



DEPARTAMENTO DE
**INGENIERÍA
ELÉCTRICA**
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Ingeniería de Ejecución en
Electricidad
Mención Sistemas de Energía
Modalidad Vespertina

Primera Guía de Ejercicios

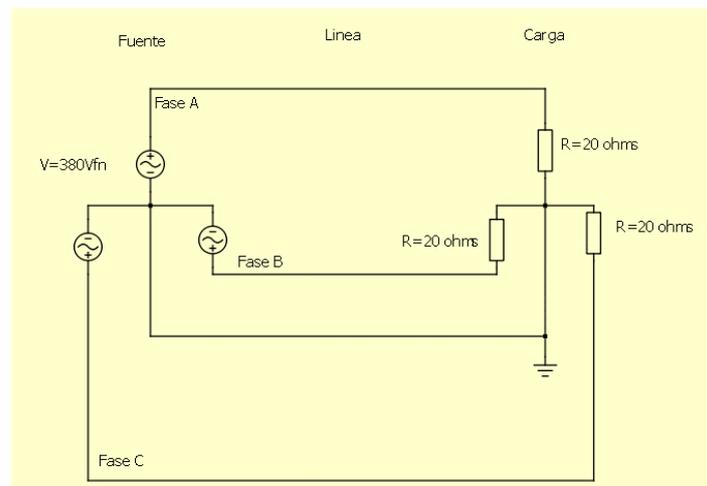
Control Automático en Sistemas Eléctricos

Preparó:

Dr. Matías Díaz
Profesor Cátedra

Matías Malhue
Ayudante

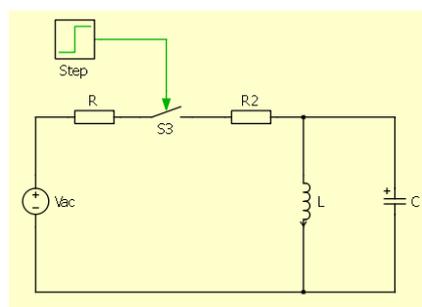
1. Utilizando el software PLECS simule el siguiente circuito:



Considere una ventana de tiempo de simulación de 1 segundo y responda:

- 1.1. Magnitud de la corriente RMS y Peak que pasa por las fases *abc*
 - 1.1.1. Calcule la potencia activa y reactiva en la carga.
- 1.2. Analice la corriente por el neutro en los siguientes casos:
 - 1.2.1. La resistencia se duplica solamente en la fase B.
 - 1.2.2. Se desconecta la fase C.
- 1.3. Conecte una inductancia en serie con cada resistor y resuelva:
 - 1.3.1. La inductancia conectada es de 5mH. Calcule el ángulo de desfase entre la tensión y la corriente. Además, calcule potencia activa, potencia reactiva y el factor de potencia
 - 1.3.2. Aumente la inductancia a 25mH. Calcule el ángulo de desfase entre la tensión y la corriente. Además, calcule potencia activa, potencia reactiva y el factor de potencia.
 - 1.3.3. Analice los efectos que tiene la inductancia sobre la potencia reactiva.
- 1.4. En paralelo a las resistencias conecte un condensador de 50uF. Calcule el factor de potencia en este caso. Qué efectos tiene el condensador en el factor de potencia.

2. Utilizando el software PLECS simule el siguiente circuito:



Considere una ventana de tiempo de simulación de 200ms. Los valores del circuito son:

$V_{ac} = 220\sin(\omega t)$ V, $\omega = 2\pi * 60$ rad/seg, $L = 2.5$ mH, $C = 75\mu\text{F}$, $R = 2 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$,

Responda:

