

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"

Departamento de Ciencias Exactas

Fundamentos de Circuitos Eléctricos

TRABAJO DE INVESTIGACION 2

INTEGRANTES: Mauro Santos, Sebastián Manotoa, Estefanía Oñate.

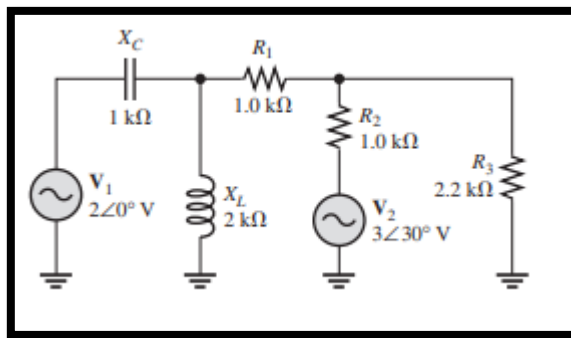
NRC: 4867

Fecha: 22/02/2020

EJERCICIOS PROPUESTOS

Realizar los ejercicios con y sin respuesta correspondientes al capítulo 19.

1. Con el método de superposición, calcule la corriente a través de R_3



En primer lugar, cortocircuitamos la fuente V_2 y aplicamos el teorema de mallas y obtenemos lo siguiente.

$$A: -j1000 I_1 + j2000 I_1 - j2000 I_2 = 2$$

$$B: 1000 I_2 + j2000 I_2 - j2000 I_1 + 1000 I_2 - 1000 I_3 = 0$$

$$C: 2200 I_3 + 1000 I_3 - 1000 I_2 = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos lo siguiente

$$A: j1000 I_1 - j2000 I_2 = 2$$

$$B: -j2000 I_1 + (2000 + j2000)I_2 - 1000 I_3 = 0$$

$$C: 3200 I_3 - 1000 I_2 = 0$$

Nuestros valores de corriente son los siguientes

$$I_1 = 0.00197 + 0.000336i \text{ A}$$

$$I_2 = 0.000985 + 0.00116i \text{ A}$$

$$I_3 = 0.0003 + 0.000365i \text{ A}$$

Por lo tanto, el valor de corriente que pasa por R_3 es:

$$I_3 = 0.3 + 0.365i \text{ mA}$$

-Cortocircuitando la segunda fuente de voltaje y resolviendo el circuito por el método de mallas obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

$$A: -j1000 I_1 + j2000 I_1 - j2000 I_2 = 0$$

$$B: j2000 I_2 - j2000 I_1 + j1000 I_2 + 1000 I_2 - 1000 I_3 = -2.6 - j1.5$$

$$C: 2200 I_3 + 1000 I_3 - 1000 I_2 = -2.6 + j1.5$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos lo siguiente

$$A: j1000 I_1 - j2000 I_2 = 2$$

$$B: -j2000 I_1 + (2000 + j2000)I_2 - 1000 I_3 = -2.6 - j1.5$$

$$C: 3200 I_3 - 1000 I_2 = -2.6 - j1.5$$

Nuestros valores de corriente son los siguientes

$$I_1 = -0.000521 - j0.002 \text{ A}$$

$$I_2 = -0.00026 - j0.001 \text{ A}$$

$$I_3 = 0.000731 + j0.000155 \text{ A}$$

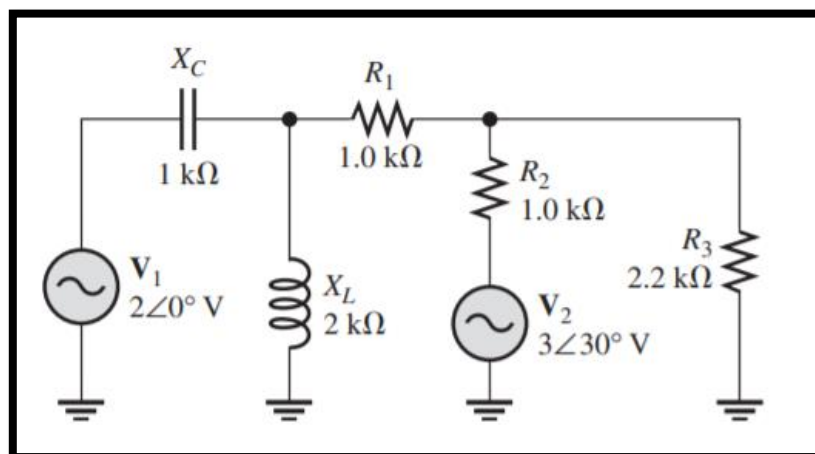
Por lo tanto, el valor de corriente que pasa por R3 es:

$$I_3 = 0.731 + j0.155 \text{ A}$$

El valor de corriente que pasa por R3 es:

$$I_3 = 1.03 + j0.52$$

2. Use el teorema de superposición para determinar la corriente y el voltaje a través de la rama R2 de la figura 19-44.



Para V1

$$Z_i = \frac{(1 \angle 90^\circ) * (2 \angle 90^\circ)}{-j + j2} + 1 = -j2 + 1$$

$$Z_i = 2.24 \angle -63.44^\circ$$

$$Z_t = \frac{(2.24 \angle -63.44^\circ) * (2.2 \angle 0^\circ)}{1 - j2 + 2.2} = 1 + 1.31 \angle -31.44^\circ$$

$$Z_t = 2.225 \angle -17.91^\circ$$

$$I_t = \frac{3 \angle 30^\circ}{2.225 \angle -17.91^\circ}$$

$$I_t = 1.35 \angle 47.91^\circ \text{ mA}$$

Para V2

$$R_t = 1 + \frac{1 * 2.2}{1 + 2.2} = 1.69 \text{ k}\Omega$$

$$Z_t = -j + \frac{(1.69 \angle 0^\circ)(2 \angle 90^\circ)}{1.69 + j2} = -j + 1.29 \angle 40.2^\circ$$

$$Z_t = 1 \angle -9.67^\circ$$

$$I_t = \frac{2 \angle 0^\circ}{1 \angle -9.67^\circ} = 2 \angle 9.67^\circ \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{2 \angle 90^\circ}{1.69 + j2} * 2 \angle 9.67^\circ = 1.53 \angle 49.87^\circ$$

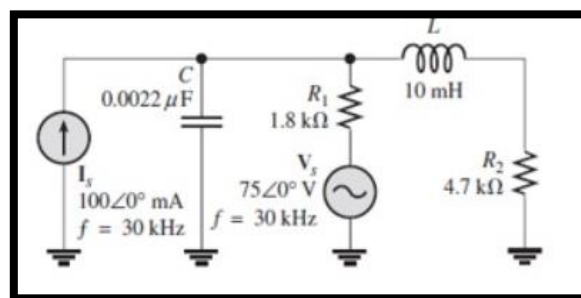
$$I_2 = \frac{2.2}{3.2} * 1.53 \angle 49.87^\circ = 1.05 \angle 49.87^\circ$$

