

RESPUESTAS A PROBLEMAS

CAPITULO 1

Problema 1.1

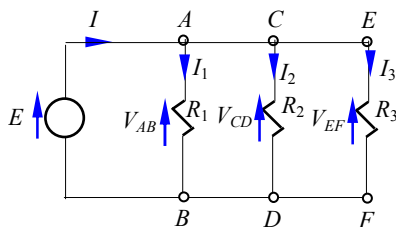
$$l=1538 \text{ m}$$

Problema 1.2

- 1) $I_2 = 1.41 I_1$ (Si se considera $I_1 \approx 35 \text{ A}$, entonces $I_2 \approx 49.5 \text{ A}$)
- 2) $\Delta V(40^\circ\text{C}) = 314.4 \text{ V/km}$ y $\Delta V(0^\circ\text{C}) = 444.6 \text{ V/km}$

Problema 1.3

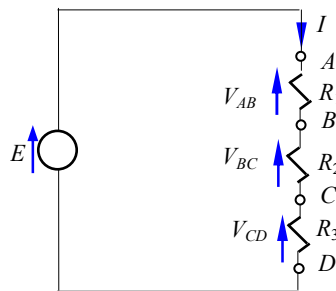
Conexión en paralelo



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

El parámetro en común es la tensión

Conexión en serie



$$E = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$

El parámetro en común es la corriente

Problema 1.4

- $l = 0.0084 \text{ km}$ longitud del circuito
- $2l = 0.0168 \text{ km}$ longitud total de conductor

Problema 1.5

- 1) " $S = 6 \text{ mm}^2$ ", si el conductor es enterrado (o " $S = 10 \text{ mm}^2$ " si pudiera ser aéreo).
- 2) " $S = 95 \text{ mm}^2$ "
- 3) $V'(95 \text{ mm}^2) =$ (Se deja para el lector)
- 4) $P_p(95 \text{ mm}^2) =$ (Se deja para el lector)

$$5) P_{luz}(95 \text{ mm}^2) = (\text{Se deja para el lector}), P_{calor}(95 \text{ mm}^2) = (\text{Se deja para el lector})$$

Problema 1.6

- 1) $\Delta V = 209.6 \text{ V}$
- 2) $I = 10.4 \text{ A}$
- 3) $\Delta V = 211 \text{ V}$

Problema 1.7

Considerando que ambas distancias se consideran medidas desde el generador, es decir habrá 350 m al motor y 200 m desde el motor a la instalación de alumbrado.

- 1) $\Delta V_{motor} = 104.92 \text{ V}$ (en terminales de motores)
- 2) $\Delta V_{alumbrado} = 103.57 \text{ V}$ (al final de la línea)
- 3) $I = 113.72 \text{ A}$
- 4) $P = 478 \text{ W}$
- 5) $P = 12493 \text{ W}$

Problema 1.8

- a) Amperímetro fuera: $R_c = 216.66 \Omega$, amperímetro dentro: $R_m = 236.84 \Omega$
- b) Amperímetro afuera: $R_x = 226.48 \Omega$, amperímetro adentro: $R_x = 232.34 \Omega$
- c) Amperímetro afuera: $\Delta R = -9.81 \Omega$, amperímetro adentro: $\Delta R = 4.5 \Omega$
- d) Amperímetro afuera: $\varepsilon_r = -4.3\%$, amperímetro adentro: $\varepsilon_r = 1.9\%$

Problema 1.9

$$I = -\frac{1}{33.33\Omega} V_{AB} + 0.3 \text{ A}$$

Problema 1.10

$$V_Q = 8.70 \text{ V}, I_Q = 0.04 \text{ A}$$

Problema 1.11

$$R = 32.90 \Omega$$

CAPITULO 2

Problema 2.1

Resuelto como ejemplo a continuación del enunciado

Problema 2.2

$$i_1 = 2.765 \text{ A}, i_3 = 0.145 \text{ A}, i_4 = -2.914 \text{ A}, i_5 = 7.09 \text{ A}, i_6 = 7.236 \text{ A};$$

$$V_{AB} = 26.19 \text{ V}, V_{CA} = -9.28 \text{ V}, V_{CB} = -35.47 \text{ V}, V_{DA} = -182.95 \text{ V}, V_{DC} = -173.66 \text{ V};$$

$$V_{DB} = 209.11 \text{ V}, P_I = 2091 \text{ W}, P_E = -276.5 \text{ W}.$$

Problema 2.3

- 1) $V_I = 155.07 \text{ V}$
- 2) $V_{AE} = 46.08 \text{ V}$
- 3) $P = 1550.7 \text{ W}$
- 4) *La potencia total entregada por la fuente es igual a la total consumida por las resistencias*

Problema 2.4

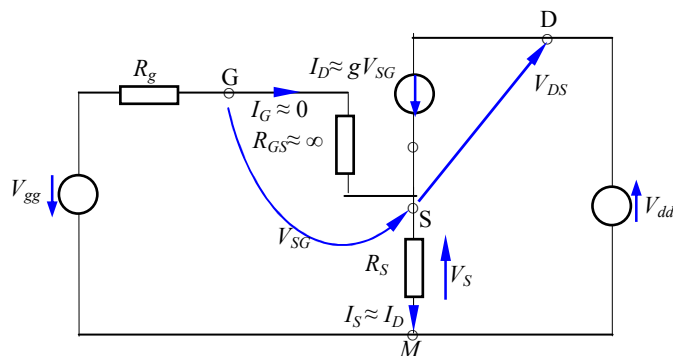
$$V_{AB} = 200 \text{ V}$$

Problema 2.5

- 1) $V_{AB} = -8.35 \text{ V}$, $V_{BC} = -4.5 \text{ V}$, $V_{AC} = -12.85 \text{ V}$
- 2) $P = 0.127 \text{ W}$

Problema 2.6

$$i = 1.25 \text{ mA}, V_{AB} = 0 \text{ V}$$

Problema 2.7

$$\begin{array}{ll}
 V_G + V_{gg} + I_D R_S = V_S & \rightarrow V_{SG} = -0.01 \text{ V} \\
 I_D = g V_{SG} & \rightarrow I_D = -0.005 \text{ A} \\
 V_S - I_D R_S + V_{dd} = V_D & \rightarrow V_{DS} = 13.51 \text{ V} \\
 V_S - I_D R_S = V_M = 0 & \rightarrow V_S = -4.51 \text{ V}
 \end{array}$$

Problema 2.8

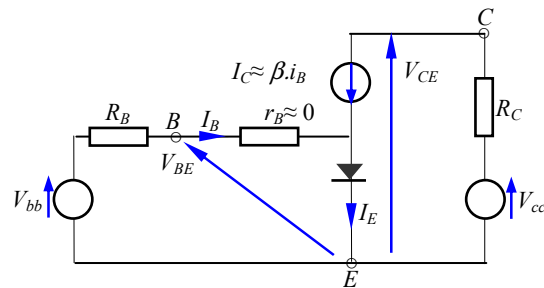
$$\begin{array}{l}
 R_{c1} = 1800 \, \Omega, R_{c2} = 1100 \, \Omega, R_{c3} = 1800 \, \Omega, \\
 R_{d1} = 80 \, \Omega, R_{d2} = 110 \, \Omega, R_{d3} = 180 \, \Omega, \\
 R_{e1} = 163.64 \, \Omega, R_{e2} = 163.64 \, \Omega, R_{e3} = 180 \, \Omega, \\
 V_{AB} = 4 \text{ V}, V_{BC} = 5 \text{ V}, V_{AC} = 9 \text{ V}, V_{CD} = 9 \text{ V}
 \end{array}$$

Problema 2.9

$$V_E + V_{bb} - I_B R_B = V_{BE} = V_D \quad \rightarrow \quad I_B = 0.0304 \text{ A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad \rightarrow \quad I_C = 3.04 \text{ A}$$

$$V_E + V_{cc} - R_C I_C = V_C \quad \rightarrow \quad V_{CE} = -3025 \text{ V}$$



