na solução para $v(t)$.
- Calcule $i_L(t)$.
- Calcule R que resulta na resposta com amortecimento crítico.
- Nas condições da alínea anterior, calcule $v(t)$.

24. A energia inicialmente armazenada no circuito é zero. Em $t = 0$, uma fonte de corrente DC de 24 mA é aplicada ao circuito. Considere $R = 400 \, \Omega$, $C = 25 \, \text{nF}$ e $L = 25 \, \text{mH}$.



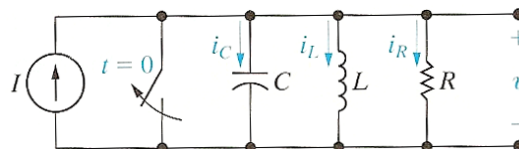
- Qual o valor inicial para i_L ?
- Qual o valor inicial para di_L/dt ?
- Quais as raízes da equação característica?
- Qual a expressão para $i_L(t)$ quando $t \geq 0$?
- Aumentado o valor de R para $625 \, \Omega$, calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$.
- Fazendo $R = 500 \, \Omega$, calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$.

25. No instante em que a fonte de corrente de 24 mA é aplicada ao circuito, existe já energia acumulada. A corrente inicial na bobina é 29 mA e a tensão inicial no condensador é 50 V. Considere $R = 500 \, \Omega$, $C = 25 \, \text{nF}$ e $L = 25 \, \text{mH}$.



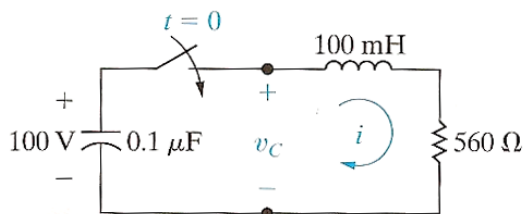
- Qual o valor inicial para i_L ?
- Qual o valor inicial para di_L/dt ?
- Qual a expressão para $i_L(t)$ quando $t \geq 0$?
- Qual a expressão para $v(t)$ quando $t \geq 0$?

26. A corrente inicial na bobina é 0.5 A e a tensão inicial no condensador é 40 V. Considere $I = -1 \, \text{A}$, $R = 500 \, \Omega$, $C = 1 \, \mu\text{F}$ e $L = 0.64 \, \text{H}$.



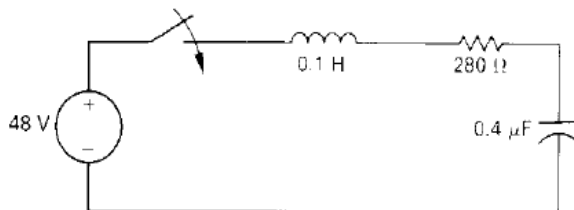
- Calcule $i_R(0^+)$.
- Calcule $i_C(0^+)$.
- Calcule $di_L(0^+)/dt$.
- Calcule s_1 e s_2 .
- Calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $v(t)$ para $t \geq 0$.

27. O condensador do circuito está inicialmente carregado com 100V. Em $t = 0$ o condensador é descarregado de acordo com o circuito.

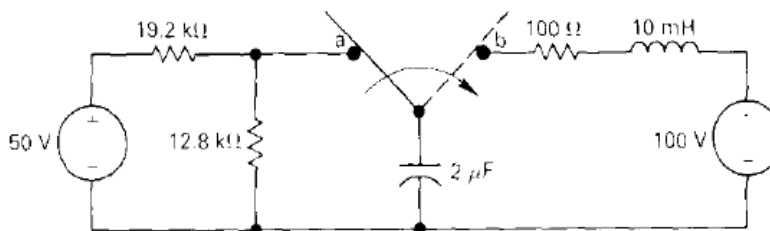


- Calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$.
- Calcule $v_C(t)$ para $t \geq 0$.

28. Nenhuma energia está armazenada no circuito, quando o interruptor do circuito é fechado em $t = 0$. Calcule $v_C(t)$ para $t \geq 0$.

