

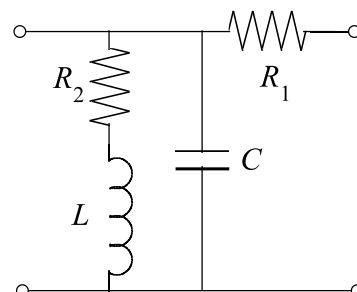


Sugerencia: Dado que el objetivo de los Trabajos Prácticos es utilizar los conceptos teóricos vistos para resolver problemas, se sugiere leer con detenimiento cada propuesta y contestar cada punto sin presuponer temas o asuntos conocidos, de forma que toda afirmación o decisión de opciones sea justificada. Esta sugerencia pretende ayudar a reafirmar conocimientos y a organizar la resolución de los ejercicios.

Ejercicio 1

Considere la red bipuerta de la figura.

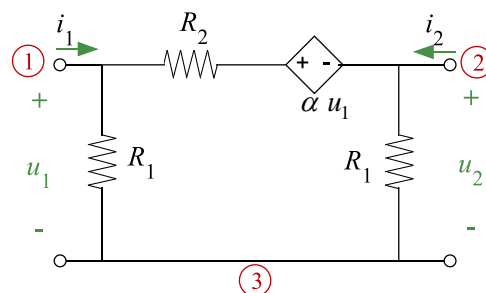
- a1) Hallar la matriz de impedancias de circuito abierto.
- a2) Qué particularidad observa con los elementos que se encuentran en serie con alguna de las puertas.
- b1) hallar la matriz de admitancias de cortocircuito.
- b2) Qué particularidad observa con los elementos que se encuentran en paralelo con alguna de las puertas.



Ejercicio 2

Dado el circuito de la figura en conexión nodo 3 común.

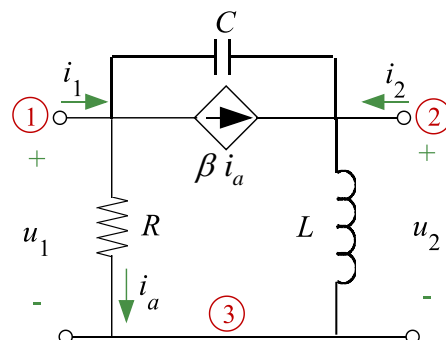
- a) Hallar la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc3} , aplicando la definición de cada parámetro.
- b) Dibujar el circuito para la configuración nodo 2 común con entrada por terminales 1-2 y salida por terminales 3-2. Obtener la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc2} .
- c) Dibujar el circuito para la configuración nodo 1 común con entrada por terminales 3-1 y salida por terminales 2-1. Obtener la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc1} .



Ejercicio 3

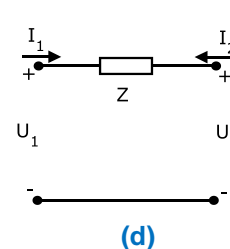
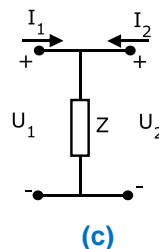
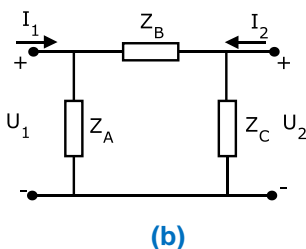
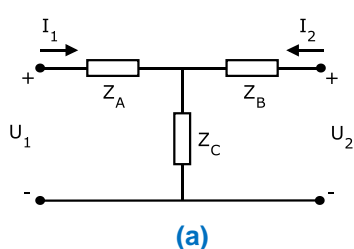
Dado el circuito de la figura en conexión nodo 3 común.

- a) Hallar la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc3} , aplicando la definición de cada parámetro.
- b) Dibujar el circuito para la configuración nodo 1 común con entrada por terminales 2-1 y salida por terminales 3-1. Obtener la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc1} .
- c) Dibujar el circuito para la configuración nodo 2 común con entrada por terminales 3-2 y salida por terminales 1-2. Obtener la matriz de admitancias en cortocircuito \mathbf{Y}_{cc2} .



