ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA
IEE 2123 Circuitos Eléctricos
Seccion 1
Segundo Semestre 2025

Examen
Fecha: 3 Diciembre 2025
Tiempo: 150 minutos
Puntaje Total: 135 puntos

CÓDIGO DE HONOR UC
(Punto Base)

Como miembro de la comunidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile, me comprometo a respetar los principios y normativas que la rigen. Asimismo, me comprometo a actuar con rectitud y honestidad en las relaciones con los demás integrantes de la comunidad y en la realización de todo trabajo, particularmente en aquellas actividades vinculadas a la docencia, al aprendizaje y la creación, difusión y transferencia del conocimiento. Además, me comprometo a velar por la dignidad e integridad de las personas, evitando incurrir en, y rechazando, toda conducta abusiva de carácter físico, verbal, psicológico y de violencia sexual. Del mismo modo, asumo el compromiso de cuidar los bienes de la Universidad.

Declaro que respeté el Código de Honor de la UC durante el desarrollo de la evaluación presencial del curso IEE2123 del día de hoy, 03 de Diciembre. Durante la interrogación no recibí ningún tipo de información relativa a esta, utilicé solamente los materiales autorizados para rendir la interrogación, trabajé de manera individual y respeté el tiempo asignado para resolver la prueba.

HORA DE INICIO:

HORA DE TÉRMINO:

NOMBRE COMPLETO:

NUMERO DE ALUMNO:

FIRMA:

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Problema 1 [20 puntos]

Indique **Verdadero o Falso** para cada una de las siguientes aseveraciones, justificando su elección con una explicación breve en el espacio asignado. Respuestas sin explicación no serán consideradas.

1. La corriente convencional se define en la misma dirección del flujo de electrones en un conductor [2 pts]

2. En un circuito con N nodos, donde cada nodo tiene un voltaje V_i con respecto a tierra, se cumple que $\sum_{i=1}^{N} V_i = 0$ [2 pts]

3. Un elemento pasivo siempre absorbe potencia instantánea [2 pts]

4. Para medir la corriente de una carga con un amperímetro, debe conectarlo en paralelo a la carga [2 pts]

5. Para que un circuito sea considerado lineal, debe cumplir con las propiedades de homogeneidad y aditividad [2 pts]

6. El Teorema de Superposición puede ser usado para calcular la potencia en un elemento sumando la potencia entregada al elemento de cada fuente independientemente [2 pts]

7. La presencia de inductores en un circuito permite suavizar los cambios abruptos de corriente [2 pts]

8. Un capacitor con carga $Q_0 > 0$ y capacitancia $C \to \infty$ puede ser aproximado por una fuente de voltaje DC ideal [2 pts]

9. La respuesta al escalón de un circuito RLC paralelo se caracteriza por siempre tener una forma puramente exponencial o puramente sinusoidal [2 pts]

10. Un circuito RLC paralelo operando a frecuencia $\omega = 1/\sqrt{LC}$ tendrá una impedancia equivalente puramente resistiva [2 pts]

Solución

1. **F**. La corriente convencional se define en sentido contrario al flujo de electrones (los electrones fluyen del negativo al positivo).

2. **F**. Los voltajes V_i son referencias respecto a tierra; su suma no tiene por qué ser cero salvo en condiciones especiales (KCL/KVL se aplican a diferencias de potencial en mallas/nodos).

3. **F**. Un elemento pasivo puede entregar energía (ej.: un capacitor descargándose); la convención pasiva hace que si absorbe potencia ésta sea positiva, pero no obliga a que siempre absorba.

4. **F**. Un amperímetro debe conectarse *en serie* con la carga para medir corriente, no en paralelo.

5. **V**. Un circuito lineal es aquel que puede ser descrito por un sistema de ecuaciones lineales, lo que requiere (e implica) las condiciones de homogeneidad y aditividad.

6. **F**. El teorema de superposición vale para tensiones y corrientes (linealidad), no para potencia, que es función cuadrática (no se puede sumar potencias de fuentes independientemente).

7. **V**. Al almacenar energía en forma de campo magnético, el inductor naturalmente tratará de mantener constante la corriente que circula a través de el (mas no así el voltaje)

8. **V**. Un capacitor con $C \to \infty$ mantiene su tensión fija, por lo que se puede modelar como fuente de tensión ideal V_0.

9. **F**. La forma de la respuesta dependerá del amortiguamiento ζ del circuito, siendo esta exponencial, sinusoidal, o una combinación de ambas.