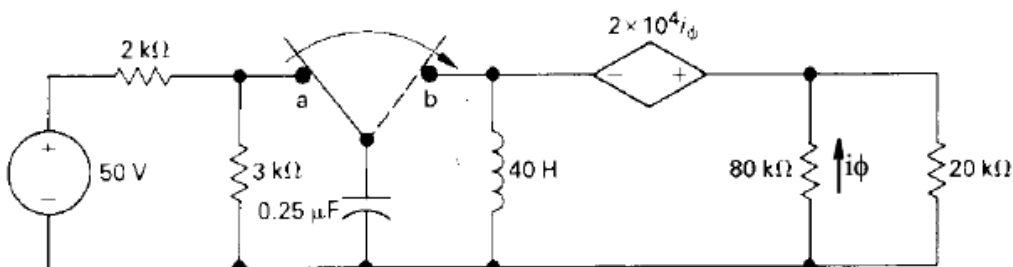


29. O interruptor do circuito esteve na posição a durante muito tempo. Em $t = 0$ ele move-se para b. Calcule:

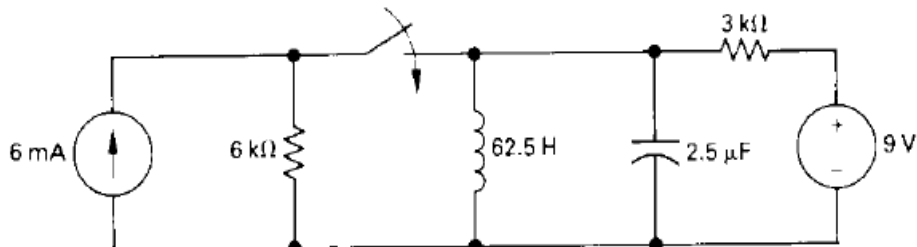


- a) $i_L(0^+)$.
- b) $v_C(0^+)$.
- c) $di_L(0^+)/dt$.
- d) s_1 e s_2 .
- e) $i_L(t)$ para $t \geq 0$.
- f) $v_C(t)$ para $t \geq 0$.

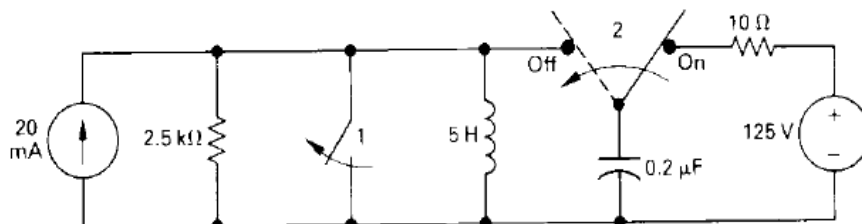
30. O interruptor do circuito esteve na posição a durante muito tempo. Em $t = 0$ ele move-se para b. Calcule $v_L(t)$ para $t \geq 0$.



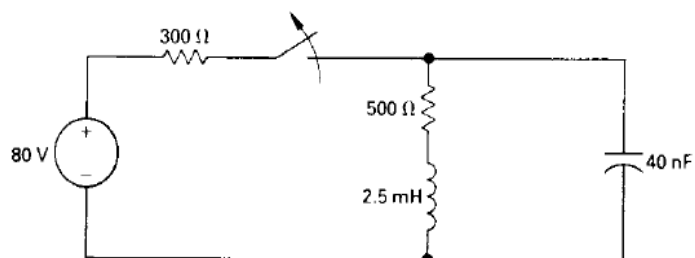
31. O interruptor do circuito esteve aberto durante muito tempo. Em $t = 0$ ele fecha-se. Calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$



32. O interruptor 2 do circuito esteve ON durante muito tempo. Em $t = 0$ o interruptor 1 abre e o interruptor 2 muda-se para a posição OFF. A corrente inicial na bobina é zero. Calcule $i_L(t)$ para $t \geq 0$.



33. O interruptor do circuito esteve fechado durante muito tempo. Em $t = 0$ o interruptor abre. Calcule $i_L(t)$ e $v_C(t)$ para $t \geq 0$.



