

# PROBLEMAS DE FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA. PRIMERA PARTE

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

Iñaki ARRANBIDE  
Puy ARRUTI  
Olatz AZURZA  
Julián MOLINA

Elena MONASTERIO  
Juan José UGARTEMENDIA  
Itziar ZUBIA

Donostia - San Sebastián, Abril 2013



# Índice general

1. COMPONENTES IDEALES. LEYES DE KIRCHHOFF	1
2. CORRIENTE CONTINUA EN ESTADO ESTACIONARIO	7
3. TEOREMAS DE REDES Y ALGUNAS TÉCNICAS ÚTILES	17
4. CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA	27
5. POTENCIA EN SISTEMAS MONOFÁSICOS	41
6. CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA	49
7. INTRODUCCIÓN AL S.E.P. CÁLCULO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS	55
8. PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN LAS INSTALACIONES DE B.T.	67



## Capítulo 1

# COMPONENTES IDEALES EN TEORÍA DE CIRCUITOS. LEYES DE KIRCHHOFF

1. Una resistencia de  $25 \Omega$  tiene aplicada una tensión  $u(t) = 150 \cdot \text{sen } 377t$  V. Halla la intensidad de corriente  $i(t)$  y la potencia  $p(t)$  de la misma. ¿Qué potencia absorberá en el instante  $t = 20$  ms? Dibuja las tres funciones en la misma gráfica.
2. La intensidad de corriente en una resistencia de  $5 \Omega$  aumenta linealmente de 0 a 10 A en 2 ms. En el instante  $t = 2^+$  ms vuelve a valer cero, y cuando  $t = 4$  ms vuelve a crecer hasta 10 A. Esta secuencia se repite cada 2 ms. Grafica la tensión en la resistencia.
3. A través de una bobina de 2 mH circula una intensidad de corriente  $i(t) = 5(1 - e^{-5.000t})$  A. Halla su tensión y la energía máxima almacenada. Representa la tensión y la energía (supóngase que inicialmente no tenía energía).
4. La tensión aplicada a una bobina cuya autoinductancia es 3 mH tiene estas características: entre  $0 < t < 2$  ms,  $u(t) = 15$  V, y entre  $2 < t < 4$  ms,  $u(t) = -30$  V. Halla la intensidad de corriente y dibuja la tensión y corriente de la bobina para los diferentes intervalos.
5. La tensión aplicada a un condensador cuya capacidad vale  $60 \mu\text{F}$  es  $u(t) = 25 \cdot 10^3 t$  V para el intervalo  $0 < t < 2$  ms. Grafica  $i(t)$ ,  $p(t)$  y  $w(t)$  (suponiéndolo inicialmente descargado) para ese intervalo, y calcula la energía máxima  $W_{\text{max}}$  que puede llegar a almacenar dicho condensador.
6. Un condensador de capacidad  $20 \mu\text{F}$  se carga linealmente desde 0 a  $400 \mu\text{C}$  en 5 ms. Halla la tensión y la energía del mismo, así como la máxima energía  $W_{\text{max}}$  que puede almacenar.
7. La resistencia de un timbre eléctrico es de  $3 \Omega$  y debe ser recorrido por una corriente eléctrica de intensidad 2 A para que funcione bien. ¿Qué voltaje será necesario aplicar? ¿Cuál será la potencia del timbre? Si se somete a una tensión de 3 V, ¿cuál será la intensidad que lo atraviese? ¿Sonará el timbre? ¿Qué potencia absorberá en esta situación?
8. A una lámpara de  $2 \Omega$  de resistencia se le aplica una diferencia de potencial  $u(t) = 230\sqrt{2} \cdot \text{sen } 100\pi t$  V. ¿Qué intensidad de corriente absorbe? ¿Cuánto vale a los 10 ms?
9. ¿Qué tensión hay entre los bornes de un calentador si absorbe 10 A y tiene una resistencia de  $10 \Omega$ ?
10. Por una bobina de  $L = 10$  mH se hace circular una corriente  $i(t) = 30\sqrt{2} \cdot \text{sen } 100\pi t$  A. ¿Qué diferencia de potencial habrá entre los terminales de la inductancia en  $t = 10$  ms? Dibuja la tensión y la intensidad de corriente en la misma gráfica.
11. La capacidad de un condensador es de  $500 \mu\text{F}$  y se le aplica una tensión  $u(t) = 230\sqrt{2} \cdot \text{sen } 100\pi t$  V. ¿Cuál será la intensidad de corriente en  $t = 15$  ms? Dibuja la tensión y la corriente en la misma gráfica.

12. En el circuito de la figura 1.1, ¿cuál es la tensión de la fuente de corriente? Representala en el circuito. ¿Qué potencia suministra? ¿Y qué potencia absorbe o disipa la resistencia?

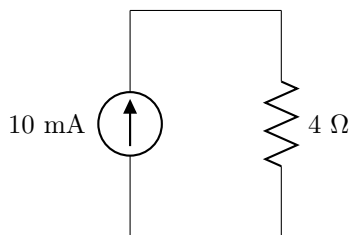


Figura 1.1: Circuito del problema 12.

13. En el circuito de la figura 1.2, ¿cuál es la corriente que suministra la fuente? Representala en el circuito. ¿Qué potencia absorbe la resistencia?

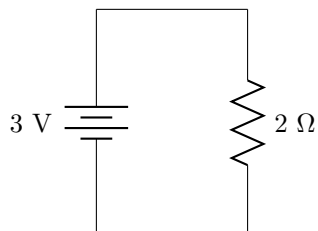


Figura 1.2: Circuito del problema 13.

14. ¿Qué potencia absorben los elementos de la figura 1.3? ¿Y qué potencia suministran? Señala si cada uno de ellos absorbe (es receptor) o suministra energía.

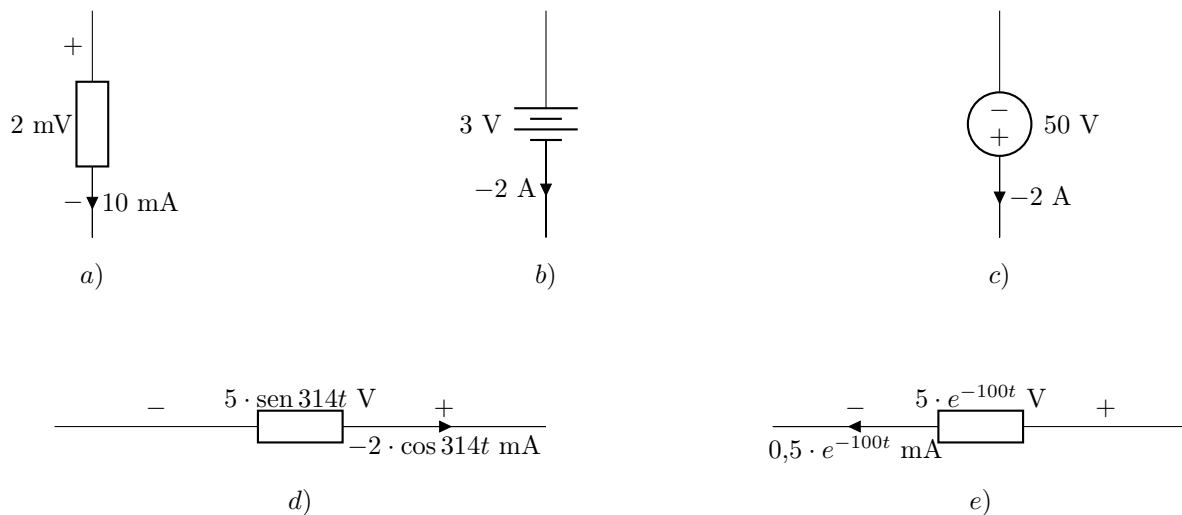


Figura 1.3: Elementos del problema 14.

15. En el circuito de la figura 1.4, si  $u_1 = 12$  V, halla  $i_s$  y  $u$ .
16. En el circuito de la figura 1.5, halla  $i$ ,  $u$  y la potencia absorbida por el elemento del circuito desconocido, si la potencia entregada por la fuente de 16 V es de 8 W.

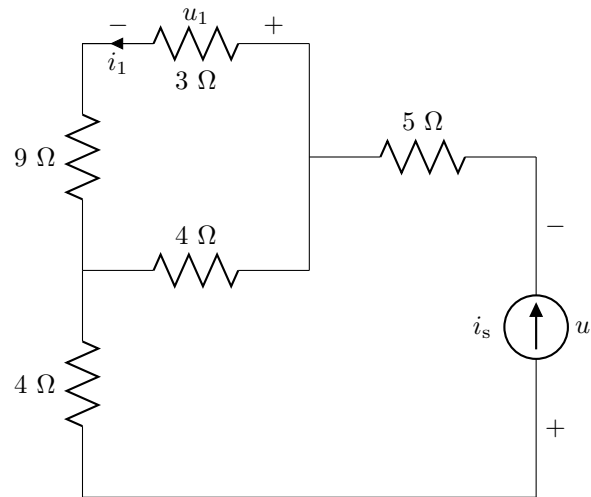


Figura 1.4: Circuito del problema 15.

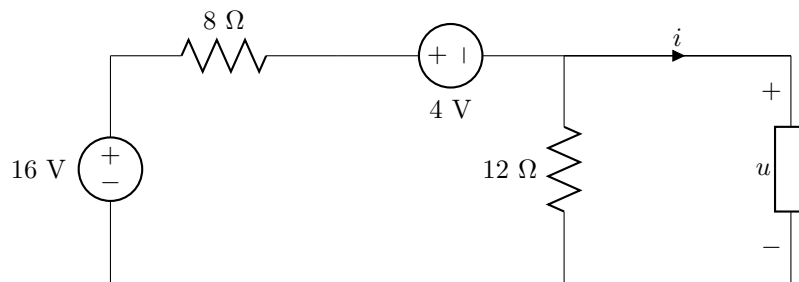


Figura 1.5: Circuito del problema 16.

17. En el circuito de la figura 1.6 halla: a)  $i_1$ ; b)  $u_1$ ; c) la potencia suministrada por la batería de 3 V.
18. En el circuito de la figura 1.7 halla  $i_R(t)$ ,  $i_C(t)$  e  $i(t)$ . Dibuja sus funciones para los siguientes valores:  $U_0 = 10$  V,  $C = 1$   $\mu$ F,  $R = 1$  M $\Omega$  y  $a = 1$ .

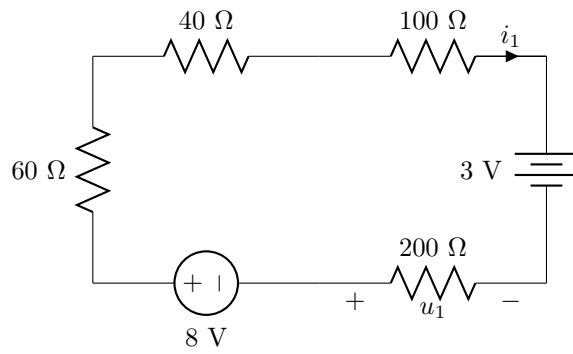


Figura 1.6: Circuito del problema 17.

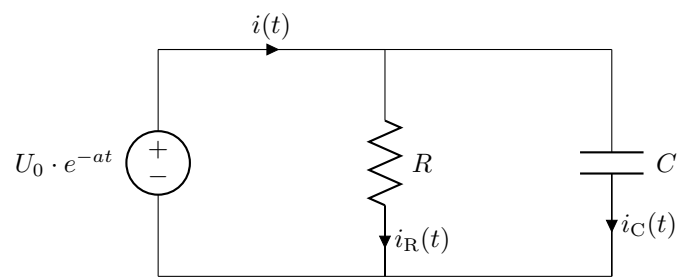


Figura 1.7: Circuito del problema 18.

19. En el circuito de la figura 1.8 determina  $U_3$ , sabiendo que  $I = 0,4 \text{ A}$ ,  $U_1 = 50 \text{ V}$  y  $U_2 = 10 \text{ V}$ .

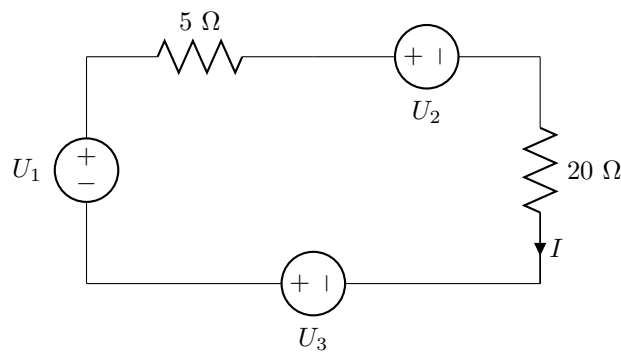


Figura 1.8: Circuito del problema 19.

20. En la figura 1.9 determina  $I_1$  e  $I_2$ .

21. En el circuito de la figura 1.10 halla  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $i_2$  y  $R$ . Comprueba que se cumple  $\sum P = 0$ .



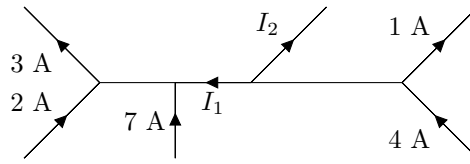


Figura 1.9: Problema 20.

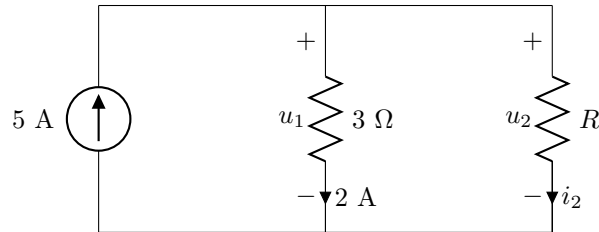


Figura 1.10: Circuito del problema 21.

*SOLUCIONES*

1.  $i(t) = 6 \cdot \text{sen } 377t$  A;  $p(t) = 900 \cdot \text{sen}^2 377t$  W;  $p(20 \text{ ms}) = 814,15$  W.
- 2.
3.  $u(t) = 50 \cdot e^{-5.000t}$  V;  $W_{\text{max}} = 25$  mJ;  $w(t) = 25(1 + e^{-1.000t} - 2 \cdot e^{-5.000t})$  mJ.
4.  $0 < t < 2 \text{ ms} : i(t) = 5.000t$  A;  $2 < t < 4 \text{ ms} : i(t) = (30 - 10.000t)$  A.
5.  $i(t) = 1,5$  A;  $p(t) = 37,5t$  kW;  $w(t) = 18,75t^2$  kJ;  $W_{\text{max}} = 75$  mJ.
6.  $u(t) = 4 \cdot 10^3 t$  V;  $w(t) = 160t^2$  J;  $W_{\text{max}} = 4$  mJ.
7. 6 V; 12 W; 1 A; 3 W; no suena.
8.  $i(t) = 115\sqrt{2} \cdot \text{sen } 100\pi t$  A; 0 A.
9. 100 V.
10.  $u(t) = 133,3 \cdot \text{cos } 100\pi t$  V;  $-133,3$  V.
11.  $i(t) = 11,5\sqrt{2}\pi \cdot \text{cos } 100\pi t$  A; 0 A.
12. 40 mV; 400 μW; 400 μW.
13. 1,5 A; 4,5 W.
14. a) 20 μW; b) -6 W; c) 100 W; d)  $5 \cdot \text{sen } 628t$  mW; e)  $2,5e^{-200t}$  mW; a) -20 μW; b) 6 W; c) -100 W; d)  $-5 \cdot \text{sen } 628t$  mW; e)  $-2,5e^{-200t}$  mW; a) receptor; b) suministra; c) receptor; d) receptor; e) receptor.
15. 16 A; -192 V.
16. 8 V; -0,17 A; -1,33 W.
17. a) 12,5 mA; b) -2,5 V; c) -37,5 mW.
18.  $i_C(t) = -C \cdot U_0 \cdot a \cdot e^{-at}$  A =  $-10 \cdot e^{-t}$  μA;  $i_R(t) = \frac{U_0}{R} e^{-at}$  A =  $10 \cdot e^{-t}$  μA;  $i(t) = U_0(-C \cdot a + \frac{1}{R})e^{-at}$  A = 0.
19.  $U_3 = -30$  V.
20. -6 A; 9 A.
21. 6 V; 6 V; 3 A; 2 Ω.



## Capítulo 2

# CORRIENTE CONTINUA EN ESTADO ESTACIONARIO

1. Halla la potencia que absorbe cada elemento del circuito de la figura 2.1 y calcula la suma de todas ellas escalarmente.

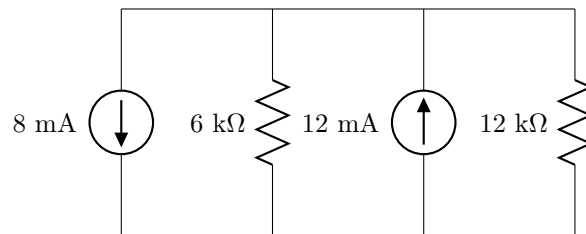


Figura 2.1: Circuito del problema 1.

2. Halla la resistencia equivalente del circuito de la figura 2.2 entre los terminales *A* y *B*.

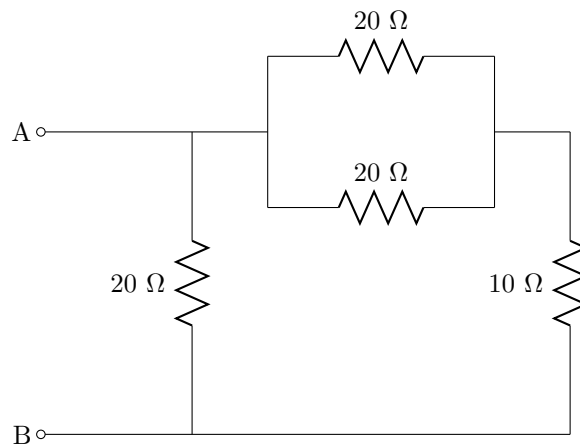


Figura 2.2: Circuito del problema 2.

3. Halla la tensión de la resistencia de 7 Ω del circuito de la figura 2.3 utilizando el concepto de divisor de tensión.
4. En el circuito de la figura 2.4 halla *i* usando el principio del divisor de corriente y halla la potencia absorbida por el resistor de 12 Ω.

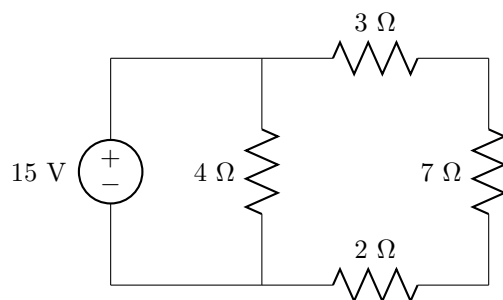


Figura 2.3: Circuito del problema 3.

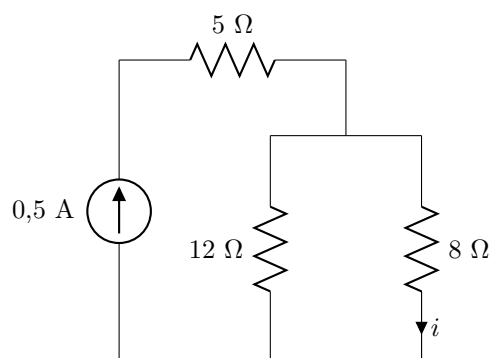


Figura 2.4: Circuito del problema 4.

5. Si en el circuito de la figura 2.5  $I_0 = 6 \text{ mA}$ , halla  $i$  usando el divisor de corriente.
6. En el circuito de la figura 2.6, aplicando divisores de voltaje y de corriente, encuentra una expresión para: a)  $u_2$ , b)  $u_3$  y c)  $i_4$ .

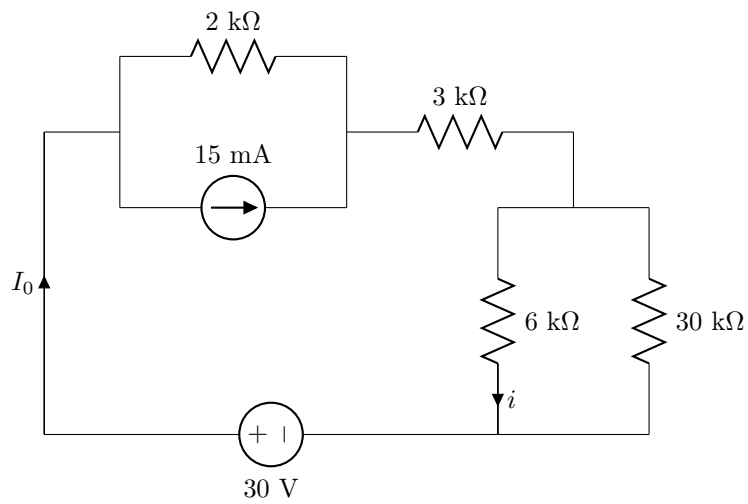


Figura 2.5: Circuito del problema 5.

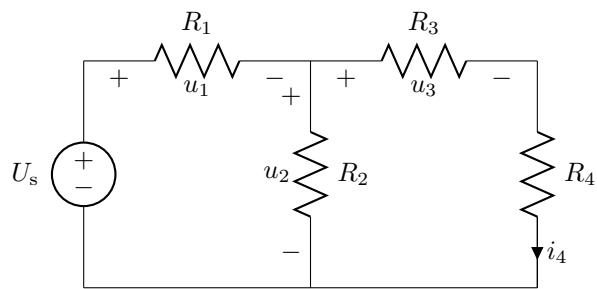


Figura 2.6: Circuito del problema 6.

7. Halla  $i$  e  $i_1$  usando las reducciones apropiadas y el principio del divisor de corriente en el circuito de la figura 2.7.
8. En el circuito de la figura 2.8 halla la corriente  $i_s$  si  $R_4 = 2 \Omega$  y  $R_2 = R_3 = 8 \Omega$ .

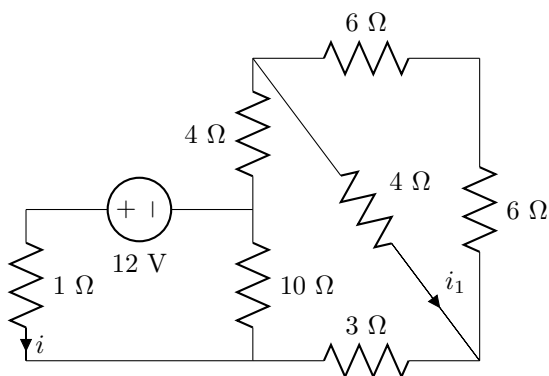


Figura 2.7: Circuito del problema 7.

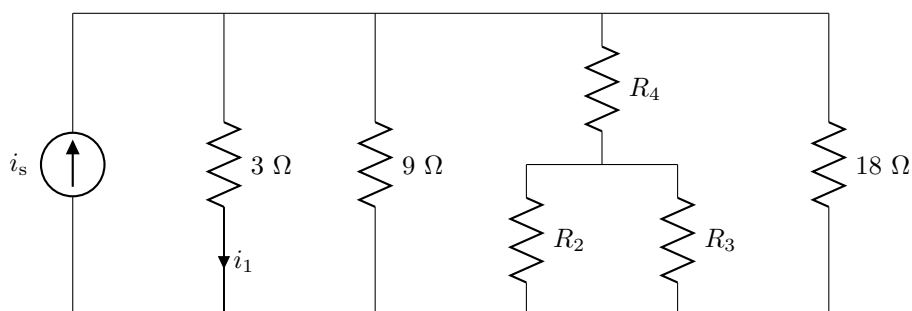


Figura 2.8: Circuito del problema 8.

9. Encuentra en el circuito de la figura 2.9: a)  $I_x$  si  $I_1 = 12$  mA; b)  $I_1$  si  $I_x = 12$  mA; c)  $I_x$  si  $I_2 = 15$  mA; d)  $I_x$  si  $I_s = 60$  mA.

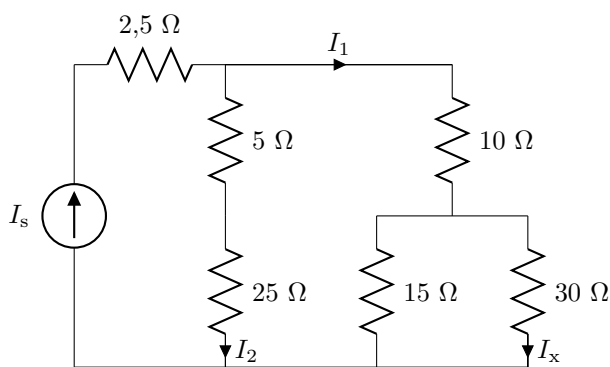


Figura 2.9: Circuito del problema 9.

10. En el circuito de la figura 2.10: a) si  $u_s = 40$  V e  $i_s = 0$ , halla  $u_1$ ; b) si  $u_s = 0$  e  $i_s = 3$  mA, determina  $i_2$  e  $i_3$ .
11. En el circuito de la figura 2.11: a) si  $u_x = 10$  V, halla  $I_s$ ; b) si  $I_s = 50$  A, encuentra  $u_x$ ; c) encuentra la relación  $u_x/I_s$ .

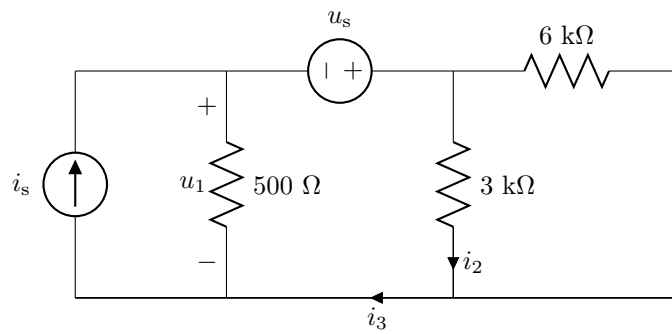


Figura 2.10: Circuito del problema 10.

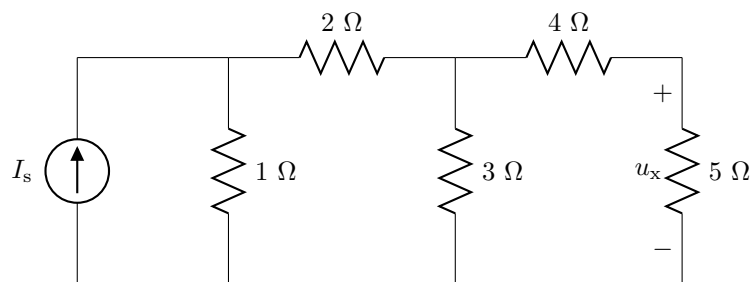


Figura 2.11: Circuito del problema 11.

12. Determina cuánta potencia está absorbiendo la resistencia  $R_x$  en el circuito de la figura 2.12.

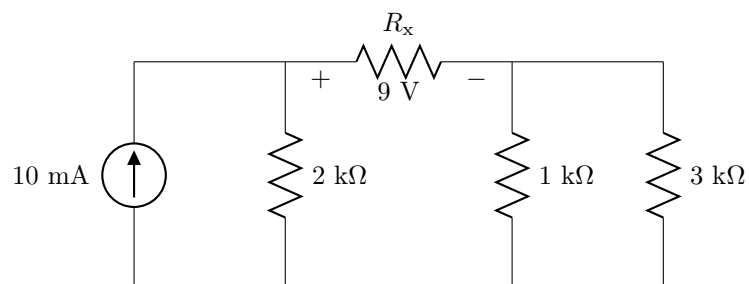


Figura 2.12: Circuito del problema 12.