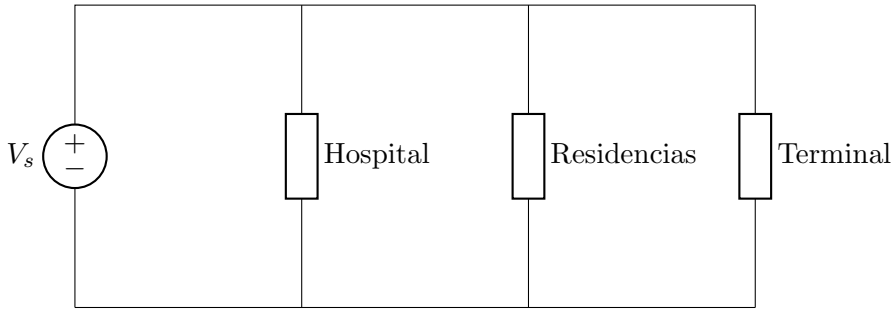
10. **V**. En caso de operar a frecuencia $\omega = 1/\sqrt{LC}$, la admitancia equivalente del circuito tendrá una componente imaginaria de $Im\{Y_{eq}\} = \omega C - 1/(\omega L) = 0$, resultando en un circuito puramente resistivo.

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Problema 2 [25 puntos]

El siguiente circuito representa la red eléctrica monofásica (1 fase) de un pueblo pesquero al sur de Chile. Este se puede representar como 3 cargas conectadas en paralelo a una fuente AC V_s de 0,5 [kV] operando a una frecuencia de 50 [Hz]. La descripción de las cargas es la siguiente:

- Hospital: 60MVAr con un factor de potencia de 0.7 en atraso
- Residencias (Hogares): carga resistiva con un consumo de 15MW
- Terminal pesquero: 50MVA con factor de potencia de 0.8 en atraso



En base a lo anterior, se pide que responda lo siguiente:

(a) Determine la potencia (real, imaginaria y aparente) consumida por el conjunto entero de cargas, e indique el factor de potencia correspondiente [5 pts]

(b) Con el fin de mejorar la eficiencia eléctrica del pueblo, se instala un banco de capacitores en la red. Determine la capacitancia que debe tener el banco para llevar el factor de potencia a 0.95 en atraso [10 pts]

(c) **Luego de instalar los capacitores**, un usuario de la red conecta un motor industrial, el cual consume 60 MW con un factor de potencia de 0.6 en **adelanto** . Bajo estas condiciones, proponga qué elemento podría **agregar** al sistema para lograr un factor de potencia unitario en estas nuevas condiciones. Calcule los parámetros asociados al nuevo componente [10 pts]

Pauta Problema 2

(a) Potencia total consumida y factor de potencia [5 pts]

Nota: Dado que las cargas se definen por su consumo de potencia (cargas de potencia constante), los valores de P, Q y S **no dependen** de la interpretación del voltaje de la fuente (RMS o Peak).

1. **Cálculo de potencias individuales:**
   - **Hospital:** $S_H = 60/\sin(\arccos(0{,}7))\angle \arccos(0{,}7)$.
   $$P_H \approx 58{,}81 \text{ MW}, \quad Q_H = 60 \text{ MVAr}$$
   - **Residencias:** Resistivo puro.
   $$P_R = 15 \text{ MW}, \quad Q_R = 0 \text{ MVAr}$$
   - **Terminal:** $S_T = 50\angle \arccos(0{,}8)$.
   $$P_T = 40 \text{ MW}, \quad Q_T = 30 \text{ MVAr}$$
2. **Potencia Total [2.5 pts]:**
   $$P_{tot} = 58{,}81 + 15 + 40 = \mathbf{113{,}81} \text{ MW}$$
   $$Q_{tot} = 60 + 0 + 30 = \mathbf{90} \text{ MVAr}$$
   $$S_{tot} = \sqrt{113{,}81^2 + 90^2} \approx \mathbf{145{,}10} \text{ MVA}$$
3. **Factor de Potencia [2.5 pt]:**
   $$fp = \cos(\arctan(90/113{,}81)) \approx \mathbf{0{,}784} \text{ (en atraso)}$$

(b) Banco de Capacitores [10 pts]

1. **Cálculo de la nueva reactiva deseada [3 pts]:** Para $fp = 0{,}95$, el ángulo es $\theta_{new} = \arccos(0{,}95) \approx 18{,}19°$.
   $$Q_{new} = P_{tot} \cdot \tan(18{,}19°) = 113{,}81 \cdot 0{,}3287 \approx 37{,}41 \text{ MVAr}$$
2. **Cálculo de la reactiva del capacitor (Q_C) [3 pts]:**
   $$Q_C = Q_{old} - Q_{new} = 90 - 37{,}41 = \mathbf{52{,}59} \text{ MVAr}$$
3. **Cálculo de la Capacitancia (C) [4 pts]:** *Se aceptan dos interpretaciones para el voltaje de la fuente $V_s = 500$ V.* Formula general: $C = \frac{Q_C}{\omega V_{rms}^2}$ con $\omega = 100\pi$.
   - **Caso A: Interpretación V_s como RMS (500 V)**
   $$C = \frac{52{,}59 \times 10^6}{100\pi \cdot (500)^2} \approx \mathbf{0{,}67} \text{ F}$$
   - **Caso B: Interpretación V_s como Peak (500 V)**
   $$V_{rms} = \frac{500}{\sqrt{2}} \approx 353{,}55 \text{ V}$$
   $$C = \frac{52{,}59 \times 10^6}{100\pi \cdot (353{,}55)^2} \approx \mathbf{1{,}34} \text{ F}$$