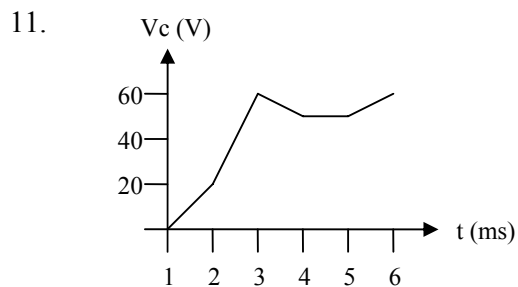
6. SOLUÇÕES

CAPÍTULO 0:

1. $V_o = 1.5V$
2. $I_1 = 1 \text{ mA}; I_2 = 1 \text{ mA}; n_1 = 2.5 \text{ V}; n_1 = 2 \text{ V}; n_3 = 1 \text{ V}; n_4 = -1 \text{ V}.$
3. $S = 20.833 \text{ V}/(\text{k}\Omega); \Delta V_o = S \times \Delta R_c = 4.167 \text{ V}$
4. $R_2 = 1,2\Omega; R_1 = 0,833\Omega; R_a = 0,0833\Omega.$

CAPÍTULO 1:

5. (a) $Q = 240 \mu\text{C}$; (b) $V = 50 \text{ V}.$
6. (a) $C = 35,4 \text{ pF}$; (b) $C = 266 \text{ nF}$; C duplica; C duplica; (c) $15 \text{ KV}.$
7. $C_T = 476,19 \text{ pF}$
8. $C_X = 12 \mu\text{F}$
9. $V_1 = 14,4V; V_2 = 36V; V_3 = 9,6V$
10. $i_c = -23,5e^{-0.05t} \mu\text{A}$



12. $V = 5 \text{ V}$

13. Figura ao lado:

14. $V = 12,5e^{-t}(1 - t)$ V

15. $L = 13,6 \mu\text{H}$

16. $L = 4 \text{ H}$

17. (a) 4H ; (b) ... ; (c) 5A

18. 4mH

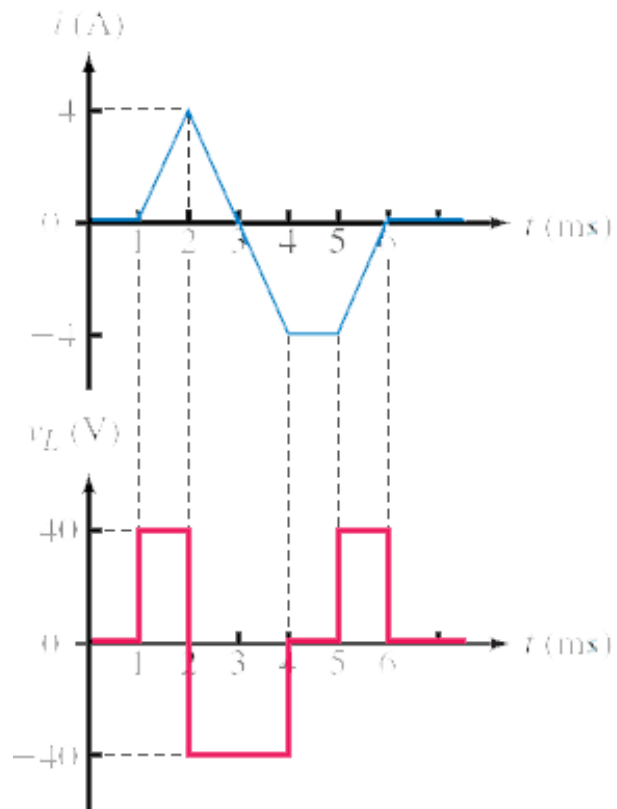
19. 10Ω em série com $(40\Omega // (50\text{H em série com } 20\mu\text{F}))$

20. ...

21. ...

22. $w = 0,32 \text{ J}$

23. $L_1 = \dots ; L_2 = \dots$



CAPÍTULO 2:

1. (a) $5\text{sen}(1000t+36^\circ)$; (b) $10\text{sen}(40\pi t+120^\circ)$; (c) $40\text{sen}(1800\pi t-45^\circ)$.