Ejercicio 4

Encuentre, si es que existen, la matriz- \mathbf{Z} (matriz de impedancias en circuito abierto), la matriz- \mathbf{Y} (matriz de admitancias en corto circuito), la matriz- \mathbf{H} (matriz de parámetros híbridos) y la matriz- \mathbf{T} (matriz de transmisión) de los circuitos de la figura.



Ejercicio 5

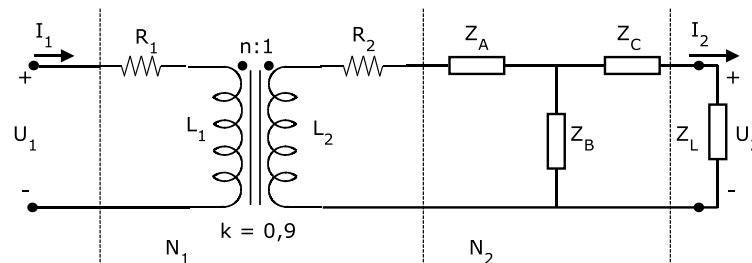
Dado un transformador real, con factor de acoplamiento $k = 0,9$, relación de transformación $n = N_1/N_2 = 2$, $L_1 = 4 \text{ H}$ y $L_2 = 1 \text{ H}$, $\omega = 1 \text{ rad/s}$ obtener:

- Las matrices de parámetros \mathbf{Z} , \mathbf{Y} , \mathbf{H} y \mathbf{T} en forma genérica a partir del modelo galvánico del transformador. *Sugerencia: Utilizar los resultados obtenidos en ejercicio 4.a*
- Las matrices de parámetros \mathbf{Z} , \mathbf{Y} , \mathbf{H} y \mathbf{T} en forma numérica, es decir, reemplazando por valores.
- La tensión en el secundario a circuito abierto, cuando la tensión en el primario es sinusoidal con $U_1 = 220\cos(t) \text{ V}$, es decir $\omega = 1 \text{ rad/s}$.
- La impedancia de entrada cuando la carga en el secundario es de $R_L = 10 \Omega$. *Sugerencia: Utilizar la expresión $Z_i = \frac{AR_i + B}{CR_i + D}$.*
- La corriente en el primario y la tensión y la corriente de salida en la carga R_L .
- Las potencias aparente, activa y reactiva en el primario y en el secundario del transformador. Saque conclusiones.

Ejercicio 6

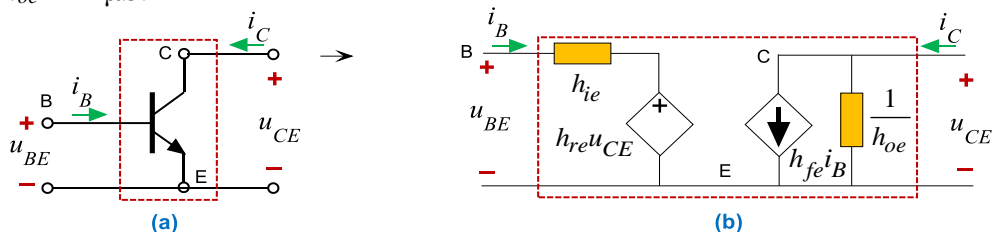
Dado el circuito de la figura, con los siguientes datos: $k = 0,9$, relación de transformación $n = N_1/N_2 = 2$, $L_1 = 4 \text{ H}$ y $L_2 = 1 \text{ H}$, $R_1 = R_2 = 0,1 \Omega$, $Z_A = Z_C = j0,05\omega$ y $Z_B = -j/0,5\omega$, $\omega = 1 \text{ rad/s}$ obtener:

- La matriz de transmisión \mathbf{T} del circuito completo a excepción de la carga R_L . *Sugerencia: particionar la red en redes en cascada y utilizar los resultados obtenidos en los ejercicios 4.a y 5.a.*
- La impedancia de entrada cuando la carga en el secundario es $R_L = 10 \Omega$. *Sugerencia: Utilizar la expresión $Z_i = \frac{AR_i + B}{CR_i + D}$.*
- La corriente en el primario y la tensión y la corriente de salida en la carga R_L , si la tensión del generador en el primario es sinusoidal con $U_1 = 220\cos(t) \text{ V}$, es decir $\omega = 1 \text{ rad/s}$.
- Las potencias aparente, activa y reactiva en el primario y en el secundario del transformador. Saque conclusiones.