Intensidad total en R2

$$I_{R2} = 1.05 \angle 49.87^\circ + 1.35 \angle 47.91^\circ$$

$$I_{R2} = 2.4 \angle 48.77^\circ \text{ mA}$$

3. Con el teorema de superposición, calcule la corriente a través de R_1 en la figura



$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

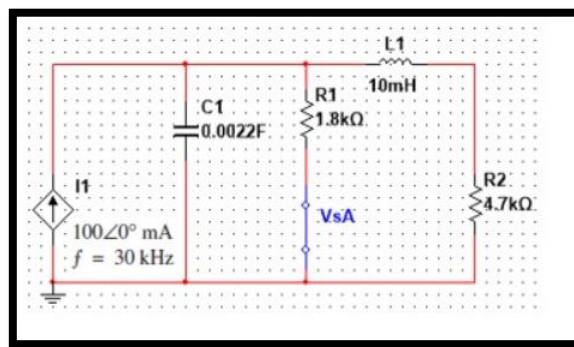
$$X_c = \frac{1}{2\pi(30 * 10^3)(0,0022)}$$

$$X_c = 2.41k\Omega$$

$$X_l = 2\pi f l$$

$$X_c = 2\pi(30 * 10^3)$$

$$X_l = 1884\Omega$$

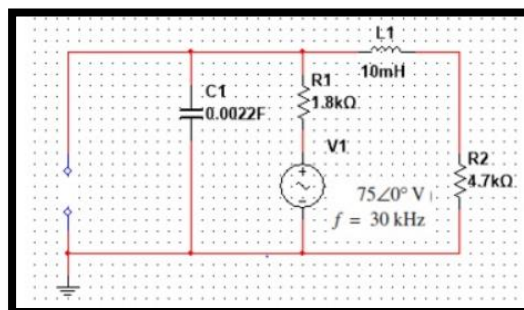


$$100 * 10^{-3} \angle 0^\circ + \frac{V_1}{2411 \angle -90^\circ} + \frac{V_1}{1,8k\Omega} + \frac{V_1}{1884 \angle 90^\circ \Omega + 4,7k\Omega} = 0$$

$$V_1 = 122,86 \angle 155,2^\circ V$$

$$I_1 = \frac{122,86 \angle 155,2^\circ}{1800}$$

$$I_1 = 68,26 \angle 155,2^\circ mA$$



$$\frac{V_1}{2,41 \angle -90^\circ k\Omega} + \frac{V_2 - 75^\circ \angle 0^\circ}{1,8k\Omega} + \frac{V_2}{1884 \angle 90^\circ \Omega + 4,7k\Omega} = 0$$

$$V_2 = 51,2 \angle -24,79^\circ V$$

$$V_2 = I_2 R_1 + V_s$$

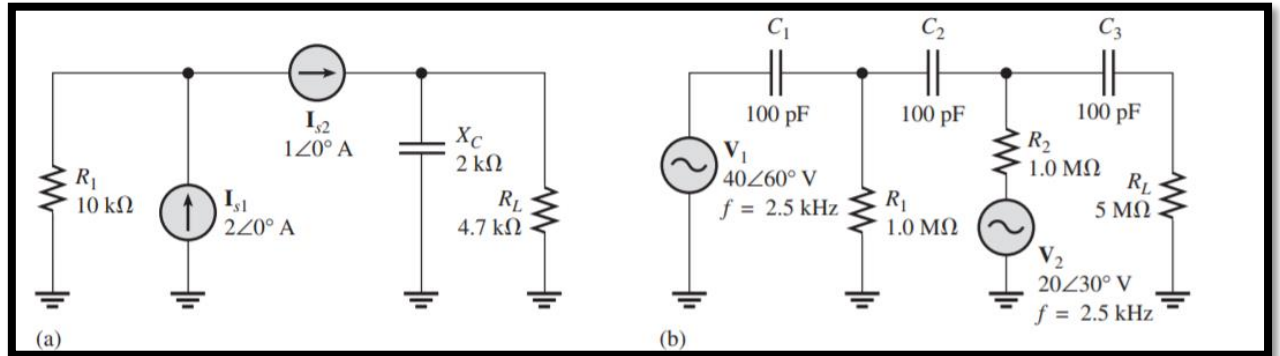
$$I_2 = \frac{V_2 - V_s}{R_1}$$

$$I_2 = 19,83 \angle -143^\circ \text{ mA}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = 80 \angle -12,07^\circ \text{ mA}$$

4. Con el teorema de superposición, determine la corriente a través de RL en cada circuito de la figura 19-46.



a)

Para Is1

$$I_2 = \frac{2 \angle -90}{4.7 - j2} * 1 \angle 0 = 0.39 \angle -67.17^\circ \text{ A}$$

Para Is2

$$Z_d = \frac{(4.7 \angle 0)(2 \angle -90)}{4.7 - j2} = 1.84 \angle -67^\circ$$

$$I_{d2} = \frac{10 \angle 0}{10 + 0.719 - j1.695} * 2 \angle 0 = 1.84$$

$$I_{d2} = 1.84 \angle 8.98^\circ$$

$$I_2 = \frac{2 \angle -90}{4.7 - j2} * 1.84 \angle 8.98 = 0.72 \angle -58.02^\circ$$

$$I_{tl} = 0.39 \angle -67^\circ + 0.72 \angle -58.02^\circ = 1.11 \angle -61.17^\circ \text{ A}$$

b)

Para V2

$$X_{c1} = X_{c2} = X_{c3} = \frac{1}{2 * \pi * 2500 * 100 * 10^{-12}} = 0.64 \text{ M}\Omega$$

$$R_A = 5 - j0.64 = 5.041 \angle -7.3^\circ$$

$$R_B = (1 \angle 0) * \frac{5.041 \angle -7.3}{1 + 5 - j0.64} = 0.84 \angle -1.2^\circ$$

$$RC = -j0.64 + 0.84 < -1.2 = 1.067 < -38$$

$$RD = \frac{(1 < 0)(1.067 < -38)}{1 + 0.84 - 0.658} = 0.55 < -18.3$$

$$Rt = -j0.64 + 0.55 < -18.3 = 2.52 < -35.2$$

$$Is1 = \frac{40 < 60}{2.52 < -35.2} = 15.87 < 24.8\mu A$$

$$IA = \frac{1 < 0}{1 + 1.067 < -38} * 15.87 < 24.8 = 7.05 < 60\mu A$$

$$It1 = \frac{(1 < 0) * (7.05 < 60)}{1 + 5.041 < -7.3} = 1.17 < -66.1$$

Para VI

$$RA = \frac{(0.64 < -90)(1 < 0)}{1 - j0.64} = 0.54 < -57.4$$

$$RB = -j0.64 + 0.54 < -57.4 = 1.133 < -75.1$$

$$RC = -j0.64 = 5.051 < -7.3$$

$$RD = \frac{(1.133 < -75.1) * (5.041 < -7.3)}{1.133 < -75.1 + 5.041 < -7.3} = 1.11 < -64.25$$

$$Rt = 1.11 < -64.25 + 1 = 1.788 < -34$$

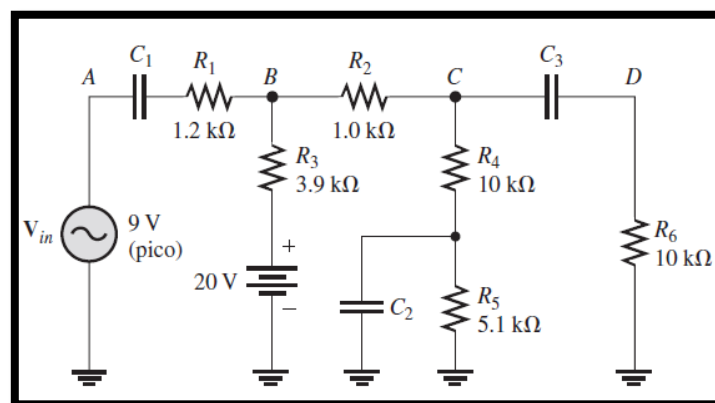
$$Is2 = \frac{20 < 30}{1.788 < -34} = 11.19 < 64 = 2.27 < 7.05\mu A$$

$$ItL = \frac{1.133 < -75.1}{1.133 < -75.1 + 5.041 < -7.3} * 11.19 < 64 = 2.27 < 7.05\mu A$$

$$IL = 2.24 < 7.05 + 1.17 < 66.1 = 3.041 < 26.31\mu A$$

*5. Determine el voltaje en cada punto (A, B, C, D) señalado en la figura 19-47.

Suponga $XC=0$ para todos los capacitores. Trace las formas de onda de voltaje en cada punto.