Problema 2.10

Tabla de respuesta para la relación $R_1/R_2=100$

$\Delta R_2 / R_2$ (%)	R_2 (Ω)	$i_1 = i_2$ (mA)	$i_3 = i_4$ (mA)	V_A (mV)	V_B (mV)	V_{AB} (mV)
-80	25.84	0,748	0,740	19,3	95,6	-80
-60	51.68	0,746	0,740	39	95,6	-60
-40	77.52	0,744	0,740	58	95,6	-38
-30	90.44	0,743	0,740	67	95,6	-29
-25	96.90	0,742	0,740	72	95,6	-24
-20	103.36	0,742	0,740	77	95,6	-19
-15	109.82	0,741	0,740	81	95,6	-15
-10	116.28	0,741	0,740	86	95,6	-10
-5	122.74	0,740	0,740	91	95,6	-5
0	129.20	0,740	0,740	96	95,6	0
5	135.66	0,739	0,740	101	95,6	5
10	142.12	0,739	0,740	105	95,6	9
15	148.58	0,739	0,740	110	95,6	14
20	155.04	0,738	0,740	115	95,6	19
25	161.5	0,738	0,740	119	95,6	23
30	167.96	0,737	0,740	124	95,6	28
40	180.88	0,736	0,740	133	95,6	37
60	206.72	0,734	0,740	152	95,6	56
100	258.40	0,731	0,740	185	95,6	93
200	387.60	0,722	0,740	280	95,6	184
400	646.00	0,704	0,740	455	95,6	359

Problema 2.11

Solución por capacidad térmica:

Tramo 1) Tablero a caja de poste: 80 m cable de $(2 \times 6 \text{ mm}^2)$

1 x 6 mm² polo positivo y 1 x 6 mm² polo negativo

Tramo 2) Caja de poste a casilla: 40 m cables de $(1 \times 6 \text{ mm}^2) + (4 \times 1.5 \text{ mm}^2)$

1 x 6 mm² polo positivo + 4 x 1.5 mm² polos positivos interrumpidos

Tramo 3) Caja de poste a reflectores: 20 m $(4 \times 1.5 \text{ mm}^2) + (1 \times 6 \text{ mm}^2)$

4 x 1.5 mm² polos positivos interrumpidos continuación hasta reflectores + 1 x 6 mm² polo negativo a caja de poste.

Solución por caída de tensión:

Tramo	Distancia	cable adoptado	Cond. en paralelo	r	R equiv.del tramo	ΔV
	m			Ω/km	Ω	V
tablero-poste	80	1 x 4 x 35 mm ²	2	0.524	0.0419	2.68
poste-casilla	40	1 x 2 x 35mm ²	2	0.524	0.0105	0.67
casilla-poste	40	1 x 4 x 16mm ²		1.15	0.0115	0.74
poste-reflector	20	1 x 4 x 16mm ²		1.15	0.0058	0.37
reflector-poste	20	1 x 2 x 35mm ²	2	0.524	0.0052	0.34
		conductores			0.0749	4.79
		reflectores			1.8000	115.21
		total circuito			1.8749	120.00

Problema 2.12**Resultados desde un punto de vista 1**

I_{G230}	I_{G220}	E_{G230}	V_{carga}
6 A	40 A	215.4 V	207.6 V
12 A	34 A	225.0 V	209.4 V

Dado que " $V_{carga}(\text{min}) = 0.95 \times 220 \text{ V} = 209 \text{ V}$ " $\Rightarrow E_{G230} = 225 \text{ V} = 230 \text{ V} - 2.17\%$

Resultados desde un punto de vista 2

$$E_B = 220 + 1,3 \times 6 = 227.8$$

$$E_B = 220 + 1,3 \times 12 = 235.6$$

Problema 2.13

- 1) $V = 212.69 \text{ V}$
- 2) $V = 205.3 \text{ V}$
- 3) Porcentaje máximo de alumbrado (Se deja para el lector)
- 4) Mínima sección $S_{min} = ?$ (Se deja para el lector)

Problema 2.14

- 1) $V_{final} = 198,07 \text{ V}$
- 2) $R = 0.52 \Omega$
- 3) $I_{origen} = 665 \text{ A}$

CAPITULO 3**Problema 3.1**

- 1) Totales: 5 nodos y 7 ramas, efectivos: 4 nodos y 6 ramas
- 2) (Se deja para el lector)
- 3) (Se deja para el lector)
- 4) (Se deja para el lector)
- 5) Porque las ramas de enlace son exclusivas.

6) (Se deja para el lector)

Problema 3.2

$$i_1 = 6 \text{ A}, i_2 = 1 \text{ A}, i_3 = 5 \text{ A}, i_4 = 4 \text{ A}, i_5 = 2 \text{ A}, i_6 = -3 \text{ A}$$

$$V_{DA}=v_1 = 150 \text{ V}, V_{AC}=v_2 = 50 \text{ V}, V_{AB}=v_3 = 20 \text{ V}, V_{CD}=v_4 = 100 \text{ V}, V_{BD}=v_5 = 130 \text{ V},$$

$$V_{CB}=v_6 = -30 \text{ V}$$

Problema 3.3

$$P_E = -277 \text{ W}, P_I = 2091 \text{ W}$$

Problema 3.4

$$i_3 = -\frac{I}{R_3 \sum_{i=1}^9 \frac{1}{R_i}}$$

Problema 3.5

$$I = 21.5 \text{ A}$$

$$P = 2585 \text{ W}$$

Problema 3.6

$$P = 15500 \text{ W}$$

Problema 3.7

- 1) $V_{AB} = 4.54 \text{ V}$
- 2) $P_B = 2247 \text{ kW}, P_{E1} = 131 \text{ kW}, P_{E2} = -183 \text{ kW}$
- 3) $P_{R10} = 2195 \text{ W}$

Problema 3.8

Primera parte:
$$v = -\left(R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}\right) \cdot i + \left(E_3 + \frac{E_1 - E_3}{R_1 + R_3} R_3\right)$$

Segunda parte:
$$i = -\left(\frac{(R_1 + R_3)}{R_2(R_1 + R_3) + R_1 R_3}\right) \cdot v + \frac{R_1 E_3 + R_3 E_1}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Tercera parte:
$$\frac{(R_1 + R_3)}{R_2(R_1 + R_3) + R_1 R_3} = \frac{1}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} \text{ y}$$

$$\frac{R_1 E_3 + R_3 E_1}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{E_3 + \frac{E_1 - E_3}{R_1 + R_3} R_3}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} \text{ ó } E_3 + \frac{E_1 - E_3}{R_1 + R_3} R_3 = \frac{\frac{R_1 E_3 + R_3 E_1}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}}{\frac{(R_1 + R_3)}{R_2(R_1 + R_3) + R_1 R_3}}$$

Problema 3.9

$$V_{AB} = 5.64 \text{ V}, i_1 = 8.06 \text{ mA}, i_3 = 0.028 \text{ A}, i_4 = 0.01 \text{ A}, i_5 = 38 \text{ mA}$$

Problema 3.10

$$V_{AB} = 84.1 \text{ V}, i_1 = 2.364 \text{ A}, i_3 = 3.364 \text{ A}$$

Problema 3.11

$$V_{AB} = 58.75 \text{ V}, i_1 = 0.73 \text{ A}, i_2 = 3.91 \text{ A}, i_3 = 3.18 \text{ A}, i_4 = 4.17 \text{ A}$$

CAPITULO 4**Problema 4.1**

$\Delta R_2 / R_2$ (%)	R_2 (Ω)	R_{TH} (Ω)	E_{TH} (mV)	V_{AB} (mV)
-80	25.84	139,61	-0,6691	-0,6691
-60	51.68	163,56	-0,4894	-0,4894
-40	77.52	186,36	-0,3184	-0,3184
-30	90.44	197,36	-0,2360	-0,2360
-25	96.90	202,76	-0,1955	-0,1955
-20	103.36	208,10	-0,1554	-0,1554
-15	109.82	213,37	-0,1159	-0,1159
-10	116.28	218,58	-0,0767	-0,0767
-5	122.74	223,74	-0,0381	-0,0381
0	129.20	228,87	0,0000	0,0000
5	135.66	233,87	0,0379	0,0379
10	142.12	238,85	0,0753	0,0753
15	148.58	243,78	0,1122	0,1122
20	155.04	248,65	0,1487	0,1487
25	161.5	253,49	0,1848	0,1848
30	167.96	258,22	0,2205	0,2205
40	180.88	267,59	0,2910	0,2910
60	206.72	285,72	0,4268	0,4268
80	232.56	303,09	0,5571	0,5571

Problema 4.2

$$P_{E1} = 276.4 \text{ W}$$

Problema 4.3

$$G_N = 1/16.61 \text{ } \Omega^{-1}, I_N = 2.58 \text{ A},$$

$$V_{BD} = 208.95 \text{ V}$$

$$P_{I2} = 2089.54 \text{ W}$$

Problema 4.4

Se deja para el lector

Problema 4.5

- 1) Tanto que la fuente este entre los nodos “B” y “F”, como cuando se intercambia con el lugar del galvanómetro, la corriente que mide es “ $I_G = 1.24$ mA.
- 2) Rama FAB: excitación.
- 3) Rama CDE: respuesta.