13. Utiliza los conceptos de divisor de tensión e intensidad para hallar una expresión para  $u_5$  en el circuito de la figura 2.13.

14. Calcula  $i$  en el circuito de la figura 2.14.

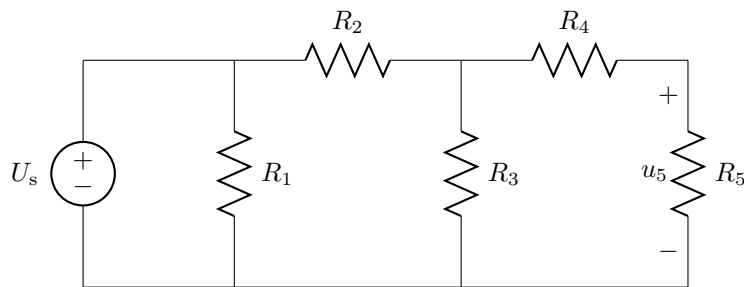


Figura 2.13: Circuito del problema 13.

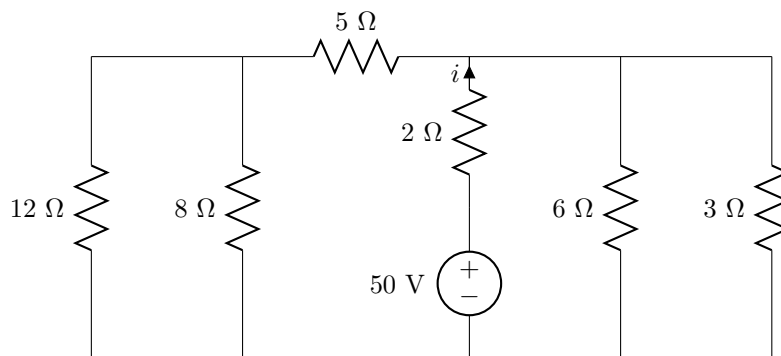


Figura 2.14: Circuito del problema 14.

15. Calcula todas las corrientes en el circuito de la figura 2.15.

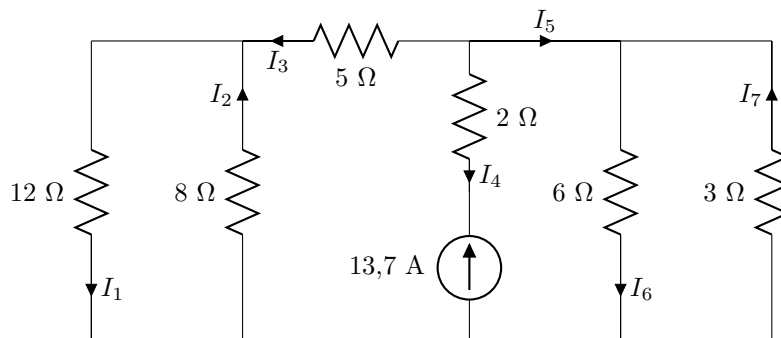


Figura 2.15: Circuito del problema 15.

16. En el circuito de la figura 2.16 calcula: a) la tensión  $U$ , siendo  $U_2 = 73,1$  V; b) la tensión  $U_1$ .

17. Calcula la resistencia equivalente  $R_{ab}$  en el circuito de la figura 2.17.



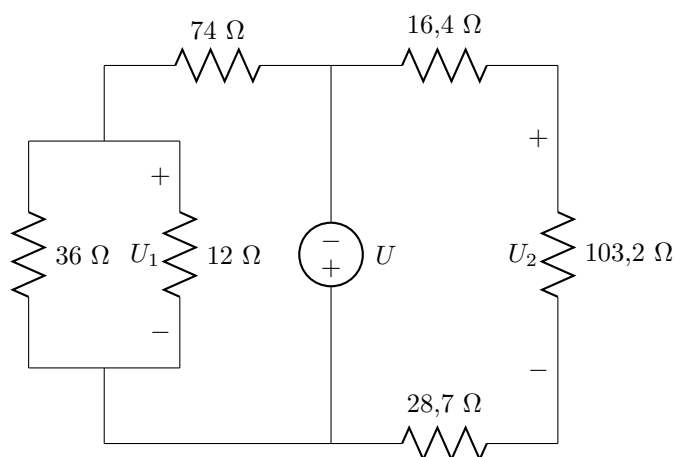


Figura 2.16: Circuito del problema 16.

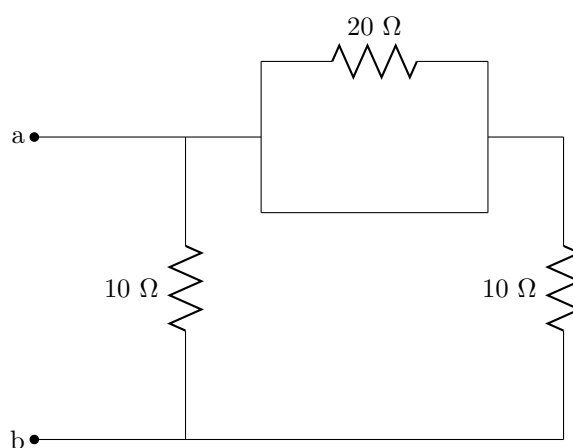


Figura 2.17: Circuito del problema 17.

18. Calcula la potencia absorbida por las resistencias y la potencia que entregan las fuentes en el circuito de la figura 2.18.
19. En el circuito de la figura 2.19 calcula: a) el valor de  $I$  si  $U = 126$  V; b) el valor de la intensidad que circula por la resistencia de  $5 \Omega$ ; c) el valor de  $U$  si  $I = 28$  A.

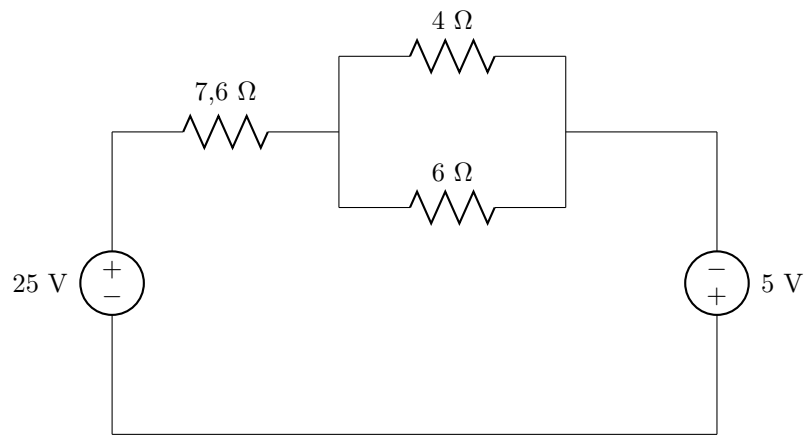


Figura 2.18: Circuito del problema 18.

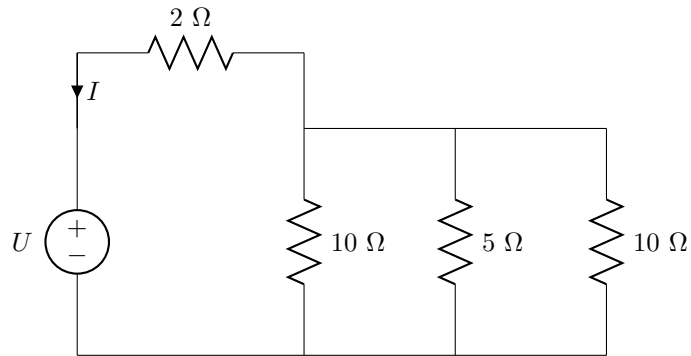


Figura 2.19: Circuito del problema 19.

20. En el circuito de la figura 2.20 calcula: a) la potencia que entrega la fuente; b) la potencia disipada en la resistencia de  $6 \Omega$ .
21. En el circuito de la figura 2.21 calcula: a)  $U$ , si  $I_4 = 2,25 \text{ A}$ ; b)  $I_8$ , si  $U = 150 \text{ V}$ .

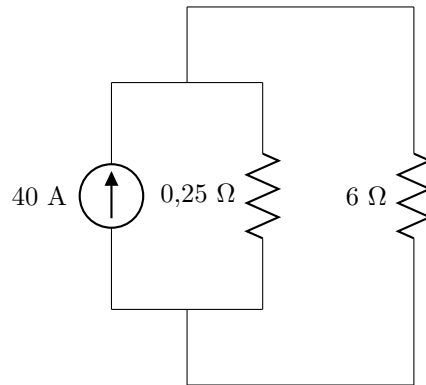


Figura 2.20: Circuito del problema 20.

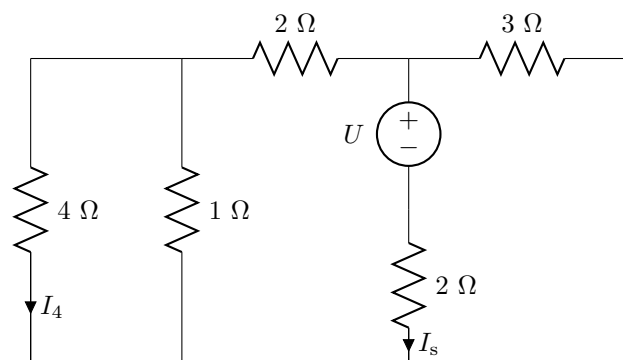


Figura 2.21: Circuito del problema 21.

22. En el circuito de la figura 2.22 calcula las siguientes resistencias equivalentes: a)  $R_{ac}$ ; b)  $R_{ab}$ ; c)  $R_{cd}$ ; d)  $R_{ca}$ ; e)  $R_{bb}$ .

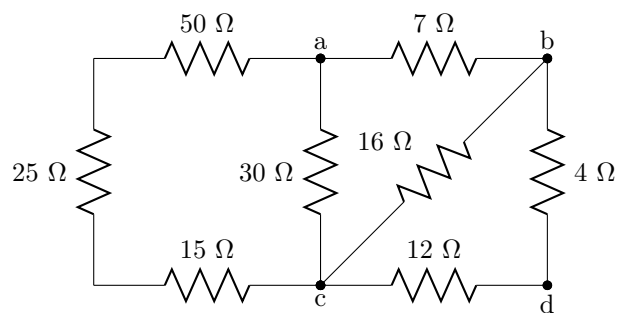


Figura 2.22: Circuito del problema 22.

23. En el circuito de la figura 2.23 calcula  $U_1, U_2, U_3, U_4, I_1, I_2$  e  $I_3$  en régimen estacionario.

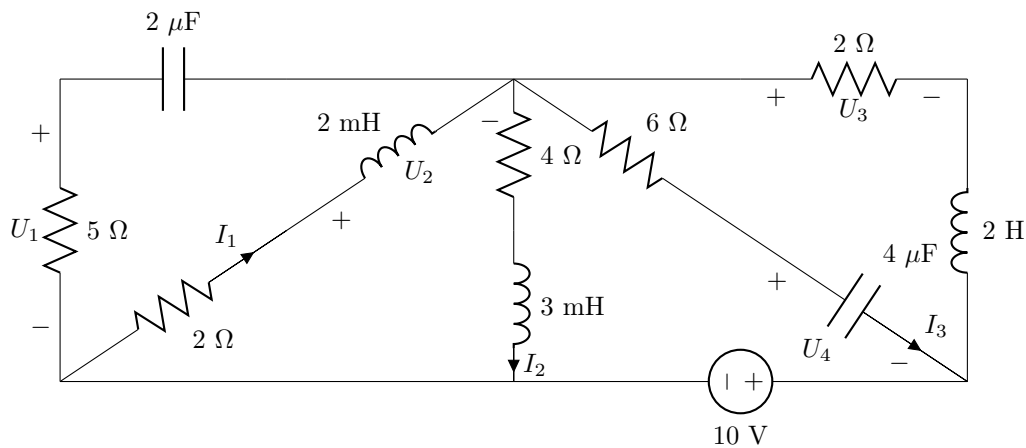


Figura 2.23: Circuito del problema 23.

*SOLUCIONES*

1.  $P_{6 \text{ k}\Omega} = 42,67 \text{ mW}$ ;  $P_{12 \text{ k}\Omega} = 21,33 \text{ mW}$ ;  $P_{8 \text{ mA}} = 128 \text{ mW}$ ;  $P_{12 \text{ mA}} = -192 \text{ mW}$ ;  $\sum P = 0$ .
2.  $R_{AB} = 10 \Omega$ .
3.  $8,75 \text{ V}$ .
4.  $0,3 \text{ A}$ ;  $0,48 \text{ W}$ .
5.  $5 \text{ mA}$ .
6. a)  $u_2 = \frac{U_S R_2 (R_3 + R_4)}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$ ; b)  $u_3 = \frac{U_S R_2 R_3}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$ ; c)  $i_4 = \frac{U_S R_2}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$ .
7.  $i = 2 \text{ A}$ ;  $i_1 = -0,75 \text{ A}$ .
8.  $i_1 = i_s/2$ .
9. a)  $4 \text{ mA}$ ; b)  $36 \text{ mA}$ ; c)  $7,5 \text{ mA}$ ; d)  $12 \text{ mA}$ .
10. a)  $-8 \text{ V}$ ; b)  $i_2 = 0,4 \text{ mA}$ ;  $i_3 = 0,6 \text{ mA}$ .
11. a)  $42 \text{ A}$ ; b)  $11,9 \text{ V}$ ; c)  $0,238$ .
12.  $36 \text{ mW}$ .
13.  $u_5 = \frac{U_S R_3 R_5}{(R_4 + R_5)(R_2 + R_3) + R_2 R_3}$ .
14.  $13,66 \text{ A}$ .
15.  $I_1 = 0,93 \text{ A}$ ;  $I_2 = -1,39 \text{ A}$ ;  $I_3 = 2,32 \text{ A}$ ;  $I_4 = -13,7 \text{ A}$ ;  $I_5 = 11,38 \text{ A}$ ;  $I_6 = 3,79 \text{ A}$ ;  $I_7 = -7,59 \text{ A}$ .
16. a)  $-105 \text{ V}$ ; b)  $11,39 \text{ V}$ .
17.  $R_{ab} = 5 \Omega$ .
18.  $P_{7,6 \Omega} = 68,4 \text{ W}$ ;  $P_{6 \Omega} = 8,64 \text{ W}$ ;  $P_{4 \Omega} = 12,96 \text{ W}$ ;  $P_{25 \text{ V}} = 75 \text{ W}$ ;  $P_{5 \text{ V}} = 15 \text{ W}$ .
19. a)  $-28 \text{ A}$ ; b)  $14 \text{ A}$ ; c)  $-126 \text{ V}$ .
20. a)  $384 \text{ W}$ ; b)  $15,36 \text{ W}$ .
21. a)  $75 \text{ V}$ ; b)  $-43,5 \text{ A}$ .
22. a)  $9 \Omega$ ; b)  $5,69 \Omega$ ; c)  $6,54 \Omega$ ; d)  $9 \Omega$ ; e)  $0$ .
23.  $I_1 = -2 \text{ A}$ ;  $I_2 = 1 \text{ A}$ ;  $I_3 = 0$ ;  $U_1 = 0$ ;  $U_2 = 0$ ;  $U_3 = -6 \text{ V}$ ;  $U_4 = -6 \text{ V}$ .

## Capítulo 3

# TEOREMAS DE REDES Y ALGUNAS TÉCNICAS ÚTILES PARA EL ANÁLISIS DE CIRCUITOS

1. En el circuito de la figura 3.1 utiliza el análisis de mallas para determinar  $i_1$ , si el elemento A es:  
a) un circuito abierto; b) una fuente de corriente de 5 A con la flecha dirigida hacia la derecha;  
c) una resistencia de 5  $\Omega$ .
2. En el circuito de la figura 3.1 utiliza el análisis de mallas para determinar  $u_3$  si el elemento A es:  
a) un cortocircuito; b) una fuente de tensión de 20 V con la referencia positiva a la derecha.

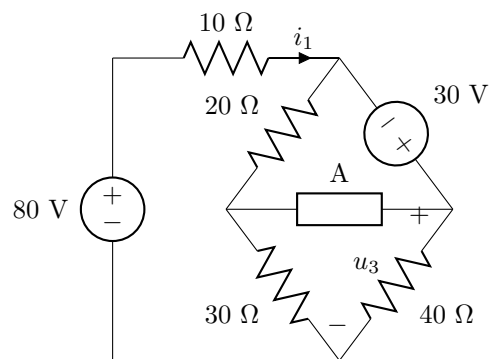


Figura 3.1: Circuito de los problemas 1 y 2.

3. En el circuito de la figura 3.2 utiliza el análisis de nodos para determinar  $u_x$  si el elemento A es: a) una resistencia de 25  $\Omega$ ; b) una fuente de corriente de 5 A con la flecha señalando hacia la derecha; c) una fuente de tensión de 10 V con la referencia positiva a la derecha; d) un cortocircuito.
4. En el circuito de la figura 3.2 utiliza el análisis de nodos para determinar  $u_y$  si el elemento A es: a) un circuito abierto; b) una resistencia de 10  $\Omega$  en serie con una fuente de tensión de 10 V con la referencia positiva a la derecha.
5. Utiliza el análisis de mallas para encontrar  $i_x$  en el circuito de la figura 3.3.

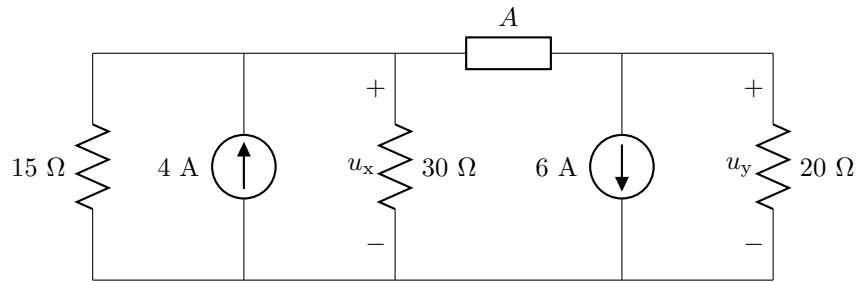


Figura 3.2: Circuito de los problemas 3 y 4.

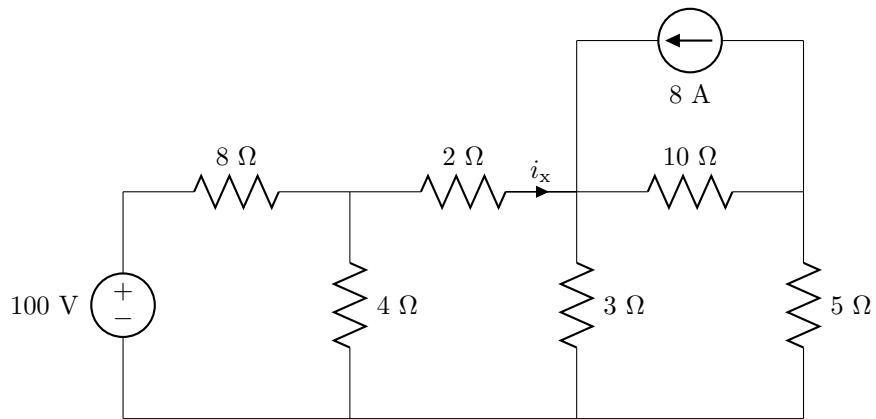


Figura 3.3: Circuito del problema 5.

6. En el circuito de la figura 3.4, halla  $i_1$ .
7. Halla  $i_x$  por mallas en el circuito de la figura 3.5.

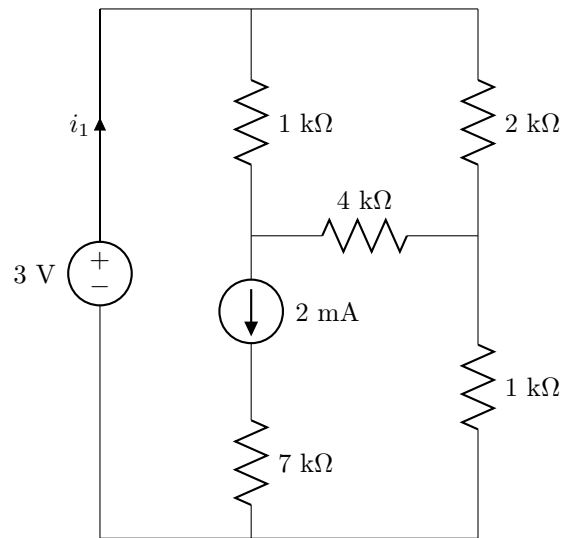


Figura 3.4: Circuito del problema 6.

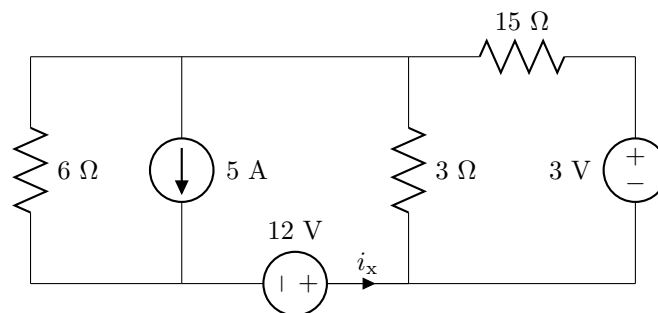


Figura 3.5: Circuito del problema 7.

8. Halla  $u_1$  en el circuito de la figura 3.6. Haz un balance de potencias, y comprueba que la potencia suministrada por las fuentes es igual a la absorbida por los receptores.
9. Utiliza superposición para determinar el valor de  $u_x$  en el circuito de la figura 3.7.

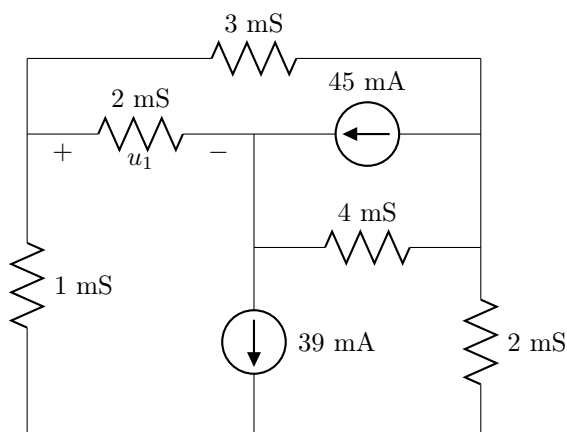


Figura 3.6: Circuito del problema 8.

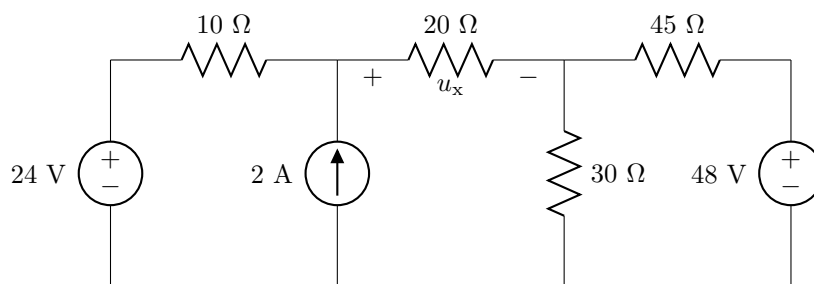


Figura 3.7: Circuito del problema 9.

10. Aplica superposición al circuito de la figura 3.8 para encontrar  $i_3$ .

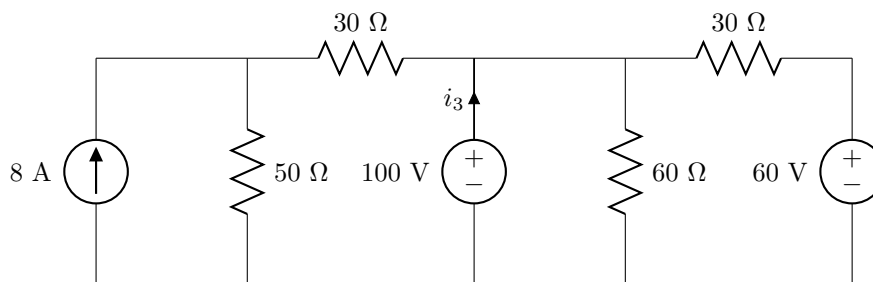


Figura 3.8: Circuito del problema 10.

11. Un circuito lineal está alimentado con una fuente de corriente de valor  $i_A$  y con dos fuentes de tensión de valores  $u_B$  y  $u_C$ . Con las fuentes  $i_A$  y  $u_B$  encendidas, una de las intensidades del circuito,  $i_x$ , vale 20 A; con  $i_A$  y  $u_C$  encendidas,  $i_x = -5$  A; por último, con las tres fuentes encendidas,  $i_x = 12$  A. Encuentra  $i_x$  si la única fuente que está operando es: a)  $i_A$ ; b)  $u_B$ ; c)  $u_C$ ; d) encuentra  $i_x$  si la corriente  $i_A$  y el voltaje  $u_C$  se duplican en amplitud y el voltaje  $u_B$  se invierte.
12. Usa transformaciones de fuentes y combinación de resistencias para simplificar las redes de las figuras 3.9 y 3.10 hasta que sólo queden dos elementos a la izquierda de las terminales a y b.



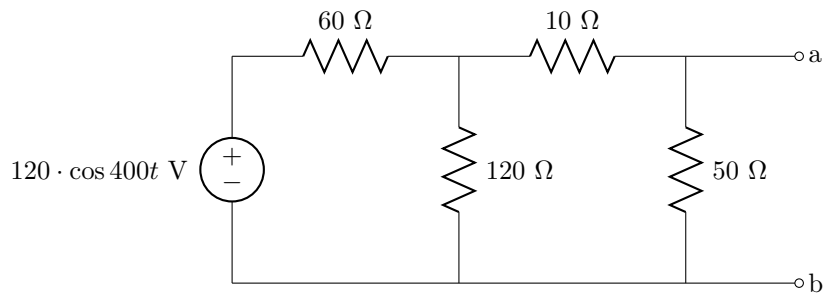


Figura 3.9: Red apartado a) del problema 12.

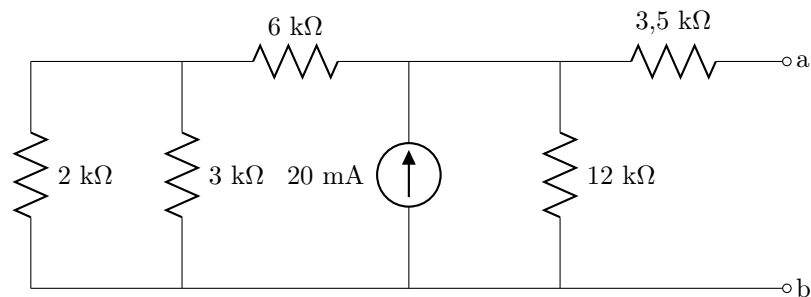


Figura 3.10: Red apartado b) del problema 12.