Voltaje en dc:

$$V_A = 0V$$

$$V_B = 16.1V$$

$$V_C = 15.1V$$

$$V_D = 0V$$

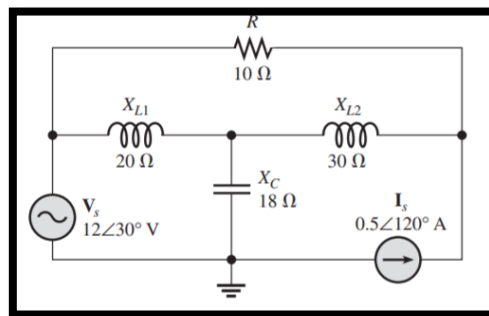
Voltaje en ac(pico):

$$V_A = 9V$$

$$V_B = 5.96V$$

$$V_C = V_D = 4.96V$$

***6. Use el teorema de superposición para determinar la corriente en el capacitor de la figura 19-48.**



Para I_s

$$Z1 = \frac{(30 \angle 90)(18 \angle -90)}{j30 - j18} = 45 \angle -90$$

$$Z2 = j20 - j45 = 25 \angle -90$$

$$Zt = \frac{(25 \angle -90)(10 \angle 0)}{10 - j25} = 9.28 \angle -21.8$$

$$I_s = \frac{12 \angle 30}{9.28 \angle -21.8} = 1.3 \angle 51.8A$$

$$I1 = \frac{10 \angle 0}{10 - j25} * 1.3 \angle 51.8 = 0.48 \angle 120A$$

$$Ic = \frac{30 \angle 90}{j30 - j18} * 0.48 \angle 120 = 1.2 \angle 120A$$

Para

$$I1 = \frac{10 \angle 0}{10 - j25} * 0.5 \angle 120 = 0.19 \angle 188.2A$$

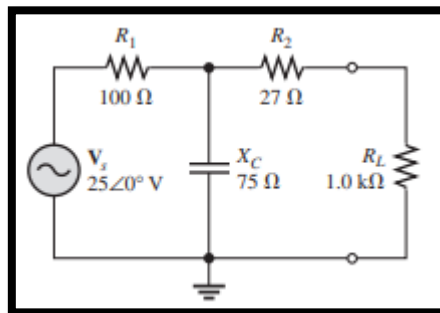
$$I_c = \frac{20 \angle 90}{j20 - j18} * 0.19 \angle 188.2 = 1.9 \angle 188.2A$$

$$I_{tC} = 1.9 \angle 188.2 + 1.2 \angle 120$$

$$I_{tC} = 2.597 \angle 162.82A$$

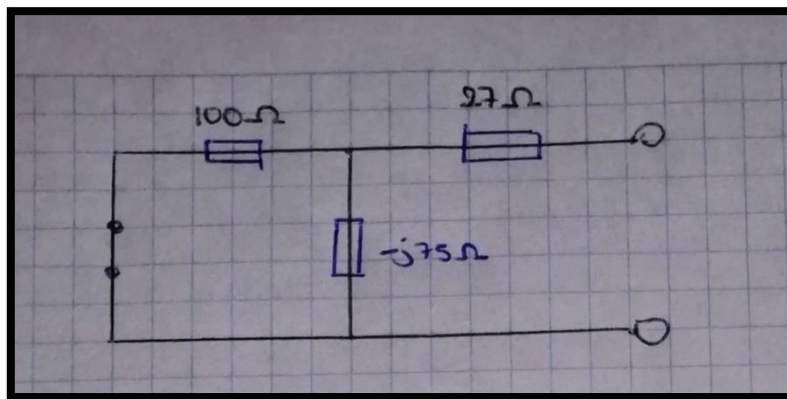
7. En cada circuito, determine el circuito equivalente de Thevenin para la parte vista por RL

A)



Hallando Z_{th}

-Se cortocircuita las fuentes de voltaje y retiramos la resistencia de carga



Se obtiene la impedancia equivalente

$$Z = \frac{(-j75)(100)}{-j75 + 100} = 36 - j48$$

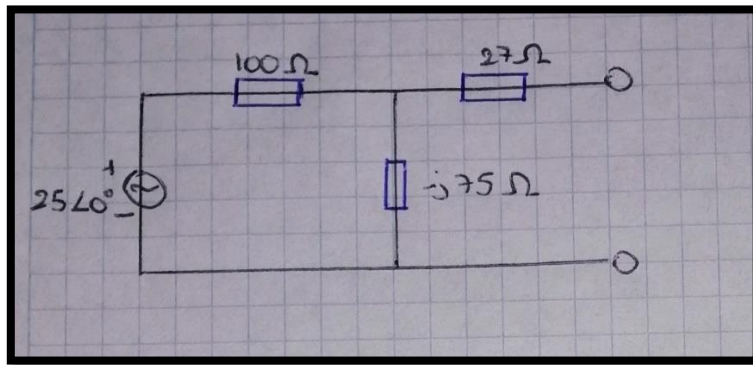
Se obtiene la impedancia de Thevenin

$$Z = (27) + (36 - j48) = 63 - j48 \Omega$$

-Hallando V_{th}

Se retira la resistencia de carga y se mantiene la fuente de voltaje

Determinamos que el voltaje que pasa por la capacitancia es el voltaje de Thevenin



$$A: 100I_1 - j75I_1 = 25$$

$$I_1(100 - j75) = 25$$

$$I_1 = \frac{4}{25} + j\frac{3}{25}$$

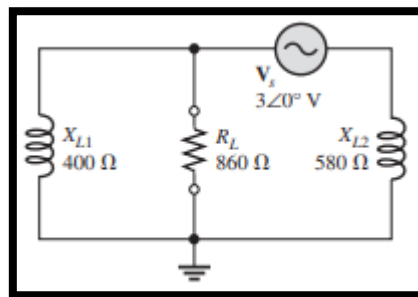
Aplicamos la ley de Ohm

$$V = IZ$$

$$V = \left(\frac{4}{25} + j\frac{3}{25}\right)(-j75)$$

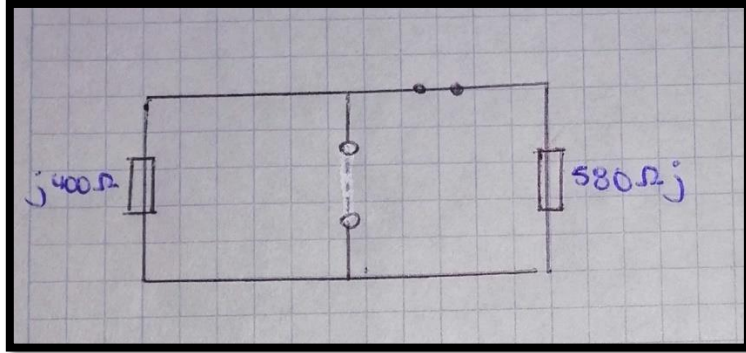
$$V = 9 - j12$$

B)