(c) Nuevo motor y compensación unitaria [10 pts]

1. **Aporte del nuevo motor [3 pts]:** Motor de 60 MW con $fp = 0{,}6$ en **adelanto** (capacitivo).

$$Q_{motor} = -P_{motor} \cdot \tan(\arccos(0{,}6)) = -60 \cdot 1{,}333 = -80 \text{ MVAr}$$

2. **Nuevo estado del sistema [2 pts]:**

$$Q_{sistema} = Q_{banco_instalado} + Q_{motor} = 37{,}41 + (-80) = -42{,}59 \text{ MVAr}$$

   El sistema ahora está sobre-compensado (capacitivo).

3. **Elemento de compensación [2 pts]:** Para volver a $fp = 1$ ($Q = 0$), se debe cancelar la reactiva capacitiva remanente. Se requiere agregar un **Inductor (Reactor)**.

$$Q_L = 42{,}59 \text{ MVAr}$$

4. **Cálculo de la Inductancia (L) [3 pts]:** Formula general: $L = \frac{V_{rms}^2}{\omega Q_L}$.

   - **Caso A: Interpretación V_s como RMS (500 V)**

$$L = \frac{500^2}{100\pi \cdot 42{,}59 \times 10^6} \approx \mathbf{18{,}68}\mu\text{H}$$

   - **Caso B: Interpretación V_s como Peak (500 V)**

$$L = \frac{(353{,}55)^2}{100\pi \cdot 42{,}59 \times 10^6} \approx \mathbf{9{,}34}\mu\text{H}$$

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Pregunta 3 [30 puntos]

Considere un sistema trifásico balanceado, compuesto por un generador alimentando a dos cargas en paralelo a través de una línea de transmisión de impedancia por fase $Z_L = 0{,}01 + j0{,}1\ \Omega$. El voltaje fase-fase observado por las cargas es de $V_{AB} = 13{,}8\angle 0°$ kV, y las cargas tienen las siguientes características:

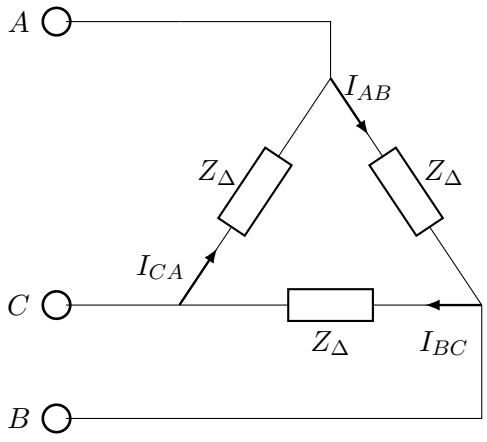
- Carga 1: Consumo total de 30 MW con factor de potencia de 0.8 en atraso, conectada en estrella (Y)
- Carga 2: Tres impedancias $Z_\Delta = 5 + 10j\ \Omega$ conectadas en delta

Basado en lo anterior, se pide lo siguiente:

(a) Determine el factor de potencia de la carga equivalente, compuesta por las Cargas 1 y 2 en conjunto [5 pts]

(b) Determine las corrientes de línea I_a, I_b e I_c (módulo y ángulo) del sistema trifásico [5 pts]

(c) Para la Carga 2, determine las corrientes I_{AB}, I_{BC} e I_{CA} (módulo y ángulo) definidas en la siguiente figura [5 pts]



(d) Determine los voltajes de línea (módulo y ángulo) del generador trifásico [5 pts]

(e) Suponga que se desconecta la Carga 1 del sistema, pero se mantienen los voltajes de linea originales del generador trifásico. Calcule los nuevos voltajes de línea observados por la Carga 2 (módulo y ángulo) [10 pts]

Solución

(a) Se determinan las potencias complejas S_1 y S_2 para las respectivas cargas:

$$S_1 = \frac{P_1}{fp_1}\angle \cos^{-1}(fp_1) = \frac{30}{0{,}8}\angle \cos^{-1}(0{,}8)\ \text{[MVA]} = 37{,}50\angle 36{,}86^\circ\ \text{[MVA]}$$

$$S_2 = 3\frac{|V_{AB}|^2}{Z_\Delta^*} = 3\frac{13800^2}{5-10j}\ \text{[VA]} = 51{,}10\angle 63{,}43^\circ\ \text{[MVA]}$$