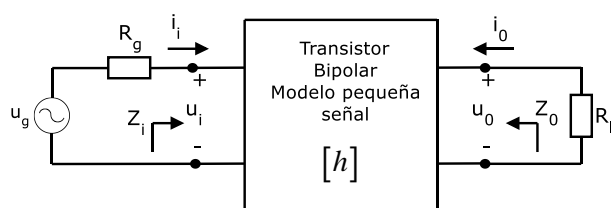


Ejercicio 7

En la figura se muestra el modelo equivalente de pequeña señal de un transistor bipolar, en su configuración emisor común (EC). Los valores típicos de los parámetros h son: $h_{ie} = 5 \text{ k}\Omega$, $h_{re} = 10^{-4}$, $h_{fe} = 100$ y $h_{oe} = 24 \mu\text{S}$.



- Determinar la matriz de parámetros híbridos (en forma simbólica y numérica), y posteriormente las matrices \mathbf{Y} , \mathbf{Z} y \mathbf{T} (también de forma simbólica y numérica). *Sugerencia: obtener los elementos cada matriz en función de los parámetros h aplicando la definición de los respectivos parámetros en el modelo de pequeña señal tomando como referencia el ejemplo 1.3 del libro.*
- Dado el circuito de la Figura (c), en el cual dentro del cuadripolo se encuentra el modelo de pequeña señal del transistor bipolar de la Figura (b):



(c)

Considerando $U_g = 1 \text{ V}$, $R_g = 50 \Omega$ y $R_l = 50 \Omega$, determinar:

- La ganancia de corriente $A_i = I_o/I_i$.
- La ganancia de tensión $A_U = U_o/U_i$.
- La impedancia de entrada $Z_i = U_i/I_i$.
- La impedancia de salida $Z_o = U_o/I_o$ teniendo en cuenta que esta impedancia se calcula con el generador de entrada anulado por definición.

c) Calcular I_i , I_o , U_i , U_o . Saque conclusiones acerca de los resultados obtenidos.

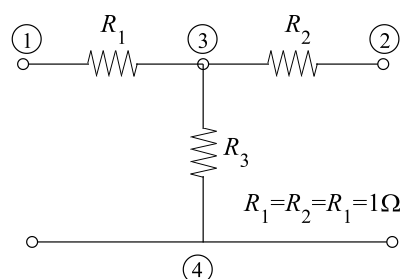
d) Verificar que la impedancia de entrada puede obtenerse también a partir de los parámetros de transmisión con la siguiente expresión: $Z_i = \frac{AR_l + B}{CR_l + D}$. Compare con el resultado obtenido en b).

Ejercicio 8

En la red de la figura se desea conectar un capacitor de valor 1 entre los terminales 1 y 2.

a) Encontrar la matriz de admitancia de la red indicada antes y después de la conexión del capacitor utilizando la teoría de cuadripolos.

b) Repetir, utilizando la teoría de redes multiterminales.



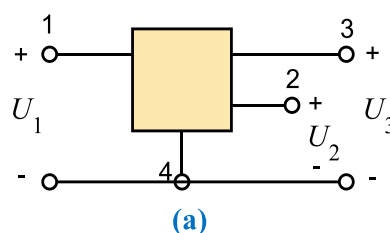
Ejercicio 9

En la figura (a) se muestra una red de tres puertas con el terminal 4 como terminal común. La matriz de las admitancias en cortocircuito de esta configuración es la que se indica.

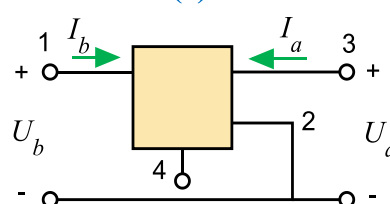
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 6 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$$

Se desea conectar esta red como bipuerta, como se indica en la figura (b), siendo la puerta de entrada 3-2 y la de salida 1-2.

Hallar la matriz de las admitancias en cortocircuito correspondiente.