13. En el circuito de la figura 3.11 se cumple que  $R_{\text{sal}} = 3 \text{ k}\Omega$ . Halla: a)  $i_{\text{sal}}$  y la potencia que absorbe  $R_{\text{sal}}$ ; b) reduce la red a una sola fuente de tensión con una resistencia (además de  $R_{\text{sal}}$ ), para determinar la potencia de  $R_{\text{sal}}$ .

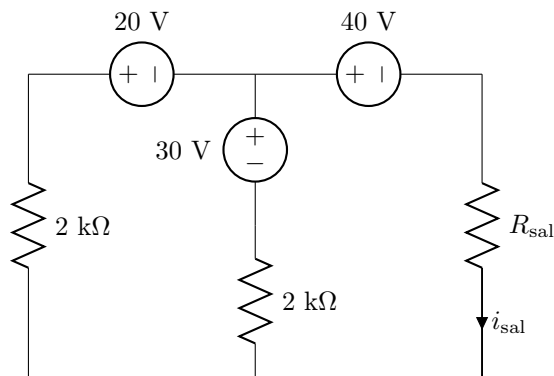


Figura 3.11: Circuito del problema 13.

14. Encuentra el equivalente Thevenin entre los terminales a y b para el circuito de la figura 3.12. ¿Cuánta potencia se entregaría a un resistor conectado a los terminales a y b si  $R_{\text{ab}}$  es igual a: a)  $50 \Omega$ ; b)  $12,5 \Omega$ ?
15. Reemplaza el circuito de la figura 3.13 con su equivalente Norton.
16. En un vehículo determinado, cuando se enciende la radio, la batería le suministra  $12,5 \text{ V}$ . Si apagada la radio se conectan un par de faros, la batería suministra  $11,8 \text{ V}$ . Suponiendo que la radio se puede modelizar como una resistencia de  $6 \Omega$ , y los faros como una resistencia de  $0,75 \Omega$ , halla los circuitos equivalentes Thevenin y Norton para la batería.

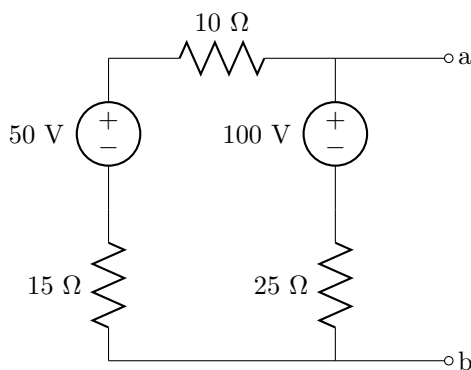


Figura 3.12: Circuito del problema 14.

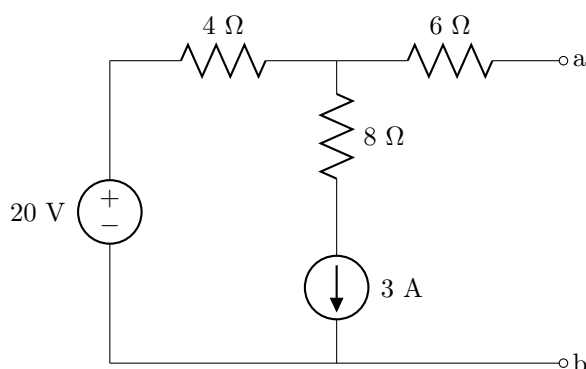


Figura 3.13: Circuito del problema 15.

17. Calcula la resistencia interna de una batería que en circuito abierto tiene un voltaje de 12 V y suministra 100 A a una resistencia de  $0,1 \Omega$ .
18. Las mediciones hechas en una fuente real de corriente continua muestran un voltaje entre sus terminales de 100 V para una resistencia de carga de  $100 \Omega$ , y 105 V para una resistencia de  $210 \Omega$ . Obtén el circuito equivalente de esta fuente.
19. En ausencia de carga, la tensión entre los terminales de un generador de corriente continua es de 120 V. Cuando suministra su corriente nominal a 40 A, su tensión entre terminales baja a 112 V. Encuentra el circuito equivalente de esta fuente.
20. La red de la figura 3.14 se conoce con el nombre de puente de Wheatstone. Dicho puente se dice que se encuentra en estado de equilibrio cuando el valor de las resistencias es tal que la corriente  $i$  en la rama central es nula. ¿Qué relación debe existir entre  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  para que  $i$  sea igual a cero?
21. Calcula el valor de  $R$  para que la resistencia  $R_1 = 1 \Omega$  del circuito de la figura 3.15 absorba la máxima potencia. ¿Cuál es el valor de esa potencia?

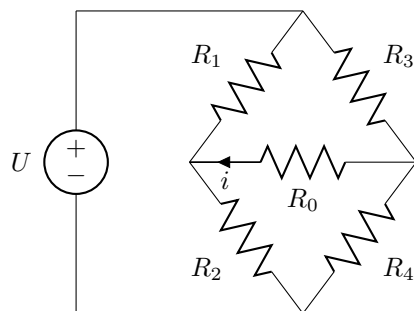


Figura 3.14: Red del problema 20.

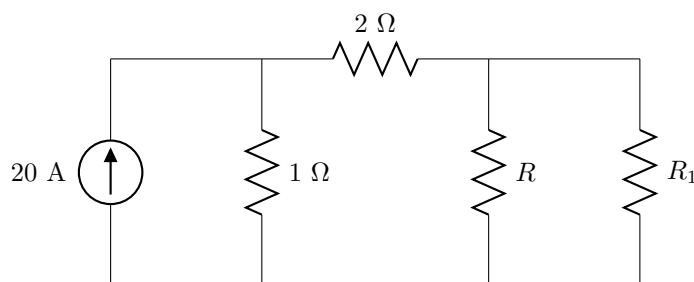


Figura 3.15: Circuito del problema 21.

22. En el circuito de la figura 3.16, calcula en régimen permanente: a) la carga almacenada en el condensador; b) la intensidad que circula por la bobina; c) el potencial del nodo A, sabiendo que el nodo O está conectado a tierra (referencia de potencial igual a cero).
23. En el circuito de la figura 3.17, la resistencia  $R$  disipa  $75\text{ W}$ . Calcula: a) los valores de  $R$ ; b) el valor de  $R$  para que disipe la máxima potencia; c) el valor de la potencia máxima.
24. En el circuito de la figura 3.18, determina los valores de la tensión Thevenin y de la intensidad Norton entre los puntos a y b. Comprueba que su cociente coincide con la resistencia de la red con las fuentes eliminadas. ¿Qué resistencia debería colocarse entre los puntos a y b para que disipara la potencia máxima? ¿Cuál sería el valor de dicha potencia?
25. Determina las resistencias que habría que conectar con las redes de la figura 3.19 entre los puntos a y b para que absorbieran la máxima potencia y el valor de dichas potencias.

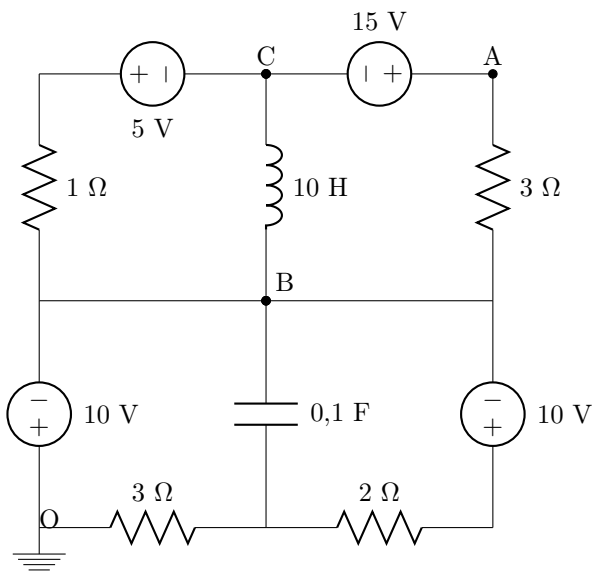


Figura 3.16: Circuito del problema 22.

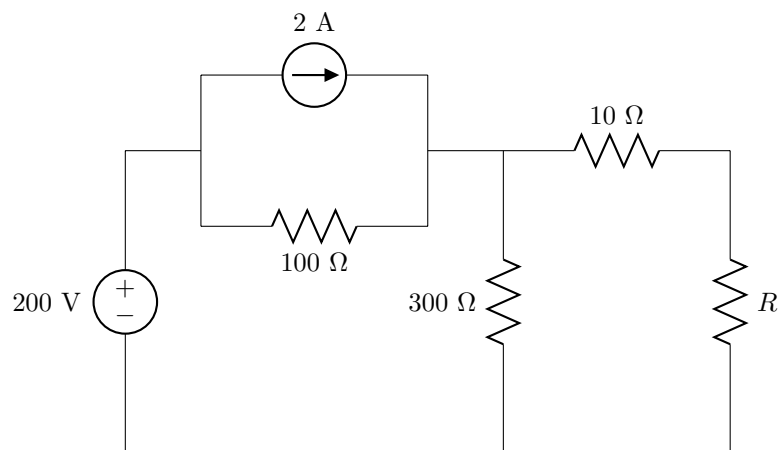


Figura 3.17: Circuito del problema 23.

*SOLUCIONES*

1. a) 3 A; b) 1,621 A; c) 3,76 A.
2. a) 69,5 V; b) 73,7 V.
3. a) 10,91 V; b) -10 V; c) -16,67 V; d) -13,33 V.
4. a) -120 V; b) -35 V.
5. 2,79 A.
6. 3 mA.
7. 5 A.
8. 1 V.
9. 10,33 V.

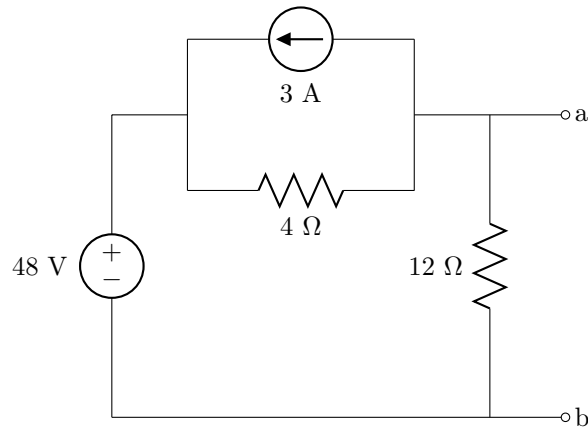


Figura 3.18: Circuito del problema 24.

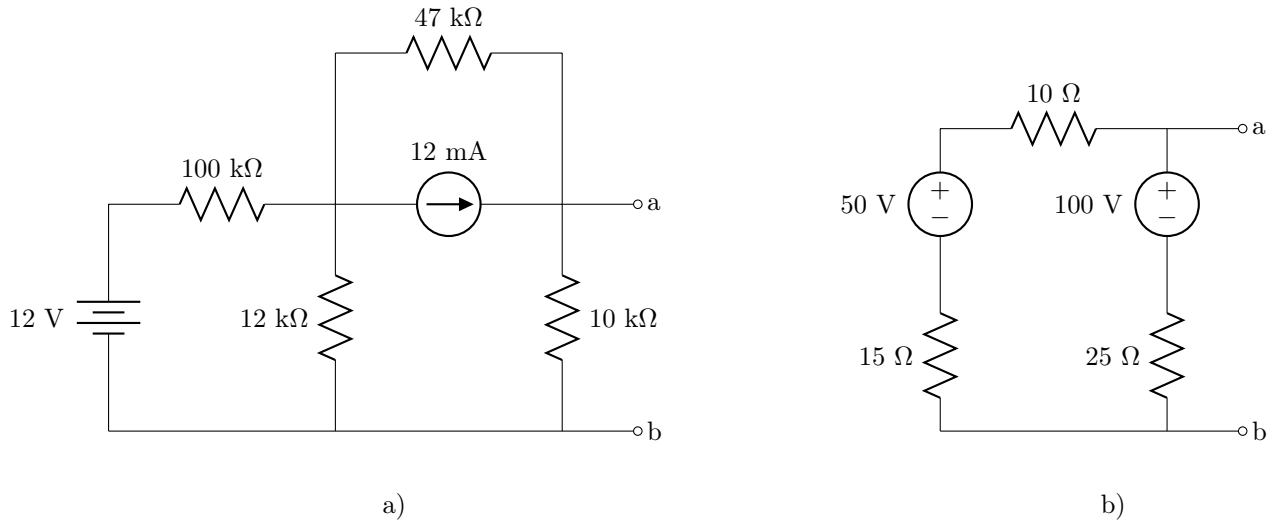


Figura 3.19: Redes del problema 25.

10.  $-0,75 \text{ A}$ .
11. a)  $3 \text{ A}$ ; b)  $17 \text{ A}$ ; c)  $-8 \text{ A}$ ; d)  $-27 \text{ A}$ .
12. a) Fuente de tensión de  $40 \cdot \cos 400t \text{ V}$  en serie con  $25 \Omega$ ; b) fuente de tensión de  $90 \text{ V}$  en serie con  $8 \text{ k}\Omega$ .
13. a)  $-8,75 \text{ mA}$ ;  $230 \text{ mW}$ ; b) fuente de tensión de  $-35 \text{ V}$  en serie con  $1 \text{ k}\Omega$  y con  $R_{\text{sal}}$ ;  $230 \text{ mW}$ .
14. Fuente de tensión de  $75 \text{ V}$  en serie con  $12,5 \Omega$ ; a)  $72 \text{ W}$ ; b)  $112,5 \text{ W}$ .
15. Fuente de corriente de  $0,8 \text{ A}$  en paralelo con  $10 \Omega$ .
16. Fuente de tensión de  $12,6 \text{ V}$  en serie con  $52 \text{ m}\Omega$ ; fuente de corriente de  $242,5 \text{ A}$  en paralelo con  $52 \text{ m}\Omega$ .
17.  $0,02 \Omega$ .
18. Fuente de tensión de  $110 \text{ V}$  en serie con  $10 \Omega$ .
19. Fuente de tensión de  $120 \text{ V}$  en serie con  $0,2 \Omega$ .

20.  $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$
21. 1,5  $\Omega$ ; 11,1 W.
22. a) 1 C; b)  $I_{BC} = 10$  A; c) 5 V.
23. a) 1,02 k $\Omega$  y 7,06  $\Omega$ ; b) 85  $\Omega$ ; c) 264,71 W.
24.  $U_{TH} = 27$  V;  $I_N = 9$  A;  $R_{TH} = 3$   $\Omega$ ;  $R_L = 3$   $\Omega$ ; 60,75 W.
25. a) 8,52 k $\Omega$ , 204,41 mW; b) 12,5  $\Omega$ , 112,5 W.

## Capítulo 4

# CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA

1. Transforma las siguientes expresiones a su forma binómica:

$$\begin{array}{llll} \text{a) } 12,3\angle 30^\circ; & \text{b) } 53\angle 160^\circ; & \text{c) } 86\angle -115^\circ; & \text{d) } 30\angle 0^\circ; \\ \text{e) } 15\angle -90^\circ; & \text{f) } 6\angle 90^\circ; & \text{g) } 15\angle 180^\circ & \end{array}$$

2. Transforma las siguientes expresiones a su forma polar:

$$\begin{array}{llll} \text{a) } -12 + 16j; & \text{b) } 2 - 4j; & \text{c) } -59 - 25j; & \text{d) } 0,0171 + j0,47; \\ \text{e) } 1 + j; & \text{f) } 1 - j; & \text{g) } -1 + j; & \text{h) } -1 - j \end{array}$$

3. Realiza las siguientes operaciones:

$$\begin{array}{llll} \text{a) } 10\angle 53,1^\circ + (4 + 2j); & \text{b) } (8 - 2j) + 10\angle 90^\circ; & \text{c) } (-4 - 6j) + 2 + 4j; \\ \text{d) } 2j(4 - 3j); & \text{e) } (-1 - j)(1 + j); & \text{f) } (5 + 5j)/(1 - j) \\ \text{g) } (8 + 12j)/2j; & \text{h) } 3\angle 20^\circ/2\angle -45^\circ; & \text{i) } 1\angle 80^\circ \cdot 25\angle -45^\circ \cdot 0,2\angle -15^\circ \end{array}$$

- Una onda senoidal de voltaje vale cero en  $t = 0$  y cada 3,93 ms después. En  $t = 3,12$  ms el voltaje es 30 V. Calcula  $\omega$ ,  $f$ ,  $T$  y  $U_{\max}$ .
- Una función coseno de corriente tiene un ángulo de fase de  $-26^\circ$  con periodos de 4,19 ms y magnitud de 1,14 mA en  $t = 0,286$  ms. Encuentra la función coseno.
- Una corriente sinusoidal  $i(t)$  alcanza su primer máximo negativo de  $-50$  mA en  $t = 7\pi/8$  ms, y tiene un período  $T = \pi$  ms. Expresa  $i(t)$  de dos formas: como un seno y como un coseno.
- Para la función de voltaje  $u(t) = 150 \cdot \text{sen}(500t - 30^\circ)$  V encuentra: a) el voltaje en  $t = 2,09$  ms; b) los tiempos en los cuales ocurre el máximo positivo; c) ¿cuál es su valor eficaz?
- Dibujar cada una de las siguientes funciones y especificar el período y la frecuencia: a)  $u_1(t) = \cos t$ ; b)  $u_2(t) = \text{sen } t$ ; c)  $u_3(t) = 2 \cdot \cos 2\pi t$ ; d)  $u_4(t) = 2 \cdot \cos(\frac{\pi t}{4} - 45^\circ)$ ; e)  $u_5(t) = 5 \cdot \text{sen}(10t + 60^\circ)$
- Obtén el ángulo de atraso de  $i_1(t)$  respecto a  $u_1(t)$  si  $u_1(t) = 120 \cdot \cos(120\pi t - 40^\circ)$  V e  $i_1(t)$  es igual a: a)  $2,5 \cdot \cos(120\pi t + 20^\circ)$  A; b)  $1,4 \cdot \text{sen}(120\pi t - 70^\circ)$  A; c)  $-0,8 \cdot \cos(120\pi t - 110^\circ)$  A.
- Sabiendo que la suma de dos funciones trigonométricas de igual frecuencia da lugar a otra función de la misma frecuencia, transformar  $u(t) = 3 \cdot \cos 100t + 4 \cdot \text{sen } 100t$  a la forma  $A \cdot \text{sen}(100t + \theta)$ .
- Dadas dos formas de onda sinusoidales, encuentra: a) la amplitud de cada una de las funciones y b) el ángulo de fase en que  $f(t)$  adelanta a  $g(t)$ , siendo  $f(t) = -50 \cdot \cos \omega t - 30 \cdot \text{sen } \omega t$  y  $g(t) = 55 \cdot \cos \omega t - 15 \cdot \text{sen } \omega t$ .
- Demostrar que el valor medio de  $\cos^2(\omega t + \varphi)$  es  $1/2$ .

13. Siendo  $u(t) = U_{dc} + U_{ac} \cdot \cos(\omega t + \theta)$ , demostrar que  $U_{ef}^2 = U_{dc}^2 + \frac{1}{2}U_{ac}^2$ .
14. Reducir  $u(t) = 2 \cdot \cos(\omega t + 30^\circ) + 3 \cdot \cos \omega t$  a la forma  $A \cdot \sin(\omega t + \varepsilon)$ .
15. En la siguiente tabla, halla el valor equivalente en grados o radianes según corresponda:

$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$			$\frac{2\pi}{3}$		$\frac{5\pi}{6}$		$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{4}$	
		$60^\circ$	$90^\circ$		$135^\circ$		$180^\circ$			$-120^\circ$

$\frac{3\pi}{2}$		$\frac{7\pi}{4}$			$-\frac{\pi}{4}$		$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{2\pi}{3}$		
	$-60^\circ$		$0^\circ$	$-30^\circ$		$-60^\circ$			$-135^\circ$	$-180^\circ$

16. Representa las siguientes funciones en la forma coseno y de forma que la función aparezca como positiva: a)  $1,4 \cdot \sin(120\pi t + 30^\circ)$ ; b)  $-20 \cdot \sin(100t - 90^\circ)$ ; c)  $B \cdot \sin 100t$ ; d)  $-10 \cdot \cos(100t - 30^\circ)$ ; e)  $5 \cdot \sin(100t + 170^\circ)$ .
17. Representa las siguientes funciones en la forma seno y de forma que la función aparezca como positiva: a)  $1,4 \cdot \cos(120\pi t + 30^\circ)$ ; b)  $-20 \cdot \sin(100t - 90^\circ)$ ; c)  $B \cdot \cos 100t$ ; d)  $-10 \cdot \cos(100t - 30^\circ)$ ; e)  $5 \cdot \cos(100t + 170^\circ)$ .
18. En el problema anterior, asocia a cada onda seno obtenida el fasor correspondiente, tanto en la forma polar, como binómica o cartesiana.
19. En la figura 4.1, halla sobre el circuito la impedancia de cada elemento para  $\omega = 1.000$  rad/s, y la impedancia equivalente entre los nodos: a) a y g; b) b y g; c) a y b.

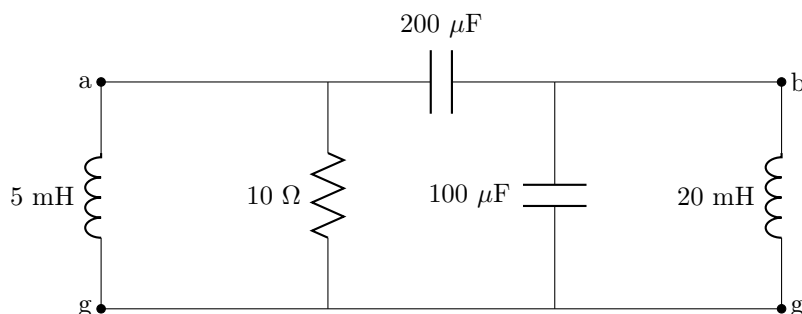


Figura 4.1: Circuito del problema 19.

20. Sabiendo que las impedancias siguientes corresponden a un solo elemento o a la agrupación de dos elementos en serie, halla el valor de los mismos para  $\omega = 1.000$  rad/s: a)  $\underline{Z} = (5 - j8) \Omega$ ; b)  $\underline{Z} = (2 + j4) \Omega$ ; c)  $\underline{Z} = 0,2 \Omega$ ; d)  $\underline{Z} = -j0,8 \Omega$ ; e)  $\underline{Z} = j3,5 \Omega$ .
21. A una resistencia de  $15 \Omega$  se le aplica una tensión  $u(t) = 5 \cdot \cos(2.000t - 20^\circ)$  V. Halla la intensidad de corriente y el desfase entre ambas ondas.
22. Por una bobina de  $10$  mH circula una intensidad de corriente  $i(t) = 5 \cdot \cos(2.000t + 15^\circ)$  A. Obtén su tensión. ¿Cuánto se retrasa la corriente respecto a la tensión?
23. A un condensador de  $50 \mu\text{F}$  se le aplica una intensidad de corriente  $i(t) = 10 \cdot \cos(5.000t + 30^\circ)$  A. Halla la diferencia de potencial en los terminales del condensador de dos formas: a) en el tiempo; b) mediante el análisis fasorial; c) ¿cuál es el desfase entre ambas magnitudes?; d) ¿cuál va adelantada?
24. Por un circuito serie con  $R = 10 \Omega$  y  $L = 20$  mH circula una intensidad de corriente  $i(t) = 2 \cdot \sin 500t$  A. Calcula: a) la impedancia equivalente de los dos elementos; b) el fasor de la intensidad; c) la tensión total  $\underline{U}_T$ ; d) la tensión total en forma temporal  $u_T(t)$ ; e) el ángulo con que  $i(t)$  retrasa respecto a  $u_T(t)$ ; f) la tensión en la resistencia  $\underline{U}_R$  y  $u_R(t)$ ; g) la tensión en la bobina  $\underline{U}_L$  y  $u_L(t)$ ; h) el ángulo con que  $i(t)$  retrasa a  $u_R(t)$ ; i) el ángulo con que  $i(t)$  retrasa a  $u_L(t)$ ; j) demostrar que  $\underline{U}_R + \underline{U}_L = \underline{U}_T$ .



25. Por un circuito serie con  $R = 15 \Omega$  y  $C = 1 \text{ mF}$  circula una intensidad de corriente  $i(t) = 2 \cdot \text{sen } 500t \text{ A}$ . Obtén: a) la impedancia equivalente; b) la tensión total en forma de fasor,  $\underline{U}_T$ ; c) el ángulo con que  $i(t)$  adelanta a  $u_T(t)$ ; d) halla la tensión en la resistencia,  $u_R(t)$ , y la tensión en el condensador,  $u_C(t)$ , utilizando el análisis fasorial.
26. Sabiendo que la corriente y la tensión en una impedancia que contiene dos elementos en serie son  $i(t) = 10 \cdot \cos(5.000t - 23,13^\circ) \text{ A}$  y  $u(t) = 50 \cdot \cos(5.000t + 30^\circ) \text{ V}$ , halla: a) el valor de la impedancia a partir de la relación entre el fasor tensión y el fasor intensidad; b) a partir de la impedancia, el valor de los dos elementos.
27. La intensidad de corriente en un circuito serie con  $R = 5 \Omega$  y  $L = 30 \text{ mH}$  retrasa  $80^\circ$  respecto a la tensión suministrada. Determinar la frecuencia de la fuente y la impedancia total.
28. La tensión aplicada al circuito representado en la figura 4.2 es  $u(t) = 50 \cdot \text{sen}(5.000t + 45^\circ) \text{ V}$ . Halla las intensidades de corriente en todas las ramas así como la intensidad total  $i_T(t)$ .

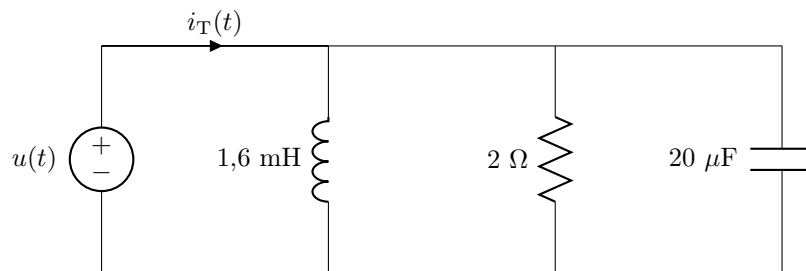


Figura 4.2: Circuito del problema 28.

29. Resuelve el problema anterior de otra manera. Halla la impedancia total equivalente del circuito, y después la intensidad total.
30. Por la asociación en serie RLC de la figura 4.3 circula una corriente  $i(t) = 3 \cdot \cos(5.000t + 60^\circ) \text{ A}$ . Halla la caída de potencial en cada elemento y la tensión total.

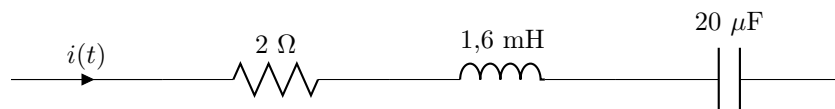


Figura 4.3: Circuito del problema 30.