2. (a) $100\text{sen}(3491t+36^\circ)$; (b) $18\text{sen}(wt-60^\circ)$; $i_2 = -16,927\text{A}$

3. 6.25ms; 13.2ms; 38.2ms

4. (a) 12 V; (b) 17 mA; (c) 19,7 V; (d) 48,9 V.

5. ...
6. (a) 8,94 A; (b) 16,8 A.
7. (a) $I_{me}=1,1A$; $I_{ef}=\dots$; (b) $V_{me}=-5V$; $V_{ef}=16,33V$; (c) $I_{me}=1,36A$; $I_{ef}=1,566A$
8. $P_m=3,526W$
9. (a) $14,2\angle-23,8^\circ$; (b) $1,35\angle-69,5^\circ$; (c) $5,31\angle167,7^\circ$.
10. $5,863+j\,5,505 = 8,042 \angle 43,2^\circ$
11. ...
12. $v(t) = 21,8 \sin(\omega t + 36,6^\circ) V$
13. (a) 31,416ms; (b) 120 kJ; (c) $i_3(t) = \sqrt{2} \, 8,07 \cos(100t - 81,7^\circ) (A)$; (d) $\pm 13,14 A$; (e) $-7,18 A$; 13,59 A.
14. $18 \sin(\omega t - 56,3^\circ) V$
15. ...
16. (a) $70,7\sin(\omega t) \leftrightarrow 70,7/\sqrt{2} \angle -90^\circ$; (b) $90\sin(\omega t+30) \leftrightarrow 90/\sqrt{2} \angle -60^\circ$; (c) $-100\sin(\omega t) \leftrightarrow 100/\sqrt{2} \angle 90^\circ$; (d) $10\cos(\omega t+70) \leftrightarrow 10/\sqrt{2} \angle 70^\circ$.
17. (a) $5\sin(\omega t-30^\circ)$; (b) $5\sin(\omega t-105^\circ)$; (c) $10\sin(\omega t+120^\circ)$; (d) $10\sin(\omega t+100^\circ)$.
18. (a) $50\sin(\omega t+30^\circ)$; $50\sin(\omega t-60^\circ)$; (c) $50\sin(\omega t+120^\circ)$.
19. (a) $X_L = 188,5$; $i_L = 0,531\sin(377t-90^\circ)$; (b) $X_L = \dots$; $i_L = 31,8\sin(6283t-90^\circ) mA$; (c) $X_L = \dots$; $i_L = 0,4\sin(500t-90^\circ)$;
20. (a) $f = 8,74kHz$; (b) $L = 50,9mH$; $\theta = 130^\circ$.
21. (a) $X_C = 530\Omega$; $i_C = \dots$; (b) $X_C = 31,83\Omega$; $i_C = \dots$; (c) $X_C = 400\Omega$; $i_C = \dots$;
22. (a) $f = \dots$; (b) $C = \dots$; $\theta = \dots$
23. (a) $v = 25\angle 0^\circ$; $v = 35,4\cos(\omega t)$; (b) $v = 12,5\angle 90^\circ$; $v = 17,7\cos(\omega t+90^\circ)$; (c) $v = 5\angle -90^\circ$; $v = 7,07\cos(\omega t-90^\circ)$;