Problema 4.6

$$G_N = 0.0134387 \Omega^{-1}, I_N = 71.7392 \text{ mA}$$

Problema 4.7

$$R_{TH} = 34 \Omega, E_{TH} = 220 \text{ V}$$

Problema 4.8

$$R_{CD} = R_{TH} = 10 \Omega$$

Problema 4.9

$$R_N = R_{TH} = 3.75 \text{ k}\Omega, I_N = -1 \text{ mA (con “}I_N\text{” que va de “}A\text{” a “}B\text{”)}$$

Problema 4.10

$$R_{TH} = 7.22 \Omega, E_{TH} = 5.56 \text{ V}$$

Problema 4.11

- 1) $K = 2.125$,
- 2) $R_{TH} = 556 \Omega, E_{TH} = 16 \text{ V}$

Problema 4.12

- 1)
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{G_b R_a + G_0 R_c G_b R_a + G_d R_c G_b R_a + G_0 R_a + G_d R_a + 1 + G_0 R_c + G_d R_c}$$
- 2)
$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{1}{G_b R_0 + R_c G_b + G_d R_0 G_b R_c + 1 + G_d R_0}$$
- 3)
$$\frac{V_o}{I_i} = \frac{1}{G_b + G_0 R_c G_b + G_d R_c G_b + G_0 + G_d}$$
- 4)
$$\frac{I_o}{V_i} = \frac{G_0}{G_b R_a + G_0 R_c G_b R_a + G_d R_c G_b R_a + G_0 R_a + G_d R_c + 1 + G_0 R_c + G_d R_c}$$

Problema 4.13

- 1) $R_C = R_{TH} = 4.6154 \Omega$,
- 2) $I_o = 102.62 \text{ A}$

Problema 4.14

$$V_{CB} = 20 \text{ V}$$

Problema 4.15

$$E_{TH}=4.08 \text{ V}, I_N=0.08 \text{ A y } R_{TH}=R_N=51 \Omega$$

Problema 4.16

$$E_{TH} = 7.4074 \text{ V}, I_N = 0.3704 \text{ A}, R_{TH} = 20 \Omega$$

Problema 4.17

$$F = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + G_0 R_b + G_c R_b + G_a R + R G_a R_b G_0 + R G_a R_b G_c + G_0 R + G_c R}$$

$$\text{Donde } R_a = \frac{4}{3} R; R_b = 2R; R_c = \frac{4}{3} R$$

CAPITULO 5**Problema 5.1**

$$\begin{aligned} \phi_{1p} &= 3.6 \times 10^{-5} \text{ Wb}, \phi_{21} = 3.24 \times 10^{-5} \text{ Wb}, \phi_1 = 6.84 \times 10^{-5} \text{ Wb} \\ \phi_{2p} &= 3.6 \times 10^{-5} \text{ Wb}, \phi_{12} = 3.24 \times 10^{-5} \text{ Wb}, \phi_2 = 6.84 \times 10^{-5} \text{ Wb} \\ \lambda_{1p} &= 0.036 \text{ esp-Wb}, \lambda_{21} = 0.0162 \text{ esp-Wb}, \lambda_1 = 0.0684 \text{ esp-Wb} \\ \lambda_{2p} &= 0.018 \text{ esp-Wb}, \lambda_{12} = 0.0324 \text{ esp-Wb}, \lambda_2 = 0.0342 \text{ esp-Wb} \end{aligned}$$

Problema 5.2

$$L = 37.5 \text{ H}$$

Problema 5.3

$$\begin{aligned} 1) \quad v(t) &= v_R(t) + v_L(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} \\ 2) \quad \lambda(t) &= L \cdot i(t), \phi(t) = \lambda(t)/N \\ 3) \quad E_R &= \int_{t_0}^t v_R(t) \cdot i(t) dt = R \int_{t_0}^t i^2(t) dt, \quad E_L = \int_{t_0}^t v_L(t) \cdot i(t) dt = L \int_0^{i_{\max}} i(t) di(t) = \frac{1}{2} L I_{\max}^2 \end{aligned}$$

Problema 5.4

$$v_1(t) = L_1 \frac{di_1(t)}{dt} - M \frac{di_2(t)}{dt}, \quad v_2(t) = -M \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \frac{di_2(t)}{dt}$$

Problema 5.5

- $e(t) = \omega N B a b \cdot \sin(\omega t + \delta_e)$
- Porque el número de polos del generador es “ $p=2$ ” [$\omega = (p/2) \cdot \omega_M$]
- Como ángulo de referencia o de fase y en una representación gráfica permite localizar convenientemente el eje de ordenadas.

Problema 5.6

- 1) $N = 352$ vtas
- 2) $p=2$ para el caso de " $n = 3000$ rpm" y $p=4$ para el de " $n = 1500$ rpm"

Problema 5.7

Considerando " $i(t) = I \cos(\omega t + 90^\circ)$ ", " S : sección transversal del núcleo" y " \mathfrak{R} : reluctancia del circuito magnético":

$$B_{\max} = \frac{N \cdot I}{\mathfrak{R} \cdot S}$$

$$\text{Primer cuarto de ciclo positivo "tramo ea": } E_{ea} = Sl \frac{(B_{\max} + B_R) \cdot \frac{NI}{l}}{2}$$

$$\text{Segundo cuarto de ciclo positivo "tramo ab": } E_{ab} = -Sl \frac{(B_{\max} - B_R) \cdot \frac{NI}{l}}{2}$$

$$\text{Primer cuarto de ciclo negativo "tramo bd": } E_{bd} = Sl \frac{(B_{\max} + B_R) \cdot \frac{NI}{l}}{2}$$

$$\text{Segundo cuarto de ciclo negativo "tramo de": } E_{de} = -Sl \frac{(B_{\max} - B_R) \cdot \frac{NI}{l}}{2}$$

$$\text{Energía absorbida por histéresis: } E_H = E_{ea} + E_{ab} + E_{bd} + E_{de} = 2SlB_R \frac{NI}{l}$$

Problema 5.8

$$q = 20 \text{ mC}$$

Problema 5.9

$$I = 21.3 \text{ mA}$$

Problema 5.10

$$P = 4.37 \times 10^{-6} \text{ W}$$

Problema 5.11

Gráfico cualitativo: Se deja para el lector

Ayuda:

- a) aumenta a medida que disminuye la distancia al centro de la espira
- b) ídem a)
- c) aumenta su módulo a medida que disminuye la distancia al centro de la espira
- d) ídem c)

Problema 5.12

$$E_{\max} = \omega_M B \frac{\pi R^2}{2}, \quad f = \frac{\omega_M}{2\pi}, \quad I_{\max} = \frac{\omega_M B \frac{\pi R^2}{2}}{R_M}$$

Problema 5.13

Se deja para el lector

Problema 5.14

$$\Delta t = 0.2 \text{ s}$$

Problema 5.15

$$a) \quad v(t) = L_1 \frac{di(t)}{dt} + L_2 \frac{di(t)}{dt} \pm M \frac{di(t)}{dt}, \quad \text{gran distancia} \Rightarrow L \approx L_1 + L_2$$

$$b) \quad \text{Para evitar el acoplamiento} \Rightarrow "M \approx 0"$$

Problema 5.16

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

Problema 5.17

Se aplica la ley de Amper para obtener la expresión de $B(x)$ debida a uno de los conductores y se obtiene el FTC integrando en la superficie entre "0 y r ", " r y D " y de largo " l ".

Problema 5.18

$$B_{\text{toroide}}(r) = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \quad a \langle r \langle b$$

Si el radio del toroide es mucho menor que su espesor, se puede asumir que $R \cong \text{cte} \therefore 2\pi r = \text{cte} = l$, entonces

Problema 5.19

$$L/l = 0.255 \text{ mH/m}$$

Problema 5.20

$$\phi = 0.1 \mu\text{Wb}$$

Problema 5.21

$$a) \quad L = 0.275 \text{ mH}$$

b) Se deja para el lector

Problema 5.22

$$v_1(t) = L_{d1} \frac{di_1(t)}{dt} + N_1 \frac{d\phi(t)}{dt}$$

$$v_2(t) = -L_{d2} \frac{di_2(t)}{dt} + N_2 \frac{d\phi(t)}{dt}$$

En los sistemas de potencia se busca minimizar el flujo disperso

Problema 5.23

a) $\phi_{1p} = \phi_{1d}(1) + \phi_{1d}(2) + \phi_{1d}(3) + \phi_{21}$

b) para determinar “ e_2 ” se usa “ ϕ_{21} ”

c) saliente en el conductor izquierdo y entrante en el derecho

d) $v_2(t) = L_{d2} \frac{di_2(t)}{dt} - M \frac{di_1(t)}{dt}$

e) $\lambda_{2p} = L_2 i_2, \lambda_{21} = M i_1$

f) $\lambda_2 = N_2 \phi_{2p} + N_2 \phi_{21}, N_2 \phi_{2p}$: FTC propio y $N_2 \phi_{21}$: FTC mutuo