31. Resuelve el problema anterior hallando primero la impedancia equivalente total y después la tensión total.
32. Determina  $\underline{Z}_{\text{eq}}$  e  $\underline{I}$  en el circuito de la figura 4.4.
33. Calcula la impedancia equivalente  $\underline{Z}_{\text{eq}}$  y la admitancia equivalente  $\underline{Y}_{\text{eq}}$  del circuito de la figura 4.5. Si la intensidad de corriente total  $\underline{I}$  que absorbe el circuito es  $33 \angle -13^\circ \text{ A}$ , obtén la intensidad de corriente  $\underline{I}_3$  y la tensión  $\underline{U}$ .

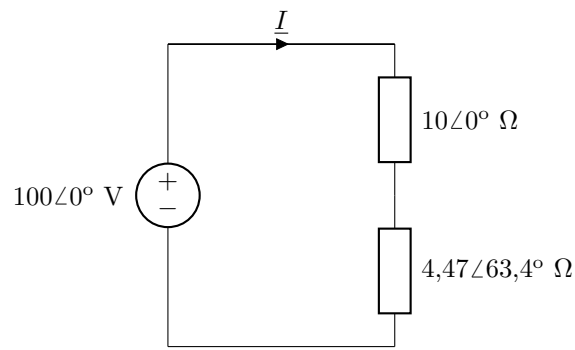


Figura 4.4: Circuito del problema 32.

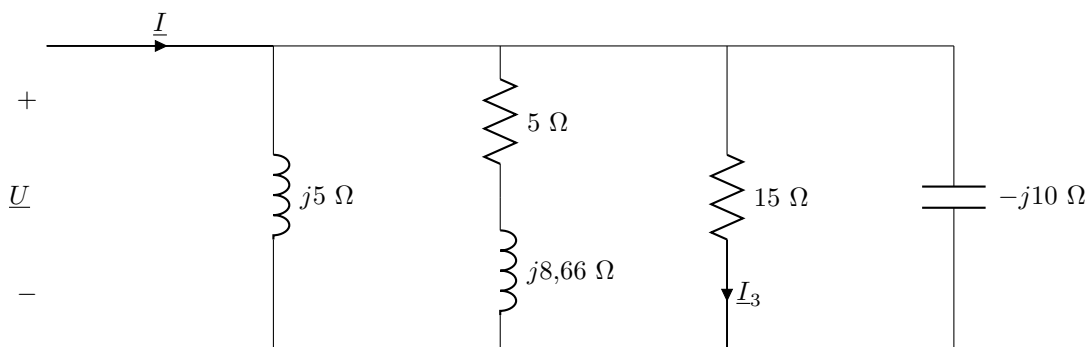


Figura 4.5: Circuito del problema 33.

34. En el circuito de la figura 4.6,  $\omega = 1.200 \text{ rad/s}$ ,  $\underline{I}_C = 1,2 \angle 28^\circ \text{ A}$  e  $\underline{I}_L = 3 \angle 53^\circ \text{ A}$ . Encuentra: a)  $\underline{I}_S$ ; b)  $\underline{U}_S$ ; c)  $i_R(t)$ .

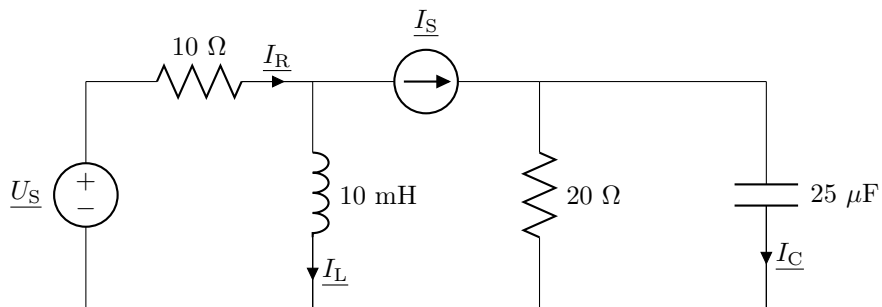


Figura 4.6: Circuito del problema 34.

35. Para el circuito de la figura 4.7 encuentra en el dominio de la frecuencia: a)  $\underline{I}_1$ ; b)  $\underline{I}_2$ ; c)  $\underline{I}_3$ .
36. Encuentra la impedancia de entrada entre los terminales a y b de la figura 4.8, si  $\omega$  es igual a: a)  $800 \text{ rad/s}$ ; b)  $1.600 \text{ rad/s}$ .

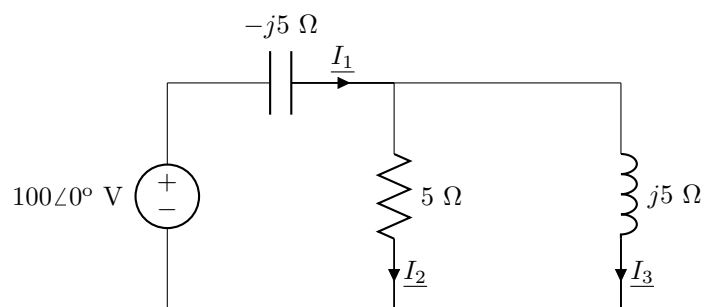


Figura 4.7: Circuito del problema 35.

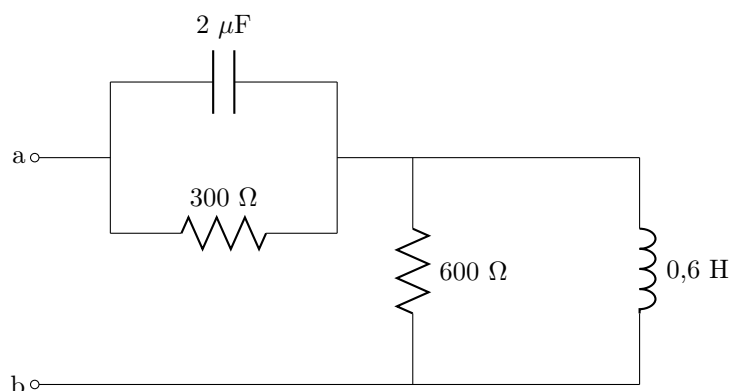


Figura 4.8: Circuito del problema 36.

37. Sea  $\omega = 100$  rad/s en el circuito de la figura 4.9. Encuentra a) la impedancia de entrada,  $Z_{\text{entrada}}$ ; b)  $Z_{\text{entrada}}$  si se conecta en cortocircuito x con y.

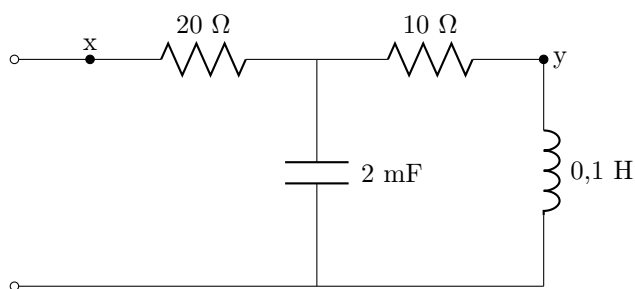


Figura 4.9: Circuito del problema 37.

38. Siendo  $\omega = 2$  krad/s, encuentra  $\underline{U}$  en la figura 4.10, si la caja contiene: a)  $3 \Omega$  en serie con  $2$  mH; b)  $3 \Omega$  en serie con  $125 \mu\text{F}$ ; c)  $3 \Omega$ ,  $2$  mH y  $125 \mu\text{F}$  en serie; d)  $3 \Omega$ ,  $2$  mH y  $125 \mu\text{F}$  en serie pero con  $\omega = 4$  krad/s.
39. En el circuito de la figura 4.11, agrupando impedancias y aplicando divisor de tensiones, halla las tensiones  $u_a(t)$  y  $u_b(t)$  si  $u_s(t) = 1,2 \cdot \cos 4.000t$  V.

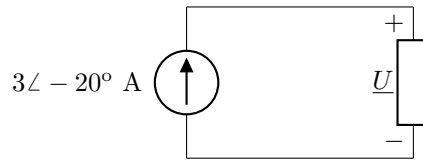


Figura 4.10: Circuito del problema 38.

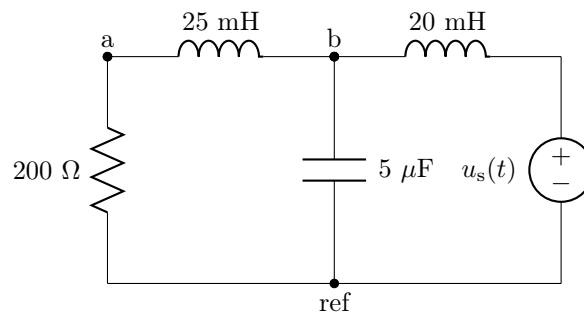


Figura 4.11: Circuito del problema 39.

40. Utiliza el análisis de nodos en el circuito que se muestra en la figura 4.12 para encontrar: a)  $\underline{U}_1$ ; b)  $\underline{U}_2$ .

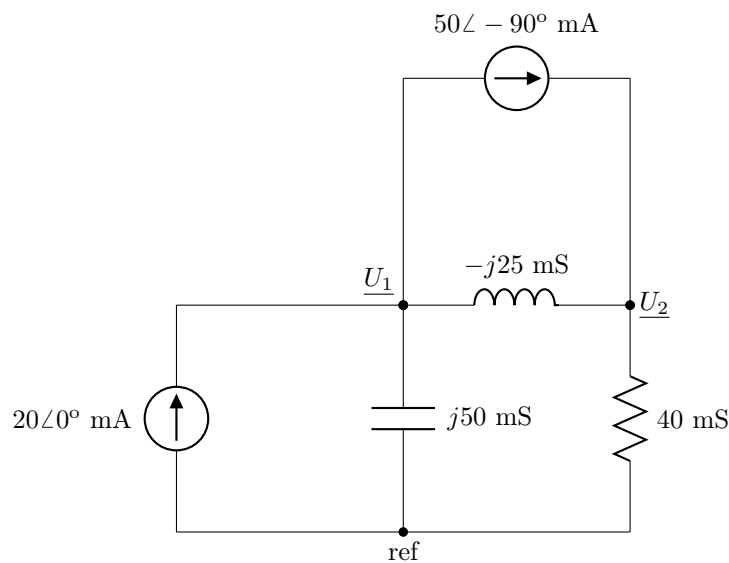


Figura 4.12: Circuito de los problemas 40 y 41.

41. Si se usa superposición en el circuito de la figura 4.12, encuentra  $\underline{U}_1$  con: a) sólo la fuente de  $20\angle 0^\circ$  mA operando; b) sólo la fuente de  $50\angle -90^\circ$  mA operando.
42. Utiliza el análisis de mallas en el circuito de la figura 4.13 para determinar: a)  $\underline{I}_1$ ; b)  $\underline{I}_2$ .
43. Para el circuito mostrado en la figura 4.14 encuentra: a) la tensión de circuito abierto,  $\underline{U}_{ab}$ ; b) la corriente hacia abajo en un cortocircuito entre los terminales a y b; c) la impedancia equivalente Thevenin,  $\underline{Z}_{TH}$ .

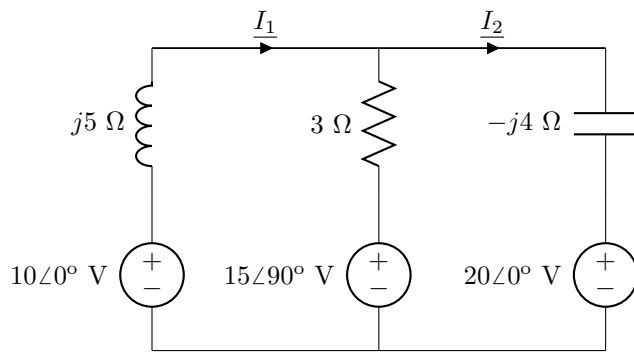


Figura 4.13: Circuito del problema 42.

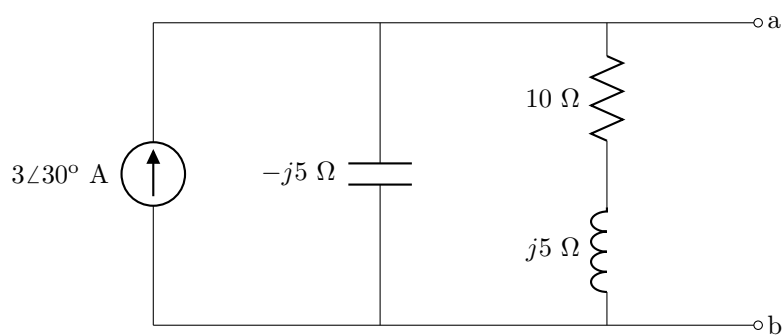


Figura 4.14: Circuito del problema 43.

44. Si  $\underline{U} = 10\angle 0^\circ$  V en el circuito de la figura 4.15, halla  $\underline{I}_R$ ,  $\underline{I}_L$ ,  $\underline{I}_C$  e  $\underline{I}_S$  y representa todas las magnitudes en un mismo diagrama fasorial. ¿Qué ángulo adelanta  $\underline{I}_S$  respecto a: a)  $\underline{I}_R$ ; b)  $\underline{I}_C$ ; c)  $\underline{I}_x$ ?

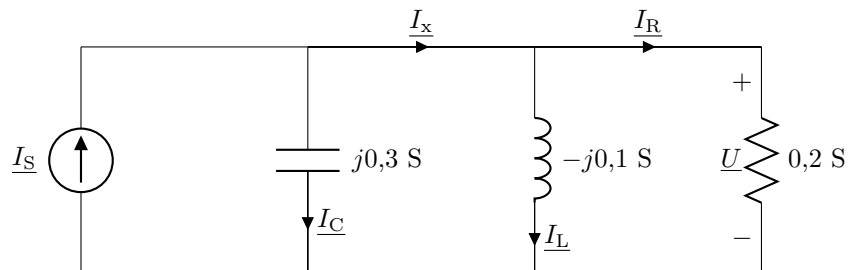


Figura 4.15: Circuito del problema 44.

45. Si en el circuito de la figura 4.16  $\underline{I}_C = 1\angle 0^\circ$  A, dibuja un diagrama fasorial que muestre  $\underline{I}_C$ ,  $\underline{U}_1$ ,  $\underline{U}_2$ ,  $\underline{U}_R$  y  $\underline{U}_S$ .
46. Utiliza el análisis fasorial y de nodos en el circuito de la figura 4.17 para hallar  $\underline{U}_2$ .
47. En el circuito de la figura 4.17 utiliza el análisis de mallas para determinar  $\underline{I}_B$ .

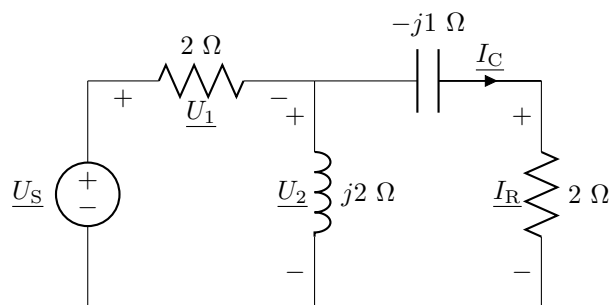


Figura 4.16: Circuito del problema 45.

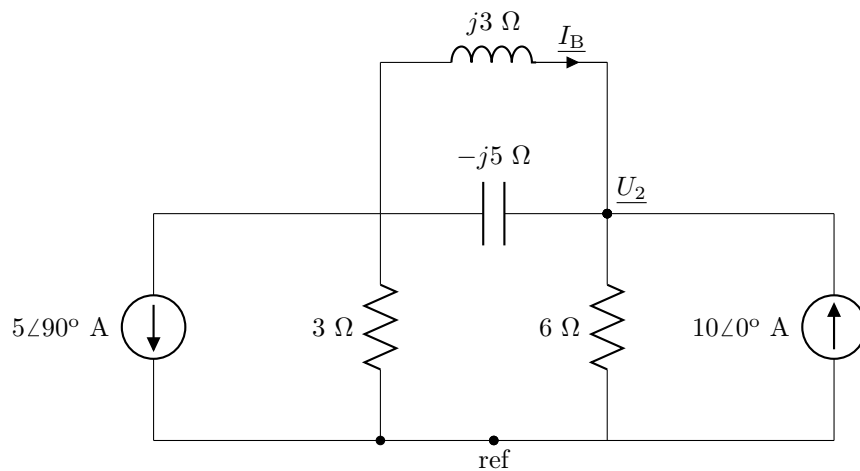


Figura 4.17: Circuito de los problemas 46 y 47.

48. En el circuito de la figura 4.18, encuentra  $u_x(t)$ , si  $u_{s1}(t) = 20 \cdot \cos 1.000t$  V y  $u_{s2}(t) = 20 \cdot \sin 1.000t$  V.
49. Utiliza el análisis de mallas para encontrar  $i_x(t)$  en el circuito de la figura 4.19.
50. En el circuito de la figura 4.19, halla  $u_x(t)$  usando análisis de nodos.

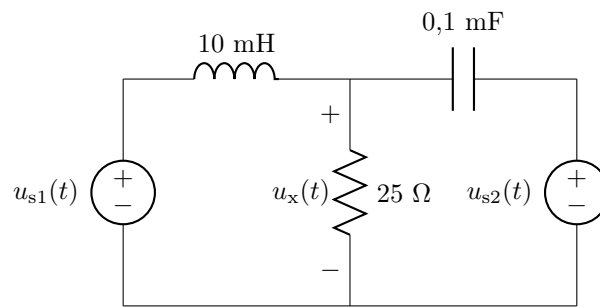


Figura 4.18: Circuito del problema 48.

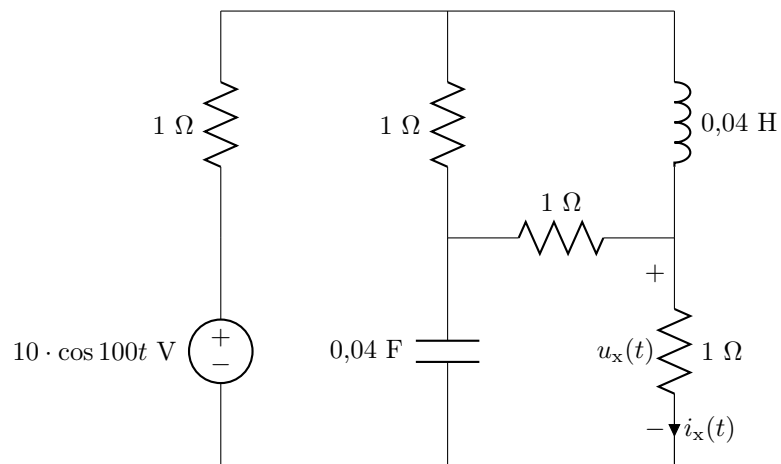


Figura 4.19: Circuito de los problemas 49 y 50.

51. Encuentra el equivalente Thevenin para el circuito de la figura 4.20.
52. Utiliza el método de nodos para obtener la intensidad de corriente  $\underline{I}$  en el circuito de la figura 4.21.

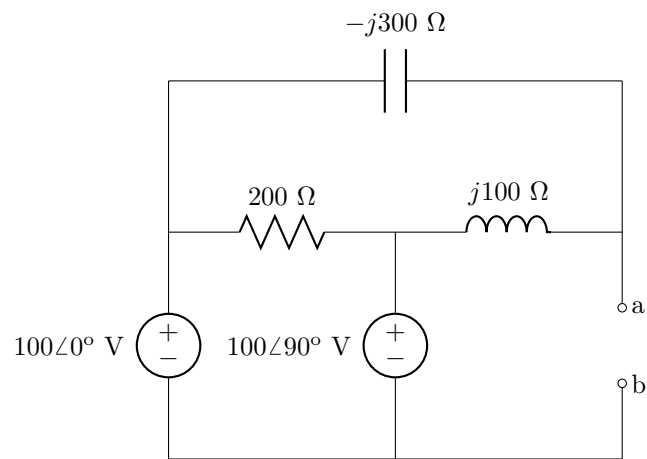


Figura 4.20: Circuito del problema 51.

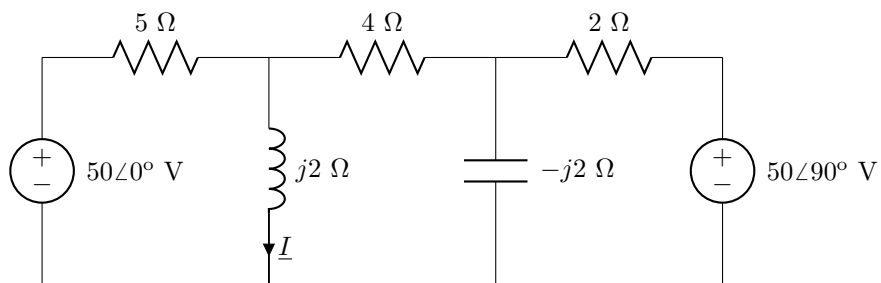


Figura 4.21: Circuito del problema 52.

53. Sustituir el circuito activo de la figura 4.22 visto desde los terminales a y b por el circuito Thevenin equivalente.
54. Obtén el circuito equivalente Norton del circuito de la figura 4.22.
55. Obtén el circuito equivalente Thevenin del circuito en puente de la figura 4.23.



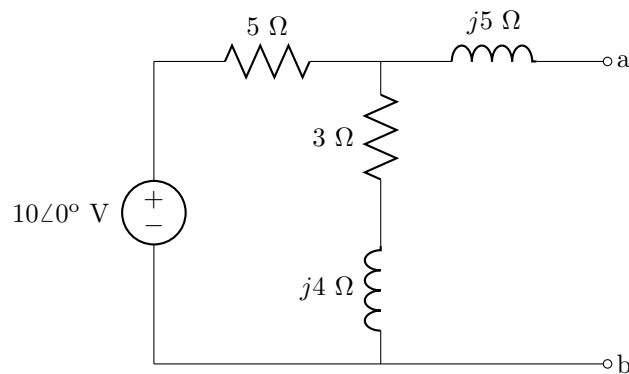


Figura 4.22: Circuito de los problemas 53 y 54.

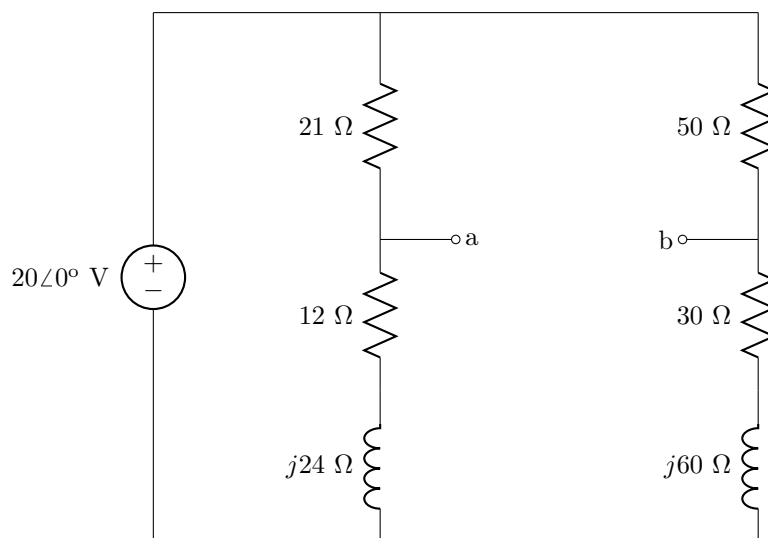


Figura 4.23: Circuito del problema 55.

**SOLUCIONES**

1. a)  $10,65 + j6,15$ ; b)  $-49,80 + j18,13$ ; c)  $-36,35 - j77,94$ ; d) 30; e)  $-j15$ ; f)  $j6$ ; g) -15.
2. a)  $20\angle 126,87^\circ$ ; b)  $4,47\angle -63,43^\circ$ ; c)  $64,08\angle -157,04^\circ$ ; d)  $0,47\angle 87,92^\circ$ ; e)  $1,41\angle 45^\circ$ ; f)  $1,41\angle -45^\circ$ ; g)  $1,41\angle 135^\circ$ ; h)  $1,41\angle -135^\circ$ .
3. a)  $10 + 10j = 14,14\angle 45^\circ$ ; b)  $8 + 8j = 11,31\angle 45^\circ$ ; c)  $-2 - 2j = 2,82\angle -135^\circ$ ; d)  $6 + 8j = 10\angle 53,13^\circ$ ; e)  $-2j = 2\angle -90^\circ$ ; f)  $5j = 5\angle 90^\circ$ ; g)  $6 - 4j = 7,21\angle -33,69^\circ$ ; h)  $0,63 + 1,36j = 1,5\angle 65^\circ$ ; i)  $4,70 + 1,71j = 5\angle 20^\circ$ .
4. 799,4 rad/s; 127,2 Hz; 7,86 ms; 49,7 V.
5.  $1,14 \cdot \cos(1.500t - 26^\circ)$  mA.
6.  $i(t) = 50 \cdot \sin(2.000t - 45^\circ) = 50 \cdot \cos(2.000t - 135^\circ)$  mA.
7. a) 74,71 V; b)  $t = 4,19(1 + 3n)$  ms ( $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ); c)  $U_{ef} = 106,1$  V.
8. a)  $T = 2\pi = 6,283$  s;  $f = 159$  mHz; b)  $T = 2\pi = 6,283$  s;  $f = 159$  mHz; c)  $T = 1$  s;  $f = 1$  Hz; d)  $T = 8$  s;  $f = 125$  mHz; e)  $T = 0,2\pi = 628,32$  ms;  $f = 1,59$  Hz.
9. a)  $-60^\circ$ ; b)  $120^\circ$ ; c)  $-110^\circ$ .