24. (a) $f = 39,8\text{Hz}$; (b) $C = 6,37\mu\text{F}$
25. (a) $v = 1333\cos(2000\pi t + 30^\circ)$, $v = \dots$; (b) $\dots$; (c) $\dots$
26. (a) $Z_T = 31,6\angle 18,43^\circ$; (b) $Z_T = 8,29\text{k}\angle -29,66^\circ$
27. (a) $Z = 42\angle 19,47^\circ$; $Z = 39,6 + j14$; (b) $\dots$
28. (a) $R = 1,93\text{k}\Omega$; $L = 4,58\text{mH}$
29. $R = 15\Omega$; $C = 1,93\mu\text{F}$
30. (a) $Z_T = 50\angle -36,87^\circ$; $I = 2,4\angle 36,87^\circ$; $V_R = 96\angle 36,87^\circ$; $V_L = 48\angle 126,87^\circ$; $V_C = 120\angle -53,13^\circ$; (b) $\dots$; (c) $230,4\text{W}$; (d) $230,4\text{W}$.
31. $\dots$
32. (a) $V_C = 6\angle -110^\circ$; (b) $V_Z = 13,87\angle 59,92^\circ$; (c) $Z = 69,4\angle 79,92^\circ$; (d) $1,286\text{W}$.
33. (a) $199,9\angle -1,99^\circ$; (b) $485\angle -14,04^\circ$.
34. (a) $Z_T = 3,92\text{k}\angle -78,79^\circ$; $I_T = 2,55\text{m}\angle 78,79^\circ$; $I_1 = 0,5\text{m}\angle 0^\circ$; $I_2 = 10\text{m}\angle -90^\circ$; $I_3 = 12,5\text{m}\angle 90^\circ$; (b) $\dots$; (c) $\dots$; (d) 5mW ; (e) $\dots$
35. (a) $Z_T = 5,924\text{k}\angle 17,38^\circ$; (b) $177,72\angle 17,38^\circ$.
36. $2,55\angle 81,8^\circ$.
37. $I_L = 2,83\text{m}\angle -135^\circ$; $I_C = 3,54\text{m}\angle 45^\circ$; $I_R = 0,71\text{m}\angle -45^\circ$.
38. (a) $Z_T = 22,5\angle -57,72^\circ$; $I_L = 5,34\angle 57,72^\circ$; $I_C = 4,78\angle -84,29^\circ$; $I_R = 2,39\angle -5,71^\circ$; (b) $\dots$; (c) 342W ; (d) 342W .
39. (a) $Z_T = 10,53\angle 10,95^\circ$; $I_T = 1,9\angle -10,95^\circ$; $I_1 = 2,28\angle -67,26^\circ$; $I_2 = 2\angle 60,61^\circ$; (b) $V_{ab} = 8,87\angle 169,06^\circ$.
40. $\dots$
41. (a) $R = 5,5\text{k}\Omega$; Reactância indutiva = $9\text{ k}\Omega$; (b) $R = 207,7\Omega$; Reactância indutiva = $138,5\Omega$.
42. $V_{out} = 7,8\angle -150$.
43. (a) $V = 54\text{V}$; $V_L = 13,5\text{ V}$; (b) $V = 0,45\angle -60^\circ$; $V_L = 0,439\angle -47,32^\circ$.

44. (a) $V = 4,69 \angle 180^\circ$; (b) $V_{th} = 7,5 M I$; $V = 4,69 \angle 180^\circ$

45. (a) $I = 6,15 \angle -3,33^\circ$; (b) $I = \dots$

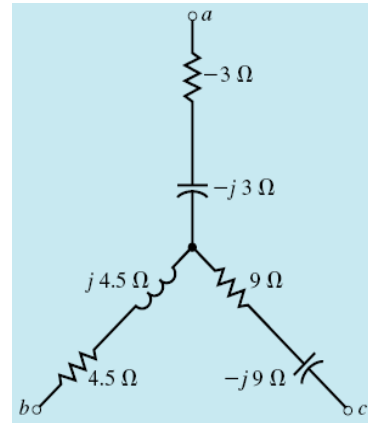
46. $I = 6,95 m \angle 6,79^\circ$; (b) $V = 27,8 \angle 6,79^\circ$.

47. (a) $I = 13,5 \angle -44,31^\circ$; (b) $V = \dots$

48. Veja figura ao lado.

49. $Z_T = 2 + j 6 \Omega$.

50. (a) $I = 0,337 \angle -2,82^\circ$; (b) $I = \dots$



51. (a) $Z_T = 3,03 \angle -76,02^\circ$; $I = 5,28 \angle 76,02^\circ$; $I_1 = 0,887 \angle -15,42^\circ$.

52. (a) $Z_T = \dots$; $V = \dots$; $V_1 = \dots$

53.