Problema 5.24

a) Se deja para el lector

b) Se deja para el lector

c)

$$e_1(t) - R_1 i_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - L_{31} \frac{di_3}{dt} - L_{21} \frac{di_2}{dt} - V_A = 0$$

$$-V_A + L_3 \frac{di_3}{dt} - L_{13} \frac{di_1}{dt} - L_{23} \frac{di_2}{dt} = 0$$

$$V_A + L_2 \frac{di_2}{dt} + L_{32} \frac{di_3}{dt} + L_{12} \frac{di_1}{dt} + R_2 i_2 - R_2 I = 0$$

d)

$$V_c + e_1(t) - R_1 i_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - L_{31} \frac{di_3}{dt} - L_{21} \frac{di_2}{dt} - V_A = 0$$

$$V_A - L_3 \frac{di_3}{dt} - L_{13} \frac{di_1}{dt} - L_{23} \frac{di_2}{dt} = 0$$

$$V_A + L_2 \frac{di_2}{dt} + L_{32} \frac{di_3}{dt} + L_{12} \frac{di_1}{dt} + R_2 i_2 - R_2 I = 0$$

e) Se deja para el lector

f) Se deja para el lector

Problema 5.25

Se deja para el lector

Problema 5.26

$$v_1(t) = \frac{L_1}{M} v_2(t) + \left(\frac{L_1 L_2 - 2L_1 M + M^2}{RM} \right) \frac{dv_2(t)}{dt}$$

CAPITULO 6**Problema 6.1**

- a) $e(t) = 311.127 \sin(1000 [s^{-1}] \cdot t + \pi/2)$ V, $v(t) = e(t)$
 $i(t) = 10 \sin(1000 [s^{-1}] \cdot t)$ A
- b) $\delta_i = \delta_v - \pi/2 = 0$
- c) $X_L = 31.11 \Omega$
- d) $p(t) = -\frac{311.127 \cdot 10}{2} \sin \left[2 \left(1000 [s^{-1}] \cdot t + \frac{\pi}{2} \right) \right] [W]$
- e) $P_{Lm} = 0$
- f) $E_L = 0$

Problema 6.2

- a) $e(t) = 10 \text{ sen}(2\pi \cdot 50 [s^{-1}] \cdot t + 0)$ mV
 $i(t) = 600 \text{ sen}(2\pi \cdot 50 [s^{-1}] \cdot t + \pi/2)$ μ A
- b) $\delta_i = \delta_v + \pi/2 = \pi/2$
- c) $X_C = 16,67 \Omega$
- d) $p(t) = \frac{10 \cdot 10^{-3} \times 600 \cdot 10^{-6}}{2} \sin(2\omega t)$
- e) $P_{Cm} = 0$
- f) $E_C = 0$

Problema 6.3

- a) $X_L = 35.2 \Omega$, $X_C = 15.91 \Omega$
- b) $f = 100.04$ Hz, $E_{max} = 295.33$ V
- c) $e(t) = 295.33 \sin \left(\omega t + \frac{0^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ V
- $i(t) = 14.1421 \sin \left(\omega t - \frac{67.48^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ A
- $v_R(t) = 113.14 \sin \left(\omega t - \frac{67.48^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ V
- $v_L(t) = 497.8 \sin \left(\omega t + \frac{22.52^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ V
- $v_C(t) = 225 \sin \left(\omega t - \frac{22.52^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ V
- d) $p_R(t) = \frac{113.14 \times 14.1421}{2} - \frac{113.14 \times 14.1421}{2} \cos \left(2\omega t - 2 \cdot \frac{67.48^\circ}{180^\circ} \pi \right)$ W

$$p_L(t) = -\frac{497.8 \times 14.1421}{2} \sin\left(2\omega t - 2 \cdot \frac{67.48^\circ}{180^\circ} \pi\right) \text{ W}$$

$$p_C(t) = \frac{225 \times 14.1421}{2} \sin\left(2\omega t - 2 \cdot \frac{67.48^\circ}{180^\circ} \pi\right) \text{ W}$$

$$e) P_m = 2088.3 \text{ W}$$

Problema 6.4

$$a) 240 \sin\left(\omega t - \frac{40^\circ}{180^\circ} \pi\right) = 10 \cdot i(t) + 8 \cdot 10^{-3} \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{2.5 \cdot 10^{-6}} \int i(t) dt + v_c(0^-)$$

Por tratarse del circuito en régimen estacionario $v_c(0^-) = 0$

$$b) Z(\omega_o) = R \quad \Rightarrow \quad \omega_o L - \frac{1}{\omega_o C} = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}} \cong 7071.0678 \text{ [s}^{-1}]$$

$$c) i(t) = 24 \sin\left(\omega_o t - \frac{40^\circ}{180^\circ} \pi\right) \text{ A}$$

$$d) P_m(\omega_o) = R \cdot \frac{I_{\max}^2}{2} = 2880 \text{ W}$$

e) ∞ en ambos casos

$$f) \omega_1 = 6473.635 \text{ s}^{-1}, \omega_2 = 7723.635 \text{ s}^{-1}$$

g) Se deja para el lector

h) Se deja para el lector

Problema 6.5

$$a) i(t) = \frac{1}{10} e(t) + \frac{1}{8 \cdot 10^{-3}} \int e(t) dt + i_L(0^-) + 2.5 \cdot 10^{-6} \frac{de(t)}{dt}$$

Donde $e(t) = 240 \sin\left(\omega t - \frac{40^\circ}{180^\circ} \pi\right)$ y por tratarse del circuito en régimen estacionario $i_L(0^-) = 0$

$$b) Y(\omega_o) = G \quad \Rightarrow \quad \omega_o C - \frac{1}{\omega_o L} = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}} \cong 7071.0678 \text{ [s}^{-1}]$$

$$c) v(t) = e(t) \Rightarrow V_{\max} = E_{\max} \text{ y } \delta_v = \delta_e$$

$$d) P_m(\omega_o) = G \cdot \frac{V_{\max}^2}{2} = 2880 \text{ W}$$

e) ∞ en ambos casos

$$f) \omega_1 = 6473.635 \text{ s}^{-1}, \omega_2 = 7723.635 \text{ s}^{-1}$$

g) Se deja para el lector

h) Se deja para el lector

Problema 6.6

Ecuaciones que modelan el circuito:

$$e(t) - R_1 i_1(t) - (L_1 - M) \frac{di_1(t)}{dt} - M \frac{d(i_1(t) + i_2(t))}{dt} = 0$$

$$e(t) - R_2 i_2(t) - (L_2 - M) \frac{di_2(t)}{dt} - M \frac{d(i_1(t) + i_2(t))}{dt} = 0$$

Potencia instantánea “ $p_e(t)$ ”: Se deja para el lector

Problema 6.7

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}, \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}, \quad i(t) = \frac{E_{\max}}{Z} \sin(\omega t - \varphi) = I_{\max} \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p_R(t) = \frac{V_{R\max} I_{\max}}{2} - \frac{V_{R\max} I_{\max}}{2} \cos(2\omega t + 2\delta_e)$$

$$p_L(t) = -\frac{V_{L\max} I_{\max}}{2} \sin(2\omega t + 2\delta_e)$$

$$p_e(t) = p_R(t) + p_L(t)$$

Problema 6.8

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}, \quad -\varphi = \tan^{-1} -\frac{1}{\omega CR}, \quad i(t) = \frac{E_{\max}}{Z} \sin[\omega t - (-\varphi)] = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$p_R(t) = \frac{V_{R\max} I_{\max}}{2} - \frac{V_{R\max} I_{\max}}{2} \cos(2\omega t + 2\delta_e)$$

$$p_C(t) = \frac{V_{C\max} I_{\max}}{2} \sin(2\omega t + 2\delta_e)$$

$$p_e(t) = p_R(t) + p_C(t)$$

Problema 6.9

$$e_2(t) = M \frac{di_1(t)}{dt} - R_2 i_2(t) - L_2 \frac{di_2(t)}{dt}$$

$$p_2(t) = e_2(t) \cdot i_2(t) \quad \text{y} \quad p_1(t) = e_1(t) \cdot i_1(t)$$

Problema 6.10

$$0 \leq t \leq 3 \text{ s}, \quad i(t) = 10t \text{ A}$$

$$3 \leq t \leq 5 \text{ s}, \quad i(t) = -15t + 75 \text{ A}$$

$$I^2 = \frac{1}{5} \left[\int_0^3 (10t)^2 dt + \int_3^5 (-15t + 75)^2 dt \right] \text{ A}^2$$