La carga equivalente se puede modelar como el consumo $S_1 + S_2$:

$$S_{eq} = S_1 + S_2 = 86{,}28\angle 52{,}22^\circ\ \text{[MVA]}$$

$$fp_{eq} = \cos(\theta_{eq}) = \cos(52{,}22^\circ) = 0{,}61$$

- 2 pts por valor correcto de S_1
- 2 pts por valor correcto de S_2
- 1 pto por valor correcto de fp_{eq}

(b) Se obtiene la expresión de la potencia compleja y se despeja la corriente de línea en la fase a en este caso. Se debe tener precaución con que la referencia (ángulo 0°) está en el voltaje fase-fase V_{AB}:

$$S_{eq} = 3V_{AN}I_a^* = 3\frac{V_{AB}}{\sqrt{3}}\angle -30^\circ I_a^*$$

$$I_a = \frac{S_{eq}^*}{\sqrt{3}V_{AB}^*}\angle -30^* = 3609{,}69\angle -82{,}22^\circ\ \text{[A]}$$

Para I_b e I_c basta aplicar el desfase de 120° respectivo:

$$I_a = \frac{S_{eq}^*}{\sqrt{3}V_{AB}^*}\angle -30^* = 3609{,}69\angle -82{,}22^\circ\ \text{[A]}$$

$$I_b = \frac{S_{eq}^*}{\sqrt{3}V_{BC}^*}\angle -30^* = 3609{,}69\angle -202{,}22^\circ\ \text{[A]}$$

$$I_c = \frac{S_{eq}^*}{\sqrt{3}V_{CA}^*}\angle -30^* = 3609{,}69\angle -322{,}22^\circ\ \text{[A]}$$

- 3 pts por expresar correctamente I_a en función de la potencia equivalente S_{eq}
- 2 pts por valores correctos de I_a, I_b e I_c

(c) Como la carga en delta tiene en sus terminales el voltaje V_{AB}, basta con aplicar ley de Ohm:

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_\Delta} = \frac{13800\angle 0^\circ}{5+10j}\ \text{[A]} = 1234{,}30\angle -63{,}43^\circ\ \text{[A]}$$

$$I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z_\Delta} = \frac{13800\angle -120^\circ}{5+10j}\ \text{[A]} = 1234{,}30\angle -183{,}43^\circ\ \text{[A]}$$

$$I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z_\Delta} = \frac{13800\angle -240^\circ}{5+10j}\ \text{[A]} = 1234{,}30\angle -303{,}43^\circ\ \text{[A]}$$

- 3 pts por expresar correctamente las corrientes de fase
- 2 pts por valores correctos de I_{AB}, I_{BC} e I_{CA}

(d) Se calcula, mediante Ley de Ohm, el voltaje fase-neutro del generador V_{an}, el cual posteriormente se transforma a fase-fase:

$$V_{an} = I_a Z_L + V_{AN} = 3609{,}69\angle -82{,}22° \cdot (0{,}01 + 0{,}1j) + \frac{13800}{\sqrt{3}}\angle -30° \text{ [V]}$$

$$V_{an} = 8277{,}08\angle -28{,}66° \text{ [V]}$$

$$V_{Ab} = 14336{,}33\angle 1{,}34° \text{ [V]}$$

Finalmente:

$$V_{ab} = 14336{,}33\angle 1{,}34° \text{ [V]}$$
$$V_{bc} = 14336{,}33\angle -118{,}66° \text{ [V]}$$
$$V_{ca} = 14336{,}33\angle -238{,}66° \text{ [V]}$$

Nota: Otro método alternativo es determinar la potencia compleja del generador trifásico por conservación de potencia, teniendo en cuenta la potencia en la línea y en la carga equivalente.

- 3 pts por ecuación correcta de Ley de Ohm o método alternativo
- 2 pts por valores correctos de V_{ab}, V_{bc} e V_{ca}

(e) Se calcula el nuevo voltaje fase-neutro en la carga V'_{AN}, para ello se trabaja con el voltaje fase-neutro del generador V_{an} y con la carga delta transformada en estrella. Luego, basta con realizar un divisor de voltaje, en este caso se muestra para la fase A:

$$Z_Y = Z_\Delta/3$$
$$V'_{AN} = V_{an}\frac{Z_Y}{Z_Y + Z_L} = V_{an}\frac{Z_\Delta/3}{Z_\Delta/3 + Z_L}$$