54. $R_3 = 50,01 \Omega$; $R_1 = 253,3 \Omega$.

55.

56. (a) $I = 4,12 \angle 50,91^\circ$; (b)

57. (a) $16 \angle -53,13^\circ$; (b)

58. (a) $15,77 \angle 36,52^\circ$; (b) $P_{(1)} + P_{(2)} = 1,826'' \neq P_{100-\Omega} = .2,49 W$

59. (a) $0,436 \angle -9,27^\circ$; (b) $19 \cos(wt + 68,96^\circ)$.

60. (a) $V_L = 1,26 \angle 161,57^\circ$; (b) $I_1 = 0,361 mA \angle -3,18^\circ$; (c) $V_L = 6,32 \angle 161,57^\circ$.

61. (a) $V_L = 9,88 \angle 0^\circ$; (b) $V_L = \dots$

62. (a) $V_{ab} = 1,78 V$

63. $Z_{th} = 3 \angle -90^\circ$; $V_{th} = 20 \angle -90^\circ$.

64. (a) $Z_{th} = 37,2 \angle 57,99^\circ$; $V_{th} = 9,63 \angle 78,49^\circ$; (b) $0,447 W$.

65. (a) $Z_N = 14,1 \angle 85,41^\circ$; $I_N = 0,181 \angle 29,91^\circ$; (b) $0,0747 \angle 90,99^\circ$.

66. (a) $Z_{th} = 20,6 \angle 34,94^\circ$; $V_{th} = 10,99 \angle 13,36^\circ$; (b) $1,61 W$.

67. (a) $Z_N = 109,9\angle -28,44^\circ$; $I_N = 0,131\angle -63,17^\circ$; (b) $0,0362\angle -84,09^\circ$; (c) $0,394 \text{ W}$.

68. (a) $Z_L = 8\angle 22,62^\circ$; $P = 40,2 \text{ W}$; (b) $Z_L = 2,47\angle 21,98^\circ$; $P = 1,04 \text{ W}$.

CAPÍTULO 3:

1. (a) $R = 10$; $X_C = 6$; $C = 265\mu\text{F}$; (b) ...

2. 30Ω .

3.

4. 160W ; 400VAR (ind.) .

5. 900W ; 300VAR (ind.) .

6. $R_T = 20 \Omega$; $R_2 = 6 \Omega$; $X_C = 8 \Omega$; $L_{eq} = 1,2\text{H}$.

7. Wattímetro = 750W ; $P_T = 1150\text{W}$; $Q_T = 70\text{VAR}$; $S_T = 1152\text{VA}$; $\theta = -3,48^\circ$.

8. (a) $P_H = 2,5\text{kW}$; $Q_L = 2,4\text{kVAR (ind.)}$; $Q_C = 600\text{VAR (ind.)}$; (b) $P_T = 2,5\text{kW}$; $Q_T = 1,8\text{kVAR}$; (c) $S_T = P_T + jQ_T = 2500 + j1800 = 3081\angle 35,8^\circ$; $S_T = 3081$; (d) $I = 25,7\text{A}$.

9. (a) $I = \dots$; (b) $R = 2,36 \Omega$.

10. 120Ω .

11. $P_T = 721\text{W}$; $Q_T = 82,3\text{VAR (cap)}$; $S_T = 726\text{VA}$; $I = 6,05\text{A}$; Fusível não rebenta.

12. $73,9\mu\text{F}$.

13. $57,3 \text{ kW}$.

14. 2598 W .