Problema 6.11

$$0 \text{ s} \leq t \leq 3 \text{ s}, i(t) = 20 \text{ A}$$

$$3 \text{ s} \leq t \leq 6 \text{ s}, i(t) = -20 \text{ A}$$

$$I^2 = \frac{1}{5} \left[\int_0^3 (20)^2 dt + \int_3^6 (-20)^2 dt \right] \text{ A}^2$$

Problema 6.12

Convirtiendo “ $i_2(t)$ ” a FT, considerando “ $i_a(t)$ ” e “ $i_b(t)$ ” como corrientes de malla de izquierda a derecha y tomando la “ $(d/dt)=s$ ” como operador algebraico.

$$e_1(t) - R_1 i_a(t) - L_1 s i_a(t) - L_3 s [i_a(t) - i_b(t)] = 0 \quad \text{malla “a”}$$

$$-L_3 s [i_b(t) - i_a(t)] - L_2 s i_b(t) - R_2 i_b(t) - R_2 i_2(t) = 0 \quad \text{malla “b”}$$

$$i_a(t) = I_{amax} \sin(\omega t + \delta_a) \text{ e } i_b(t) = I_{bmax} \sin(\omega t + \delta_b)$$

$$i_{r1}(t) = i_a(t)$$

$$i_{r2}(t) = i_b(t)$$

$$i_{r3}(t) = i_a(t) - i_b(t)$$

Las expresiones literales de las potencias, se dejan para el lector

CAPITULO 7**Problema 7.1**

$$a) fmm_{max} = 830.4 \text{ A-esp}$$

$$b) \mathfrak{X} = 1382374.4 \text{ (A-esp)/Wb}$$

$$c) \phi = 0.0006 \text{ Wb}$$

$$d) B = 0.961 \text{ T}$$

$$e) H = 437 \text{ (A-esp)/m}$$

Problema 7.2

$$a) I_c = \frac{B}{N\mu_o} \left(\frac{1-\delta}{\mu_r} + \frac{\delta}{\mu_o} \right)$$

$$b) H_{Fe} = \frac{B}{\mu_o\mu_r}; H_a = \frac{B}{\mu_o}$$

Problema 7.3

$$a) X_L = 208 \Omega$$

$$b) L = 0.66 \text{ H}$$

$$c) \phi = ? \text{ Se deja para el lector}$$

$$d) \mu = ? \text{ y } \mu_r = ?, \text{ se dejan para el lector}$$

Problema 7.4

$$a) X_L = 448 \Omega$$

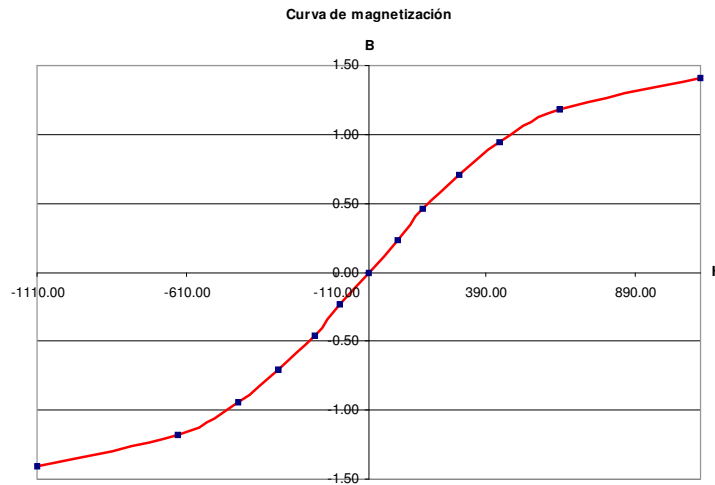
$$b) L = 1.43 \text{ H}$$

$$e) \phi = ? \text{ Se deja para el lector}$$

f) $\mu = ?$ y $\mu_r = ?$, se dejan para el lector

Problema 7.5

H	B
-1110.63	-1.41
-637.58	-1.18
-437.05	-0.94
-303.47	-0.71
-181.26	-0.46
-95.68	-0.23
0.00	0.00
95.68	0.23
181.26	0.46
303.47	0.71
437.05	0.94
637.58	1.18
1110.63	1.41



Problema 7.6

Si " $\mu \rightarrow \infty$ " \Rightarrow " $\mathfrak{R} \rightarrow 0$ " y la corriente de conducción " $i(t)$ " deberá tender a "0" de manera que la relación " $\phi(t) = N i(t) / \mathfrak{R}$ " se mantenga constante en el valor necesario para que se cumpla la segunda ley de Kirchhoff " $e(t) = v(t)$ ". En tal caso el flujo $\phi(t)$ es íntegramente aportado por la corriente superficial o de Ampere que como se sabe es proporcionada por el alineamiento de los dipolos magnéticos del núcleo.

Problema 7.7

Ver expresiones (7.96) a (7.101) del capítulo 7

Problema 7.8

Se deja para el lector

CAPITULO 8

Problema 8.1

Se sugiere seguir un procedimiento similar al de la figura 8.2, página 240 del capítulo 8 y utilizar hoja tamaño A3.

Problema 8.2

Se sugiere seguir un procedimiento similar al del ejercicio 8.1 (de apoyo a teoría), página 250 del capítulo 8.

Problema 8.3

Se sugiere seguir un procedimiento similar al del ejercicio 8.1 (de apoyo a teoría), página 250 del capítulo 8.

Problema 8.4

Se deja para el lector

Ayuda:

El ripple o rizado es el conjunto de pequeñas componentes de alterna no deseadas que queda luego de rectificar una señal de corriente alterna a corriente continua. La reducción del rizado se logra mediante filtros (para el caso el capacitor “C”), en lo que se conoce como proceso de filtrado. Un filtro es un dispositivo destinado a eliminar las componentes no deseadas existentes a la salida del proceso de rectificación. De no ser lograda una reducción suficiente de este rizado, la onda rectificada de salida incluye un zumbido a 60 ó 50 Hz que introduce un ruido molesto, por ejemplo, en los equipos de audio. El ripple o rizado usualmente se cuantifica mediante el factor de rizado y se calcula como el valor eficaz porcentual de la tensión de rizado sobre el valor medio de la tensión de continua, por 100. El factor de rizado deberá ser menor o igual al 10%, dependiendo de la fuente.

$$F_r = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_k^2 + \dots + V_n^2}}{V_o} \times 100$$

Problema 8.5

Se deja para el lector

Problema 8.6

Se deja para el lector

CAPITULO 9**Problema 9.1**

- 1) $Z_1 = 20 + j1000 \times 0.12 \Omega$, $Z_2 = 5 + j1000 \times 0.032 \Omega$
 $\bar{Z}_3 = 4 - j \frac{1}{1000 \times 40 \cdot 10^{-6}} \Omega$, $\bar{Z}_4 = -j \frac{1}{1000 \times 300 \cdot 10^{-6}} \Omega$
 $Z_4 = 25 \Omega$, $E = 200 e^{j30^\circ} \text{ V}$
- 2) $\bar{Z} = \bar{Z}_1 + \left(\frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3} \right)^{-1} + \left(\frac{1}{\bar{Z}_4} + \frac{1}{\bar{Z}_5} \right)^{-1} \Omega$
- 3) Se deja para el lector
- 4) Se deja para el lector

Problema 9.2

- 1) $E = 13200 e^{j30^\circ} \text{ V}$, $\bar{Z} = 25 + j114.72 \Omega$ (equivalente fasorial)
- 2) Se deja para el lector
- 3) Se deja para el lector
- 4) Se deja para el lector

- 5) Se deja para el lector
- 6) Se deja para el lector

Problema 9.3

$$\omega_o = 7593,86 \text{ s}^{-1}$$

- 1) Se deja para el lector
- 2) Se deja para el lector

Problema 9.4

- a) Se deja para el lector
- b) Se deja para el lector
- c) Se deja para el lector
- d) Se deja para el lector
- e) Se deja para el lector

Problema 9.5

El amperímetro mide 1A y el voltímetro mide 1V
El diagrama fasorial se deja para el lector

Problema 9.6

Se deja para el lector

Problema 9.7

Asumiendo como referencia " $I = 8 e^{j0^\circ}$ "

- 1) Tensión en terminales de la línea lado carga: $V_R = 800 e^{j16.26^\circ} \text{ V}$
- 2) Tensión en terminales de la línea lado fuente: $V_S = 859.6 e^{j21.46^\circ} \text{ V}$
- 3) Caída de tensión en la propia línea: $\Delta V = 96 e^{j70.53^\circ} \text{ V}$
- 4) Porcentaje de la tensión lado fuente a la que opera la carga: $\Delta V\% = 93\%$
- 5) Se deja para el lector

Problema 9.8

El amperímetro mide 10 A y el voltímetro 0V
El diagrama fasorial se deja para el lector.