(a)



(b)

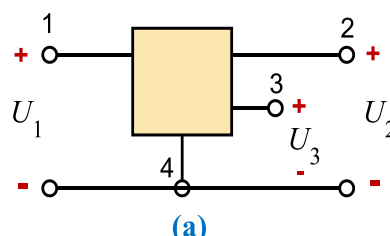
Ejercicio 10

En la figura (a) se muestra una red de cuatro terminales conectada como de tres puertas con terminal común. Las ecuaciones en cortocircuito de esta red de tres puertas son las que se indican matricialmente.

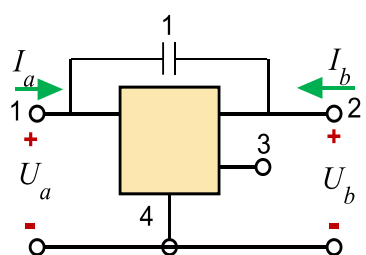
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & -1 & -2 \\ -3 & 6 & -1 \\ -2 & -1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$$

Se desea conectar un condensador unidad entre los terminales 1 y 2, como se indica en la figura (b).

Hallar la matriz de las admitancias en cortocircuito de la red cuando se considera como bipuerta, siendo las puertas las indicadas en la figura (b).



(a)



(b)



Sugerencia: Dado que el objetivo de los Trabajos Prácticos es utilizar los conceptos teóricos vistos para resolver problemas, se sugiere leer con detenimiento cada propuesta y contestar cada punto sin presuponer temas o asuntos conocidos, de forma que toda afirmación o decisión de opciones sea justificada. Esta sugerencia pretende ayudar a reafirmar conocimientos y a organizar la resolución de los ejercicios.

Ejercicio 1

Una instalación de 220 V y 50 Hz consume una potencia activa de 5,2 kW con factor de potencia de 0,8 y corriente *en atraso*. Calcular la capacidad necesaria a conectar en paralelo para obtener un factor de potencia de 0,95.

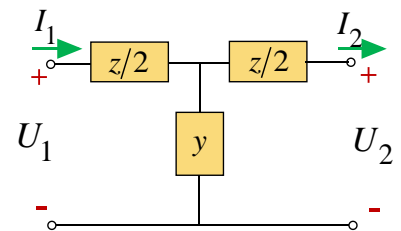
Ejercicio 2

Una línea de 10 km de longitud, se encuentra energizada desde una estación de generación hasta una carga de 750 kW que opera con 6.6 kV en 50 Hz y factor de potencia 0,8 en retraso. En este caso, como la línea es corta, es válido el modelo de una impedancia en serie, siendo $R_L=0,162 \Omega/\text{km}$ y $X_L=0,227 \Omega/\text{km}$ por conductor. Se requiere:

- Determinar el valor de la tensión U_1 y el factor de potencia $\cos(\phi_1)$ en el extremo de la estación de generación. *Sugerencia: resolver empleando parámetros de transmisión.*
- Determinar la potencia activa suministrada por la estación de generación y la eficiencia del transporte.

Ejercicio 3

Sea una línea de 500 kV de longitud $l=150$ km representada por un modelo T de parámetros concentrados por unidad de longitud de la línea como se indica en la figura. Los parámetros z e y del modelo se especifican por unidad de longitud, siendo $z = 0,0165 + j 0,3306 \Omega/\text{km}$ e $y = j 4,674 \times 10^{-6} \text{ S}/\text{km}$. Dicha línea debe transmitir potencia para alimentar a una carga cuya condición de funcionamiento nominal está dada por 1000 MVA con una tensión de 500 kV y factor de potencia 0,9. Se requiere determinar:



- la tensión U_1 y la corriente I_1 que se debe aplicar a la entrada de la línea para garantizar el régimen nominal de la carga. *Sugerencia: resolver empleando parámetros de transmisión.*
- la potencia activa P_1 y reactiva Q_1 suministrada a la entrada de la línea.
- la eficiencia en la transferencia de potencia.

Ejercicio 4

Las tensiones de operación de un sistema de 500 kV se deben encontrar dentro de una banda de $\pm 3\%$ de la tensión nominal, es decir entre 485 kV y 515 kV.

Por lo tanto, el caso analizado en el ejercicio anterior está muy lejos cumplir con este requerimiento y sería necesario *compensar* el factor de potencia de la carga.