- 2.1. Magnitud de la corriente RMS y Peak que pasa por el inductor.
 - 2.2. Escriba la ecuación de la corriente en el inductor en el tiempo y luego aplique transformada de Laplace.
 - 2.3. Escriba la ecuación de la tensión en el condensador y luego aplique transformada de Laplace.
3. Encuentre la función de transferencia de la siguiente ecuación diferencial:

$$5 \frac{d^4}{dt^4} y(t) - \frac{d^2}{dt^2} y(t) + 2y(t) = 5u(t)$$

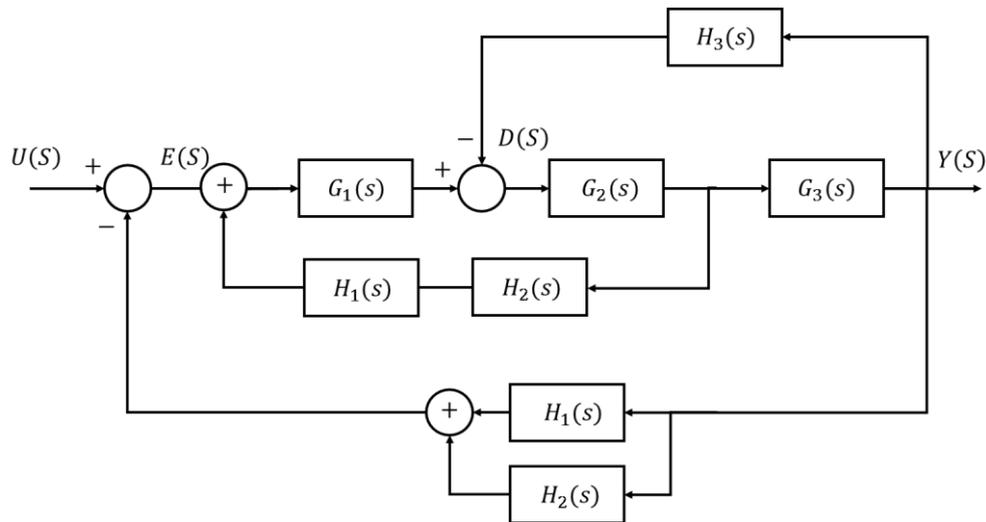
Considere que $y(t)$ es la salida del sistema y $u(t) = 30\cos(\omega t)$ es la entrada. Identifique los polos, ceros y orden del sistema.

4. Responda las siguientes preguntas teóricas
- 4.1. Defina y explique la importancia de las siguientes siglas:
 - 4.1.1. SISO
 - 4.1.2. MIMO
 - 4.1.3. LTI
 - 4.2. En una función de transferencia, ¿qué son los polos y ceros?
 - 4.3. Para determinar estabilidad, ¿cuál debe ser la ubicación de los polos de la función de transferencia?
 - 4.4. Afirme o refute: En una función de transferencia, por qué el orden del denominador debe ser superior al orden del numerador.
 - 4.5. Explique por qué se dice que un sistema es estable si sus polos se ubican en el semi plano izquierdo del plano complejo.
 - 4.6. Cuáles son los principales componentes de un sistema de control a lazo abierto y a lazo cerrado
5. Encuentre la transformada de Laplace inversa de

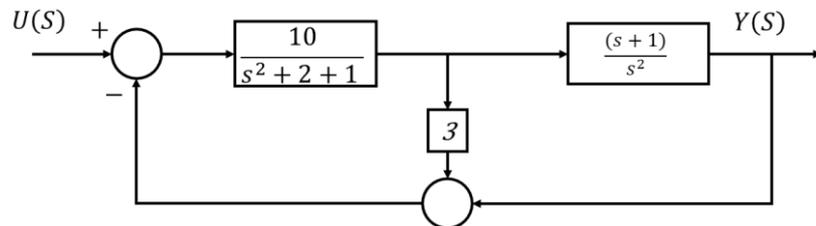
$$F_1(s) = \frac{1}{s^2 + 9}$$
$$F_2(s) = \frac{s}{s^2 + 9}$$
$$F_3(s) = \frac{1}{s^2 - 4s + 10}$$
$$F_4(s) = \frac{2s - 2}{s^2(s + 1)^3}$$

6. Reduzca los siguientes diagramas de bloque:

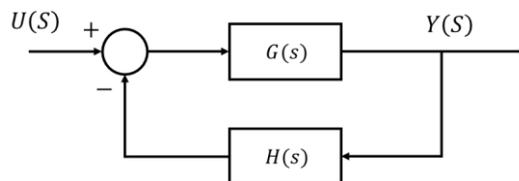
6.1. En este caso, encuentre las expresiones analíticas que definen E(s) y D(s)