Problema 9.9

$$\bar{I}_1 = 46,7e^{j48,46^\circ} \text{ A}, \bar{I}_4 = 20e^{j90^\circ} \text{ A}, \bar{V}_1 = (162 + j370) = 403,9e^{j73,7^\circ} \text{ V}$$

Problema 9.10

- 1) $Z_{TH} = 4.74 e^{j108.4^\circ} \Omega$, $E_{TH} = ?$ se deja para el lector
- 2) Se deja para el lector

Problema 9.11

$$Z_1 = 2 \Omega, Z_2 = j314.16 \times 0.012 \Omega, \bar{Z}_3 = -j \frac{1}{314.16 \times 800 \cdot 10^{-6}} = -j3.98 \Omega$$

$$\bar{Z}_3 = -j \frac{1}{314.16 \times 400 \cdot 10^{-6}} = -j7.96 \Omega, I_1 = 5 e^{j0^\circ} \text{ V}, E_2 = 20 e^{j90^\circ} \text{ V}$$

$I_a = ?$ malla "ADB", $I_b = ?$ malla "ACD" e $I_c = ?$ Malla "ABC", se deja para el lector

Problema 9.12

Se deja para el lector

Problema 9.13

Se deja para el lector

CAPITULO 10**Problema 10.1**

a) Sin capacitor conectado entre los terminales "a'-n'" de carga:

- 1) $P_l = 692.74 \text{ W}$, $Q_l = j2078.2 \text{ VAR}$ pérdidas en la línea
- 2) $V = 309.7 e^{-j3.31^\circ} \text{ V}$ terminales "a'-n'" de la carga
- 3) $V_R = ?$, $V_L = ?$, $\Delta V_l = ?$, Se deja para el lector
- 4) $\bar{S}_Z = 6643 \cdot e^{j53.13^\circ} \text{ VA}$, $\bar{S}_F = 8151 \cdot e^{j56.44^\circ} \text{ VA}$

b) Con " $C_{(a'-n')} = ?$ " tal que " $\cos \phi = 1$ ":

- 1) Se deja para el lector
- 2) Se deja para el lector
- 3) Se deja para el lector

Problema 10.2

$V = ?$ Se deja al lector

$I = ?$ Se deja al lector

$P = 883 \cos(1.55^\circ) \text{ W}$

$Q = 883 \sin(1.55^\circ) \text{ VAR}$

$S = 883 \text{ VA}$

$S = ? + j ? \text{ W, VA}$ Se deja al lector

Problema 10.3

1) $\bar{S} = 5.88 \cdot e^{j85.3^\circ} \text{ VA}$

2) Se deja al lector

Problema 10.4

$X_L = j 4.899 \Omega$

Problema 10.5

- a) $\omega_b = 30 \text{ kHz}$
- b) $P_R(\omega_b) = 299.7 \text{ W}$
- c) Se deja para el lector
- d) Se deja para el lector
- e) Se deja para el lector
- f) Se deja para el lector

Problema 10.6

$$Z = 160.25 e^{j32.99^\circ} \Omega$$

Problema 10.7

$V_R = ?$ Se deja para el lector

Problema 10.8

Se deja para el lector

Problema 10.9

- a) $V_S = ?$ Se deja para el lector
- b) $S_I = ? + j ?$ Se deja para el lector
- c) $C = ?$ Se deja para el lector
- d) $V_S' = ?$ Se deja para el lector
- e) $S_I' = ? + j ?$ Se deja para el lector

Problema 10.10

- 1) $V_{an} = 5124.5 e^{j3.16^\circ} = 5117.4 + j 282.8 \text{ V}$
- 2) $\Delta V = 424.9 e^{j41.82^\circ} \text{ V}$
- 3) Se deja para el lector
- 4) Se deja para el lector

Problema 10.11

- a) $R = 12.168 \Omega$, $X_L = 140.338 \Omega$ y $B_C = 0.002096 \text{ 1}/\Omega$
- b) Siendo " $V_S = 338.4 \text{ kV}$ [$338.4 \text{ kV}/(500\text{kV}/\sqrt{3}) = 1.17$]" es decir "117%" de " $500\text{kV}/\sqrt{3}$ " lo que indica que no se debe operar en esta condición.
- c) No se puede cerrar el segundo interruptor porque la tensión en el extremo carga es 117% y el máximo aceptable es de 110%.
- d) Es necesario una bobina (reactor) cuyo valor se deja para el lector

Problema 10.12

- a) Se conecta en paralelo por dos motivos: 1) no modifica la tensión del usuario y 2) la capacitancia es proporcionalmente inversa al cuadrado de la tensión.
- b) Depende de la tensión y por lo tanto como se conecte con la carga

c) La conexión se efectúa en paralelo con la carga, o sea a plena tensión

CAPITULO 11

Problema 11.1

1) El dibujo se deja para el lector

$$\bar{Z} = \begin{bmatrix} R_1 + j\omega L_1 & -j\omega L_{12} & -j\omega L_{13} & 0 \\ -j\omega L_{12} & j\omega L_2 & j\omega L_{23} & 0 \\ -j\omega L_{13} & j\omega L_{23} & j\omega L_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_2 \end{bmatrix}$$

$$2) \bar{Y} = \bar{Z}^{-1} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \bar{Y}_{12} & \bar{Y}_{13} & \bar{Y}_{14} \\ \bar{Y}_{21} & \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{31} & \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{41} & \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \text{ y } \begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \\ i_3(t) \\ i_4(t) + i_{s2}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \bar{Y}_{12} & \bar{Y}_{13} & \bar{Y}_{14} \\ \bar{Y}_{21} & \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{31} & \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{41} & \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1(t) + e(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \\ v_4(t) \end{bmatrix}$$

3) Se deja para el lector

Problema 11.2

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E} \left(1 + \frac{\bar{X}_M}{R_2 + \bar{X}_2} \right)}{R_1 + \bar{X}_1 - \frac{\bar{X}_M^2}{R_2 + \bar{X}_2}} \quad \text{e} \quad \bar{I}_2 = \frac{\bar{E}}{R_2 + \bar{X}_2} + \frac{\bar{X}_M}{R_2 + \bar{X}_2} \cdot \frac{\bar{E} \left(1 + \frac{\bar{X}_M}{R_2 + \bar{X}_2} \right)}{R_1 + \bar{X}_1 - \frac{\bar{X}_M^2}{R_2 + \bar{X}_2}}$$

Problema 11.3

- a) $E_2 = 92.97 e^{j7.1^\circ} \text{ V}$
 b) Se deja para el lector

Problema 11.4

Se deja para el lector

Problema 11.5

- a) No porque la fuente de tensión no es senoidal
 b) $e_1(t) = 100(0.5 \cdot t + 5) + 2 \frac{d}{dt} (0.5 \cdot t + 5) e_1(t) \text{ V}$
 c) $e_2(t) = 4 \frac{d}{dt} (0.5 \cdot t + 5)$

Problema 11.6

$$k = 0.8839, L_{1d} = (1 - k)L_1 = 0.2322 \text{ H}, L_{2d} = (1 - k)L_2 = 0.4645 \text{ H}$$

Problema 11.7

Se deja para el lector

Problema 11.8

Se deja para el lector

Problema 11.9

Se deja para el lector

Problema 11.10

Se deja para el lector

CAPITULO 12

Problema 12.1

- “ E_a ”, “ E_b ” y “ E_c ” como en las expresiones (P12.1/2/3) para secuencia positiva y “ E_a ”, “ E_c ” y “ E_b ”
- “ $3 \times 220\text{V} - 3 \times (1\text{f} - 2\text{h})$ ” ó “ $3 \times 220\text{V} - (3\text{f} - 6\text{h})$ ”
 “ $3 \times 220\text{V}(Y - Y, 3\text{f} - 4\text{h})$ ”, “ $3 \times 220\text{V}(Y - Y, 3\text{f} - 3\text{h})$ ”
 “ $3 \times 220\text{V}(\Delta - \Delta, 3\text{f} - 3\text{h})$ ”
- “ $3 \times 380\text{V}(Y - \Delta, 3\text{f} - 3\text{h})$ ”
- Por encontrarse el circuito abierto respecto de las fuentes, no habrá corriente a través de la impedancia conectada entre “ a ” y “ b ”. El único efecto es que se igualarán los potenciales entre los terminales de las fases “ a ” y “ b ” conectadas.
 - Si no se considera la capacitancia parásita de los conductores contra tierra, como resulta ser idealmente este problema, la diferencia de potencial entre cualquier terminal de fase y tierra, será nula, el circuito estará abierto.
- La impedancia conectada entre las fases “ a ” y “ b ” adoptará una tensión “ $V_{ab} = E_a - E_b = 380\text{V}e^{j30^\circ}$ V”. La tensión entre fase y tierra ahora será de 220 V.
- Si un generador trifásico se encuentra conectado en triángulo, si fuera posible sacar de servicio una fase, se continúa teniendo el mismo sistema trifásico de tensiones que con las tres fases. Sin hacer consideraciones acerca de la potencia, se puede continuar alimentando la carga sin problemas.
- Al desconectar una fase se pierde el sistema trifásico de tensiones y por lo tanto no se puede continuar alimentando a la carga.