10.  $5 \cdot \sin(100t + 36,87^\circ)$ .  
 11. a) 58,32; 57; b) 133,78°.  
 12.  
 13.  
 14.  $4,84 \cdot \sin(\omega t + 102^\circ)$ .  
 15. Tabla completa:

$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{4\pi}{3}$
30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°	180°	210°	225°	-120°

$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{7\pi}{4}$	$2\pi$	$\frac{-\pi}{6}$	$\frac{-\pi}{4}$	$\frac{-\pi}{3}$	$\frac{-\pi}{2}$	$\frac{-2\pi}{3}$	$\frac{-3\pi}{4}$	$-\pi$
-90°	-60°	-45°	0°	-30°	-45°	-60°	-90°	-120°	-135°	180°

16. a)  $1,4 \cdot \cos(120\pi t - 60^\circ)$ ; b)  $20 \cdot \cos 100t$ ; c)  $B \cdot \cos(100t - 90^\circ)$ ; d)  $10 \cdot \cos(100t + 150^\circ)$ ; e)  $5 \cdot \cos(100t + 80^\circ)$ .  
 17. a)  $1,4 \cdot \sin(120\pi t + 120^\circ)$ ; b)  $20 \cdot \sin(100t + 90^\circ)$ ; c)  $B \cdot \sin(100t + 90^\circ)$ ; d)  $10 \cdot \sin(100t - 120^\circ)$ ; e)  $5 \cdot \sin(100t - 100^\circ)$ .  
 18. a)  $1 \angle 120^\circ = -0,5 + j0,87$ ; b)  $14,14 \angle 90^\circ = j14,14$ ; c)  $\frac{B}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ = j \frac{B}{\sqrt{2}}$ ; d)  $7,07 \angle -120^\circ = -3,54 - j6,12$ ; e)  $3,54 \angle -100^\circ = -0,61 - j3,48$ .  
 19. a)  $5,26 \angle 57,99^\circ \Omega$ ; b)  $2,12 \angle -32^\circ \Omega$ ; c)  $3,82 \angle -88,31^\circ \Omega$ .  
 20. a)  $R = 5 \Omega$  eta  $C = 125 \mu\text{F}$ ; b)  $R = 2 \Omega$  eta  $L = 4 \text{ mH}$ ; c)  $R = 0,2 \Omega$ ; d)  $C = 1,25 \text{ mF}$ ; e)  $L = 3,5 \text{ mH}$ .  
 21.  $i(t) = 0,33 \cdot \cos(2.000t - 20^\circ) \text{ A}$ ;  $0^\circ$ .  
 22.  $u(t) = 100 \cdot \cos(2.000t + 105^\circ) \text{ V}$ ;  $90^\circ$ .  
 23. a) y b)  $u(t) = 40 \cdot \cos(5.000t - 60^\circ) \text{ V}$ ; c)  $90^\circ$ ; d) la corriente.  
 24. a)  $(10 + j10) \Omega$ ; b)  $\underline{I} = \sqrt{2} \angle 0^\circ \text{ A}$ ; c)  $\underline{U}_T = 20 \angle 45^\circ \text{ V}$ ; d)  $28,28 \cdot \sin(500t + 45^\circ) \text{ V}$ ; e)  $45^\circ$ ; f)  $10\sqrt{2} \angle 0^\circ \text{ V}$ ;  $20 \cdot \sin 500t \text{ V}$ ; g)  $10\sqrt{2} \angle 90^\circ \text{ V}$ ;  $20 \cdot \sin(500t + 90^\circ) \text{ V}$ ; h)  $0^\circ$ ; i)  $90^\circ$ .  
 25. a)  $(15 - j2) \Omega$ ; b)  $21,4 \angle -7,6^\circ \text{ V}$ ; c)  $7,6^\circ$ ; d)  $u_R(t) = 30 \cdot \sin 500t \text{ V}$ ;  $u_C(t) = 4 \cdot \sin(500t - 90^\circ) \text{ V}$ .  
 26. a)  $(3 + j4) \Omega$ ; b)  $R = 3 \Omega$  eta  $L = 0,8 \text{ mH}$ .  
 27.  $f = 150,4 \text{ Hz}$ ;  $(5 + j28,35) \Omega$ .  
 28.  $i_L(t) = 6,25 \cdot \sin(5.000t - 45^\circ) \text{ A}$ ;  $i_R(t) = 25 \cdot \sin(5.000t + 45^\circ) \text{ A}$ ;  $i_C(t) = 5 \cdot \sin(5.000t + 135^\circ) \text{ A}$ ;  $i_T(t) = 25 \cdot \sin(5.000t + 42,15^\circ) \text{ A}$ .  
 29.  $2 \angle 2,86^\circ \Omega$ ;  $i_T(t) = 25 \cdot \sin(5.000t + 42,15^\circ) \text{ A}$ .  
 30.  $u_R(t) = 6 \cdot \cos(5.000t + 60^\circ) \text{ V}$ ;  $u_L(t) = 24 \cdot \cos(5.000t + 150^\circ) \text{ V}$ ;  $u_C(t) = 30 \cdot \cos(5.000t - 30^\circ) \text{ V}$ ;  $u(t) = 8,49 \cdot \cos(5.000t + 15^\circ) \text{ V}$ .  
 31.  $2,83 \angle -45^\circ \Omega$ ;  $u(t) = 8,49 \cdot \cos(5.000t + 15^\circ) \text{ V}$ .  
 32.  $\underline{Z}_{\text{eq}} = 12,65 \angle 18,42^\circ \Omega$ ;  $\underline{I} = 7,91 \angle -18,42^\circ \text{ A}$ .  
 33.  $\underline{Z}_{\text{eq}} = 4,54 \angle 58^\circ \Omega$ ;  $\underline{Y}_{\text{eq}} = 0,22 \angle -58^\circ \text{ S}$ ;  $\underline{I}_3 = 10 \angle 45^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{U} = 150 \angle 45^\circ \text{ V}$ .  
 34. a)  $2,33 \angle -31^\circ \text{ A}$ ; b)  $34,86 \angle 74,55^\circ \text{ V}$ ; c)  $5,66 \cdot \cos(1.200t + 17,42^\circ) \text{ A}$ .  
 35. a)  $\underline{I}_1 = 28,28 \angle 45^\circ \text{ A}$ ; b)  $\underline{I}_2 = 20 \angle 90^\circ \text{ A}$ ; c)  $\underline{I}_3 = 20 \angle 0^\circ \text{ A}$ .

36. a)  $509, 22\angle 20, 18^\circ \Omega$ ; b)  $599, 67\angle 11, 52^\circ \Omega$ .
37. a)  $Z_{\text{entrada}} = (22 - j6) \Omega$ ; b)  $Z_{\text{entrada}} = (9, 6 + j2, 8) \Omega$ .
38. a)  $15\angle 33, 13^\circ \text{ V}$ ; b)  $15\angle -73, 13^\circ \text{ V}$ ; c)  $9\angle -20^\circ \text{ V}$ ; d)  $20, 12\angle 43, 43^\circ \text{ V}$ .
39.  $u_a(t) = 1, 98 \cdot \cos(4.000t - 171^\circ) \text{ V}$ ;  $u_b(t) = 2, 21 \cdot \cos(4.000t - 144^\circ) \text{ V}$ .
40. a)  $1, 06\angle 23, 27^\circ \text{ V}$ ; b) a)  $1, 59\angle -49, 97^\circ \text{ V}$ .
41. a)  $(0, 195 - j0, 556) \text{ V}$ ; b) a)  $(0, 781 + j0, 976) \text{ V}$ .
42. a)  $4, 87\angle -164, 6^\circ \text{ A}$ ; b)  $7, 17\angle -144, 9^\circ \text{ A}$ .
43. a)  $16, 77\angle -33, 34^\circ \text{ V}$ ; b)  $(2, 6 + j1, 5) \text{ A}$ ; c)  $(2, 5 - j5) \Omega$ .
44.  $I_R = 2\angle 0^\circ \text{ A}$ ;  $I_L = 1\angle -90^\circ \text{ A}$ ;  $I_C = 3\angle 90^\circ \text{ A}$ ;  $I_S = 2, 83\angle 45^\circ \text{ A}$ ; a)  $45^\circ$ ; b)  $-45^\circ$ ; c)  $71, 57^\circ$ .
45.  $U_1 = 2, 24\angle -63, 43^\circ \text{ V}$ ,  $U_2 = 2, 24\angle -26, 57^\circ \text{ V}$ ,  $U_R = 2\angle 0^\circ \text{ V}$ ;  $U_S = 4, 24\angle -45^\circ \text{ V}$ .
46.  $34, 36\angle 26, 63^\circ \text{ V}$ .
47.  $13, 20\angle 154, 23^\circ \text{ A}$ .
48.  $u_x(t) = 70, 71 \cdot \cos(1.000t - 45^\circ) \text{ V}$ .
49.  $1, 21 \cdot \cos(100t - 76^\circ) \text{ A}$ .
50.  $1, 21 \cdot \cos(100t - 76^\circ) \text{ V}$ .
51.  $158, 11\angle 108, 43^\circ \text{ V}$  en serie con  $j150 \Omega$ .
52.  $12, 38\angle -17, 74^\circ \text{ A}$ .
53.  $5, 59\angle 26, 57^\circ \text{ V}$  en serie con  $(2, 5 + j6, 25) \Omega$ .
54.  $0, 83\angle -41, 63^\circ \text{ A}$  en paralelo con  $(2, 5 + j6, 25) \Omega$ .
55.  $331\angle 171^\circ \text{ mV}$  en serie con  $47, 35\angle 26, 81^\circ \Omega$ .



## Capítulo 5

# POTENCIA EN SISTEMAS MONOFÁSICOS

1. Una fuente de corriente de valor  $i(t) = 12 \cdot \cos 2,000t$  A, una resistencia de  $200 \Omega$  y una inductancia de  $0,2$  H están en paralelo. Suponiendo que el circuito se encuentra en régimen permanente, halla: a) la potencia que absorbe cada elemento en  $t = 1$  ms; b) la potencia promedio de cada elemento.
2. Halla la potencia promedio que entrega una corriente  $i(t) = (12 \cdot \cos 10t - 3 \cdot \cos 20t)$  A a una resistencia de  $4 \Omega$ .
3. Halla el valor medio de la potencia que absorbe cada uno de los elementos del circuito de la figura 5.1, sabiendo que los valores de tensión dados son eficaces.

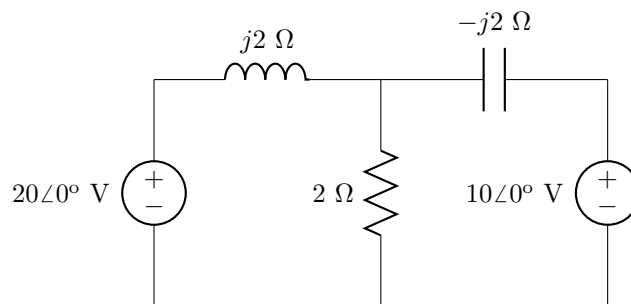


Figura 5.1: Circuito del problema 3.

4. Halla la potencia promedio que absorbe cada una de las impedancias del circuito de la figura 5.2.

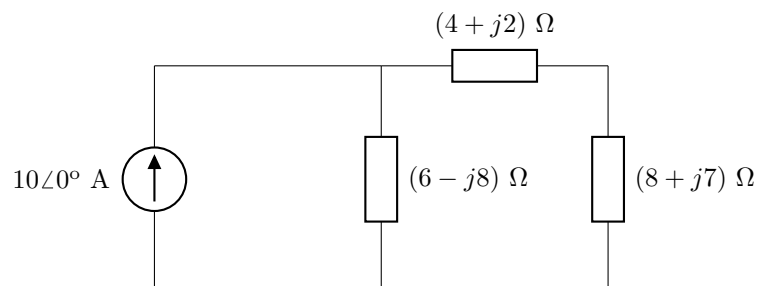


Figura 5.2: Circuito del problema 4.

5. Halla la potencia media y activa que entrega una corriente  $\underline{I} = 5\angle 20^\circ$  A a una impedancia  $\underline{Z} = (8 - j11) \Omega$ .
6. En el circuito de la figura 5.3, ¿qué valor de  $\underline{Z}_L$  absorberá la máxima potencia? ¿Cuál es el valor de dicha potencia?

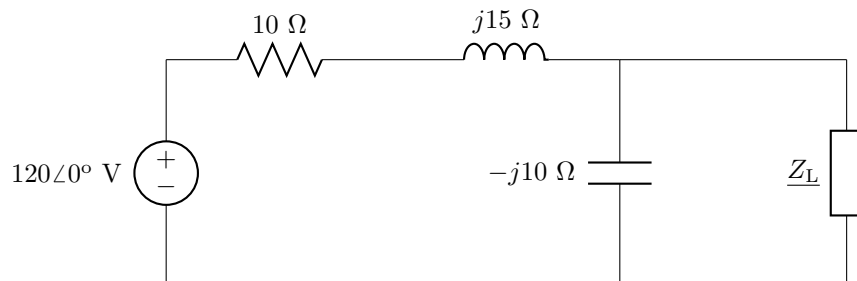


Figura 5.3: Circuito del problema 6.

7. Halla todas las potencias del circuito pasivo de la figura 5.4, sabiendo que  $u(t) = 150 \cdot \cos(\omega t + 10^\circ)$  V e  $i(t) = 5 \cdot \cos(\omega t - 50^\circ)$  A.

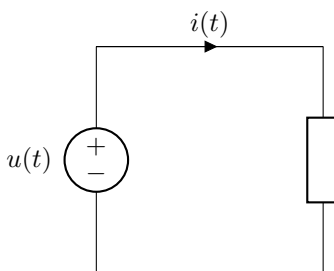


Figura 5.4: Circuito del problema 7.

8. En el circuito de la figura 5.5 halla las potencias de cada elemento y representa el triángulo de potencias total de la impedancia equivalente.

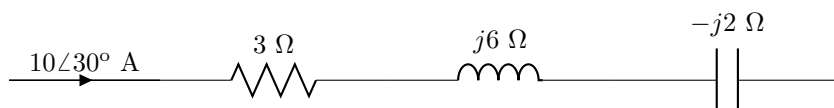


Figura 5.5: Circuito del problema 8.

9. En un circuito serie en el que  $R = 10 \Omega$  y  $X_C = 5 \Omega$ , se aplica una tensión eficaz de 120 V. Halla las potencias totales de los dos elementos.
10. Dos impedancias  $\underline{Z}_1 = 5,83\angle -59^\circ \Omega$  y  $\underline{Z}_2 = 8,94\angle 63,43^\circ \Omega$  están en serie, y circula a través de ellas una corriente de 5 A. Halla: a) las potencias que absorbe cada una de ellas ( $P$ ,  $Q$ ,  $S$  y factor de potencia); b) suma las potencias de ambas para hallar la potencia total; c) halla la impedancia equivalente, y calcula las potencias correspondientes.
11. Halla las potencias totales que absorbe el circuito paralelo de la figura 5.6.
12. En el circuito de la figura 5.7, halla la potencia compleja que absorbe cada uno de los elementos.

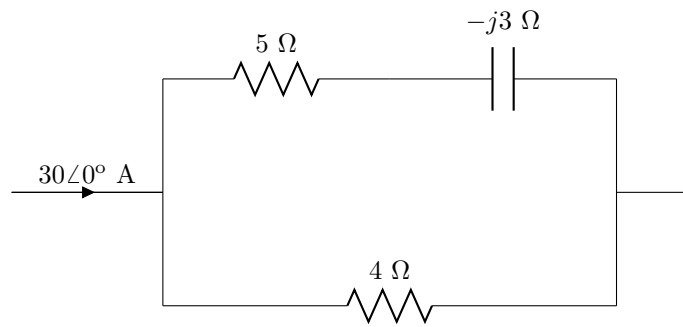


Figura 5.6: Circuito del problema 11.

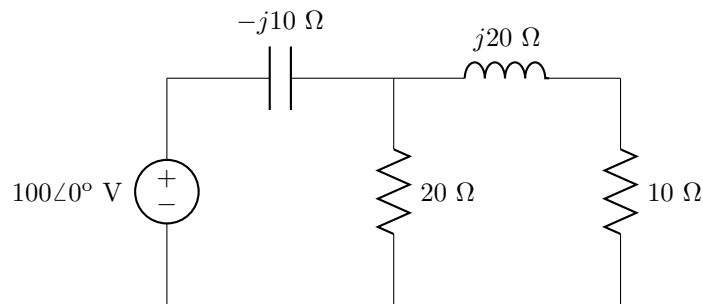


Figura 5.7: Circuito del problema 12.

13. En un circuito serie que contiene dos elementos simples se absorbe una potencia de 940 W, y el factor de potencia equivalente es 0,707 retrasado. Halla los elementos a los que nos referimos, sabiendo que  $u(t) = 99 \cdot \cos(6,000t + 30^\circ)$  V.
14. Halla el valor de dos elementos en serie, sabiendo que  $i(t) = 4,24 \cdot \cos(5,000t + 45^\circ)$  A,  $P = 180$  W y  $\cos\phi = 0,8$  retrasado.
15. Halla los circuitos equivalentes Thevenin y Norton entre los terminales a y b del circuito de la figura 5.8. ¿Qué impedancia conectada entre esos terminales absorbería la máxima potencia? ¿Cuál sería el valor de dicha potencia?

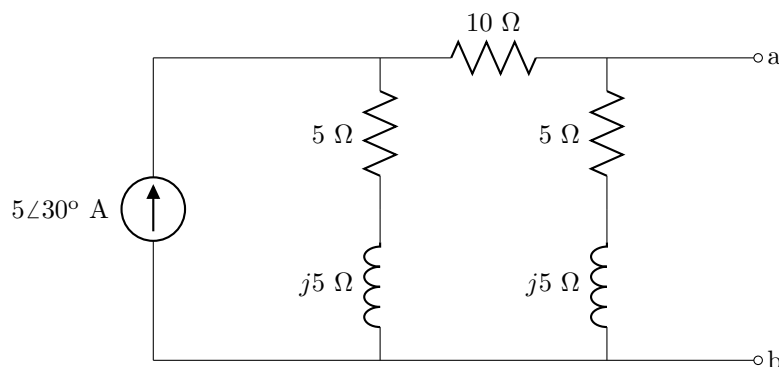


Figura 5.8: Circuito del problema 15.

16. En el circuito de la figura 5.9  $\underline{Z}_A = (5+j2) \Omega$ ,  $\underline{Z}_B = (20-j10) \Omega$ ,  $\underline{Z}_C = 10\angle30^\circ \Omega$  y  $\underline{Z}_D = 10\angle-60^\circ \Omega$ . Halla la potencia aparente suministrada a cada una de ellas, así como la que da la fuente.

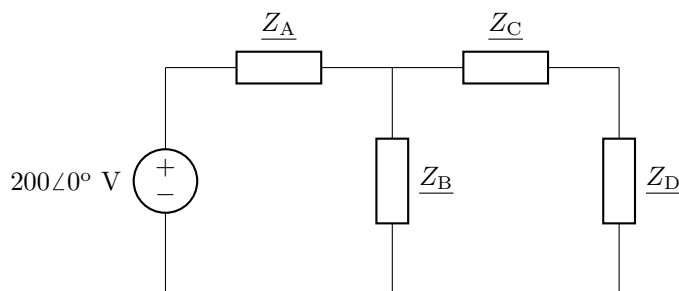


Figura 5.9: Circuito del problema 16.

17. Una fuente de 440 V alimenta a una carga  $\underline{Z} = (10 + j2) \Omega$  a través de una línea monofásica con una resistencia de  $1,5 \Omega$ . Halla: a) las potencias activa y aparente absorbidas por la carga; b) las potencias activa y aparente que se pierden en la línea; c) las potencias activa y aparente que suministra la fuente; d) el factor de potencia de la fuente; e) ¿son iguales la potencia media que da la fuente y la suma de las potencias medias de la carga y línea? f) ¿y la potencia aparente que suministra la fuente y la suma de las potencias aparentes que absorben línea y carga?
18. Halla la potencia aparente total que absorben tres cargas conectadas en paralelo, así como el factor de potencia total, sabiendo que:  $carga_1$ : 250 VA,  $\cos\varphi_1 = 0,5$  retrasado;  $carga_2$ : 180 W,  $\cos\varphi_2 = 0,8$  adelantado;  $carga_3$ : 300 VA, 100 var (inductivo).
19. A tres impedancias en paralelo,  $\underline{Z}_1 = 25\angle 15^\circ \Omega$ ,  $\underline{Z}_2 = 15\angle 60^\circ \Omega$  y  $\underline{Z}_3 = 15\angle 90^\circ \Omega$ , se les aplica una tensión  $\underline{U} = 339,4\angle -30^\circ$  V. Halla la potencia aparente total absorbida por todas, así como el factor de potencia correspondiente.
20. En el circuito de la figura 5.10 halla el valor de la impedancia que habría que conectar entre a y b para que recibiera la máxima potencia. ¿Cuáles serían su tensión y su potencia?

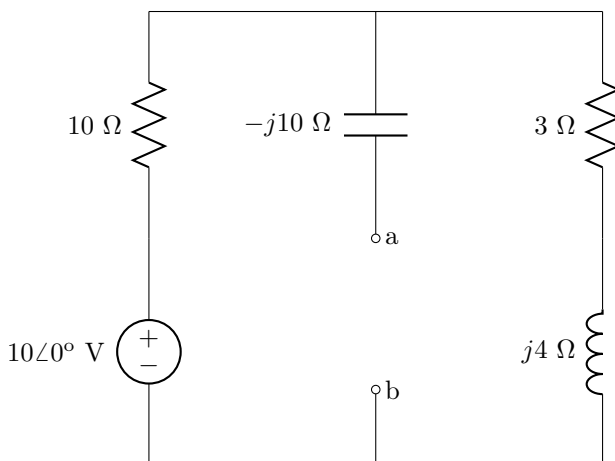


Figura 5.10: Circuito del problema 20.

21. a) Calcula el factor de potencia con el que está trabajando la fuente de 50 Hz del circuito de la figura 5.11. b) Calcula la potencia media entregada por la fuente. c) ¿Cuántos var deberían compensarse para que el factor de potencia de la fuente fuera igual a la unidad?. d) ¿Qué condensador habría que colocar en paralelo con la carga para ello?
22. Se desea corregir el factor de potencia de una carga de 300 kW, siendo el factor de potencia inicial 0,65 atrasado, hasta que alcance un valor de 0,9 atrasado, colocando condensadores en paralelo. ¿Cuántos kvar deben entregar esos condensadores y en qué porcentaje se reducirá la potencia aparente?



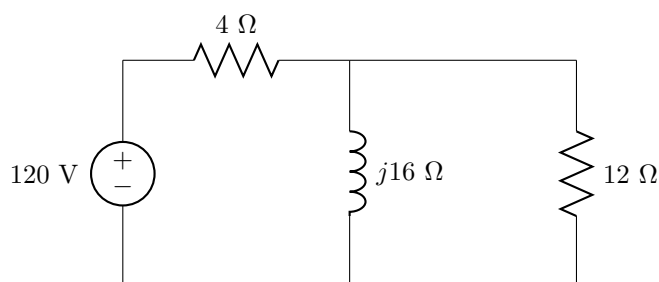


Figura 5.11: Circuito del problema 21.

23. Una carga monofásica de 4,500 VA y factor de potencia 0,75 atrasado se alimenta a 240 V por medio de una fuente de 60 Hz. Calcula el valor de la capacidad que hay que colocar en paralelo para que el nuevo valor del factor de potencia sea: a) 0,9 inductivo; b) 0,9 capacitivo; c) ¿en qué porcentaje se han reducido la corriente de línea y la potencia aparente total en el apartado a)?
24. La carga de la figura 5.12 es de 10 kVA con factor de potencia 0,8 atrasado. Si  $|I_L| = 40$  A, ¿cuál debe ser el valor de  $C$  para que la fuente trabaje con un factor de potencia 0,9 atrasado? ¿Cuál es el nuevo valor de la corriente?

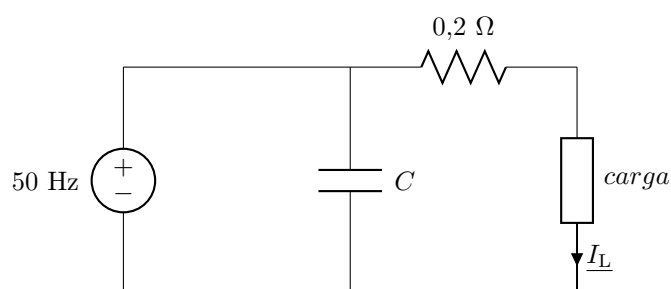


Figura 5.12: Circuito del problema 24.

25. Un sistema monofásico de 230 V alimenta a tres cargas conectadas en paralelo. Una carga absorbe 200 W con un factor de potencia unidad; la segunda, 250 VA con un factor de potencia 0,8 atrasado; y la tercera 300 W con un factor de potencia 0,75 inductivo. a) Calcula la potencia total entregada por la fuente. b) Calcula la potencia aparente entregada por la fuente. c) ¿Con qué factor de potencia está trabajando la fuente? d) Si se desea compensar el factor de potencia hasta que alcance la unidad, ¿qué condensador habría que colocar si la frecuencia es de 60 Hz? e) ¿Y si es de 50 Hz?
26. En el circuito de la figura 5.13, a) ¿cuánto debe valer  $Z_L$  para que absorba la máxima potencia?; b) ¿cuánto vale la potencia máxima?

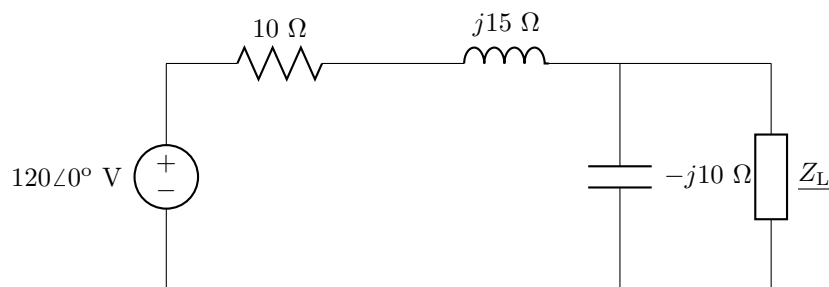


Figura 5.13: Circuito del problema 26.

**SOLUCIONES**

1. a)  $p_R(1 \text{ ms}) = 13,97 \text{ kW}$ ;  $p_L(1 \text{ ms}) = -5,63 \text{ kW}$ ;  $p_S(1 \text{ ms}) = -8,35 \text{ kW}$ ; b)  $P_R = 11,52 \text{ kW}$ ;  $P_L = 0$ ;  $P_S = 11,52 \text{ kW}$ .
2. 306 W.
3.  $P_R = 50 \text{ W}$ ;  $P_L = 0$ ;  $P_C = 0$ ;  $P_{20 \text{ V}} = -100 \text{ W}$ ;  $P_{10 \text{ V}} = 49,71 \text{ W}$ .
4. 415 W; 123 W; 246 W.
5. 200 W.
6.  $(8 + j14) \Omega$ ; 360 W.
7.  $P = 187,5 \text{ W}$ ;  $Q = 324,8 \text{ var}$ ;  $S = 375 \text{ VA}$ .
8.  $P_R = 300 \text{ W}$ ;  $Q_R = 0$ ;  $S_R = 300 \text{ VA}$ ;  $P_L = 0$ ;  $Q_L = 600 \text{ var}$ ;  $S_L = 600 \text{ VA}$ ;  $P_C = 0$ ;  $Q_C = -200 \text{ var}$ ;  $S_C = 200 \text{ VA}$ ;  $P_T = 300 \text{ W}$ ;  $Q_T = 400 \text{ var}$ ;  $S_T = 500 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi = 0,6$  atrasado.
9.  $P = 1,151 \text{ W}$ ;  $Q = -576 \text{ var}$ ;  $S = 1,287 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi = 0,89$  adelantado.
10. a)  $P_1 = 75,07 \text{ W}$ ;  $Q_1 = -124,93 \text{ var}$ ;  $S_1 = 145,75 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi_1 = 0,52$  adelantado;  $P_2 = 99,97 \text{ W}$ ;  $Q_2 = 199,90 \text{ var}$ ;  $S_2 = 223,50 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi_2 = 0,45$  atrasado; b)  $P = 175 \text{ W}$ ;  $Q = 75 \text{ var}$ ;  $S = 190,39 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi = 0,92$  atrasado; c)  $7,62\angle 23,18^\circ \Omega$ ;  $P = 175 \text{ W}$ ;  $Q = 75 \text{ var}$ ;  $S = 190,39 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi = 0,92$  atrasado.
11.  $P = 2,160 \text{ W}$ ;  $Q = -480 \text{ var}$ ;  $S = 2,212 \text{ VA}$ ;  $\cos\varphi = 0,98$  adelantado.
12.  $\underline{S}_S = (824 - j294) \text{ VA}$ ;  $\underline{S}_C = -j765 \text{ VA}$ ;  $\underline{S}_L = j471 \text{ VA}$ ;  $\underline{S}_{10 \Omega} = 235 \text{ VA}$ ;  $\underline{S}_{20 \Omega} = 588 \text{ VA}$ .
13.  $R = 2,6 \Omega$ ;  $L = 0,43 \text{ mH}$ .
14.  $R = 20 \Omega$ ;  $L = 3 \text{ mH}$ .
15.  $\underline{U}_{TH} = 11,18\angle 93,43^\circ \text{ V}$ ;  $\underline{I}_N = 2,24\angle 56,5^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{Z}_{TH} = 5\angle 36,87^\circ \Omega$ ;  $\underline{Z} = 5\angle -36,87^\circ \Omega$ ; 7,81 W.
16.  $S_A = 1,229 \text{ VA}$ ;  $S_B = 773 \text{ VA}$ ;  $S_C = 865 \text{ VA}$ ;  $S_D = 865 \text{ VA}$ ;  $S_S = 3,022 \text{ VA}$ .
17. a) 14,20 kW; 14,49 kVA; b) 2,13 kW; 2,13 kVA; c) 16,33 kW; 16,59 kVA; d) 0,98 atrasado; e) sí; f) no.
18.  $S_T = 615,20 \text{ VA}$ ; 0,96 atrasado.
19. 17,6 kVA; 0,47 atrasado.
20.  $\underline{Z} = 8,38\angle 69,23^\circ \Omega$ ;  $\underline{U} = 5,17\angle 105,26^\circ \text{ V}$ ; 1,14 W.
21. a) 0,90 atrasado; b) 991 W; c) 489 var; d) 108,10  $\mu\text{F}$ .
22. 205,4 kvar; 27,8 %.