Esta relación es equivalente para los voltajes fase-fase:

$$V'_{AN} = V_{an}\frac{Z_\Delta/3}{Z_\Delta/3 + Z_L}$$

$$V'_{AN} \cdot (\sqrt{3}\angle 30°) = V_{an} \cdot (\sqrt{3}\angle 30°)\frac{Z_\Delta/3}{Z_\Delta/3 + Z_L}$$

$$V'_{AB} = V_{ab}\frac{Z_\Delta/3}{Z_\Delta/3 + Z_L}$$

$$V'_{AB} = 14336{,}33\angle 1{,}34° \cdot \frac{(5 + 10j)/3}{(5 + 10j)/3 + 0{,}01 + 0{,}1j} \text{ [V]}$$

$$V'_{AB} = 13983{,}32\angle 0{,}8° \text{ [V]}$$

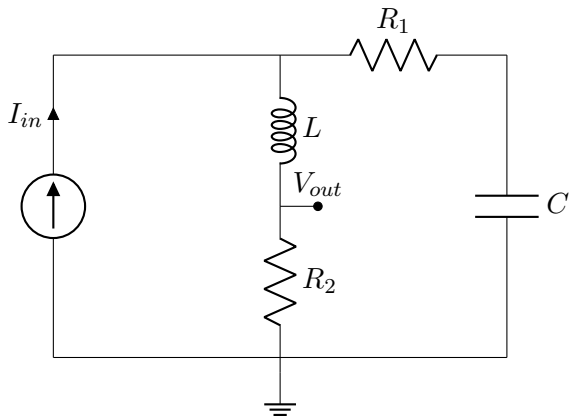
$$V'_{BC} = 13983{,}32\angle -119{,}2^\circ \text{ [V]}$$
$$V'_{CA} = 13983{,}32\angle -239{,}2^\circ \text{ [V]}$$

- 2 pts por transformar correctamente carga delta en estrella
- 6 pts por ecuación corriente de divisor de voltaje fase-neutro/fase-fase
- 2 pts por valores correctos de voltajes de línea

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Problema 4 [30 puntos]

Considere el siguiente circuito, donde la entrada corresponde a la fuente de corriente (I_{in}) y la salida es el voltaje de la resistencia R_2 (V_{out}). Los parámetros del circuito son $R_1 = 1\Omega$, $L = 0{,}1$ mH, $R_2 = 1\Omega$ y $C = 1$ mF.



En base a lo anterior, se pide lo siguiente:

(a) Determine numéricamente la función de transferencia $H(s) = \dfrac{V_{out}}{I_{in}}$ [10 pts]

(b) Determine numéricamente el valor de los polos y ceros [10 pts]

(c) Dibuje a mano (asintóticamente) el diagrama de Bode. Grafique tanto magnitud como fase, e indique las pendientes en decibeles por década en cada trazo y frecuencias relevantes [10 pts]

Solución (25 puntos):

(a) La función de transferencia se puede obtener determinando, mediante divisor de corriente, la corriente i_2 que circula por la resistencia R_2. Posteriormente, por ley de Ohm, se desprende que el voltaje v_{out} equivale a $i_2 \cdot R_2$. De esta manera, la función de transferencia se describe según la ecuación 2.

$$H(s) = \frac{v_{out}}{i_{in}} = \frac{R_1 + 1/sC}{R_1 + R_2 + 1/sC + sL} \tag{1}$$

$$H(s) = \frac{v_{out}}{i_{in}} = \frac{R_1 sC + 1}{(R_1 + R_2)sC + 1 + s^2 LC} \tag{2}$$

Reemplazando numéricamente, se obtiene la función de transferencia de la ecuación 3.

$$H(s) = \frac{v_{out}}{i_{in}} = \frac{0{,}001s + 1}{10^{-7}s^2 + 0{,}002s + 1} \tag{3}$$

- 8 pts por describir la función de transferencia.

- 2 ptos por evaluar en los parámetros del circuito.

(b) El numerador de la función de transferencia cuenta con una única raíz y el polinomio cuenta con dos raíces, por ende, el sistema cuenta con un cero y dos polos. La frecuencia del cero es $\omega_{z_1} = 1000$ rad/s. Las frecuencias de los polos se indican en las ecuaciones 4 y 5.

$$\omega_{p_1} = \frac{0{,}002 - \sqrt{0{,}002^2 - 4 \cdot 10^{-7}}}{2 \cdot 10^{-7}} = 513{,}167 \text{ rad/s} \tag{4}$$

$$\omega_{p_2} = \frac{0{,}002 + \sqrt{0{,}002^2 - 4 \cdot 10^{-7}}}{2 \cdot 10^{-7}} = 19486{,}8 \text{ rad/s} \tag{5}$$

- 1 pto por indicar la cantidad de polos y ceros.
- 6 pts por la ubicación de los polos.
- 2 pts por la ubicación del cero.

(c) La ganancia DC de la función de transferencia es $K = 1$, lo cual expresado en decibeles es $K_{\text{dB}} = 0$. La figura 1 presenta el diagrama de Bode de magnitud considerando que los polos aportan pendientes de -20 dB/dec, mientras que el cero aporta una pendiente de +20 dB/dec.