Problema 12.2

$$E_{ab} = \sqrt{3}E_{max} e^{j60^\circ} \text{ V}$$

$$E_{bc} = \sqrt{3}E_{max} e^{j180^\circ} \text{ V}$$

$$E_{ca} = \sqrt{3}E_{max} e^{-j60^\circ} \text{ V}$$

Problema 12.3

$$I_{na} = 84.6 e^{-j16^\circ} \text{ A} = I_{a'n'} \quad I_a = ? \quad \text{Se deja para el lector}$$

$$I_{nb} = 24.4 e^{j204^\circ} \text{ A} = I_{b'n'} \quad I_b = ? \quad \text{Se deja para el lector}$$

$$I_{nc} = 11.0 e^{j120^\circ} \text{ A} = I_{c'n'} \quad I_c = ? \quad \text{Se deja para el lector}$$

Problema 12.4

Se deja para el lector

Problema 12.5

- a) $I_a = 8.94 e^{-j16.53^\circ} \text{ A}$, $I_b = 8.94 e^{-j136.53^\circ} \text{ A}$, $I_c = 8.94 e^{j113.47^\circ}$
 b) $V_{ab} = 381.05 e^{j30^\circ} \text{ V}$, $V_{bc} = 381.05 e^{-j90^\circ} \text{ V}$, $V_{ca} = 381.05 e^{j150^\circ} \text{ V}$
 c) $V_{a'} = 214.56 e^{-j3.53^\circ} \text{ V}$, $V_{b'} = 214.56 e^{-j123.53^\circ} \text{ V}$, $V_{c'} = 214.56 e^{j116.47^\circ}$
 d) $V_{a'b'} = ?$, $V_{b'c'} = ?$, $V_{c'a'} = ?$ Se deja para el lector
 e) $V_{n'n} = V_{n'} - V_n = 0$

Problema 12.6

Se deja para el lector

Problema 12.7

Se deja para el lector

Problema 12.8

Se deja para el lector

Problema 12.9

Se deja para el lector

Problema 12.10

Se deja para el lector

Problema 12.11

- a) $E_a = 127.02 e^{-j90^\circ} \text{ V}$, $E_b = 127.02 e^{j150^\circ} \text{ V}$, $E_c = 127.02 e^{j30^\circ} \text{ V}$ y $Z/3 = 1.53 e^{j78.69^\circ} \Omega$
 b) Se deja para el lector
 c) $I_{CC} = 47.93 \text{ A}$ por fase y $I_{CC} = 83 \text{ A}$ de línea
 d) $I_{CC} = 83 \text{ A}$ de fase y de línea

Problema 12.12

- a) Se deja para el lector
 b) Se deja para el lector
 c) Se deja para el lector

CAPITULO 13**Problema 13.1**

- 1) Porque el sistema es trifásico y equilibrado.
- 2) Porque la potencia de cada fase se obtiene de “ $V_f I_f^*$ ” que independiza el resultado de los argumentos de los fasores y en consecuencia resultan iguales

Problema 13.2

$$S_L = 17600 e^{j30^\circ} \text{ VA}$$

Problema 13.3

Porque existe conductor común de retorno que a pesar que haya desequilibrio, garantiza que la tensión en cada fase de la carga serán las mismas

Problema 13.4

- a) $S_L = 13200 e^{j30^\circ} \text{ VA}$
- b) $S_F = 13200 e^{j30^\circ} \text{ VA}$
- c) $S_{Lf} = 4400 e^{j30^\circ} \text{ VA}$
- d) $S_{Ff} = 4400 e^{j30^\circ} \text{ VA}$

Problema 13.5

- a) Se deja para el lector
- b) Se deja para el lector

Problema 13.6

Potencia trifásica $S = 3 \cdot V_f \cdot I_f$

En “Y” “ $V_f = V/\sqrt{3}$ ” e “ $I_f = I$ ” $\Rightarrow S = 3 \cdot \frac{V}{\sqrt{3}} \cdot I$

En “Δ” “ $V_f = V$ ” e “ $I_f = I/\sqrt{3}$ ” $\Rightarrow S = 3 \cdot V \cdot \frac{I}{\sqrt{3}}$

Problema 13.7

- a) Tensión de fase $E_a = 4207.16 e^{j81.2^\circ} \text{ V}$ (sin el banco de capacitores)
- b) Tensión de fase $E_a' = 3876.15 e^{j89^\circ} \text{ V}$ (con factor de potencia corregido).
- c) $S_{pa} = P_{pa} + jQ_{pa} = ?$ Sin corregir FP (se deja al lector)
 $S_{pa}' = P_{pa}' + jQ_{pa}' = ?$ Corregido el FP (se deja al lector)

Problema 13.8

- a) $R_{YP} = 170.8 \Omega$ y $X_{YP} = 275.6 \Omega$ (en paralelo y en estrella)
- b) $R_{YS} = 123.4 \Omega$ y $X_{YS} = 76.5 \Omega$ (en serie y en estrella)
- c) Se deja para el lector
- d) Se deja para el lector

Problema 13.9

$$\begin{aligned}
S_{Za} &= 17894 \text{ W} + j5131 \text{ VA}_r, \cos \varphi_a = 0.9613 \text{ y } \sin \varphi_a = 0.2715 \\
S_{Zb} &= 4349 \text{ W} + j3163 \text{ VA}_r, \cos \varphi_b = 0.8088 \text{ y } \sin \varphi_b = 0.5878 \\
S_{Zc} &= 2420 \text{ W} + j0 \text{ VA}_r, \cos \varphi_c = 1 \text{ y } \sin \varphi_c = 0 \\
S_{Ea} &= 18616 e^{j16^\circ} \text{ VA} \\
S_{Eb} &= 5378 e^{j36^\circ} \text{ VA} \\
S_{Ec} &= 2420 e^{j0^\circ} \text{ VA}
\end{aligned}$$

Problema 13.10

$$\begin{aligned}
S_{Za} &=? \text{ Se deja para el lector} \\
S_{Zb} &=? \text{ Se deja para el lector} \\
S_{Zc} &=? \text{ Se deja para el lector} \\
S_{Ea} &=? \text{ Se deja para el lector} \\
S_{Eb} &=? \text{ Se deja para el lector} \\
S_{Ec} &=? \text{ Se deja para el lector}
\end{aligned}$$

Problema 13.11

$$\begin{aligned}
a) & V_a=732.2 e^{-j8.64^\circ} \text{ V}, V_b=732.2 e^{-j128.64^\circ} \text{ V}, V_c=732.2 e^{-111.36^\circ} \text{ V (tensiones de fase)} \\
b) & I_a=28.04 e^{-j6.23^\circ} \text{ A}, I_b=28.04 e^{-j126.23^\circ} \text{ A}, I_c=28.04 e^{-j113.77^\circ} \text{ A (corrientes de línea)} \\
c) & I_{fa\Delta}=? , I_{fb\Delta}=? , I_{fc\Delta}=? \text{ (de la carga en "}\Delta\text{")}, \text{ se deja para el lector} \\
& I_{faY}=? , I_{fbY}=? , I_{fcY}=? \text{ (de la carga en "Y")}, \text{ se deja para el lector} \\
d) & \cos \varphi_{Ea} = ? , \cos \varphi_{Eb} = ? , \cos \varphi_{Ec} = ? \text{ Se deja para el lector} \\
e) & \cos \varphi_{\Delta a} = ? , \cos \varphi_{\Delta b} = ? , \cos \varphi_{\Delta c} = ? \text{ Se deja para el lector} \\
& \cos \varphi_{Ya} = ? , \cos \varphi_{Yb} = ? , \cos \varphi_{Yc} = ? \text{ Se deja para el lector} \\
& \cos \varphi_{Za} = ? , \cos \varphi_{Zb} = ? , \cos \varphi_{Zc} = ? \text{ Se deja para el lector}
\end{aligned}$$

Problema 13.12

$$S_l = 23.64 \text{ MW} - j960.66 \text{ MVA}_r$$

Problema 13.13

$$\text{N}^\circ \text{ de máquinas} = 10 \times 100 \text{ MVA}_r = 1000 \text{ MVA}_r > 960.66 \text{ MVA}_r$$