23. a)  $61,8 \mu\text{F}$ ; b)  $212 \mu\text{F}$ ; c)  $16,8\%$ .
24.  $95,36 \mu\text{F}$ ;  $36,05 \text{ A}$ .
25. a)  $700 \text{ W}$ ; b)  $813,56 \text{ VA}$ ; c)  $0,86$  atrasado; d)  $20,79 \mu\text{F}$ ; e)  $24,95 \mu\text{F}$ .
26. a)  $\underline{Z_L} = (8 + j14) \Omega = 16,12 \angle 60,26^\circ \Omega$ ; b)  $360 \text{ W}$ .



## Capítulo 6

# CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

*NOTA* Mientras no se diga lo contrario, se supone siempre una secuencia directa para las tensiones, y cuando se habla de la tensión de red, ésta se refiere a la tensión de línea o tensión compuesta.

1. En el circuito de la figura 6.1, sabiendo que  $\underline{U}_{AN} = 230\angle 0^\circ$  V, halla: a) las tensiones simples restantes; b) las tensiones de línea; c) las corrientes que se absorben de la línea; d) representa todas las magnitudes en un diagrama fasorial.

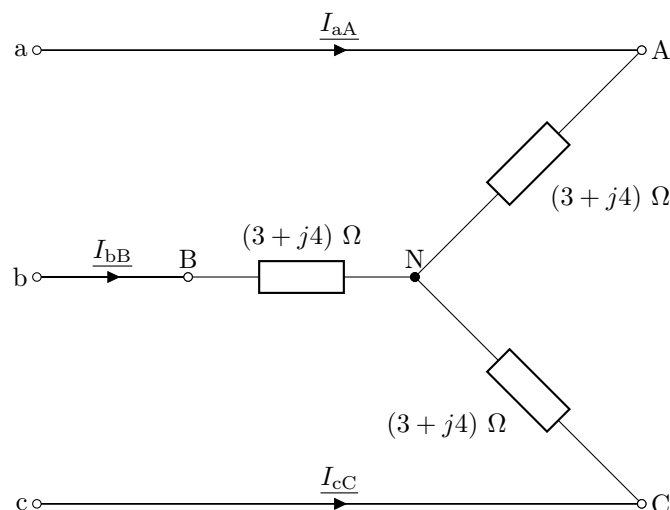


Figura 6.1: Circuito del problema 1.

2. En el circuito de la figura 6.2 y sabiendo que  $\underline{U}_{ab} = 400\angle 0^\circ$  V, halla: a) las demás tensiones compuestas; b) las corrientes de fase; c) las corrientes de línea que absorbe el circuito; d) representa todas las magnitudes en un diagrama fasorial.
3. Tres impedancias iguales de valor  $15\angle 30^\circ \Omega$  se conectan a un sistema trifásico de 3 conductores, 230 V y secuencia directa. Halla las tensiones y corrientes de línea, así como las tensiones y corrientes de fase en los siguientes casos: a) si las tres impedancias se conectan en estrella; b) si se conectan en triángulo; c) ¿en cuál de las dos conexiones se somete a la impedancia a una mayor tensión?; d) ¿en cuál de las dos conexiones se absorbe una mayor corriente de la línea?; e) ¿y en cuál se absorbe una mayor potencia? (Supóngase  $\underline{U}_{ab} = 230\angle 0^\circ$  V como referencia).
4. En un circuito trifásico equilibrado en estrella a 3 hilos,  $\underline{U}_{AN} = 230\angle 0^\circ$  V y la carga de cada fase es  $100\angle 60^\circ \Omega$ . Calcula: a) las tensiones de fase en el lado emisor; b) las tensiones de línea; c) las tensiones de fase en el lado receptor; d) las corrientes de línea; e) la potencia que absorbe la carga.

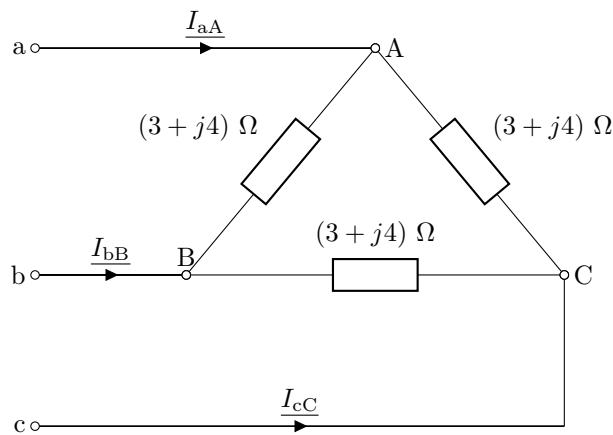


Figura 6.2: Circuito del problema 2.

5. Halla la corriente de línea en un sistema trifásico de 400 V, si suministra 1200 W a una carga conectada en triángulo y con factor de potencia 0,8 retrasado. ¿Cuáles son la tensión y corriente de fase? ¿Cuál sería el valor de las impedancias que forman la carga trifásica?
6. Repite el problema anterior suponiendo que la carga de 1,200 W se halla conectada en estrella.
7. Cada fase de una carga equilibrada conectada en triángulo consta de una inductancia de 0,2 H en serie con la asociación en paralelo de un condensador de  $5 \mu\text{F}$  de capacidad y una resistencia de  $200 \Omega$ . Si la resistencia de la línea es cero y la tensión de la misma vale 230 V, con  $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$ , halla: a) la corriente de fase; b) la corriente de línea; c) la potencia total que absorbe la carga.
8. Un sistema de tensiones trifásico a tres hilos alimenta a dos cargas en paralelo. La carga 1 absorbe 40 kVA con un factor de potencia 0,8 retrasado; la carga 2, 24 kW con un factor de potencia 0,9 adelantado. Si la línea no tiene resistencia y la tensión de red es de 400 V, encuentra: a) la potencia total absorbida por las cargas; b) la corriente que absorbe la carga 1,  $I_{11}$ ; c) la que absorbe la carga 2,  $I_{12}$ ; d) la corriente que absorben las dos cargas,  $I_{1T}$ .
9. Supongamos un sistema trifásico equilibrado de 400 V al que se conecta una carga equilibrada en Y, de 1,200 W y factor de potencia 0,8 adelantado. a) ¿Cuál es la corriente de línea y la impedancia que tendría cada fase? b) Además de la carga inicial, se conecta en paralelo otra equilibrada de 600 W y factor de potencia 0,31 retrasado. Calcula la nueva corriente de línea que absorberá ahora la carga total.
10. Un sistema equilibrado de tres conductores alimenta una carga en Y. Cada fase de la carga contiene tres impedancias en paralelo:  $-j100 \Omega$ ,  $100 \Omega$  y  $(50 + j50) \Omega$ . Suponiendo una secuencia de fases negativa y que  $\underline{U}_{ab} = 400\angle 0^\circ \text{ V}$ , halla: a)  $\underline{U}_{AN}$ ; b)  $\underline{I}_{aA}$ ; c) el factor de potencia de la carga; d) la potencia que absorbe la carga.
11. Tres impedancias de  $10\angle 30^\circ \Omega$  en estrella, y otras tres de  $15\angle 0^\circ \Omega$  también en estrella, se conectan a un mismo sistema trifásico. Si la tensión compuesta es de 400 V y la línea de 3 hilos, halla la potencia total que absorben las cargas y el factor de potencia equivalente de toda la carga.
12. Un sistema trifásico de cuatro conductores (a, b, c, n), 400 V y secuencia abc alimenta una carga en estrella, donde  $\underline{Z}_A = 10\angle 0^\circ \Omega$ ,  $\underline{Z}_B = 15\angle 30^\circ \Omega$  y  $\underline{Z}_C = 10\angle -30^\circ \Omega$ . Halla las corrientes de línea, la corriente de neutro y la potencia que absorbe la carga total.
13. A un sistema equilibrado a tres hilos y 400 V se encuentran conectadas dos cargas en Y; una de ellas tiene una impedancia capacitiva de  $(7 - j2) \Omega$  por fase y la otra  $(4 + j2) \Omega$  por fase. Halla: a) la tensión de fase; b) la corriente de línea; c) la potencia total que absorben las cargas; d) el factor de potencia con que opera la fuente.

14. Tres cargas equilibradas en estrella se conectan a una línea de 4 conductores. La carga 1 absorbe 6 kW con un factor de potencia unitario; la carga 2 es de 10 kVA y factor de potencia 0,96 retrasado; la carga 3 absorbe 7 kW, con factor de potencia 0,85 retrasado. Si la tensión de fase en el lado de la carga es 230 V, la resistencia de línea 0,1  $\Omega$  y la del neutro 1  $\Omega$ , halla: a) la potencia total que absorben las tres cargas; b) el factor de potencia que presentan las cargas en total; c) la potencia perdida en las tres fases; d) la tensión de fase en el lado de la fuente; e) el factor de potencia con que trabaja la fuente.
15. Dos cargas trifásicas equilibradas se alimentan con una red de 380 V y 50 Hz. Las características de la primera carga son 80 kW y factor de potencia 0,8 atrasado; las de la segunda carga: 30 kW y factor de potencia 0,6 atrasado. Calcular, tomando como referencia la tensión compuesta  $\underline{U}_{ab}$ : a) corrientes de línea (expresadas de forma fasorial) y factor de potencia del sistema completo; b) corrientes de línea y corrientes de fase (expresadas de forma fasorial) que absorbe la primera carga si está conectada en estrella; c) corrientes de fase (expresadas en forma fasorial) de la segunda carga si está conectada en triángulo y el diagrama fasorial de sus corrientes y tensiones simples; d) para que en la primera carga el factor de potencia sea de 0,9, la capacidad del condensador que debemos colocar en paralelo con ella en conexión triángulo.
16. Una carga trifásica de 100 kW y  $\cos \varphi = 0,7$  atrasado se alimenta de tal forma que a su entrada hay una tensión de 1000 V - 50 Hz. El conductor por medio del cual se alimenta tiene una impedancia de  $(0,1 + j0,5) \Omega$  por fase. a) ¿Qué valores tendrán la tensión a la entrada del sistema conductor-carga y el factor de potencia del conjunto? b) Si deseamos corregir el factor de potencia de la carga de manera que sea 0,9 inductivo, ¿cuánta potencia reactiva debemos suministrar por medio de una batería de condensadores? c) ¿Qué valores tendrán ahora la tensión a la entrada del sistema y el factor de potencia del conjunto?
17. Una carga trifásica equilibrada tiene una impedancia por fase de  $20 \angle 45^\circ \Omega$  y está conectada en estrella. Se alimenta con un conjunto de generadores de 100 V - 50 Hz colocados en triángulo. a) Dibuja el circuito e indica en él las tensiones y corrientes de fase y de línea. b) Dibuja el diagrama fasorial de las tensiones y las corrientes en la carga tomando como referencia la tensión  $\underline{U}_{ab}$ . c) Dibuja el diagrama fasorial de las tensiones y las corrientes en los generadores. d) Dibuja el triángulo de potencias de la carga y calcula su factor de potencia.
18. En un circuito trifásico equilibrado en estrella, la tensión fase/neutro de la red es  $\underline{U}_{AN} = 230 \angle 0^\circ$  V y la secuencia de fases es ABC. La red da en total 22,95 kW y 16,2 kvar atrasados. La resistencia del conductor de distribución es de 0,5  $\Omega$  por fase. Calcula: a)  $\underline{U}_{AN}$  e  $\underline{I}_{aA}$ ; b) la impedancia de cada fase de la carga,  $\underline{Z}_p$ , y las pérdidas de potencia en la línea; c) diagrama fasorial de tensiones y corrientes de una fase; d) diagrama fasorial de tensiones de fase y corrientes de línea en la carga y en la red de las tres fases.
19. Una fábrica está alimentada con una red trifásica de 380 V - 50 Hz (referencia  $\underline{U}_{AN} = 380 \angle 0^\circ$  V y secuencia de fases directa) y tiene estas cargas: 1ª carga: 100 kW y  $\cos \varphi = 0,8$  retrasado; 2ª carga: tres impedancias de  $(3 - 4j) \Omega$  conectadas en estrella. a) Calcula el módulo de la corriente de línea de cada carga. b) Calcula el módulo de la corriente de línea total. Si se añade a la red una batería de condensadores conectados en triángulo para que el factor de potencia aumente hasta 0,95, calcula: c1) la potencia reactiva que deben entregar los condensadores; c2) triángulo de potencias de la fábrica completa y módulo de la corriente de línea total que entrega la red; c3) diagrama fasorial de las tensiones de línea y de las corrientes de línea de las tres fases.
20. Una carga conectada en triángulo ( $\underline{Z}_{AB} = 10 \angle 45^\circ \Omega$ ,  $\underline{Z}_{BC} = 5 \angle 0^\circ \Omega$  y  $\underline{Z}_{CA} = 10 \angle -15^\circ \Omega$ ) se alimenta por medio de una red trifásica a 100 V. Calcula las corrientes de línea y la potencia total, tomando como referencia  $\underline{U}_{ab}$ .
21. La carga trifásica de la figura 6.3 se conecta a una red de 400 V y 60 Hz. Estando el interruptor K abierto (los condensadores quedan sin conectar) y tomando como referencia la tensión  $\underline{U}_{ab}$ , calcula: a) las corrientes de fase y de línea; b) la potencia aparente absorbida y el factor de potencia; c) si se cierra el interruptor K conectando los condensadores, calcula los nuevos valores de la potencia aparente total, del factor de potencia y de la corriente de línea.

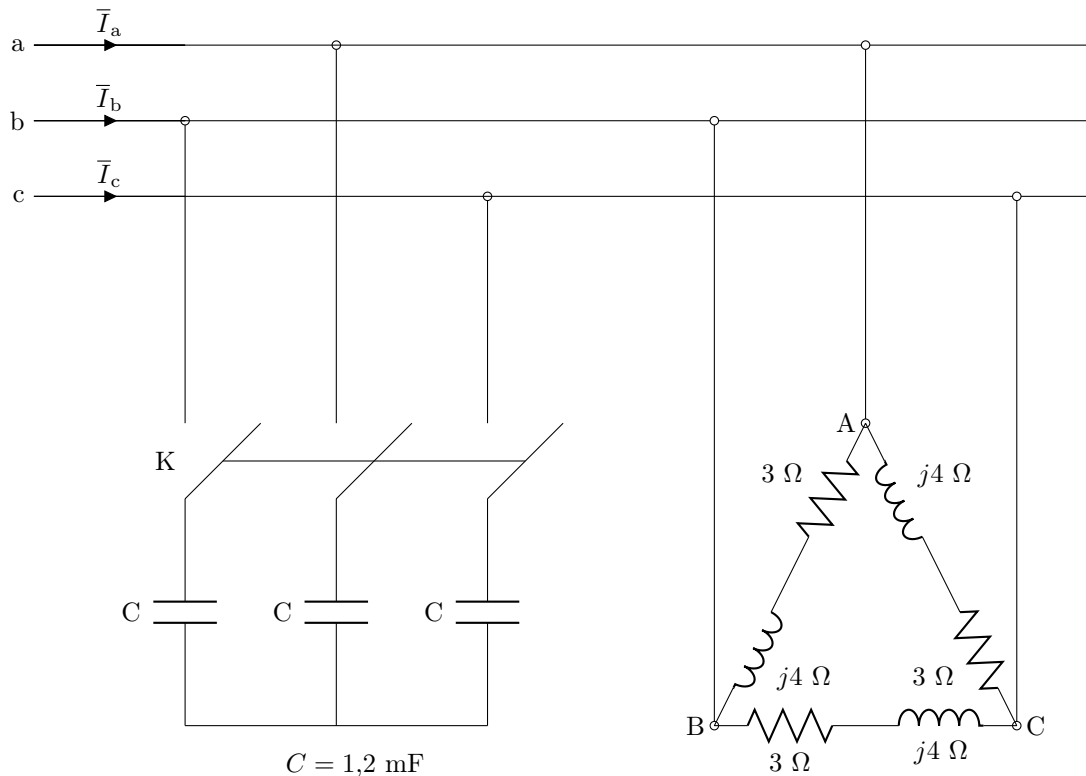


Figura 6.3: Circuito del problema 21.

22. En un sistema trifásico a tres hilos la tensión es  $\underline{U}_{ab} = 80\angle 0^\circ \text{ V}$ . Se conectan en paralelo dos cargas equilibradas: la primera, conectada en triángulo, tiene una impedancia por fase de  $(6 - j9) \Omega$ ; la segunda está conectada en estrella y su impedancia por fase es  $(8 + j6) \Omega$ . Calcula: a) la intensidad de la corriente consumida por una fase de cada carga; b) las potencias consumidas por cada carga; c) las potencias generadas por la fuente; d) la intensidad de la corriente de línea que suministra la fuente y el factor de potencia de la fuente.
23. A una línea trifásica de 2.300 V de tensión de línea y 50 Hz se conectan dos cargas en paralelo. La primera, conectada en estrella, es de 48 kW y factor de potencia 0,8 en retraso; la segunda es de 36 kW y factor de potencia 0,6 en retraso. Para mejorar el factor de potencia del conjunto hasta 0,9 atrasado se conecta en paralelo con las cargas una batería de 3 condensadores en triángulo. Hallar el valor de cada condensador.
24. En el sistema trifásico a tres hilos de la figura 6.4, la tensión es  $\underline{U}_{ab} = 100\angle 0^\circ \text{ V}$  - 50 Hz. Hallar el valor de la capacidad del condensador para que el factor de potencia total sea 1. ¿Cuántos kVA le corresponden a ese condensador?
25. La tensión de línea de un sistema trifásico equilibrado es de 380 V. a) Se le conecta en Y una carga equilibrada de 2.400 W y  $\cos\varphi = 0,8$  adelantado. ¿Cuál será la corriente de línea y la impedancia de cada una de las fases de la carga? b) Además de la carga anterior, y en paralelo con ella, se coloca otra carga equilibrada de 1.200 W, cuyo factor de potencia es 0,31 atrasado. Calcula el nuevo valor de la corriente de línea total.

### SOLUCIONES

1. a)  $\underline{U}_{BN} = 230\angle -120^\circ \text{ V}$ ;  $\underline{U}_{CN} = 230\angle 120^\circ \text{ V}$ ; b)  $\underline{U}_{ab} = 400\angle 30^\circ \text{ V}$ ;  $\underline{U}_{bc} = 400\angle -90^\circ \text{ V}$ ;  $\underline{U}_{ca} = 400\angle 150^\circ \text{ V}$ ; c)  $\underline{I}_{aA} = 46\angle -53,13^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{bB} = 46\angle -173,13^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{cC} = 46\angle 66,87^\circ \text{ A}$ .
2. a)  $\underline{U}_{bc} = 400\angle -120^\circ \text{ V}$ ;  $\underline{U}_{ca} = 400\angle -240^\circ \text{ V}$ ; b)  $\underline{I}_{AB} = 80\angle -53,13^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{BC} = 80\angle -173,13^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{CA} = 80\angle 66,87^\circ \text{ A}$ ; c)  $\underline{I}_{aA} = 138,6\angle -83,13^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{bB} = 138,6\angle 156,87^\circ \text{ A}$ ;  $\underline{I}_{cC} = 138,6\angle 36,87^\circ \text{ A}$ .



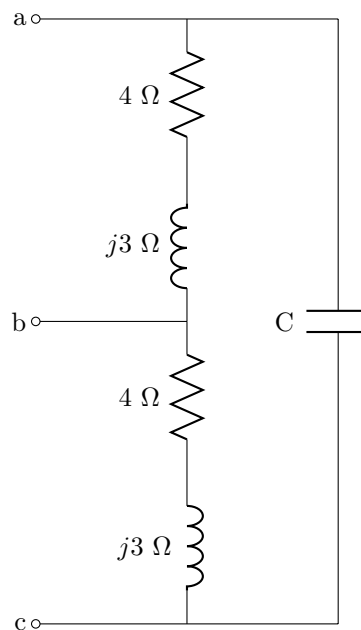


Figura 6.4: Circuito del problema 24.

3. a)  $\underline{U}_{ab} = 230\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bc} = 230\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{ca} = 230\angle 120^\circ$  V;  $\underline{U}_{AN} = 132,8\angle -30^\circ$  V;  $\underline{U}_{BN} = 132,8\angle -150^\circ$  V;  $\underline{U}_{CN} = 132,8\angle 90^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 8,85\angle -60^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 8,85\angle -180^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 8,85\angle 60^\circ$  A; b)  $\underline{U}_{ab} = 230\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bc} = 230\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{ca} = 230\angle 120^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 26,56\angle -60^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 26,56\angle -180^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 26,56\angle 60^\circ$  A;  $\underline{I}_{AB} = 15,33\angle -30^\circ$  A;  $\underline{I}_{BC} = 15,33\angle -150^\circ$  A;  $\underline{I}_{CA} = 15,33\angle 90^\circ$  A; c) en triángulo, 230 V; d) en triángulo, 26,56 A; e)  $P_Y = 3,054$  W;  $P_\Delta = 9,163$  W; en triángulo.
4. a)  $\underline{U}_{an} = 230\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bn} = 230\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{cn} = 230\angle 120^\circ$  V; b)  $\underline{U}_{ab} = 400\angle 30^\circ$  V;  $\underline{U}_{bc} = 400\angle -90^\circ$  V;  $\underline{U}_{ca} = 400\angle 150^\circ$  V; c)  $\underline{U}_{AN} = 230\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{BN} = 230\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{CN} = 230\angle 120^\circ$  V; d)  $\underline{I}_{aA} = 2,3\angle -60^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 2,3\angle 180^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 2,3\angle 60^\circ$  A; e) 793,50 W.
5. 2,17 A; 400 V; 1,25 A;  $320\angle 36,87^\circ \Omega$ .
6. 2,17 A; 230 V; 2,17 A;  $106,23\angle 36,87^\circ \Omega$ .
7. a) 1,26 A; b) 2,19 A; c) 870,98 W.
8. a) 34,02 kW; b) 57,74 A; c) 38,49 A; d) 82,78 A.
9. a)  $I_1 = 2,17$  A;  $\underline{Z}_f = 106,23\angle -36,87^\circ \Omega$ ; b)  $I_1 = 2,93$  A.
10. a)  $230\angle 30^\circ$  V; b)  $4,61\angle 30^\circ$  A; c) 1; d) 3,200 W.
11.  $P = 24,42$  kW; 0,95 atrasado.
12. Suponiendo  $\underline{U}_{AN} = 120\angle 0^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 12\angle 0^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 8\angle -150^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 12\angle 150^\circ$  A;  $\underline{I}_N = 5,68\angle 159,4^\circ$  A saliente de la carga;  $P = 3,519$  W.
13. a) 230 V; b) 77,71 A; c) 52,92 kW; d) 0,98 atrasado.
14. a) 22,6 kW; b) 0,95 atrasado; c) 350,75 W; d) 234,31 V; e) 0,96 atrasado.
15. a)  $\underline{I}_{aA} = 225,87\angle -72,27^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 225,87\angle 167,73^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 225,87\angle 47,73^\circ$  A; 0,74 atzeratuta; b)  $\underline{I}_{aA1} = \underline{I}_{AN1} = 151,93\angle -66,87^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB1} = \underline{I}_{BN1} = 151,93\angle 173,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC1} = \underline{I}_{CN1} = 151,93\angle 53,13^\circ$  A; c)  $\underline{I}_{AB2} = 43,86\angle -53,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{BC2} = 43,86\angle -173,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{CA2} = 43,86\angle 66,87^\circ$  A;  $\underline{U}_{AB2} = 380\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{BC2} = 380\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{CA2} = 380\angle 120^\circ$  V; d) 156  $\mu\text{F}$ .