Hallando Z_{th}

-Se cortocircuita las fuentes de voltaje y retiramos la resistencia de carga

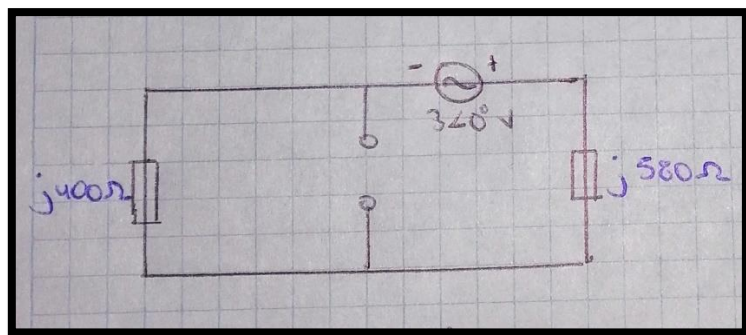


Se obtiene la impedancia de Thevenin

$$Z_{th} = j400 + j580 = j980\Omega$$

-Hallando V_{th}

Se retira la resistencia de carga y se mantiene la fuente de voltaje



Aplico el teorema de mallas

$$A: \quad j400I_1 + j580I_1 = 3$$

$$I_1(j400 + j580) = 3$$

Determino la intensidad total

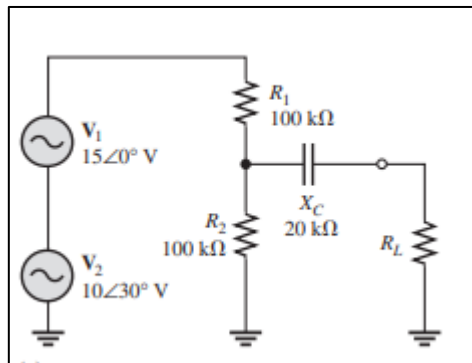
$$I_1 = \frac{3}{j980}$$

Con la ley de ohm determino el voltaje

$$V = IZ = \left(\frac{3}{j980}\right)(j980)$$

$$V_{th} = 3V$$

C)

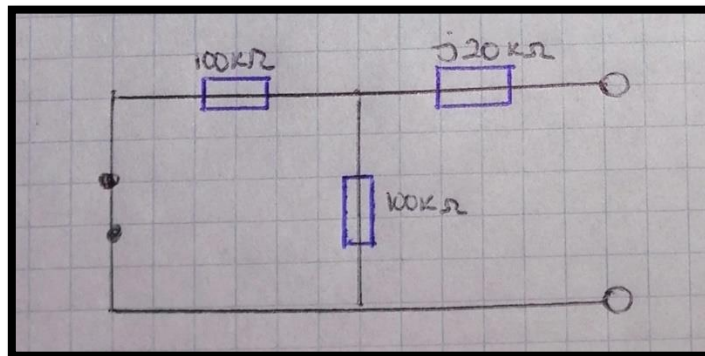


Se determina el valor equivalente de las 2 fuentes

$$V_{\text{feq}} = 23.66 + j5 \text{ V}$$

Hallando Zth

-Se cortocircuita las fuentes de voltaje y retiramos la resistencia de carga



Determinamos la impedancia total

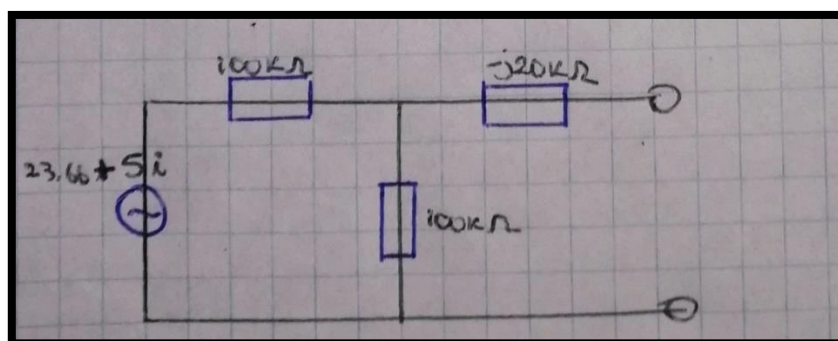
$$Z = \frac{(100)(100)}{100 + 100} - j20$$

La impedancia de Thevenin es:

$$Z_{\text{th}} = 50 - j20 \, \Omega$$

-Hallando Vth

Se retira la resistencia de carga y se mantiene la fuente de voltaje



Aplico el teorema de mallas y determino la corriente

$$A: 100I_1 + 100I_1 = 23.66 + j5$$

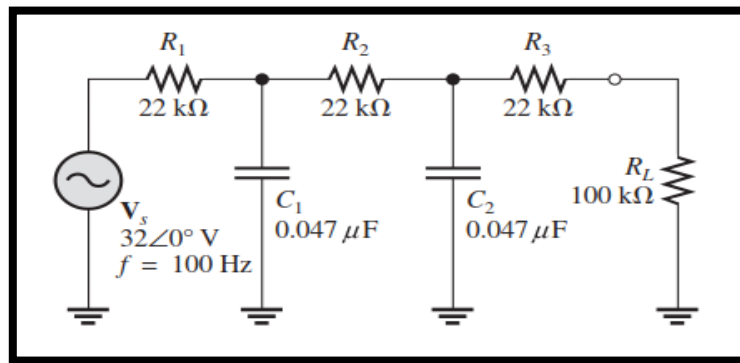
$$I_1 = \frac{23.66 + j5}{200} = 0.1183 + j0.025 \text{ mA}$$

Observo que el voltaje de Thevenin

$$V = IZ = (0.1183 + j0.025)(100)$$

$$V_{th} = 11.83 + j2.5$$

8. Aplique el teorema de Thévenin y determine la corriente a través de la carga R_L en la figura 19-50.



$$C = 0,047\mu F$$

$$-ix_c = \frac{-i}{\omega x_c} = -\frac{1}{200\pi(4,7 * 10^{-8})} = -338672,75ix_c$$

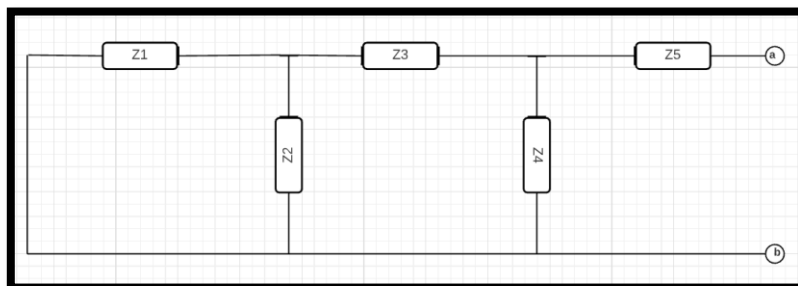
$$z_1 = 22000\Omega$$

$$z_2 = -338672,75i \Omega$$

$$z_3 = 22000\Omega$$

$$z_4 = -338672,75i \Omega$$

$$z_1 = 22000\Omega$$



$$z_{th} = (((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4) + z_5$$

$$z_1 \parallel z_2 = \frac{(22000) * (-338672,75i)}{22000 - 338672,75i} = 21907,556 - 1423,103i$$

$$(z_1 \parallel z_2) + z_3 = 21907,556 - 1423,103i + 22000 = 43907,556 - 1423,103i$$

$$\begin{aligned} ((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4 &= \frac{(43907,556 - 1423,103i) * (-338672,75i)}{(43907,556 - 1423,103i) + (-338672,75i)} \\ &= 42827,041 - 6946,268i \end{aligned}$$

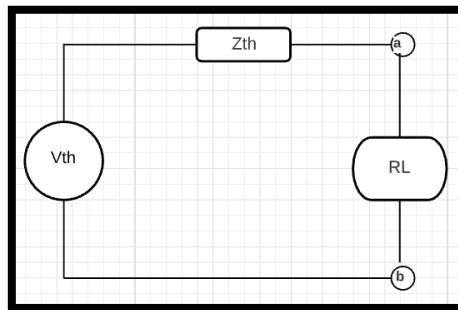
$$(((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4) + z_5 = 42827,041 - 6946,268i + 22000$$

$$z_{th} = 64827,041 - j6946,268$$

Voltaje

$$V_{th} = \left(\frac{z_2 + z_4}{z_1 + z_2 + z_3 + z_4} \right) 32$$

$$V_{th} = 31,866 - 2,070i$$



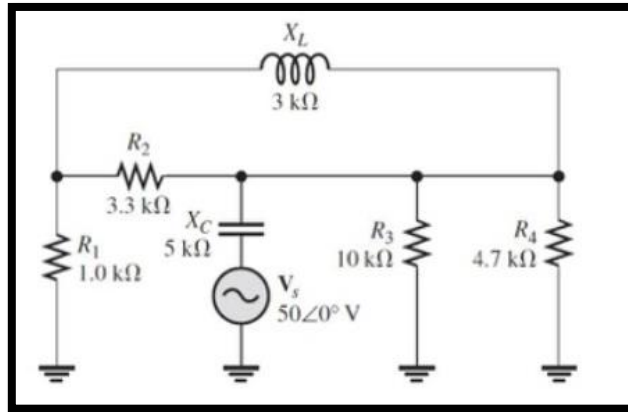
$$z_{eq} = 64827,041 - 6946,268i + 100000$$

$$z_{eq} = 164827,041 - 6946,268i$$

$$I = \frac{V_{th}}{z_{eq}}$$

$$I = \frac{31,866 - 2,070i}{164827,041 - 6946,268i} = 4,068 * 10^{-7} + j4,58 * 10^{-6} \text{ A}$$