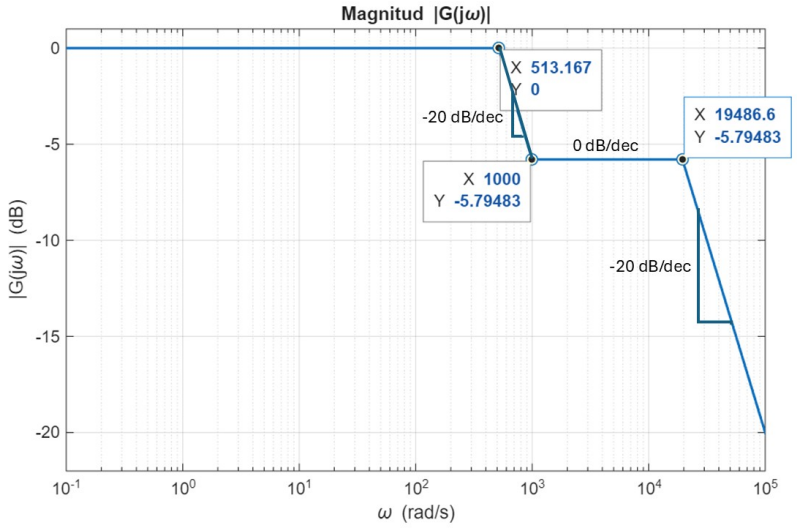


Figura 1: Diagrama de Bode de Magnitud del problema 4.

La figura 2 presenta el diagrama de Bode de fase considerando que los polos generan un decaimiento de lineal de -90° a lo largo de dos décadas centradas en la frecuencia del polo, provocando un desfase de -45° en dicha frecuencia. Mientras que los ceros generan el efecto contrario.

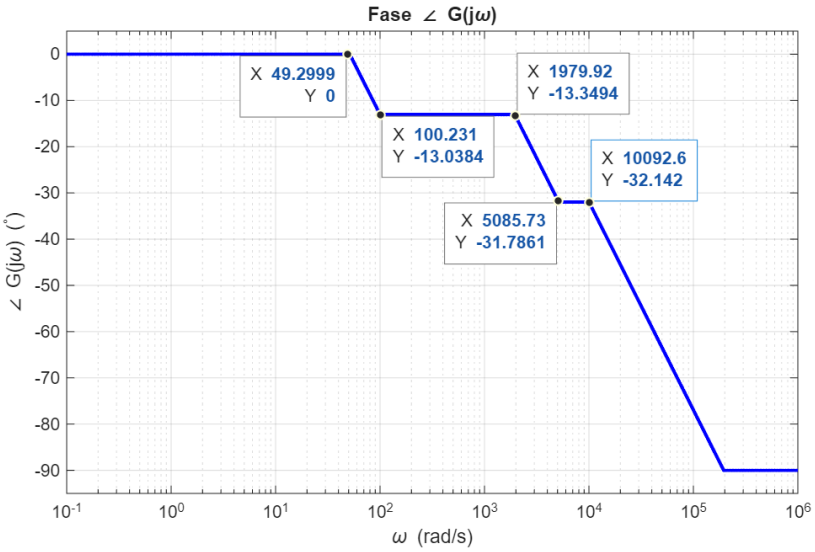


Figura 2: Diagrama de Bode de Fase del problema 4.

La figura 3 presenta la simulación del circuito mediante `LTSpice`, evidenciando que es consistente con la curva asintótica.

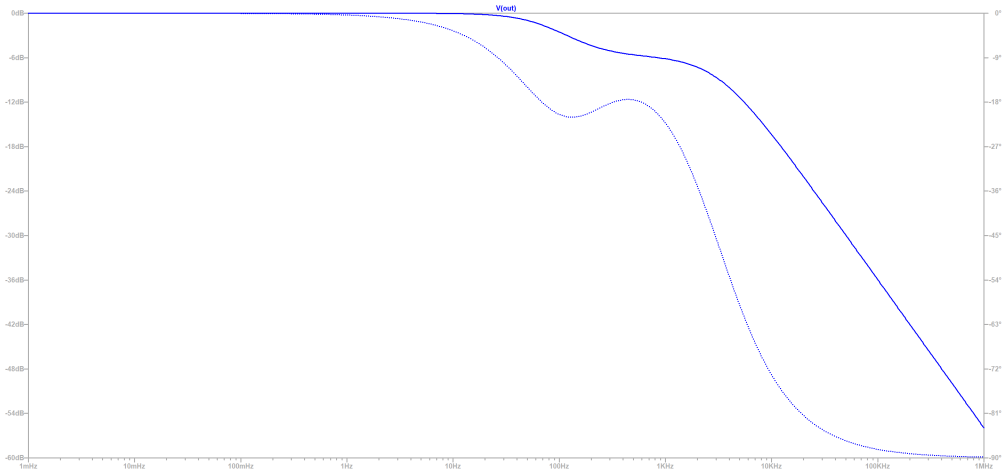


Figura 3: Diagrama de Bode obtenido a través de `LTSpice` del problema 4.

- 5 pts por presentar correctamente el diagrama de Bode de magnitud.
- 5 pts por presentar correctamente el diagrama de Bode de fase.