16. a) 1,066 V; 0,67 atrasado; b) 53,77 kvar; c) 1,035 V; 0,88 atrasado.
17. b)  $\underline{U}_{AB} = 100\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{BC} = 100\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{CA} = 100\angle 120^\circ$  V;  $\underline{U}_{AN} = 57,74\angle -30^\circ$  V;  $\underline{U}_{BN} = 57,74\angle -150^\circ$  V;  $\underline{U}_{CN} = 57,74\angle 90^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 2,89\angle -75^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 2,89\angle 165^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 2,89\angle 45^\circ$  A;  
 c)  $\underline{U}_{ab} = 100\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bc} = 100\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{ca} = 100\angle 120^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 2,89\angle -75^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 2,89\angle 165^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 2,89\angle 45^\circ$  A;  $\underline{I}_{ab} = 1,67\angle -45^\circ$  A;  $\underline{I}_{bc} = 1,67\angle -165^\circ$  A;  $\underline{I}_{ca} = 1,67\angle 75^\circ$  A;  
 d) 354 var; 354 W; 501 VA; 0,71 atrasado.
18. a) 213,69 $\angle$ 3,15° V; 40,71 $\angle$ -35,22° A; b) 5,25 $\angle$ 38,37°  $\Omega$ ; 2486,27 W; c)  $\underline{U}_{an} = 230\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bn} = 230\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{cn} = 230\angle 120^\circ$  V;  $\underline{U}_{AN} = 213,69\angle 3,15^\circ$  V;  $\underline{U}_{BN} = 213,69\angle -116,85^\circ$  V;  $\underline{U}_{CN} = 213,69\angle 123,15^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 40,71\angle -35,22^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 40,71\angle -155,22^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 40,71\angle 84,78^\circ$  A.
19. a) 190 A; 43,88 A; b) 195 A; c1) 13,33 kvar; c2) 117,33 kW; 38,56 kvar; 123,5 kVA; 187,64 A; c3)  $\underline{U}_{ab} = 380\angle 0^\circ$  V;  $\underline{U}_{bc} = 380\angle -120^\circ$  V;  $\underline{U}_{ca} = 380\angle 120^\circ$  V;  $\underline{I}_{aA} = 187,64\angle -48,19^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 187,64\angle -168,19^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 187,64\angle 71,81^\circ$  A.
20.  $\underline{I}_{aA} = 20\angle -45^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 19,9\angle -149^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 24,6\angle 83^\circ$  A;  $P = 3,673$  kW.
21. a)  $\underline{I}_{AB} = 80\angle -53,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{BC} = 80\angle -173,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{CA} = 80\angle 66,87^\circ$  A;  $\underline{I}_{aA} = 138,56\angle -83,13^\circ$  A;  $\underline{I}_{bB} = 138,56\angle 156,87^\circ$  A;  $\underline{I}_{cC} = 138,56\angle 36,87^\circ$  A; b) 96 kVA; 0,6 atrasado; c) 57,78 kVA; 0,997 atrasado; 83,38 A.
22. a) carga en triángulo: 7,40 A; carga en estrella: 4,62 A; b) carga en triángulo: 984,62 W, -1.476,92 var, 1.775,04 VA; carga en estrella: 512 W, 384 var, 640 VA; c) 1.496,62 W, 1.092,92 var, 1.853,20 VA; d) 0,81 adelantado; 13,37 A.
23. 8,69 nF.
24. 736,94  $\mu$ F; 2.400 VA.
25. a) 4,56 A; 48,13 $\angle$ -36,87°  $\Omega$ ; b) 6,17 A.

## Capítulo 7

# INTRODUCCIÓN AL S.E.P. CÁLCULO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS

Para la realización de los diferentes problemas de este capítulo es requisito imprescindible disponer de las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias del REBT y en los casos en que exista de sus correspondientes Guías Técnicas de Aplicación.

En la siguiente dirección de internet podemos acceder a la información actualizada de toda la reglamentación <http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/legislacionNacionalGrupo.aspx?idregl=76>.

Se deberá disponer como mínimo de la siguiente normativa:

**ITC-BT-06** Redes aéreas para distribución en Baja Tensión.

**ITC-BT-07** Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión.

**ITC-BT-19** Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales, y su correspondiente Guía Técnica de Aplicación.

Las cuestiones, que empiezan con dígitos entre paréntesis, son ejemplos prácticos extraídos del libro, reseñado en la bibliografía básica<sup>1</sup>. Dichos números coinciden con los referenciados en el citado libro.

- 7.1 **(2.2-2.)** Calcular la máxima intensidad admisible en un cable con dos conductores de aluminio de 25 mm<sup>2</sup> de sección, aislado con polietileno reticulado, tensión nominal de aislamiento 1 kV, trenzado en haz. El cable está en una línea aérea posada sobre fachada tendida al sol a la temperatura de 30°C.
- 7.2 **(2.2-3.)** Un cable tetrapolar de aluminio, trenzado en haz, aislado con polietileno reticulado, debe transportar una intensidad de 70 A, instalado al aire con una temperatura ambiente de 45°C. Calcular la sección del conductor necesaria, por criterio térmico, si la línea es tendida al sol.
- 7.3 **(2.2-5.)** Calcular la máxima intensidad admisible con una terna de cables unipolares de aluminio, aislados con XLPE, tensión asignada 0,6/1 kV, sección 50 mm<sup>2</sup> en una instalación de distribución enterrada bajo tubo a 0,8 m, con una temperatura de terreno de 25°C y resistividad térmica 1 K · m/W.
- 7.4 **(2.2-7.)** Calcular por criterio térmico la sección necesaria en los conductores de una línea trifásica con cables de aluminio, aislado con XLPE, tensión asignada 0,6/1 kV, enterrados directamente en una zanja, en terreno de resistividad térmica 0,9 K · m/W. La intensidad que debe circular por el conductor es de 100 A.
- 7.5 **(2.2-11.)** En una instalación interior se utiliza un cable multiconductor 4 conductores (tres fases y neutro) RV-K 0,6/1 kV 4x10, bajo tubo en montaje superficial. Calcular la máxima intensidad admisible considerando una temperatura ambiente de 40°C.

---

<sup>1</sup> GARCÍA TRASANCOS J. "Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión". Adaptado al nuevo RBT (BOE 224, de 18 de septiembre de 2002). 6ª edición. Paraninfo. 2009. 422 p. ISBN 978-84-283-3190-6.

- 7.6 (2.4-2.) Una línea monofásica de 230 V, 50 Hz, alimenta una instalación que consume 15 A con un factor de potencia de 0,9 inductivo. Los conductores son de cobre, unipolares, aislados con policloruro de vinilo, para 750 V y la canalización es empotrada en obra bajo tubo, de longitud 25 m. Calcular la sección de los conductores admitiendo una caída de tensión del 0,5 %.
- 7.7 (2.4-4.) Una línea monofásica de longitud 20 m está formada por conductores de cobre de  $16 \text{ mm}^2$  de sección y alimenta a la tensión de 230 V una vivienda de electrificación elevada (potencia de consumo 9,2 kW y factor de potencia 1). Calcular la caída de tensión en la línea.
- 7.8 (2.4-6.) Calcular la longitud máxima que puede tener una línea trifásica, con conductores de cobre de  $10 \text{ mm}^2$  de sección, que alimenta a un receptor de 7 kW, 400 V y factor de potencia 0,9 inductivo. La caída de tensión no debe sobrepasar el 1 %.
- 7.9 (2.4-8.) Un receptor trifásico consume una intensidad de 38 A con factor de potencia 0,8 inductivo. Está alimentado por una línea formada por tres cables unipolares con conductores de cobre, aislados con XLPE, tensión de aislamiento 1k V, en instalación interior bajo tubo empotrado en obra, de longitud 40 m. La tensión de línea es 400 V y la caída de tensión permitida del 1,5 %. Calcular la sección de los conductores.
- 7.10 (2.4-9.) Calcular la sección de la línea trifásica, formada por un cable tetrapolar con conductores de cobre, aislado con EPR, tensión asignada 0,6/1 kV, en canalización bajo tubo empotrado en obra. La línea alimenta a 400 V, 50 Hz, una instalación en la que se considera un consumo de 78 A con una factor de potencia 0,86 inductivo. En la instalación se prevén desequilibrios de carga entre las fases, por lo que se incrementa la sección calculada en un 20 %. La longitud de la línea es de 70 m y la máxima caída de tensión permitida es del 1 %.
- 7.11 (2.5-2.) Calcular la caída de tensión en la línea monofásica 230 V, 50 Hz, de la figura 7.1, con conductor RZ 0,6/1 kV 2 x 25 Al.

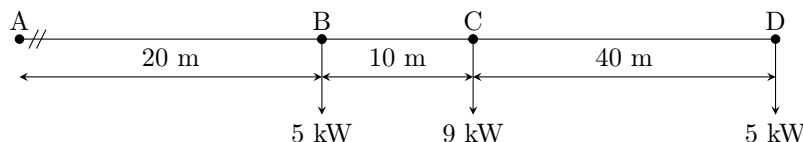


Figura 7.1: Diagrama unifilar del problema 7.11.

- 7.12 (2.5-4.) En la línea trifásica de la figura 7.2 de 400 V, 50 Hz, con cable multiconductor de aluminio en instalación enterrada aislados con XLPE.

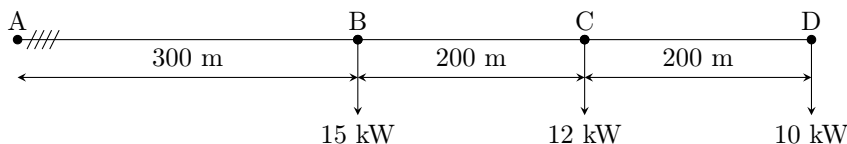


Figura 7.2: Diagrama unifilar del problema 7.12.

Calcular:

- momento eléctrico total con respecto al punto A;
  - sección de los conductores de fase, admitiendo una caída de tensión del 5 % y un factor de potencia global para todas las cargas 0,9.
- 7.13 (2.5-6.) Calcular la caída de tensión en la línea representada en la figura 7.3, formada por un conductor RZ 0,6/1 kV 3x50 Al/54,6 Alm. La tensión de línea es de 380V.

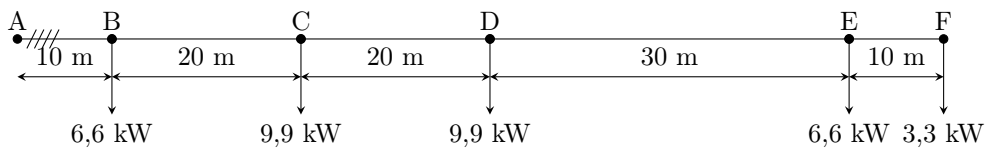


Figura 7.3: Diagrama unifilar del problema 7.13.

7.14 (2.6-2.) Calcular la caída de tensión y la sección teórica en los tramos AB, BC y BD de la línea monofásica a 230 V de la figura 7.4, con conductores de cobre, para que el volumen de material sea mínimo. La caída de tensión máxima admisible es del 2% y el factor de potencia común para todas las cargas 0,8 inductivo.

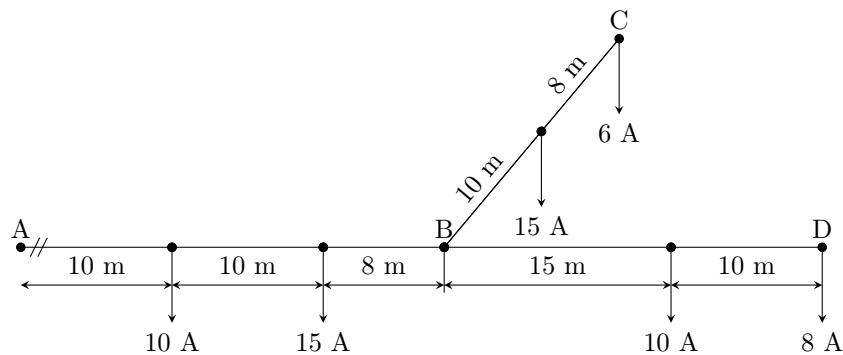


Figura 7.4: Diagrama unifilar del problema 7.14.

7.15 (2.6-4.) La línea monofásica, representada en la figura 7.5, está formada por un cable, con dos conductores de cobre, aislados con polietileno reticulado en instalación superficial. La tensión es de 230 V y las secciones están indicadas. Calcular la caída de tensión en los tramos AD, DG y DF.

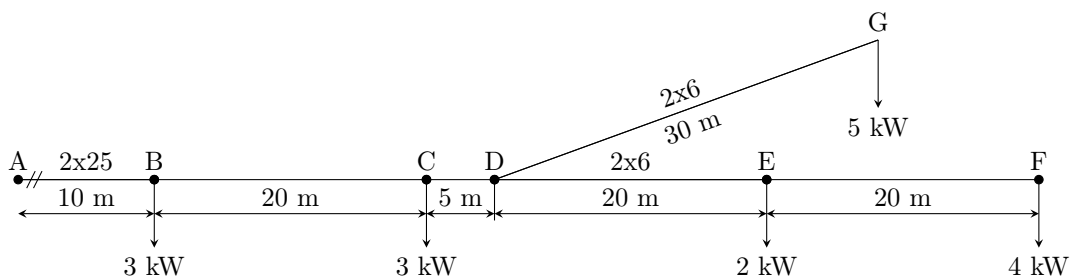


Figura 7.5: Diagrama unifilar del problema 7.15.

7.16 (2.6-6.) Calcular la sección de los distintos tramos de la línea de distribución trifásica indicada en la figura 7.6. El conductor es de aluminio trenzado en haz, aislado con polietileno reticulado, para instalación al aire con neutro fiador. La tensión de línea es 400 V y la caída de tensión máxima es la indicada en cada tramo. Se considera un factor de potencia unidad para todas las cargas.

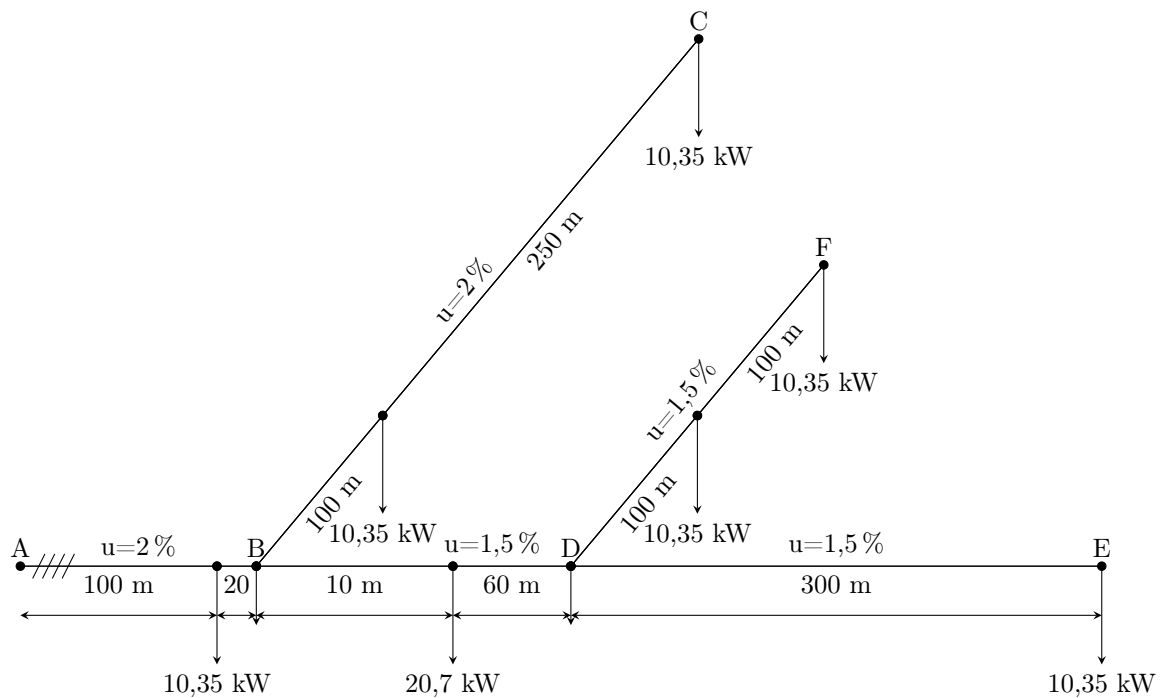


Figura 7.6: Diagrama unifilar del problema 7.16.

- 7.17 (2.7-2.) Calcular la sección de la línea monofásica representada en la figura 7.7, con conductores de cobre unipolares HO7V-K, en instalación bajo tubo empotrado en obra. Tensión 230 V y caída de tensión máxima admisible 1,5%. Se considera un factor de potencia común para todas las cargas de 0,8 inductivo.

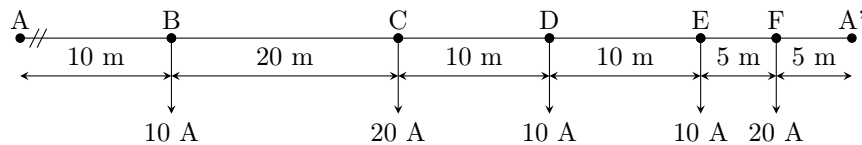


Figura 7.7: Diagrama unifilar del problema 7.17.

- 7.18 (2.7-3.) Si la línea trifásica representada en la figura 7.8, es de aluminio, de sección  $25 \text{ mm}^2$ . Calcular la caída de tensión, sabiendo que la tensión de alimentación es de 400 V.

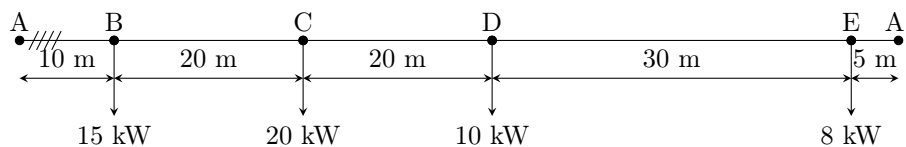


Figura 7.8: Diagrama unifilar del problema 7.18.

- 7.19 (2.8-2.) Calcular la sección de la línea trifásica cerrada representada en la figura 7.9. Los conductores son de aluminio, cable RZ en instalación aérea tensada con neutro fiador. La tensión de línea es 400 V y la caída de tensión máxima 1,5%. Se considera la unidad como factor de potencia común para todas las cargas.

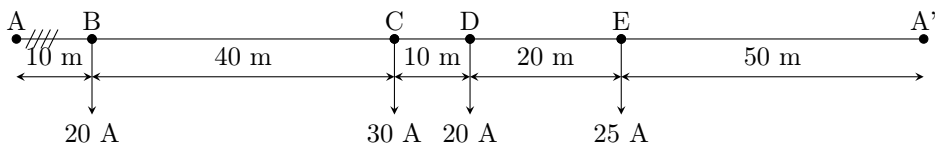


Figura 7.9: Diagrama unifilar del problema 7.19.

7.20 (2.10-2.) Calcular la sección de los conductores de una línea bifilar de corriente continua de 220 V y longitud 40 m, con una caída de tensión del 1 % y que alimenta un receptor que consume 40 A. Los conductores son de cobre.

7.21 (2.10-3.) Calcular la caída de tensión en la línea bifilar de corriente continua de la figura 7.10. La tensión nominal es 220 V y el conductor es de cobre con sección 35 mm<sup>2</sup>.

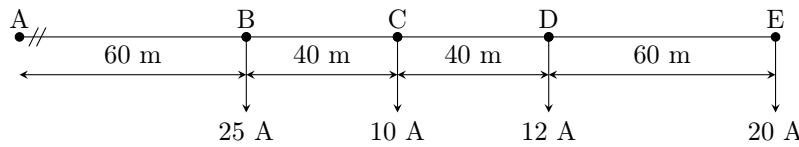


Figura 7.10: Diagrama unifilar del problema 7.21.

7.22 (2.10-4.) Calcular la caída de tensión en los tramos AB, BC y BD de la línea de corriente continua indicada en la figura 7.11, con las secciones indicadas. El conductor es de cobre y la tensión 220 V.

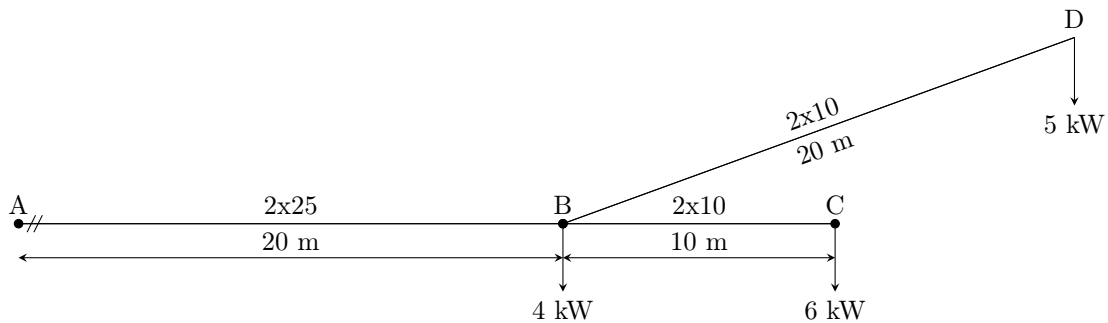


Figura 7.11: Diagrama unifilar del problema 7.22.

7.23 (2.10-5.) Calcular la caída de tensión en los tramos AB, BC y BD de la línea de distribución bifilar de corriente continua con las cargas, longitudes y secciones que indica la figura 7.12. Los conductores son de cobre y la tensión de alimentación 220 V.

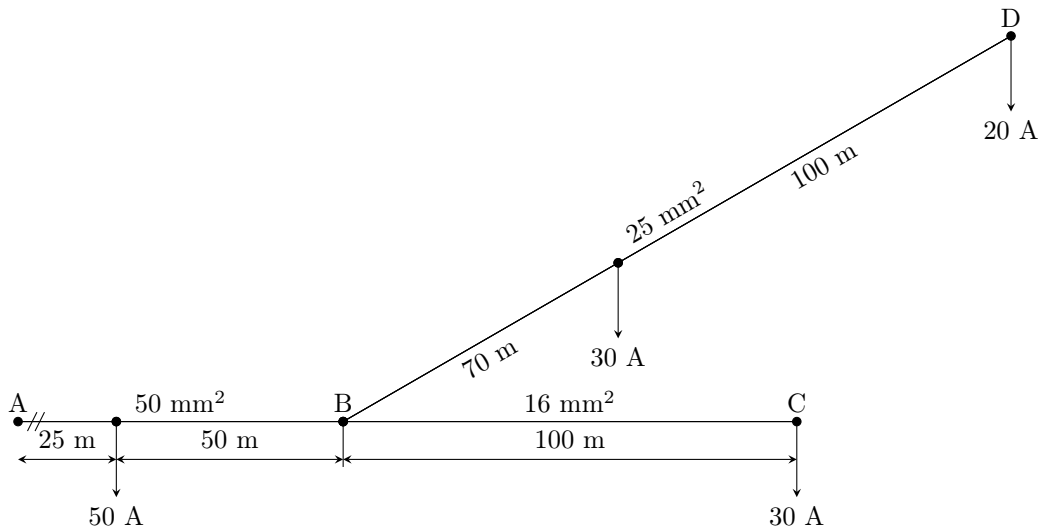


Figura 7.12: Diagrama unifilar del problema 7.23.

7.24 (2.10-6.) Calcular la caída de tensión en la línea bifilar de corriente continua representada en la figura 7.13, con conductores de cobre de sección  $25 \text{ mm}^2$ . Tensión 220 V.

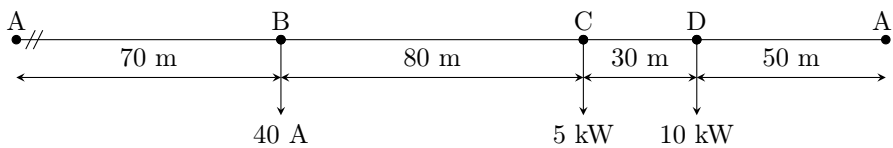


Figura 7.13: Diagrama unifilar del problema 7.24.

7.25 (2.12-2.) Calcular la longitud máxima de una línea, con cables unipolares de aluminio, de sección  $70 \text{ mm}^2$ , aislado con XLPE, 12/20 kV, que alimenta una instalación trifásica a 20 kV, 50 Hz, de consumo 4 MW, con factor de potencia 0,8 inductivo; para que la caída de tensión no sobrepase el 1%. La resistencia longitudinal de cable a la máxima temperatura de trabajo de  $90^\circ\text{C}$  es de  $0,57 \Omega/\text{km}$  y la reactancia  $0,13 \Omega/\text{km}$ .

7.26 (2.15-2.) La intensidad de cortocircuito en un punto de la instalación trifásica de M. T. a 20 kV es 11,547 kA. Calcular:

- potencia aparente de cortocircuito;
- sección necesaria para soportar el cortocircuito si el tiempo de duración del mismo es 0,2 s, el conductor es cable tripolar de cobre aislado con PVC, de constante  $K=115$ .

$$s = \frac{(I_{cc} \cdot \sqrt{t})}{K}$$

7.27 (2.15-3.) Calcular la intensidad de cortocircuito tripolar que puede soportar un cable tripolar de cobre 0,6/1 kV, aislado con XLPE, sección  $95 \text{ mm}^2$ , si el tiempo de duración del cortocircuito es de 0,4 segundos.

7.28 (P.2-1.) Un cable tetrapolar de cobre con aislamiento de EPR, tensión nominal 1 kV, alimenta a 400 /230V, 50 Hz una instalación que consume 34 kW con un factor de potencia 0,8 inductivo. Calcular:

- intensidad que consume la instalación, considerando el consumo equilibrado.
- sección necesaria del conductor si el cable está con una parte empotrada bajo tubo en pared aislante térmica y otra parte colocada directamente sobre la pared.



- 7.29 (P.2-2.) Calcular la sección de los conductores de alimentación de un receptor trifásico equilibrado que consume una intensidad de 45 A con factor de potencia 0,86 inductivo. La línea está formada por tres cables unipolares con conductores de cobre, aislados con PVC para 750 V, en instalación interior bajo tubo empotrado en obra, de longitud 60 m. La tensión de línea es 400 V y la caída de tensión permitida del 1%.
- 7.30 (P.2-3.) En la línea de distribución trifásica de la figura 7.14, tensión de línea 400 V, 50 Hz, con conductores de aluminio trenzados en haz, expuestos al sol, aislados con XLPE, y neutro fiador. Calcular la sección de los conductores de fase, admitiendo una caída de tensión del 4% y considerando un factor de potencia común para todas las cargas de 0,9 inductivo.

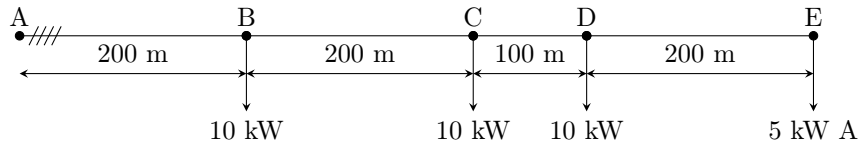


Figura 7.14: Diagrama unifilar del problema 7.30.

- 7.31 (P.2-4.) La línea trifásica representada en la figura 7.15, está formada por un cable tetrapolar, con conductores de cobre, aislados con polietileno reticulado para 1 kV, en instalación bajo tubo empotrado en obra. La tensión de alimentación es 400/230 V, 50 Hz y las secciones están indicadas. Calcular la caída de tensión en los distintos tramos.

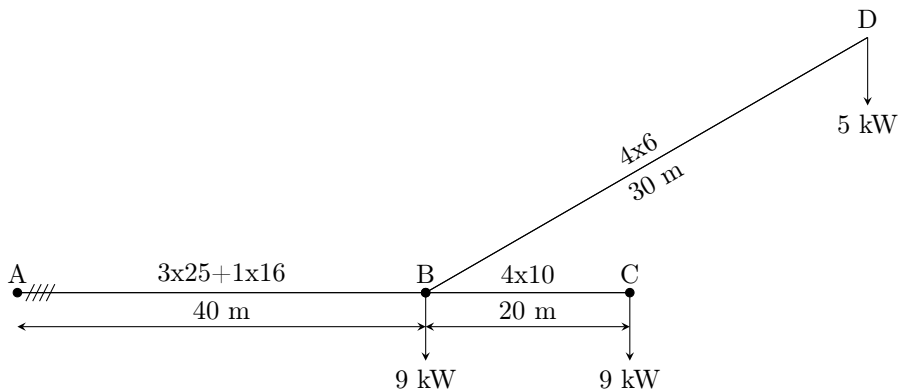


Figura 7.15: Diagrama unifilar del problema 7.31.