CAPÍTULO 4:

1. (a) em fase; (b) desfasado 180° .
2. (a) aumenta; (b) $25\text{sen}(\omega t)$ V; (c) $96\text{V}\angle 0^\circ$; (d) $3200\text{V}\angle 180^\circ$.
3. $v_1 = 24\text{sen}(\omega t)$; $v_2 = 144\text{sen}(\omega t + 180^\circ)$; $v_3 = 48\text{sen}(\omega t)$.
4. (a) ...; (b) $I_L = 1\angle 20^\circ$; $V_L = 480\angle 0^\circ$; $Z_L = 480\angle -20^\circ$; (c) ...; (d) $V_L = 160\angle -23.1^\circ$; $E_g = 640\angle -23.1^\circ$; (e) .
5. (a) $40 - j 80 \Omega$; (b) ...; (c) 2.5.
6. (a) $1.25 + j 2 \Omega$; (b); (c)
7. (a) $22 + j 6 \Omega$; (b)
8. (a) $26 + j 3 \Omega$; (b)
9. 108 kVA.
10. $I_{L1} = 3\angle -50^\circ$; $I_{L2} = 1.9\angle -18.4^\circ$; $I_g = 1.83\angle -43.8^\circ$; $Z_p = 65.4\angle 43.78^\circ$.
11. (a) ...; (b) $I_g = 2.12\angle -45^\circ$; $I_L = 21.2\angle -45^\circ$; $V_L = 120.2\angle 0^\circ$.
12. 0.64 W; 2.5.
13. Para todas as alíneas: $V_1 = j\omega L_1 I_1 - j\omega M I_2$; $V_2 = j\omega L_2 I_2 - j\omega M I_1$.
14. 0.889 H
15. (a) 6.5 H; (b) 44 mH.
16. 10.5 H
17. $32.08\text{mA}\angle -82.63^\circ$
18. 27.69 mH; $11.5\text{A}\angle -90^\circ$.
19. $(4 + j22) \cdot I_1 + j13 \cdot I_2 = 100$; $j13 \cdot I_1 + j12 \cdot I_2 = 0$
20. ...
21. $(10 + j84) \cdot I_1 - j62 \cdot I_2 = 120$; $-j62 \cdot I_1 + 15 \cdot I_2 = 0$
22. (a) $45.179\angle 69.94^\circ$; (b) $2.2\angle -69.9^\circ$.

CAPÍTULO 5:

1. $50e^{(-2t)} \text{ V}; -2e^{(-2t)} \text{ mA}.$
2. (a) 50 ms; (b) 250 ms; (c) $i_L = 3(1 - e^{(-20t)}) \text{ A}; v_L = 180e^{(-20t)} \text{ V}.$
3. (a) $20\mu\text{s}; 8.89\mu\text{s};$ (b) $i_L = 5(1 - e^{(-50kt)}) \text{ mA}; v_L = 90e^{(-50kt)} \text{ V};$ (c) $-203e^{(-t/8.89\mu)} \text{ V}; 5e^{(-t/8.89\mu)} \text{ mA}.$
4. $v_C = 60(1 - e^{(-500t)}) \text{ V}; i_C = 1.5e^{(-500t)} \text{ A}.$
5. (a) $i_L = 90(1 - e^{(-t/0.01)}) \text{ mA}; v_L = 36e^{(-t/0.01)} \text{ V};$ (b) 2.96 V; 82.6 mA.
6. 90V; 15 k Ω ; 100 $\mu\text{F}.$
7. (a) ...; (b) ...; (c) ...; (d) ...; (e)
8. (a) 5.5ms; (b) 2.2ms; (c) $v_C = 35(1 - e^{(-t/5.5\text{m})});$ (d) $v_C = 30.3e^{(-(t-11\text{m})/2.2\text{m})};$ (e)
9. ...
10. ...
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. 14 $\mu\text{F}.$
16. 6.6ns.
17. (a) 2.25; (b) 272.1 $\mu\text{s}.$
18. 83.09 ms.
19. (a) $s_1 = -5000 \text{ rad/s}; s_2 = -20000 \text{ rad/s};$ (b) Sobreamortecida; (c) $s_1 = -8000 + j6000 \text{ rad/s}; s_2 = -80000 - j6000 \text{ rad/s};$ Sobamortecida; (d) $R = 250 \Omega.$