9. Aplique el teorema de Thévenin y determine el voltaje en R4 en la figura



$$Z_{eq1} = \left(\frac{1}{3,3} + \frac{1}{j3} \right)^{-1} = 1,493 + j1,642k\Omega$$

$$Z_{eq2} = Z_{eq1} + R_1 = 2,493 + j1,642k\Omega$$

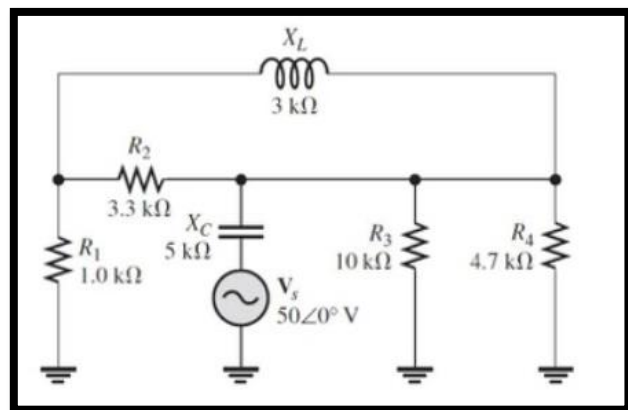
$$Z_{eq3} = \left(\frac{1}{Z_{eq2}} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = 2,131 + j1,0344$$

$$Z_r = Z_{eq3} + X_C = 2,1314 - j3,965k\Omega$$

$$I_r = \frac{V_s}{Z_r} = \frac{50V}{2,1314 - j3,965k\Omega} = 11,1 \angle 61,744^\circ mA$$

$$V_{th} = I_r * Z_{eq3} = (11,1 \angle 61,744^\circ mA)(2,131 + j1,0344k\Omega)$$

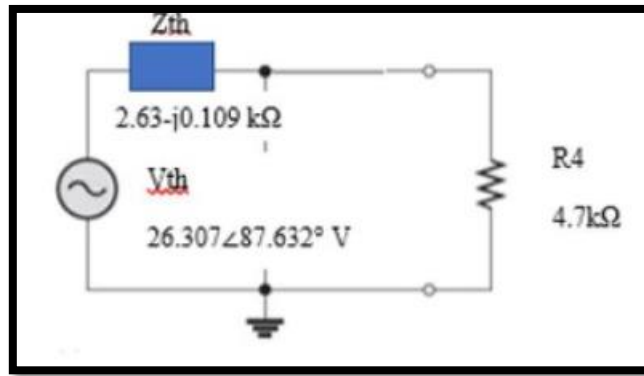
$$V_{th} = 26,307 \angle 87,632^\circ V$$



$$Z_{eq1} = \left(\frac{1}{3,3} + \frac{1}{j3} \right)^{-1} = 1,493 + j1,642k\Omega$$

$$Z_{eq2} = Z_{eq1} + R_1 = 2,493 + j1,642k\Omega$$

$$Z_{th} = \left(\frac{1}{Z_{eq2}} + \frac{1}{X_C} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = 2,63 - j0,109k\Omega$$

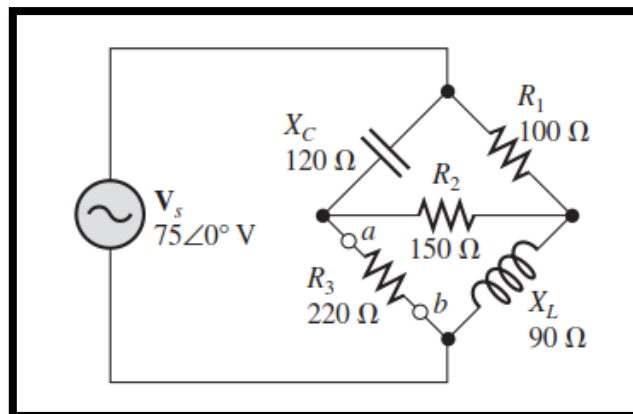


$$I_t = \frac{V_{th}}{Z_{th} + R_4} = \frac{26,307 \angle 87,632^\circ V}{7,329 + j0,109 k\Omega} = 3,589 \angle 88,484^\circ mA$$

$$V_4 = I_t * R_4 = (3,589 \angle 88,484^\circ mA)(4,7 k\Omega)$$

$$V_4 = 16.868 \angle 88,484^\circ V$$

* 10. Simplifique el circuito externo a R_3 mostrado en la figura 19-52 a su equivalente de Thevenin.

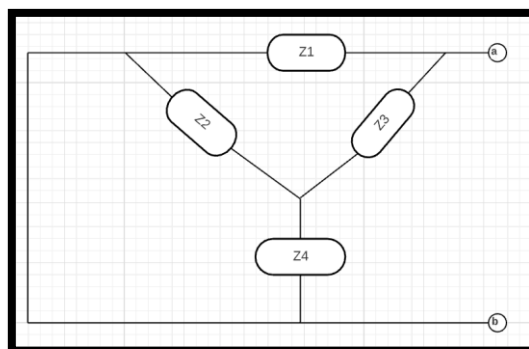


$$z_1 = -120i\Omega$$

$$z_2 = 100\Omega$$

$$z_3 = 150\Omega$$

$$z_4 = 90i\Omega$$

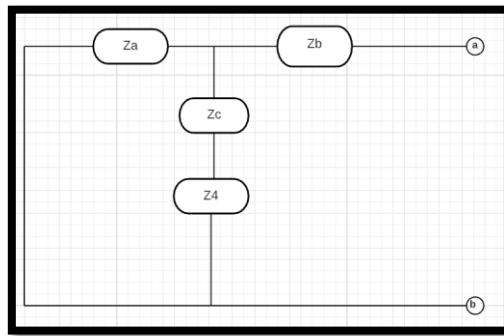


Convertimos el delta en y

$$z_a = \frac{z_1 * z_2}{z_1 + z_2 + z_3} = \frac{(-120i) * (100)}{-120i + 100 + 150} = 18,726 - 39,012i$$

$$z_b = \frac{z_1 * z_3}{z_1 + z_2 + z_3} = \frac{(-120i) * (150)}{-120i + 100 + 150} = 28,088 - 58,518i$$

$$z_c = \frac{z_2 * z_3}{z_1 + z_2 + z_3} = \frac{(100) * (150)}{-120i + 100 + 150} = 48,765 + 23,407i$$



$$z_x = z_c + z_4 = 48,765 + 113,487i$$

$$z_{th} = \frac{z_a * z_x}{z_a + z_x} + z_b = 37,334 - 37,875i + 28,088 - 58,518i$$