- 7.32 (P.2-5.) Calcular la caída de tensión en la línea trifásica representada en la figura 7.16. El conductor es de cobre, de sección 25 mm<sup>2</sup> y la tensión de alimentación es de 400 V.

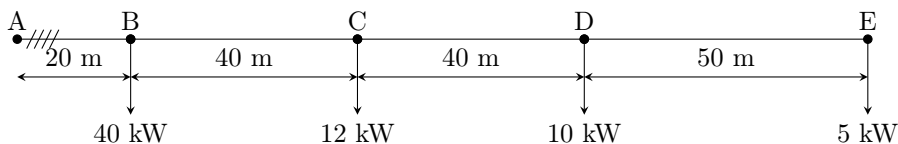


Figura 7.16: Diagrama unifilar del problema 7.32.

- 7.33 (P.2-6.) Calcular la sección de los tramos AB, BC y BD de la línea de la figura 7.17, con los valores máximos de caídas de tensión indicados. Los conductores son de cobre en cable tetrapolar, aislado con XLPE, 0,6/1 kV y la instalación es bajo tubo en montaje superficial.

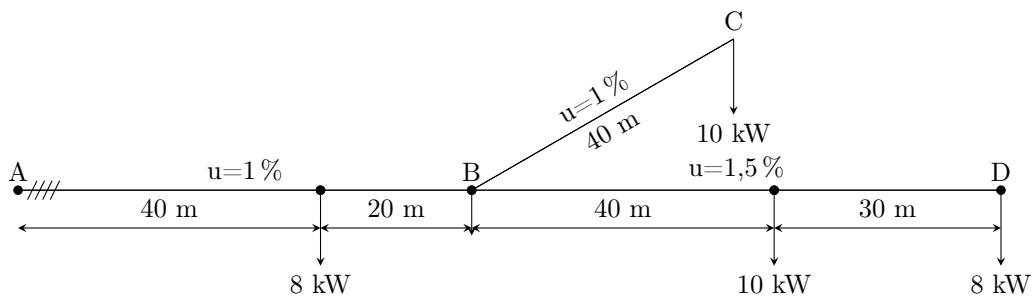


Figura 7.17: Diagrama unifilar del problema 7.33.

La tensión de línea es trifásica de 400/230 V, y se considera un factor de potencia común para todas las cargas de 0,9 inductivo.

- 7.34 (P.2-7.) Calcular la sección de la línea trifásica en anillo representada en la figura 7.18. Los conductores son de aluminio, cable tetrapolar, aislado con EPR, 1 kV, en instalación enterrada bajo tubo. La tensión de línea es 400 V y la caída de tensión máxima 1%. Se considera 0,8 como factor de potencia común para todas las cargas.

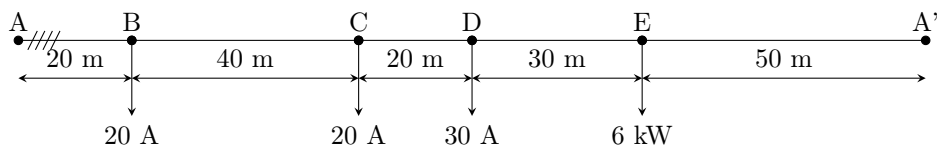


Figura 7.18: Diagrama unifilar del problema 7.34.

- 7.35 (P.2-8.) La línea de distribución de corriente continua indicada en la figura 7.19, está formada por conductores de cobre de sección  $16 \text{ mm}^2$ . La tensión es de 220 V. Calcular la caída de tensión total.

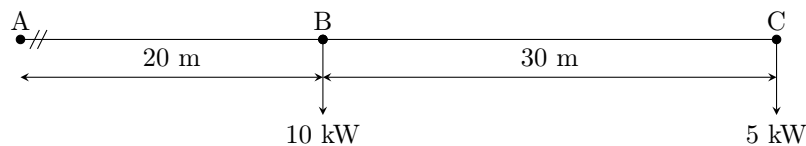


Figura 7.19: Diagrama unifilar del problema 7.35.

- 7.36 (P.2-9.) La línea trifásica de 10 kV, 50 Hz, indicada en la figura 7.20, es de sección uniforme. Las cargas son equilibradas y con factor de potencia 0,86 inductivo. El conductor es un cable tripolar de cobre de resistencia longitudinal de  $0,4 \Omega/\text{km}$  y reactancia  $0,1 \Omega/\text{km}$ . Calcular la caída de tensión total.

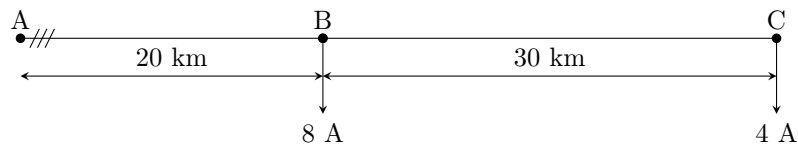


Figura 7.20: Diagrama unifilar del problema 7.36.

- 7.37 (P.2-10.) Calcular la potencia máxima, con factor de potencia 0,9 inductivo, que puede transportar a 600 m una línea trifásica de 20 kV, 50 Hz, para que la caída de tensión no exceda del 1%. Los

conductores son cables unipolares de cobre, de máxima resistencia longitudinal a la temperatura de trabajo  $0,5 \Omega/\text{km}$  y reactancia  $0,12 \Omega/\text{km}$ .

- 7.38 (P.2-11.) Calcular la longitud máxima que puede tener una línea trifásica para alimentar una instalación que consume  $4000 \text{ kW}$  con factor de potencia  $0,8$  inductivo, con pérdida máxima de potencia del  $1\%$  a  $20 \text{ kV}$ ,  $50 \text{ Hz}$ . La línea está formada por cables unipolares de cobre con resistencia longitudinal  $0,4 \Omega/\text{km}$ .
- 7.39 (P.2-12.) Una línea trifásica de  $20 \text{ kV}$ ,  $50 \text{ Hz}$ , alimenta una instalación utilizando cables tripolares de cobre aislados con XLPE,  $15/25 \text{ kV}$ . Calcular la sección necesaria para soportar el cortocircuito si su duración es de  $0,2 \text{ s}$ , la constante  $K$  del cable es  $143$  y la potencia de cortocircuito en el punto de entronque con la línea de distribución es de  $450 \text{ MVA}$ .
- 7.40 En la distribución monofásica de  $230 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ , cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del  $1,5\%$ . La instalación se va a realizar con conductores unipolares de cobre aislado con PVC, de  $750\text{V}$ , en montaje superficial bajo tubo.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	10	En B de $3,2 \text{ kW}$	$0,8$ inductivo
B-C	10	En C de $2,2 \text{ kW}$	$1$ inductivo
C-D	20	En D de $3,8 \text{ kW}$	$0,9$ inductivo
D-E	10	En E de $1,5 \text{ kW}$	$0,8$ inductivo

Determinar:

- Sección de la instalación por criterio térmico.
  - Sección de la instalación por caída de tensión.
  - Caída de tensión en tanto por ciento respecto de la nominal que existe en la carga C.
  - ¿Cuanto puede alejarse la última carga de su punto de ubicación sin que se sobrepase la caída de tensión permitida?
  - En la configuración inicial de la distribución, hasta qué valor se puede aumentar la potencia consumida en la segunda carga, manteniendo su factor de potencia, sin que sea necesario modificar la sección de la instalación.
- 7.41 En la distribución trifásica de  $400\text{V}$ ,  $50\text{Hz}$ , cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del  $2\%$ . La instalación se va a realizar con conductores de aluminio trenzados en haz, aislados con XLPE  $0,6/1\text{kV}$ , en instalación aérea posada sobre fachada con temperatura ambiente de  $30^\circ\text{C}$ .

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	10	En B de $10 \text{ A}$	$1$ inductivo
B-C	20	En C de $15 \text{ A}$	$0,8$ inductivo
C-D	30	En D de $10 \text{ A}$	$0,9$ inductivo
D-E	40	En E de $20 \text{ A}$	$0,8$ inductivo

Determinar:

- Sección de la instalación por criterio térmico. Indicando las secciones de fase, neutro y la intensidad máxima admisible.
- Sección de la instalación por caída de tensión. Indicando las secciones de fase y neutro.
- ¿Cuanto puede alejarse la última carga de su punto de ubicación sin que se sobrepase la caída de tensión permitida?
- Caída de tensión en tanto por ciento respecto de la nominal que existe en la carga C.

- e) Intensidad de cortocircuito tripolar que puede soportar la instalación si la duración del mismo es 1 segundo. Si no se dispusiera de la fórmula, y con la información que se maneja para el problema, determinar dicha intensidad de cortocircuito tripolar. Fórmula con  $K = 94$

$$s = \frac{(I_{cc} \cdot \sqrt{t})}{K}$$

- 7.42 En la distribución trifásica de 400V, 50Hz, cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del 5%. La instalación se va a realizar con un cable multiconductor de aluminio aislado con XLPE, para 1kV, en instalación enterrada bajo tubo.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	300	En B de 15 kW	0,9 inductivo
B-C	200	En C de 12 kW	0,9 inductivo
C-D	200	En D de 10 kW	0,9 inductivo

Determinar:

- Sección de la instalación por criterio térmico. Indicando las secciones de fase y neutro.
- Sección de la instalación por caída de tensión. Indicando las secciones de fase y neutro.
- ¿Cuanto puede alejarse la última carga de su punto de ubicación sin que se sobrepase la caída de tensión permitida?
- En la configuración inicial de la distribución, hasta qué valor se puede aumentar la potencia consumida en la segunda carga, manteniendo su factor de potencia, sin que sea necesario modificar la sección de la instalación.
- Intensidad de cortocircuito tripolar que puede soportar la instalación si la duración del mismo es 1 segundo. Fórmula con  $K = 94$

$$s = \frac{(I_{cc} \cdot \sqrt{t})}{K}$$

- 7.43 En la distribución trifásica de 400V, 50 Hz, cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del 2%. La instalación se va a realizar con conductores de aluminio, trenzados en haz, aislados con polietileno reticulado 0,6/1kV, en instalación aérea posada sobre fachada.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	10	En B de 10 A	1 inductivo
B-C	20	En C de 15 A	0,8 inductivo
C-D	30	En D de 10 A	0,9 inductivo
D-E	40	En E de 20 A	0,8 inductivo

- Determinar la sección de la instalación por criterio térmico. Indicando las secciones de fase y neutro
- Determinar la sección de la instalación por caída de tensión. Indicando las secciones de fase y neutro
- ¿Cuanto puede alejarse la ultima carga de su punto de ubicación sin que se sobrepase la caída de tensión permitida?

- 7.44 En la distribución trifásica de 400V 50 Hz, cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del 2%. La instalación se va a realizar con conductores unipolares de aluminio aislados con XPLE de 0,6/1kV en instalación enterrada bajo tubo.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	100	En B de 18 kW	0,9 inductivo
B-C	50	En C de 32 kW	0,9 inductivo
C-D	50	En D de 20 kW	0,9 inductivo
D-E	100	En D de 20kW	0,9 inductivo
E-A	40		

- Determinar la potencia suministrada a través de los tramos A-B y A-E
- Determinar la sección de la instalación por criterio térmico. Indicando las secciones de fase y neutro
- Determinar la sección de la instalación por caída de tensión. Indicando las secciones de fase y neutro
- Si el anillo se rompe, en el tramo más desfavorable. ¿Es posible la alimentación de todas las cargas por criterio térmico?. Justificar la respuesta.

7.45 En la distribución trifásica de 400V 50 Hz, cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del 5%. La instalación se realiza con conductores multipolares de aluminio aislados con XPLE de 0,6/1kV, en instalación enterrada.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	300	En B de 15 kW	0,9 inductivo
B-C	200	En C de 12 kW	0,9 inductivo
C-D	200	En D de 10 kW	0,9 inductivo

- Obtener los valores mínimos tanto por criterio térmico como por caída de tensión. Determinar la sección de la instalación, indicando las secciones de fase y neutro.
- Si la instalación abierta anterior se convierte en cerrada uniendo la carga D con A mediante un cable de 350 m de las mismas características que en el resto de la instalación, obtener los valores mínimos tanto por criterio térmico como por caída de tensión. Determinar la sección de la instalación, indicando las secciones de fase y neutro.

7.46 En la distribución trifásica en anillo a 400V, cuyas características se indican en la tabla adjunta, se permite una caída de tensión máxima del 1%, se realiza con un cable de aluminio tetrapolar aislado con EPR, 1 kV, en instalación enterrada bajo tubo.

Tramo	Tramo Longitud (m)	Carga	Factor potencia
A-B	20	En B de 20 A	0,8 inductivo
B-C	40	En C de 20 A	0,8 inductivo
C-D	20	En D de 30 A	0,8 inductivo
D-E	30	En E de 6 kW	0,8 inductivo
E-A	50		

- Determinar la sección de la instalación por criterio térmico. Indicando las secciones de fase y neutro
- Determinar la sección de la instalación por caída de tensión. Indicando las secciones de fase y neutro
- Si el anillo se rompe, en el tramo más desfavorable. ¿Es posible la alimentación de todas las cargas por criterio térmico? Justificar la respuesta.

*SOLUCIONES*

Problemas finales a partir de 7.41

- 7.40 a)  $2 \times 16 \text{ mm}^2$ ; b)  $2 \times 16 \text{ mm}^2$ ; c)  $\%0,77$ ; d)  $\approx 35 \text{ m}$ ; e)  $4,82 \text{ kW}$
- 7.41 a)  $4 \times 16 \text{ mm}^2$ ; b)  $4 \times 25 \text{ mm}^2$ ; c)  $90,09 \text{ m}$ ; d)  $0,60\%$ ; e)  $2,3 \text{ kA}$
- 7.42 a)  $4 \times 16 \text{ mm}^2$ ; b)  $3 \times 70 + 1 \times 35 \text{ mm}^2$  c)  $210 \text{ m}$ ; d)  $16,2 \text{ kW}$ ; e)  $6,58 \text{ kA}$
- 7.43 a)  $4 \times 16 \text{ mm}^2$ ; b)  $4 \times 25 \text{ mm}^2$  c)  $90,09 \text{ m}$
- 7.44 a) Tramo A-B  $41,18 \text{ kW}$ , Tramo A-E  $48,82 \text{ kW}$  ; b)  $3 \times 25 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$  c)  $3 \times 50 + 1 \times 25 \text{ mm}^2$ ;  
d) No es posible. El cable aguanta en las condiciones de instalación  $144 \text{ A}$  y la instalación requiere  $144,34 \text{ A}$ .
- 7.45 a) Criterio térmico  $4 \times 16 \text{ mm}^2$ , Criterio caída de tensión  $3 \times 70 + 1 \times 35 \text{ mm}^2$ . Por lo tanto la instalación debe ser de  $3 \times 70 + 1 \times 35 \text{ mm}^2$ ; b)  $3 \times 35 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$
- 7.46 a)  $4 \times 16 \text{ mm}^2$  b)  $3 \times 25 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$ ; c) Si es posible. El cable aguanta en las condiciones de instalación  $88 \text{ A}$  y la instalación requiere  $80,83 \text{ A}$ .

## Capítulo 8

# PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN LAS INSTALACIONES DE B.T.

Para la realización de los diferentes problemas de este capítulo es requisito imprescindible disponer de las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias del REBT y en los casos en que existan de sus correspondientes Guías Técnicas de Aplicación.

En la siguiente dirección de internet podemos acceder a la información actualizada de toda la reglamentación <http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/legislacionsi.asp?idregl=76>

Se deberá disponer como mínimo de la siguiente normativa:

**ITC-BT-06** Redes aéreas para distribución en Baja Tensión.

**ITC-BT-07** Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión.

**ITC-BT-19** Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales, y su correspondiente Guía Técnica de Aplicación.

Las cuestiones, que empiezan con dígitos entre paréntesis, son ejemplos prácticos extraídos del libro reseñado en la bibliografía básica<sup>1</sup>. Dichos números coinciden con los referenciados en el citado libro.

8.1 **(5.10-2.)** Una línea de dos conductores unipolares de cobre, de sección  $6 \text{ mm}^2$ , aislados con PVC, 750 V, en canalización bajo tubo y montaje superficial, conduce una corriente de intensidad 30 A. Esta línea se deriva de una línea de mayor sección, protegida por un interruptor magnetotérmico de 50 A. Calcular:

- a) si la derivación está protegida por el interruptor magnetotérmico;
- b) calibre del fusible necesario para la protección.

8.2 **(5.10-3.)** Un cable tetrapolar de cobre, aislado con XLPE, 0,6/1 kV, de sección  $16 \text{ mm}^2$ , en instalación interior y montaje superficial sobre pared, se utiliza para alimentar a 400 V, 50 Hz, una potencia de 30 kW, con factor de potencia 0,86. Calcular:

- a) intensidad que circulará por el cable;
- b) calibre del interruptor automático para proteger el cable contra sobrecargas.

8.3 **(5.10-4.)** Un interruptor automático de intensidad nominal 125 A y un relé térmico regulable contra sobrecargas entre 94 y 125 A se utilizan para la protección contra sobrecargas de una línea de 50 m, formada por cable tetrapolar de cobre aislado con XLPE a 1.000 V en instalación enterrada bajo tubo. La sección del conductor es de  $25 \text{ mm}^2$ . La instalación consume una potencia de 55 kW a 400 V, 50 Hz, con factor de potencia 0,9. Calcular:

- a) intensidad permitida por el conductor según la instrucción ITC-BT -07;
- b) caída de tensión en la línea de longitud 50 m;

---

<sup>1</sup> GARCÍA TRASANCOS J. "Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión". Adaptado al nuevo RBT (BOE 224, de 18 de septiembre de 2002). 6ª edición. Paraninfo. 2009. 422 p. ISBN 978-84-283-3190-6.

- c) intensidad que circula por la línea;  
d) entre qué valores se puede regular el relé térmico.
- 8.4 **(5.14-2.)** Calcular la intensidad de cortocircuito en un punto de entronque de una acometida en M.T. a 20 kV, si la potencia de cortocircuito en ese punto es de 400 MVA.
- 8.5 **(5.14-4.)** Calcular la intensidad de cortocircuito en los bornes secundarios de un transformador 20/0,4 kV, si la resistencia de cortocircuito es de 0,0017  $\Omega$  y la reactancia de 0,0094  $\Omega$ .
- 8.6 **(5.28-2.)** Calcular la máxima resistencia a tierra en un local mojado si la instalación está protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 30 mA.
- 8.7 **(5.28-3.)** En un local seco la resistencia a tierra es de 120  $\Omega$ . Calcular el interruptor diferencial necesario para protección de una línea trifásica que alimenta a 400 V, 50 Hz, una carga de 15 kW con factor de potencia 0,8.
- 8.8 **(P.5-1.)** Una línea de B.T. está formada por 4 conductores unipolares de cobre, de sección 10 mm<sup>2</sup>, aislados con PVC, canalización bajo tubo empotrado en obra a 40 °C. Calcular:
- a) intensidad admisible por los conductores;  
b) calibre del magnetotérmico necesario para proteger la línea contra sobrecargas si la potencia de consumo a 400 V y 50 Hz es de 10 kW, con factor de potencia 0,86 inductivo.
- 8.9 **(P.5-2.)** Para la protección contra sobrecargas de una línea de distribución, formada por cuatro conductores de aluminio 3x95+1x50 aislados con XLPE, 0,6/1 kV, en instalación enterrada bajo tubo, se utiliza un interruptor automático de intensidad nominal  $I_n = 160$  A y relé térmico regulable contra sobrecargas entre 0,7  $I_n$  e  $I_n$ . La instalación consume una potencia de 60 kW a 400 V, 50 Hz, factor de potencia 0,9. Calcular:
- a) intensidad permitida por el conductor;  
b) intensidad que circula por la línea;  
c) valor de regulación del relé térmico.
- 8.10 **(P.5-3.)** Para alimentar un edificio industrial se utiliza una acometida en M.T. a 20 kV. En el punto de entronque con la red de M.T. la potencia de cortocircuito, según la empresa suministradora de energía es de 420 MVA. Calcular:
- a) intensidad de cortocircuito en el punto de conexión;  
b) reactancia de la línea de alimentación hasta el punto de conexión, considerando la resistencia despreciable;  
c) intensidad de cortocircuito a 50 m del punto de entronque, si la línea de acometida en M.T. está formada por 3 cables de aluminio con una resistencia máxima de 0,3  $\Omega$ /km y una reactancia de 0,1  $\Omega$ /km.
- 8.11 **(P.5-4.)** Un transformador de un centro de transformación 20/0,4 kV tiene de resistencia de cortocircuito 0,003  $\Omega$  y de reactancia 0,007  $\Omega$ , referidas al secundario. La resistencia de una línea que parte de las barras de distribución en B.T. es de 0,019  $\Omega$  y la reactancia 0,004  $\Omega$ . Calcular:
- a) intensidad de cortocircuito en los bornes del secundario del transformador, despreciando la impedancia de la línea de alimentación en M.T.;  
b) intensidad de cortocircuito al final de la línea secundaria.
- 8.12 **(P.5-7.)** Calcular el interruptor diferencial necesario para protección de una línea trifásica que alimenta a 400 V, 50 Hz, una carga de 22 kW con factor de potencia 0,8, en un local seco si la resistencia a tierra es de 110  $\Omega$ .



- 8.13 Una nave industrial se alimenta desde un centro de transformación a 400 V. Los parámetros de cortocircuito del transformador referidos a su secundario son resistencia de  $0,005 \Omega$  y reactancia de  $0,015 \Omega$ . Las características de la línea de alimentación desde el secundario del transformador que alimenta el cuadro de B.T. son: trifásica; sección  $120 \text{ mm}^2$ ; longitud 40 m; conductores unipolares de cobre aislados con XPLE; instalación bajo tubo empotrada en obra; resistencia de  $0,324 \Omega/\text{km}$  y reactancia  $0,109 \Omega/\text{km}$ . Calcular:
- intensidad de cortocircuito en los bornes del secundario del transformador;
  - intensidad de cortocircuito al final de la línea de alimentación al cuadro de B.T.;
  - características del interruptor automático de protección a poner en el secundario del transformador (cabecera de línea de B.T.), si el consumo total de la instalación es 80 kW con factor de potencia 0,9 inductivo;
  - características del magnetotérmico necesario para proteger la línea que partiendo del cuadro de B.T. está formada por 4 conductores unipolares de cobre de  $10 \text{ mm}^2$  de sección, aislados con PVC, 750 V, en canalización empotrada en obra bajo tubo si esta línea alimenta una carga de 6 kW con factor de potencia 0,86 inductivo;
  - la máxima resistencia a tierra en un local mojado, emplazamiento conductor, si la instalación está protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 30 mA.
- 8.14 Una línea de longitud 150 m está formada por un cable tetrapolar de cobre  $3 \times 50 + 1 \times 25 \text{ mm}^2$  aislado con XLPE, 0,6/1 kV, en instalación bajo tubo empotrada en obra. Esta línea alimenta a 400/230 V, 50 Hz, una carga de 40 kW con factor de potencia 0,9. La reactancia de la red, aguas arriba de la línea de alimentación, es de  $0,024 \Omega$  y su resistencia despreciable. La resistencia del cable de 150 m es de  $0,502 \Omega/\text{km}$  y su reactancia de  $0,078 \Omega/\text{km}$ . Calcular:
- intensidad de cortocircuito al principio de la línea;
  - intensidad de cortocircuito al final de la línea;
  - características del interruptor automático de protección de la línea, determinando intervalo del calibre, poder de corte e intensidad de actuación magnética del disparador electromagnético;
  - Si se dispone de un interruptor automático de calibre 100 A, poder de corte 12 kA e intensidad de actuación magnética de 3 kA, ¿protege dicho interruptor la instalación? Razonar la respuesta.
  - la máxima resistencia a tierra en un local mojado si la instalación está protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 30 mA.
- 8.15 Una línea está formada por cuatro conductores unipolares de cobre  $3 \times 25 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$  aislados con XLPE, 0,6/1kV, en instalación empotrada en obra bajo tubo. Esta línea alimenta a 400/230 V, 50 Hz, una carga de 24 kW con factor de potencia 0,8. La reactancia de la red, aguas arriba de la línea de alimentación, es de  $0,02 \Omega$  y su resistencia es de  $0,04 \Omega$ . La resistencia de la línea es de  $0,051 \Omega$  y su reactancia despreciable. Calcular:
- intensidad de cortocircuito al principio de la línea;
  - intensidad de cortocircuito al final de la línea;
  - características del interruptor automático de protección de la línea, determinando el intervalo del calibre, poder de corte e intensidad de actuación magnética del disparador electromagnético;
  - características del interruptor diferencial necesario para protección de la línea en un local seco, si la resistencia a tierra, en el punto más desfavorable de la instalación, es de  $110 \Omega$ .
- 8.16 El transformador de un centro de transformación de 20/0,4 kV, tiene como valores de cortocircuito una resistencia de  $0,003 \Omega$  y una reactancia de  $0,007 \Omega$ . De este transformador parte un línea de BT, tetrapolar de conductores de cobre de  $3 \times 150 + 1 \times 95 \text{ mm}^2$  con aislamiento de polietileno reticulado en instalación empotrada en obra bajo tubo con una longitud de 100 m. Dicha línea alimenta una carga que consume 125 kW con factor de potencia 0,9 inductivo. Calcular:
- intensidad de cortocircuito al principio de la línea de B.T.;

- b) intensidad de cortocircuito al final de la línea de B.T.;
- c) intensidad máxima admisible en el conductor de la línea de B.T.;
- d) características del interruptor automático de protección de la línea, determinando calibre, poder de corte e intensidad de actuación magnética del disparador electromagnético.

*SOLUCIONES*

- 8.13 a) 14,6 kA; b) 8,7 kA; c)  $128,3 \text{ A} \leq I_n \leq 284 \text{ A}$ ;  $PdC > 14,6 \text{ kA}$ ;  $I_a < 8,7 \text{ kA}$ ;  
 d)  $10,1 \text{ A} \leq I_n \leq 44 \text{ A}$ ;  $PdC > 8,75 \text{ kA}$ ; e)  $R_a < 800 \Omega$ .
- 8.14 a) 9583 A; b) 2760 A; c)  $64,15 \text{ A} \leq I_n \leq 133 \text{ A}$ ;  $PdC > 9583 \text{ A}$ ;  $I_a < 2760 \text{ A}$ ;  
 d) No protege la línea pues su intensidad de actuación es mayor que 2760 A; e)  $R_a < 800 \Omega$ .
- 8.15 a) 5,14 kA; b) 2,47 kA; c)  $43,3 \text{ A} \leq I_n \leq 106 \text{ A}$ ;  $PdC > 5,14 \text{ kA}$ ;  $I_a < 2,47 \text{ kA}$ ;  
 d)  $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ ;  $V_n = 400 \text{ V}$ ;  $43,3 \text{ A} \leq I_n \leq 106 \text{ A}$ .
- 8.16 a) 30,324 kA; b) 14,025 kA; c)  $I_z = 278 \text{ A}$ ; c)  $200,5 \text{ A} \leq I_n \leq 278 \text{ A}$ ;  $PdC > 30,324 \text{ kA}$ ;  
 $I_a < 14,025 \text{ kA}$ .