7. Considere el siguiente diagrama de bloques:



Se sabe que el sistema de la figura puede ser representado por un diagrama de bloques realimentado de la forma:



7.1. Encuentre las funciones equivalentes G(s) y H(s).

7.2. Encuentre la función de transferencia de todo el sistema.

8. Se sabe que la siguiente ecuación define a un sistema de segundo orden:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = k \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Donde k es la ganancia de la función de transferencia, ω_n es la frecuencia natural y ξ es el coeficiente de amortiguamiento.

Para las siguientes ecuaciones de segundo orden, identifique y grafique los polos del sistema en el plano complejo (en la medida que sea posible):

- $\frac{12}{s^2+7s+35}$
- $\frac{49}{s^2+1.4s+49}$
- $\frac{28}{s^2+6s+9}$
- $\frac{7}{s^2-4}$

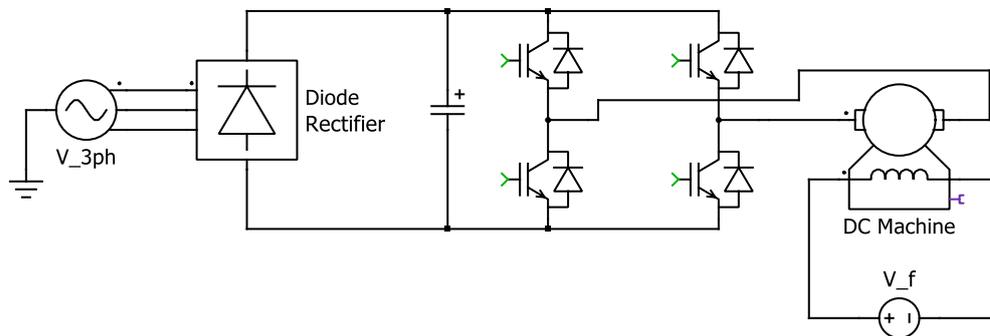
9. Utilice PLECS para simular la siguiente función de transferencia:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = k \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Grafique la salida del sistema ante un escalón unitario ($u(t) = 1 \forall t > 0.1$) en los siguientes casos:

- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.10$
- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.30$
- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.50$
- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.70$
- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.90$
- $k = 1, \omega_n = 100 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.7$
- $k = 1, \omega_n = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.7$
- $k = 1, \omega_n = 0.5 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.7$
- $k = 1, \omega_n = 250 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.80$
- $k = 1, \omega_n = 100 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}, \xi = 0.60$
- Simule en paralelo las 10 funciones de transferencias anteriores y grafique en un mismo grafico (es conveniente que usen un bloque “Mux” de 10 entradas y 1 salida) las respuestas al escalón.
- Concluya cuáles son los efectos de cada uno de los factores en la respuesta al escalón de un sistema de segundo orden.

10. Se tiene una máquina de inducción de excitación separada accionada por un puente H que se alimenta de una fuente DC de 600V.



Las ecuaciones que definen la dinámica de esta máquina son:

$$V_a = R_a I_a + L_a \frac{d}{dt} I_a + E_a \quad (12.a)$$

$$V_f = R_f I_f + L_f \frac{d}{dt} I_f \quad (12.b)$$

$$E_a = k_t \omega_r \quad (12.c)$$

$$J \frac{d}{dt} \omega_r + B \omega_r = T_e - T_m \quad (12.d)$$

$$T_e = k_t I_a \quad (12.e)$$

Donde k_t es el flujo entrelazado y es una función de la corriente de campo i_f , pero que puede ser considerada una constante para su análisis. ω_r es la velocidad rotacional de la máquina, T_e es el torque eléctrico, T_m es el torque mecánico. J y B son el coeficiente de inercia y de roce viscoso de la máquina, que para su análisis también son considerados constantes. R_a y L_a son la resistencia e inductancia de la armadura. R_f y L_f son la resistencia e inductancia del campo.