- Determinar el valor de capacidad a instalar en paralelo con la carga para llevar el factor de potencia al valor 0,98.
- Especificar el capacitor a instalar.



Sugerencia: Dado que el objetivo de los Trabajos Prácticos es utilizar los conceptos teóricos vistos para resolver problemas, se sugiere leer con detenimiento cada propuesta y contestar cada punto sin presuponer temas o asuntos conocidos, de forma que toda afirmación o decisión de opciones sea justificada. Esta sugerencia pretende ayudar a reafirmar conocimientos y a organizar la resolución de los ejercicios.

Ejercicio 1

Sintetizar por Foster 1, Foster 2, Cauer 1 y Cauer 2 las siguientes funciones de punto impulsor, verificando previamente si las mismas son realizables.

a) $Y(s) = \frac{3s^4 + 15s^2 + 12}{s^3 + 2s}$

c) $Y(s) = \frac{s^4 + 5s^2 + 4}{2s^5 + 16s^3 + 24s}$

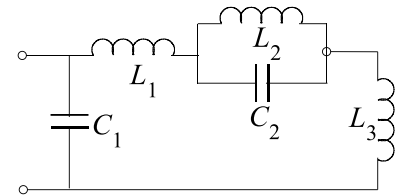
b) $Z(s) = \frac{s(s^2 + 4)}{(s^2 + 2)(s^2 + 9)}$

d) $Z(s) = \frac{s(s^2 + 6)(s^2 + 12)}{(s^2 + 3)(s^2 + 9)}$

Ejercicio 2

Hallar los valores de los elementos de la siguiente red, si la impedancia vista desde los bornes de entrada está dada por la función de punto impulsor que se indica.

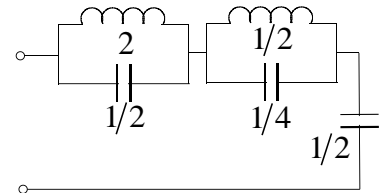
$$Z(s) = \frac{2s(s^2 + 12)}{s^4 + 14s^2 + 16}$$



Ejercicio 3

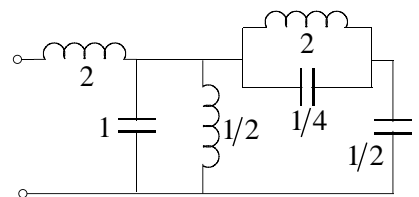
Considere el circuito de la figura.

- a) Obtener dos circuitos distintos que tengan la misma admitancia de entrada $Y(s)$.
- b) Dibujar el circuito equivalente para frecuencias tendiendo a cero.
- c) Dibujar el circuito equivalente para frecuencias tendiendo a infinito.



Ejercicio 4

Determinar si el circuito de la figura siguiente puede sintetizarse con un menor número de elementos. De ser esto posible, sintetizar un nuevo dipolo que verifique la misma impedancia de entrada $Z(s)$.



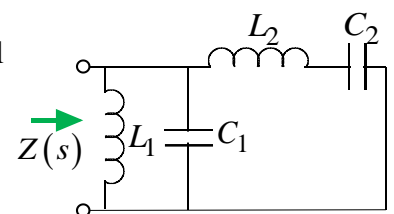
Ejercicio 5

El dipolo de la figura tiene una impedancia de entrada $Z(s)$.

- a)Cuál de las siguientes funciones $Z(s)$ puede corresponder al mismo? Justificar ampliamente la respuesta.

$$Z_a(s) = \frac{2s^3 + 4s}{s^4 + 4s^2 + 3}$$

$$Z_b(s) = \frac{s^4 + 4s^2 + 3}{2s^3 + 4s}$$



- b) A partir de la $Z(s)$ elegida, obtener los valores de los elementos del circuito L_1 , C_1 , L_2 y C_2 .
- c) Indicar y fundamentar, si es posible obtener otro circuito con la misma $Z(s)$, con menos elementos.

Ejercicio 6

El circuito de la figura fue sintetizado a partir de una función admitancia de entrada $Y(s)$.