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Problema 5 - Parte 1 [15 pts]

Considere el siguiente circuito con OpAmps ideales, el cual tiene como entrada una fuente de voltaje V_{in}, y como salida el voltaje V_{out}:

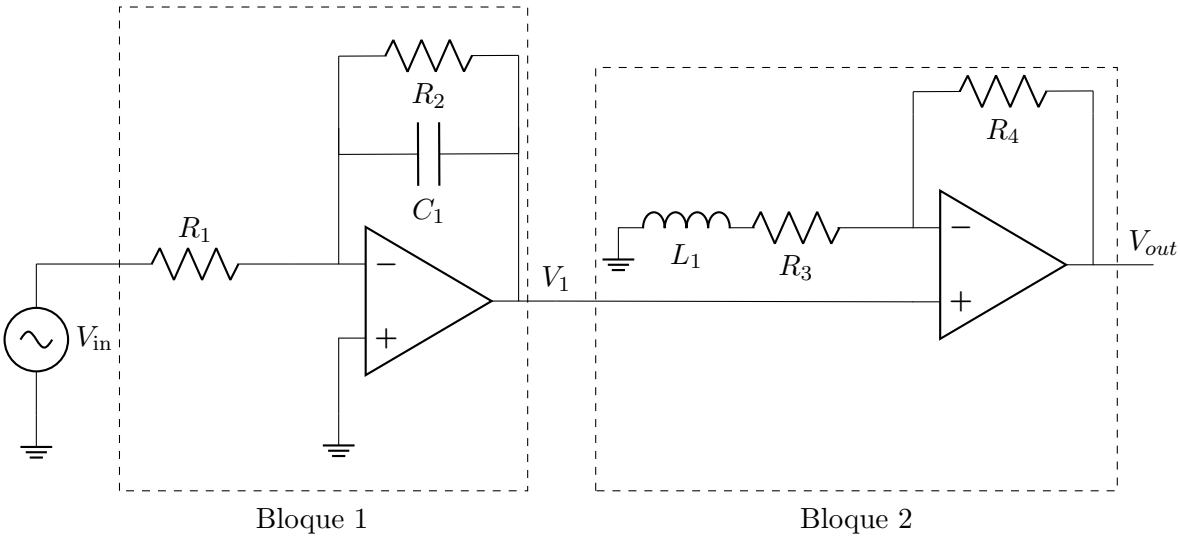


Figura 4: Circuito del Problema 5.1

En base a lo anterior, se pide que:

(a) Determine la función de transferencia del Bloque 1: $H(s) = \dfrac{V_1}{V_{in}}$ [5 pts]

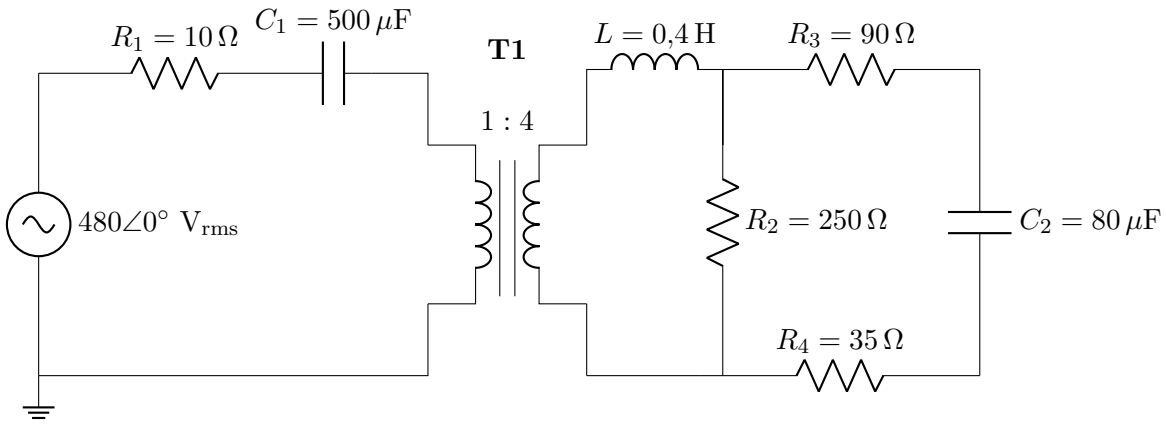
(b) Determine la función de transferencia del Bloque 2: $H(s) = \dfrac{V_{out}}{V_1}$ [5 pts]

(c) Determine la función de transferencia del circuito completo: $H(s) = \dfrac{V_{out}}{V_{in}}$ [5 pts]

Nombre y Número de Alumno UC: _____

Problema 5 - Parte 2 [15 pts]

Determine la potencia compleja entregada por la fuente de voltaje en el circuito siguiente, el cual incluye un transformador T1 con razón de vueltas 1:4. El circuito opera en régimen permanente a $\omega = 100$ rad/s.