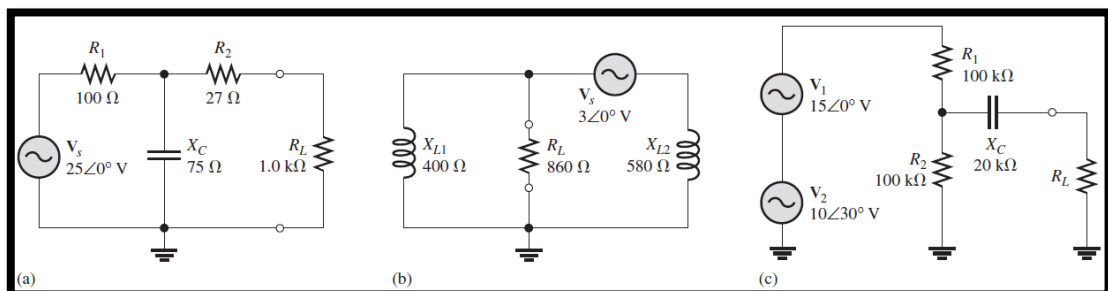
$$z_{th} = 65,422 - j96,3$$

$$V_{th} = \frac{z_x}{z_a + z_x} * V_s$$

$$V_{th} = \frac{48,765 + 113,487i}{18,726 - 39,012i + 48,765 + 113,487i} * 75$$

$$V_{th} = 1,162 + j1,4$$

11. Para cada circuito de la figura 19-49, determine el equivalente de Norton visto por RL.



(a) Fuente de corriente equivalente:

$$Z = R_1 + \frac{X_c R_2}{X_c + R_2} = 100 \angle 0^\circ \Omega + \frac{(75 \angle -90^\circ \Omega)(27 \angle 0^\circ \Omega)}{27 \Omega - j75 \Omega}$$

$$Z = 100 \angle 0^\circ + 25.4 \angle -19.8^\circ$$

$$Z = 100 \Omega + 23.9 \Omega - j8.6 \Omega$$

$$Z = 123.9 \Omega - j8.6 \Omega$$

$$Z = 124.22 \angle -3.97^\circ$$

$$I_s = \frac{V_s}{Z} = \frac{25 \angle 0^\circ}{124.22 \angle -3.97^\circ} = 201.25 \angle 3.97^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = \left(\frac{X_c}{R_2 + X_c} \right) I_s = \left(\frac{75 \angle -90^\circ}{27 \Omega - j75 \Omega} \right) 201.25 \angle 3.97^\circ \text{ mA} = 189.175 \angle -15.83^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = 189.175 \angle -15.83^\circ \text{ mA}$$

Impedancia equivalente:

$$Z_n = R_2 + \frac{X_c R_1}{X_c + R_1} = 27 \angle 0^\circ \Omega + \frac{(75 \angle -90^\circ \Omega)(100 \angle 0^\circ \Omega)}{100 \Omega - j75 \Omega}$$

$$Z_n = 27 \angle 0^\circ \Omega + 60 \angle -53.13^\circ$$

$$Z_n = 27 + 36 - j48$$

$$Z_n = 63 \Omega - j48 \Omega$$

(b) Fuente de corriente equivalente:

$$Z = X_{L2} + X_{L1} = 580 \angle 90^\circ \Omega + 400 \angle 90^\circ \Omega$$

$$Z = j580 + j400$$

$$Z = j980$$

$$Z = 980 \angle 90^\circ$$

$$I_s = \frac{V_s}{Z} = \frac{3 \angle 0^\circ}{980 \angle 90^\circ} = 3.06 \angle -90^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = \left(\frac{X_{L1} + X_{L2}}{X_{L2}} \right) I_s = \left(\frac{980 \angle 90^\circ \Omega}{580 \angle 90^\circ \Omega} \right) 3.06 \angle -90^\circ \text{ mA} = 5.14 \angle -90^\circ \text{ mA}$$

$$I_n = 5.14 \angle -90^\circ \text{ mA}$$

Impedancia equivalente:

$$Z_n = \frac{X_{L1} X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} = \frac{(400 \angle 90^\circ \Omega)(580 \angle 90^\circ \Omega)}{j980 \Omega}$$

$$Z_n = \frac{232000 \angle 180^\circ \Omega}{980 \angle 90^\circ}$$

$$Z_n = 236.75 \angle 90^\circ$$

$$\mathbf{Z_n = j236.75 \Omega}$$

(c) Fuente de corriente equivalente:

$$Z = R_1 + \frac{X_c R_2}{X_c + R_2} = 100 \angle 0^\circ k\Omega + \frac{(20 \angle -90^\circ k\Omega)(100 \angle 0^\circ k\Omega)}{100 k\Omega - j20 k\Omega}$$

$$Z = 100 \angle 0^\circ + 19.60 \angle -78.7^\circ$$

$$Z = 100 k\Omega + 3.85 k\Omega - j19.22 k\Omega$$

$$Z = 103.85 k\Omega - j19.22 k\Omega$$

$$\mathbf{Z = 105.6 \angle -10.48^\circ k\Omega}$$

$$I_s = \frac{V_s}{Z} = \frac{24.18 \angle 11.93^\circ}{105.6 * 10^3 \angle -10.48^\circ} = 228.9 \angle 22.4^\circ \mu A$$

$$I_n = \left(\frac{R_2}{R_2 + X_c} \right) I_s = \left(\frac{100 \angle 0^\circ}{100 \Omega - j20 \Omega} \right) 227 \angle 22.43^\circ \mu A = 224.4 \angle 33.7^\circ \mu A$$

$$\mathbf{I_n = 224.4 \angle 33.7^\circ \mu A}$$

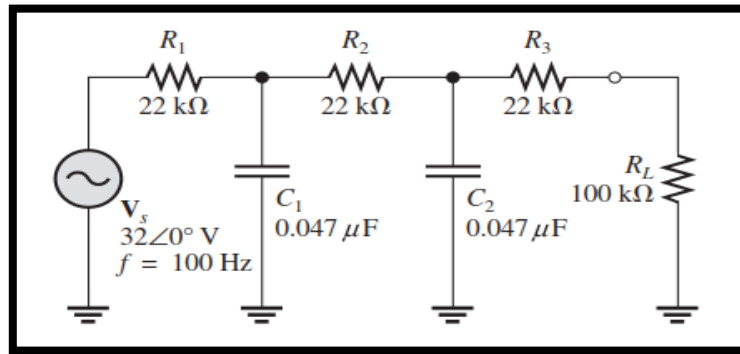
Impedancia equivalente:

$$Z_n = X_c + \frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1} = -j20 + \frac{(100 \angle 0^\circ \Omega)(100 \angle 0^\circ \Omega)}{200 \Omega}$$

$$Z_n = -j20 + 50 \angle 0^\circ \Omega$$

$$\mathbf{Z_n = 50 k\Omega - j20 k\Omega}$$

12. Aplique el teorema de Norton y determine la corriente a través del resistor de carga R_L en la figura 19-50.



$$C = 0,047\mu F$$

$$-ix_c = \frac{-i}{\omega x_c} = -\frac{1}{200\pi(4,7 * 10^{-8})} = -338672,75ix_c$$