- a) Indicar cuál de las siguientes funciones $Y(s)$ se empleó para la síntesis. *Justificar ampliamente la respuesta.*

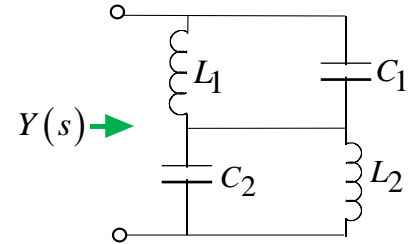
$$Y_a(s) = \frac{s^3 + 2s}{s^4 + 5s^2 + 4} \quad Y_b(s) = \frac{s^4 + 5s^2 + 4}{s^3 + 2s}$$

- b) A partir de la $Y(s)$ elegida, obtener los valores de los elementos del circuito L_1 , C_1 , L_2 y C_2 .

- c) Comparar el comportamiento asintótico del circuito y de la función analítica elegida y para *bajas frecuencias*.

- d) Comparar el comportamiento asintótico del circuito y de la función analítica elegida y para *altas frecuencias*.

- e) Indicar y fundamentar, si es posible obtener otro circuito con la misma $Y(s)$, con menos elementos.



Ejercicio 7

El circuito de la figura fue sintetizado a partir de una función admitancia de entrada $Y(s)$.

- a) Indicar cuál de las siguientes funciones $Y(s)$ se empleó para la síntesis. *Justificar ampliamente la respuesta.*

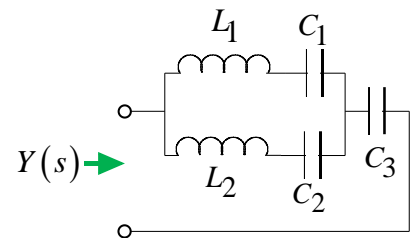
$$Y_a(s) = \frac{3s^3 + 18s}{s^4 + 20s^2 + 64} \quad Y_b(s) = \frac{s^4 + 20s^2 + 64}{3s^3 + 18s}$$

- b) A partir de la función $Y(s)$ elegida, obtener los valores de los elementos del circuito L_1 , C_1 , L_2 , C_2 y C_3 .

- c) Comparar el comportamiento asintótico del circuito y de la función analítica elegida para *bajas frecuencias*.

- d) Comparar el comportamiento asintótico del circuito y de la función analítica elegida para *altas frecuencias*.

- e) Indicar y fundamentar, si es posible obtener otro circuito con la misma $Y(s)$, con menos elementos. En caso afirmativo, sintetizar alguno.





Circuitos y Sistemas Lineales - Curso 2023

TP Nº 4. Síntesis de Cuadripolos



Sugerencia: Dado que el objetivo de los Trabajos Prácticos es utilizar los conceptos teóricos vistos para resolver problemas, se sugiere leer con detenimiento cada propuesta y contestar cada punto sin presuponer temas o asuntos conocidos, de forma que toda afirmación o decisión de opciones sea justificada. Esta sugerencia pretende ayudar a reafirmar conocimientos y a organizar la resolución de los ejercicios.

Ejercicio 1

Sintetizar los cuadripolos LC que cumplan las siguientes especificaciones:

$$\text{a) } y_{11}(s) = \frac{(s^2 + 1)(s^2 + 6)}{2s(s^2 + 4)}$$

$$y_{12}(s) = \frac{-3}{s(s^2 + 4)}$$

$$\text{b) } z_{11}(s) = \frac{s^3 + 16s}{2s^2 + 16}$$

$$z_{12}(s) = \frac{8s}{2s^2 + 16}$$

$$\text{c) } z_{11}(s) = \frac{s(s^2 + \frac{3}{2})(s^2 + 3)}{(s^2 + 1)(s^2 + 2)(s^2 + 4)}$$

$$z_{12}(s) = \frac{s^3}{3(s^2 + 1)(s^2 + 2)}$$

$$\text{d) } y_{21} = \frac{-s^3}{s^2 + 3}$$

$$y_{22} = \frac{s(s^2 + 5)}{s^2 + 3}$$

Ejercicio 2

Sintetizar los cuadripolos LC que cumplan las siguientes especificaciones:

$$\text{a) } z_{21} = \frac{s^2 + 1}{s(s^2 + 2)}$$

$$z_{22} = \frac{2s^2 + 1}{s(s^2 + 2)}$$

$$\text{b) } y_{11}(s) = \frac{(s^2 + 1)(s^2 + 16)}{s(s^2 + 9)}$$

$$y_{12}(s) = \frac{-2(s^2 + 1)}{s(s^2 + 9)}$$

$$\text{c) } y_{11}(s) = \frac{5(s^2 + \frac{9}{5})}{s(s^2 + 9)}$$

$$y_{12}(s) = -\frac{(s^2 + 4)}{s(s^2 + 9)}$$

Ejercicio 3

Sintetizar las siguientes transferencias:

$$\text{a) } T_1(s) = \frac{U_2}{U_1} \bigg|_{I_2=0} = \frac{s^2 + 1}{2s^2 + 1}$$

$$\text{b) } T_2(s) = \frac{I_2}{U_1} \bigg|_{U_2=0} = -\frac{s^2 + 4}{s(s^2 + 9)}$$

$$\text{c) } T_3(s) = \frac{U_2}{U_1} \bigg|_{I_2=0} = \frac{(s^2 + 4)(s^2 + 25)}{(s^2 + 1)(s^2 + 100)}$$

Ejercicio 4

Sintetizar un cuadripolo cargado con una resistencia $R_2=50\ \Omega$ que está excitado por un generador de tensión real U_G con $R_1=50\ \Omega$. Las pérdidas de inserción deberán satisfacer la siguiente expresión:
 $|P_{20}/P_2|=1+0,25\omega^4$.

- a) Indicar y justificar cuántas realizaciones habrá y dibujar las respectivas topologías.
- b) Efectuar la síntesis de una de las realizaciones.

Ejercicio 5

Sintetizar un cuadripolo cargado con una resistencia $R_2=300\ \Omega$ que está excitado por un generador de tensión real U_G con $R_1=50\ \Omega$. Las pérdidas de inserción deberán satisfacer la siguiente expresión:
 $|P_{20}/P_2|=1+0,64\omega^6$.

- a) Indicar y justificar cuántas realizaciones habrá y dibujar las respectivas topologías.
- b) Efectuar la síntesis de una de las realizaciones.

Ejercicio 6.

Sintetizar un cuadripolo cargado con una resistencia $R_2=50\ \Omega$ que está excitado por un generador de tensión real U_G con $R_1=50\ \Omega$. Las pérdidas de inserción deberán satisfacer la siguiente expresión:
 $|P_{20}/P_2|=1+\omega^2+\omega^4$.

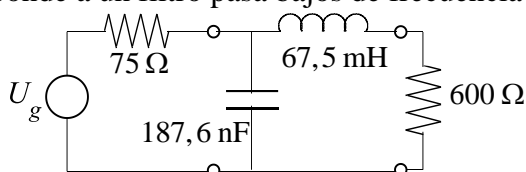
- a) Indicar y justificar cuántas realizaciones habrá y dibujar las respectivas topologías.
- b) Efectuar la síntesis de una de las realizaciones.



Sugerencia: Dado que el objetivo de los Trabajos Prácticos es utilizar los conceptos teóricos vistos para resolver problemas, se sugiere leer con detenimiento cada propuesta y contestar cada punto sin presuponer temas o asuntos conocidos, de forma que toda afirmación o decisión de opciones sea justificada. Esta sugerencia pretende ayudar a reafirmar conocimientos y a organizar la resolución de los ejercicios.

Ejercicio 1

El circuito de la figura corresponde a un filtro pasa bajos de frecuencia de corte $f_c = 2$ kHz.



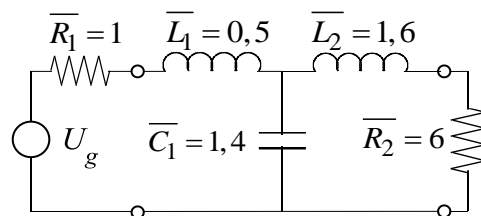
Obtener el circuito normalizado en impedancia respecto de la resistencia de carga y en frecuencia respecto de la frecuencia de corte f_c .

Ejercicio 2

El circuito de la figura corresponde a un filtro pasa bajos normalizado de orden 3.

Desnormalizar el circuito, teniendo en cuenta los siguientes parámetros del filtro:

- Frecuencia de corte y normalización: 300 kHz
- Resistencia de generador R_1 (impedancia de normalización): 50 Ω.