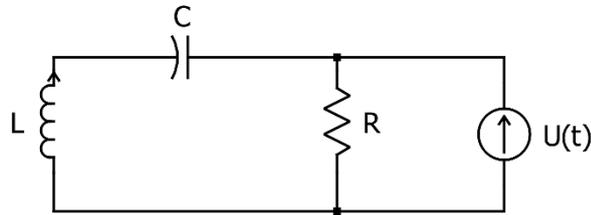
Considere para su análisis que se utiliza un controlador con una función de transferencia de la siguiente forma:

$$G_{controlador}(s) = \frac{kps+a}{s}$$

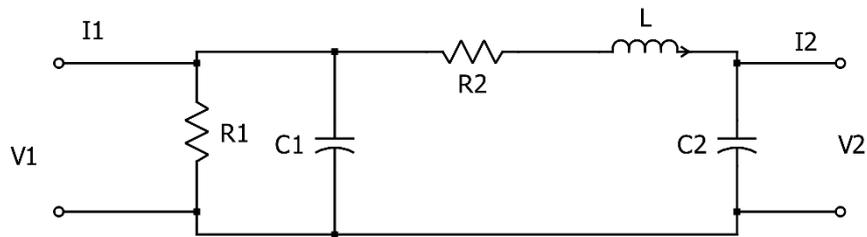
Se pide:

- 10.1. Encontrar la estructura de control a lazo cerrado para regular la corriente de armadura (I_a). Considere el back EMF (E_a) como un valor muy muy pequeño
 - 10.2. Identificar los polos del sistema (a lazo cerrado) de la función de transferencia equivalente del punto anterior.
 - 10.3. Utilizando las ecuaciones (11.d) y (11.e), plante la función de transferencia que relaciona la velocidad rotacional (ω_r) y la corriente de armadura (I_a).
 - 10.4. ¿Se pueden mezclar las estructuras de control de la corriente de armadura y velocidad rotacional?. Comente.
11. Para el circuito de la figura, determine:

- 11.1. La corriente en el condensador en el dominio de Laplace y tiempo.
- 11.2. El voltaje en el condensador en el dominio de Laplace y tiempo.
- 11.3. Función de transferencia que relaciona el voltaje y corriente en el condensador.



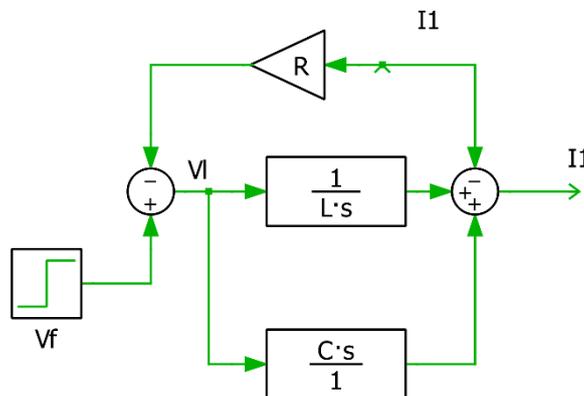
12. Para el cuadripolo de la figura, determine:



- 12.1. Representación en dominio de Laplace.
- 12.2. Encontrar las siguientes funciones de de transferencia:
 $V1/I1$; $V2/I1$; $I2/V1$; $I2/I1$

13. Para el diagrama en bloques de la figura, determine:

- 13.1. El circuito al que representa (Dibuje) .
- 13.2. Entrada, salida, actuador y sensor del sistema.
- 13.3. La función de transferencia a lazo abierto y cerrado. Caracterice las plantas encontradas.
- 13.4. Debido a problemas en el sistema de control, el condensador se sobrecarga y quedo en cortocircuito. Para dicho caso, reformule el sistema de control. ¿Que ocurre en la bobina del sistema? Explique.



14. Para la siguiente tabla, determine de acuerdo a la información proporcionada, los campos vacíos. Si es necesario defina entradas y salidas a conveniencia.

Circuito Eléctrico	Ecuación en el tiempo	Ecuación en Laplace	Función de Transferencia
			$\frac{1}{LCRs^2 + Ls + R}$
	$i_{total} = i_C + i_L + i_R$		
			$\frac{R}{CRs + 1}$