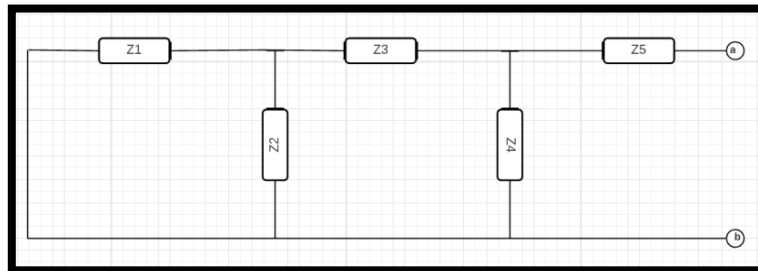
$$z_1 = 22000\Omega$$

$$z_2 = -338672,75i \Omega$$

$$z_3 = 22000\Omega$$

$$z_4 = -338672,75i \Omega$$

$$z_1 = 22000\Omega$$



$$z_N = (((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4) + z_5$$

$$z_1 \parallel z_2 = \frac{(22000) * (-338672,75i)}{22000 - 338672,75i} = 21907,556 - 1423,103i$$

$$(z_1 \parallel z_2) + z_3 = 21907,556 - 1423,103i + 22000 = 43907,556 - 1423,103i$$

$$\begin{aligned} ((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4 &= \frac{(43907,556 - 1423,103i) * (-338672,75i)}{(43907,556 - 1423,103i) + (-338672,75i)} \\ &= 42827,041 - 6946,268i \end{aligned}$$

$$(((z_1 \parallel z_2) + z_3) \parallel z_4) + z_5 = 42827,041 - 6946,268i + 22000$$

$$z_N = 64827,041 - j6946,28$$

Se calculó el voltaje de Thévenin, aplicamos la siguiente formula

$$z_N = z_{th}$$

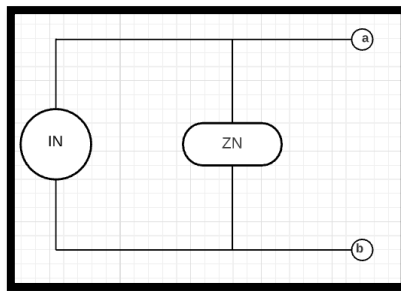
$$V_{th} = \left(\frac{z_2 + z_4}{z_1 + z_2 + z_3 + z_4} \right) 32$$

$$V_{th} = 31,866 - 2,070i$$

$$I_N = \frac{V_{th}}{z_N}$$

$$I_N = \frac{31,866 - 2,070i}{64827,041 - 6946,268i}$$

$$I_N = 4,89 * 10^{-4} + 2,05 * 10^{-5}i$$

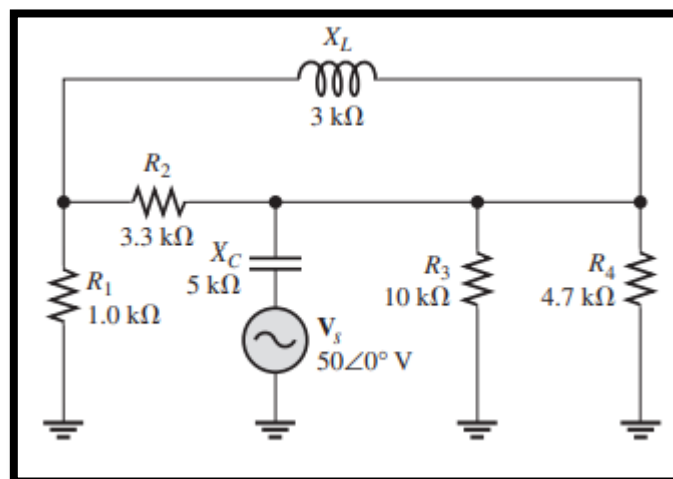


$$I_{RL} = I_N * \frac{Z_N}{Z_N + Z_X}$$

$$I_{RL} = 4,89 * 10^{-4} + 2,05 * 10^{-5}i * \frac{64827,041 - 6946,268i}{64827,041 - 6946,268i + 100000}$$

$$I_{RL} = 4,068 * 10^{-7} + 4,58 * 10^{-6}i \text{ A}$$

13. Aplique el teorema de Norton para determinar el voltaje en R4



Hallamos la impedancia equivalente de Norton

-Se debe cortocircuitar la fuente de voltaje, retiramos la resistencia de carga R_4 y determinamos la impedancia equivalente.

$$Z_{eq1} = \frac{(1)(j3)}{1 + j3} = \frac{9}{10} + \frac{3}{10}j$$

$$Z_{eq2} = \frac{(-j3.3)(10)}{-j3.3 + 10} = 0.982 - j2.975$$

Ahora obtenemos la impedancia total

$$Z_{eqNorton} = 3.3 + Z_{eq1} + Z_{eq2} = \frac{2591}{500} - j\frac{267}{100}$$

Hallamos la corriente equivalente de Norton

-Se debe colocar la fuente de voltaje y se cortocircuita en donde estaba la resistencia de carga

Usaremos el método de malla para determinar la corriente

$$A: I_1 + 3.3I_1 - 3.3I_4 - j3.3I_1 + j3.3I_2 = -50$$

$$B: 10I_2 - 10I_3 - j3.3I_2 + j3.3I_1 = 50$$

$$C: 10I_3 - 10I_2 = 0$$

$$C: j3I_4 + 3.3I_4 - 3.3I_1 = 0$$

Resolvemos el sistema de ecuaciones

$$A: I_1(4.3 - j3.3) + j3.3I_2 - 3.3I_4 = -50$$

$$B: j3.3 + I_2(10 - j3.3) - 10I_3 = 50$$

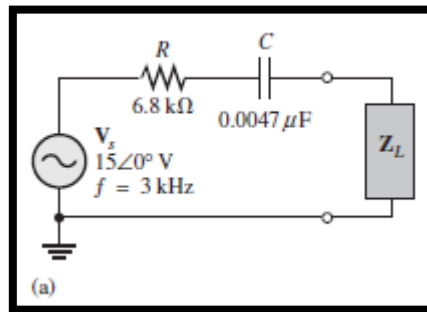
$$C: 10I_3 - 10I_2 = 0$$

$$C: -3.3I_1 + I_4(j3 + 3.3) = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos la corriente de para por la resistencia de carga

$$I_3 = \frac{500}{33} \text{ mA}$$

14. En cada circuito de la figura 19-53, se tiene que transferir potencia máxima a la carga RL . Determine el valor apropiado para la impedancia de carga en todos los casos.



a)

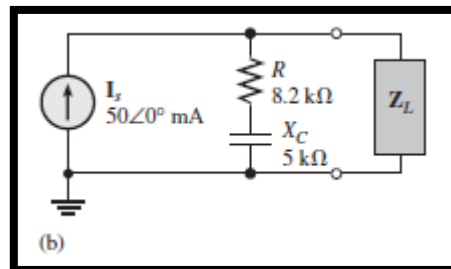
Impedancia equivalente:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi(3\text{kHz})(0.0047\ \mu\text{F})} = -j1.13\ \text{k}\Omega$$

$$Z_{eq} = R + X_C = 6.8\text{k}\Omega - j1.13\ \text{k}\Omega$$

Teorema de la máxima transferencia de potencia dice que el Z_L equivale a la conjugada de Z_{eq} :

$$Z_L = R - X_C = 6.8\text{k}\Omega + j1.13\ \text{k}\Omega$$



b)

Impedancia equivalente:

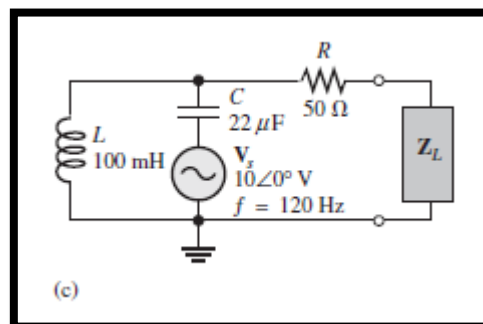
$$X_C = 5\text{k}\Omega$$

$$X_C = -j5\text{k}\Omega$$

$$Z_{eq} = R + X_C = 8.2\text{k}\Omega - j5\ \text{k}\Omega$$

Teorema de la máxima transferencia de potencia dice que el Z_L equivale a la conjugada de Z_{eq} :

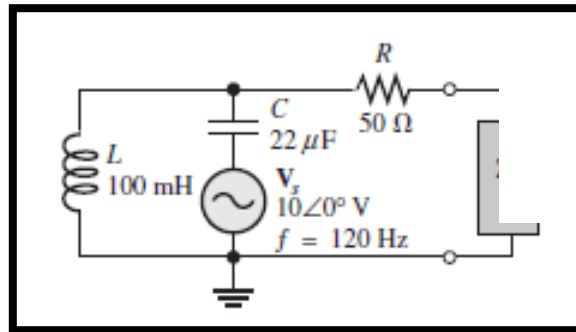
$$Z_L = R - X_C = 8.2\text{k}\Omega + j5\ \text{k}\Omega$$



c)

Se aplicará el teorema de Thevenin debido a que para determinar Z_L en su potencia máxima, se necesita un circuito con fuente de voltaje y una impedancia equivalente Z_{eq} .