Problema 13.14

$$\begin{aligned}
& \text{N}^\circ \text{ de reactores: } 6 \times 143.3333 \text{ MVA}_r = 860 \text{ MVA}_r \text{ (Reactor = Bobina),} \\
& \text{Donde: } 960 \text{ MVA}_r - 860 \text{ MVA}_r = 100 \text{ MVA}_r \text{ capacidad de un generador} \\
& \text{Arreglo circuital: Uno por fase en cada extremo de la línea}
\end{aligned}$$

Problema 13.15

Se deja para el lector

Problema 13.16

- 1) Se deja para el lector
- 2) Se deja para el lector
- 3) Se deja para el lector

CAPITULO 14

Problema 14.1

- 1) Cocina: circuito de “208 V, 1f–2h”
Heladera: circuito de “208 V, 1f–2h”
Freezer: circuito de “208 V, 1f–2h”
Lavarropa: circuito de “208 V, 1f–2h”
Secadora: circuito de “208 V, 1f–2h”
Ac. Aire: circuito de “3 x 208 V, 1f–2h” ó circuito de “208 V, 3f–3h”
TV: circuito de “120 V, 1f–2h”
Iluminación: 3 circuitos de 10 bocas de “120 V, 1f–2h”, 1000 W/fase
Tomas. Conv.: 3 circuitos de 15 tomas de “120 V, 1f–2h”, 3000 W/fase
- 2) Se deja para el lector
- 3) $P_i = 20950 \text{ W}$, $F_S = 0.6$ (asumido) $\Rightarrow D_{MT} [\text{activa}] = 12570 \text{ W}$
Factor de potencia asumido corregido al 90%
Potencia de diseño sistema de alimentación: $D_{MT} [\text{aparente}] = 13967 \text{ VA}$
El diseño de acometida, tablero principal, seccionales, alimentadores, elementos de maniobra y protección: se deja para el lector
- 4) Se deja para el lector
- 5) Se deja para el lector
- 6) Se deja para el lector
- 7) Se deja para el lector

Problema 14.2

- a) Alternativas de conexión:
Asumiendo que los dos conductores corresponden a un circuito monofásico de fase “F” y neutro “N”, se tendrá:
 1. “ P_{FN} ” “ $a - a'$ ” insertada en fase “F”, “v” con “ a' ” y “ v' ” en neutro “N”
 2. “ P_{FN} ” “ $a - a'$ ” insertada en fase “F”, “v” con “ a ” y “ v' ” en neutro “N”
 3. “ P_{FN} ” “ $a' - a$ ” insertada en fase “F”, “v” con “ a ” y “ v' ” en neutro “N”
 4. “ P_{FN} ” “ $a' - a$ ” insertada en fase “F”, “v” con “ a' ” y “ v' ” en neutro “N”
 5. “ P_{NF} ” “ $a - a'$ ” insertada en fase “N”, “v” con “ a' ” y “ v' ” en neutro “F”
 6. “ P_{NF} ” “ $a - a'$ ” insertada en fase “N”, “v” con “ a ” y “ v' ” en neutro “F”
 7. “ P_{NF} ” “ $a' - a$ ” insertada en fase “N”, “v” con “ a ” y “ v' ” en neutro “F”
 8. “ P_{NF} ” “ $a' - a$ ” insertada en fase “N”, “v” con “ a' ” y “ v' ” en neutro “F”
- b) Opciones de conexión correctas son: se deja al lector

Problema 14.3

- a) Se deja para el lector
- b) Se deja para el lector
- c) De acuerdo con Blondel: 3 vatímetros
La forma de conectarlos: se deja para el lector
- d) De acuerdo con Aarón: 2 vatímetros
- e) La conexión Aarón aplicable a sistemas trifásicos trifilares, se compone de dos vatímetros conectado en sendas fases cualesquiera, sus arrollamientos amperométrico y entre esta fase y la tercera tomada como común para sendos arrollamientos voltimétrico.

Problema 14.4

- a) Arrollamiento voltimétrico de: 130 V
Arrollamiento amperométrico de: 5 A
- b) Se deja para el lector

Problema 14.5

$$R_3 = 80.67 \, \Omega, X_{L3} = 107.56 \, \Omega$$

$$I_a = 1.637 e^{-j53.1^\circ} \text{ A}, I_b = 1.637 e^{-j173.1^\circ}, I_c = 1.637 e^{j66.9^\circ}$$

$$P_{Total} = 646.7 \text{ W}, \phi_1 = 53.13^\circ$$

$$S_{Total1} = 1078 e^{j53.13^\circ} \text{ VA}, Q_{Total1} = j862.4 \text{ VAr}$$

Posición de las llaves selectoras caja de capacitancias “i = 3” =>

$$Q_{Total3} = j(862.4 - 450) \text{ VAr} = j 412.4 \text{ VAr} \Rightarrow$$

$$S_{Total2} = 767 e^{j32.53^\circ} \text{ VA} \Rightarrow \cos \phi_2 = 0.8432$$

Problema 14.6

Solución:

- 1) Demanda máxima fuera del pico por transporte: $D_M=1130 \text{ kW}$

$$D_{med} = \frac{EAP + EAR + EAV}{32[\text{dias}] \cdot 24[\text{h / dia}]} = \frac{129460[\text{kWh}] + 334640[\text{kWh}] + 151980[\text{kWh}]}{32[\text{dias}] \cdot 24[\text{h / dia}]} = 802.19[\text{kW}]$$

- 2) Demanda máxima fuera del pico por transporte: $D_M=1130 \text{ kW}$

$$F_C = \frac{D_{med}}{D_M} = \frac{802.19[\text{kW}]}{1130[\text{kW}]} \cong 0.7$$

- 3) Potencia compresor 1: $P_{M1} = 250 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kW/HP} = 186.5 \text{ kW}$

$$\text{Potencia compresor 2: } P_{M2} = 400 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kW/HP} = 298.4 \text{ kW}$$

$$D_{MCP} = (P_{M1} + P_{M2}) \times F_C \approx 340 \text{ kW}$$

- 4) Considerando que en la punta la “tangente de ϕ ” medida es: $\tan \phi = 0.44$

$$\text{Factor de potencia considerado: } \cos(\tan^{-1} 0.44) = 0.9153$$

Se toma FP = 90% (inductivo)

$$D_{MT}[\text{kVA}] = \left[\frac{D_M[\text{kW}] + D_{MCP}[\text{kW}]}{\cos \phi} + 500[\text{kVA}] \right] \cdot 1.25 =$$

$$= \left[\frac{1130[\text{kW}] + 340[\text{kW}]}{0.9} + 500[\text{kVA}] \right] \cdot 1.25 \cong 2667[\text{kVA}]$$

- 5) Componentes:

- a) Transformadores

Cálculo de la potencia nominal de cada transformador:

Considerando el requerimiento (6) que frente a la pérdida de un transformador, los dos restantes deben poder alimentar la totalidad de la carga, entonces:

$$S_T \cong \frac{2667[\text{kVA}] - 500[\text{kVA}]}{2} = 1083[\text{kVA}]$$

Si se elige una potencia nominal de 750 kVA/trafo y se considera la posibilidad de un incremento de potencia en $33^{1/3} \%$ por ventilación forzada.

La potencia obtenida para cada transformador será: $S_T = 750/1000$ [kVA] AN/AF (aire natural/aire forzado). Esto significa que frente a la falta de un transformador, dos podrán atender [2000 kVA] + 500 [kVA] de auto generación, podrán ser atendidos 2500 [kVA] aproximadamente el 94% de la máxima demanda estimada, por lo que se considera satisfactoria.

Especificación básica de cada transformador:

Transformador tipo: núcleo de tres columnas

Aislación: seca

Tensión nominal: V_P / V_S : 13.2 kV ($\pm 2 \times 2.5$ %)/0.4 – 0.231 kV

Potencia elegida: $S_T = 750/1000$ [kVA] AN/AF

Grupo de conexión: Dyn11

$Z_{CC} = 7\%$

- b) Diseño de acometida para “ $S_{AC} = 3 \times 1000$ [kVA]”? Se deja para el lector
- c) Alimentadores tablero principal, para cada alimentador tomando en cuenta el requerimiento del punto (6), se deberá considerar: “ $S_{TPi} = 1000$ [kVA]”? Se deja para el lector
- 6) Considerado en los puntos anteriores
- 7) Se deja para el lector
- 8) Se deja para el lector
- 9) Se deja para el lector

Problema 14.7

- a) Para el generador aportando con las tres fases.
- b) Cuando se desconecta la fase “c”.