20. (a) $i_L(0^+) = 30 \text{ mA}$; $i_R(0^+) = 60 \text{ mA}$; $i_C(0^+) = -90 \text{ mA}$; (b) $dv(0^+)/dt = -450 \text{ kV/s}$; (c) $v(t) = -14e^{-5000t} + 26e^{-20000t} \text{ V}$; (d) $i_R(t) = -70e^{-5000t} + 130e^{-20000t} \text{ mA}$; $i_C(t) = -14e^{-5000t} + 104e^{-20000t} \text{ mA}$; $i_L(t) = 56e^{-5000t} - 26e^{-20000t} \text{ mA}$.
21. (a) 0; (b) 4 A; (c) 400 MV/s; (d) 13,33 V; (e) -13,33 V; (f) $13,33(e^{-10\,000t} - e^{-40\,000t}) \text{ V}$.
22. (a) $s_1 = -200 + j979.8 \text{ rad/s}$; $s_2 = -200 - j979.8 \text{ rad/s}$; (b) $v(0^+) = 0$; $dv(0^+)/dt = 98 \text{ kV/s}$; (c) $v(t) = 100e^{-200t} \text{sen}(979.8t) \text{ V}$.
23. (a) $62.5 \, \Omega$; (b) -240 kV/s ; (c) $A_1 = 10$; $A_2 = -80/3$; (d) $i_L(t) = 10e^{-8000t}(8\cos(6000t) + (82/3)\text{sen}(6000t)) \text{ mA}$; (e) $4 \text{ k}\Omega$; (f) $v(t) = 98000.t.e^{-1000t} \text{ V}$.
24. (a) 0; (b) 0; (c) $s_1 = -20\,000 \text{ rad/s}$; $s_2 = -80\,000 \text{ rad/s}$; (d) $i_L(t) = 24 - 32e^{-20000t} + 8e^{-80000t} \text{ mA}$; (e) $i_L(t) = 24 - 24e^{-32000t} \cos(24000t) - 32e^{-32000t} \text{sen}(24000t) \text{ mA}$; (f) $i_L(t) = 24 - 960000.t.e^{-40000t} - 24e^{-40000t} \text{ mA}$.
25. (a) 29 mA; (b) 2000 A/s; (c) $i_L(t) = 24 + 2\,200\,000.t.e^{-40000t} + 5e^{-40000t} \text{ mA}$; (e) $v(t) = -2\,200\,000.t.e^{-40000t} + 50e^{-40000t} \text{ V}$.
26. (a) 80 mA; (b) -1.58 A; (c) 62.5 A/s; (d) $s_1 = -1000 + j750 \text{ rad/s}$; $s_2 = -1000 - j750 \text{ rad/s}$; (e) $i_L(t) = -1 + e^{-1000t}(1.5\cos(750t) + 2.0833\text{sen}(750t)) \text{ A}$; (f) $v(t) = e^{-1000t}(40\cos(750t) - 2053.33\text{sen}(750t)) \text{ V}$.
27. (a) $i_C(t) = 0.1042e^{-2800t}\text{sen}(9600t) \text{ A}$; (b) $v(t) = e^{-2800t}(100\cos(9600t) + 29.17\text{sen}(9600t)) \text{ V}$.
28. $v_C(t) = 48 - 48e^{-1400t}\cos(4800t) - 14e^{-1400t}\text{sen}(4800t) \text{ V}$.
29. (a) 0; (b) 50; (c) 10000 A/s; (d) $s_{1,2} = -5000 \pm j5000 \text{ rad/s}$; (e) $i_L(t) = 1.6e^{-5000t}\text{sen}(5000t) \text{ A}$; (f) $v_C(t) = 100 - 80e^{-5000t}(\cos(5000t) + \text{sen}(5000t)) \text{ V}$.
30. $v_L(t) = e^{-100t}(30\cos(300t) - 10\text{sen}(300t)) \text{ V}$.
31. $i_L(t) = 9 - 8e^{-40t} + 2e^{-160t} \text{ mA}$.
32. $i_L(t) = 20 + e^{-1000t}(5000t - 20) \text{ mA}$.
33. $i_L(t) = 10^4.t.e^{-100000t} + 0.1e^{-100000t} \text{ A}$; $v_C(t) = 2.5 \times 10^5.t.e^{-100000t} + 50.e^{-100000t} \text{ V}$.