Solución 5.1

(a) Función de transferencia del Bloque 1 [5pts]

El primer amplificador operacional opera en configuración inversora, con realimentación dada por $R_2 \parallel \frac{1}{sC_1}$. Por lo tanto,

$$H_1(s) = \frac{V_1}{V_{\text{in}}} = -\left(\frac{R_2 \parallel \frac{1}{sC_1}}{R_1}\right).$$

Como

$$R_2 \parallel \frac{1}{sC_1} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_1},$$

se obtiene

$$H_1(s) = -\frac{R_2/R_1}{1 + sR_2C_1}.$$

(b) Función de transferencia del Bloque 2 [5pts]

El segundo amplificador es no inversor, con red de realimentación formada por R_4 y $R_3 + sL_1$. Su ganancia es

$$H_2(s) = \frac{V_{\text{out}}}{V_1} = 1 + \frac{R_4}{R_3 + sL_1} = \frac{R_3 + R_4 + sL_1}{R_3 + sL_1}.$$

(c) Función de transferencia total del circuito [5pts]

La ganancia total es el producto de las dos etapas:

$$H(s) = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = H_1(s)\,H_2(s) = -\frac{R_2/R_1}{1 + sR_2C_1}\,\frac{R_3 + R_4 + sL_1}{R_3 + sL_1}.$$

Desarrollando la expresión (opcional):

$$H(s) = -\frac{R_2}{R_1}\,\frac{sL_1 + R_3 + R_4}{s^2 R_2 C_1 L_1 + s\,(R_2 C_1 R_3 + L_1) + R_3}.$$

Solución 5.2

Trabajamos en fasores ($s = j\omega$) con $\omega = 100$ rad/s. Datos: $V_s = 480\angle 0°$ $\mathrm{V_{rms}}$, $R_1 = 10\ \Omega$, $C_1 = 500\ \mu\mathrm{F}$, $L = 0{,}4$ H, $R_2 = 250\ \Omega$, $R_3 = 62{,}5\ \Omega$, $C_2 = 80\ \mu\mathrm{F}$, $R_4 = 62{,}5\ \Omega$. Con un transformador ideal T_1 con razón 1:4.

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{100 \cdot 500 \times 10^{-6}} = 20\ \Omega \quad \Rightarrow \quad Z_{C_1} = -j\,20\ \Omega$$

$$X_{C_2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{100 \cdot 80 \times 10^{-6}} = 125\ \Omega \quad \Rightarrow \quad Z_{C_2} = -j\,125\ \Omega$$

$$X_L = \omega L = 40\ \Omega \Rightarrow Z_L = j\,40\ \Omega$$

1) Rama serie a la derecha de los bornes secundarios de T_1 [1pt]

$$Z_{\text{load}} = R_3 + Z_{C_2} + R_4 = 62{,}5 + (-j125) + 62{,}5 = \boxed{125 - j\,125\ \Omega}.$$

2) Nodo intermedio: paralelo con R_2 [1pt]

$$Z_p = R_2 \parallel Z_{\text{load}} = \frac{250\,(125 - j125)}{250 + (125 - j125)} = \boxed{100 - j\,50\ \Omega}.$$

3) Serie con la inductancia L [1pt]

$$Z_{\text{inter}} = Z_L + Z_p = j40 + (100 - j50) = \boxed{100 - j\,10\ \Omega}.$$

4) Reflejo al primario de T_1 (1:4) [3pts] La impedancia vista en el secundario se refleja al primario dividiendo por 4^2:

$$Z_{T1\leftarrow} = \frac{Z_{\text{inter}}}{4^2} = \frac{100 - j10}{16} = \boxed{6{,}25 - j\,0{,}625\ \Omega}.$$

5) Impedancia vista por la fuente [2pts] Al primario de T_1 se suma en serie el bloque de entrada ($R_1 + C_1$):

$$Z_{\text{in}} = (R_1 + Z_{C_1}) + Z_{T1\leftarrow} = (10 - j20) + (6{,}25 - j0{,}625) = \boxed{16{,}25 - j\,20{,}625\ \Omega}.$$

6) Corriente de la fuente y potencia compleja [7pts]

$$I_s = \frac{V_s}{Z_{\text{in}}} = \frac{480\angle 0°}{16{,}25 - j\,20{,}625} = \boxed{11{,}31 + j\,14{,}36\ \text{A}} = \boxed{18{,}28\angle 51{,}76°\ \text{A}}.$$

La potencia compleja entregada por la fuente es:

$$S_{\text{fuente}} = V_s\, I_s^* = 480\,(11{,}31 - j\,14{,}36) = \boxed{5{,}43\ \text{kW}\ -\ j\,6{,}89\ \text{kVAr}}.$$

Equivalente en forma polar:

$$S_{\text{fuente}} = 480\angle 0^\circ \cdot 18{,}28\angle(-51{,}76^\circ) = \boxed{8{,}78\angle(-51{,}76^\circ)\ \text{kVA}}.$$