Se calcula la resistencia equivalente R_{TH} , se cortocircuita la fuente y se calcula a partir de R_L .



$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi(0.12\text{kHz})(22\text{ }\mu\text{F})} = -j0.060286\text{ k}\Omega$$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi(0.12\text{kHz})(0.1\text{ }\mu\text{H}) = j0.0754\text{ k}\Omega$$

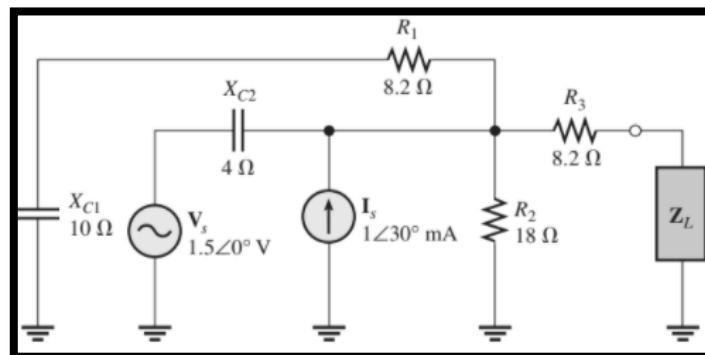
$$Z_{TH} = R + \left(\frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C} \right)^{-1} = 50 + \left(\frac{1}{0.0754} + \frac{1}{0.060286} \right)^{-1} = 50 - j0.30075\text{ k}\Omega$$

$$= 50 - j300.75\Omega$$

Teorema de la máxima transferencia de potencia dice que el Z_L equivale a la conjugada de Z_{TH} :

$$Z_L = R - \left(\frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C} \right)^{-1} = 50 + j0.30075\text{ k}\Omega$$

* 15. Determine Z_L para transferir potencia máxima en la figura



$$Z_1 = 8.2 - j10$$

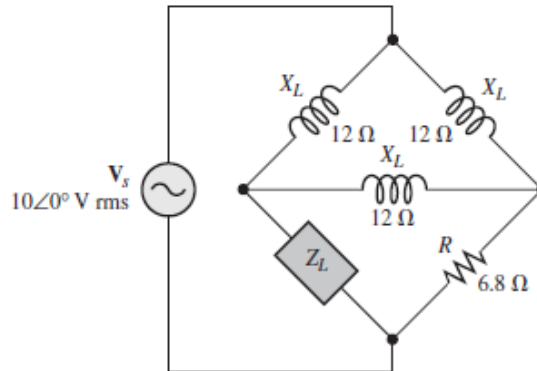
$$Z_2 = \frac{(4 \angle -90^\circ)(18 \angle 0^\circ)}{18 - j4} = 3.9 \angle -77.47^\circ$$

$$Z_{12} = \frac{(12.93 \angle 50.65^\circ)(3.9 \angle -77.47^\circ)}{8.2 - j10 + j3.806} = 3.05 \angle 71.34^\circ$$

$$Z_{TH} = 8.2 + 0.976 - j2.888 = 9.176 - j2.888$$

$$Z_{TH} = 9.176 + j2.888$$

16. Determine la impedancia de carga requerida para transferir potencia máxima a Z_L en la figura 19-55. Determine la potencia real máxima.



Se aplicará el teorema de Thevenin debido a que para determinar Z_L en su potencia máxima, se necesita un circuito con fuente de voltaje y una impedancia equivalente Z_{eq} . Se calcula la resistencia equivalente R_{TH} , se cortocircuita la fuente y se calcula a partir de R_L .

$$Z_{eq1} = X_{L1} + X_{L2} = j24\Omega$$

$$Z_{eq2} = \left(\frac{1}{Z_{eq1}} + \frac{1}{X_{L3}} \right)^{-1} = j8\Omega$$

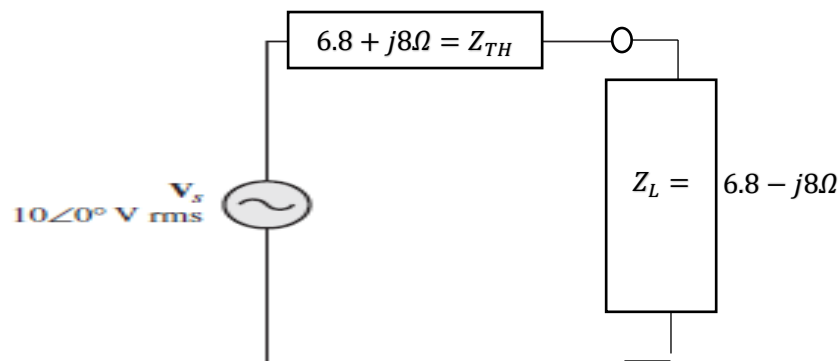
$$Z_{TH} = R + Z_{eq2} = 6.8 + j8\Omega$$

Teorema de la máxima transferencia de potencia dice que el Z_L equivale a la conjugada de Z_{TH} :

$$Z_L = R - Z_{eq2} = 6.8 - j8\Omega$$

Cálculo del voltaje de Thevenin:

Se calcula el voltaje dado en las aberturas de Z_L , el mismo que será el voltaje de la impedancia total, pero sin Z_L , por ende el voltaje seguirá siendo el mismo de la fuente presentado al inicio:



Calculo de la Impedancia total, se obtiene corriente y potencia Real:

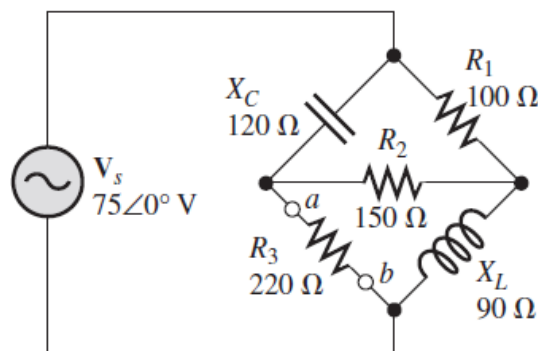
$$Z_T = Z_{TH} + Z_L = 13.6\Omega$$

$$I_T = \frac{V_{TH}}{Z_T} = \frac{10 V_{RMS}}{13.6\Omega} = 0.735 A$$

$$P_L = I_T^2 * R_L = (0.735A)^2 * (6.8\Omega)$$

$$P_{L(REAL)} = 3.676 W$$

17. Se tiene que conectar una carga en el lugar de R_2 en la figura 19-52 para lograr transferencia de potencia máxima. Determine el tipo de carga y exprésela en forma rectangular.



Cuando Z_L es el complejo conjugado de Z_{sa} , se transfiere potencia máxima desde el circuito hasta la carga, por lo tanto, se hallará Z_{th} .

$$Z_{Th} = \frac{X_C R_3}{X_C + R_3} + \frac{X_L R_1}{X_L + R_1}$$

$$Z_{Th} = \frac{(120 \angle -90^\circ)(220 \angle 0^\circ)}{220 - j120} + \frac{(100 \angle 0^\circ)(90 \angle 90^\circ)}{100 + j90}$$

$$Z_{Th} = \frac{(26400 \angle -90^\circ)}{250.6 \angle -28.61^\circ} + \frac{(9000 \angle 90^\circ)}{134.53 \angle -41.98^\circ}$$

$$Z_{Th} = 95.19 \Omega - j42.75\Omega$$

Por lo tanto, la carga R_L a conectar en forma rectangular es:

$$R_L = 95.19 \Omega + j42.75\Omega$$