Ejercicio 3

Un filtro pasa banda tiene un ancho de banda de 3 dB de 50 kHz y una frecuencia central de 1 MHz.

- Realizar un gráfico indicativo de la curva Atenuación vs. Frecuencia.
- Obtener las frecuencias f_1 y f_2 que delimitan el ancho de banda de 3 dB.
- Transformar f_1 y f_2 al dominio del filtro pasa bajos equivalente. Razone acerca del resultado relacionándolo con el ancho de la banda de paso.
- Determinar la frecuencia equivalente a $f_A = \pm 5$ MHz en el filtro pasa bajos correspondiente.

Ejercicio 4

Un filtro supresor de banda tiene un ancho de banda de 3 dB de 40 Hz y una frecuencia central de 500 Hz.

- Realizar un gráfico indicativo de la curva Atenuación vs. Frecuencia.
- Obtener las frecuencias f_1 y f_2 que delimitan el ancho de banda de 3 dB.
- Transformar f_1 y f_2 al dominio del filtro pasa bajos equivalente. Razone acerca del resultado relacionándolo con el ancho de la banda de paso.
- Determinar la frecuencia equivalente a $f_A = \pm 5$ MHz en el filtro pasa bajos correspondiente.

Ejercicio 5

Considerar ahora que el circuito de la Figura del Ejercicio 2 es el prototipo pasa bajos normalizado correspondiente a la síntesis de un filtro pasa altos.

La frecuencia de normalización es la frecuencia de corte del pasa altos $f_c = 315,45$ kHz y la impedancia de normalización es la resistencia del generador $R_1 = 75$ Ω:

- Deducir las expresiones de las transformaciones y desnormalizaciones de los componentes, necesarias para obtener el filtro pasa altos desnormalizado. Dibujar la topología del filtro pasa altos
- Obtener los valores de los componentes del filtro pasa altos desnormalizado.

Ejercicio 6

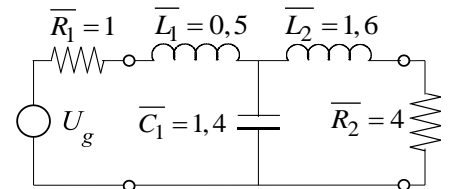
Considerar ahora que el circuito de la Figura del Ejercicio 2 es el prototipo pasa bajos normalizado correspondiente a la síntesis de un filtro supresor de banda con las siguientes características:

- Frecuencia central de 500 Hz
 - Ancho de banda: 40 Hz
 - Resistencia de generador (impedancia de normalización): 50Ω
- a) Deducir las expresiones de las transformaciones y desnormalizaciones de los componentes, necesarias para obtener el filtro supresor de banda desnormalizado. Dibujar la topología del filtro suprime banda.
- b) Obtener los valores de los componentes del filtro supresor de banda desnormalizado.

Ejercicio 7

El circuito de la Figura es el prototipo pasa bajos normalizado correspondiente a la síntesis de un filtro pasa banda con las siguientes características:

- Frecuencia central: 60 MHz
 - Ancho de banda: 1,13 MHz
 - Resistencia de generador (impedancia de normalización): 75Ω
- a) Deducir las expresiones de las transformaciones y desnormalizaciones de los componentes, necesarias para obtener el filtro pasa banda desnormalizado. Dibujar la topología del filtro pasa banda.
- b) Obtener los valores de los componentes del filtro pasa banda desnormalizado.



Ejercicio 8

Obtener la expresión de la función de transferencia $T(s)$ de un filtro Butterworth *pasa banda* con las siguientes características:

- la banda de paso se encuentra centrada en $f_0=40$ kHz
- el ancho de banda de 1,2 dB es 8 kHz
- en la banda de atenuación, para la frecuencia 62 kHz la atenuación no debe ser inferior a 20 dB.

Ejercicio 9

Obtener la expresión de la función de transferencia $T(s)$ de un filtro Chebyshev *pasa banda* con las siguientes características:

- la banda de paso se encuentra centrada en $f_0=30$ kHz
- el ancho de banda de 1,6 dB es 8 kHz
- en la banda de atenuación, para la frecuencia 52 kHz la atenuación no debe ser inferior a 20 dB.