Control I y DSF – Propiedades y Respuesta de Modelos Externos LyE. Problemas y Ejemplos de Aplicación

Código: P_Prop&RT.07

A-702 Control I — E-504 Dinámica de los Sistemas Físicos

Los problemas seleccionados corresponden a los siguientes temas:

RELACIONES ENTRE MODELOS INTERNOS Y EXTERNOS, ESTABILIDAD INTERNA Y EXTERNA DE SISTEMAS LINEALES Y ESTACIONARIOS.

RESPUESTA TEMPORAL DE SISTEMAS LINEALES ESTACIONARIOS

Propiedades cualitativas y estructurales de los modelos

BIBO-Estabilidad, modos y respuesta al impulso de los sistemas lineales (Revisión)
Orden. Grado relativo.
Determinación de las propiedades sobre los diferentes tipos de modelo.
Análisis práctico de la respuesta temporal de sistemas lineales comunes: Características iniciales y asintóticas. Incidencia del grado relativo, fase, y estabilidad. Transitorios: Incidencia de los modos.
Clasificación y normalización de los sistemas según normas DIN.
Determinación de las funciones transferencia por inspección de los modelos.

Elementos de Identificación de Sistemas

Método de la respuesta al escalón.

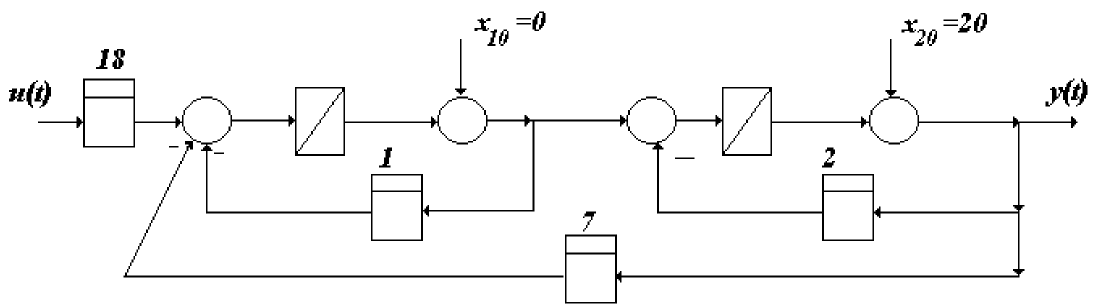
- - - - - - - - - -
- - - - - - - - - -

PROBLEMAS

EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE SE AGRUPARON SEGÚN LOS TEMAS CONSIGNADOS ARRIBA.

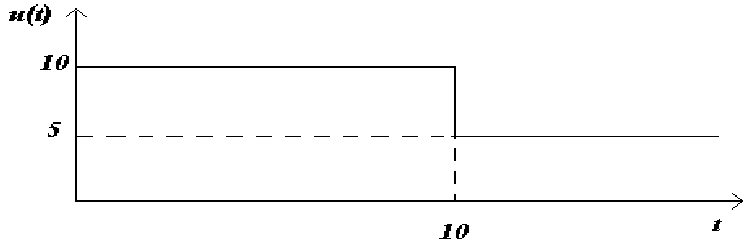
PROBLEMAS BÁSICOS Y TÍPICOS DE RESPUESTA TEMPORAL.

Problema 1. Dado el siguiente sistema:



1) Calcule la pulsación, período de las oscilaciones y tiempo de respuesta (al escalón) al 5%.

2) Grafique la evolución temporal de la señal ***y(t) t*** > 0 con la siguiente entrada ***u(t)***



3) Especifique todos los valores de interés de la variable ***y(t)***:

$$y(0^+);\ \ \dot{y}(0^+);\ \ y(t=10);\ \ \dot{y}(t=10);\ \ y(\infty)$$

4) Calcule el mínimo valor que asume ***y*** para todo ***t*** > 0

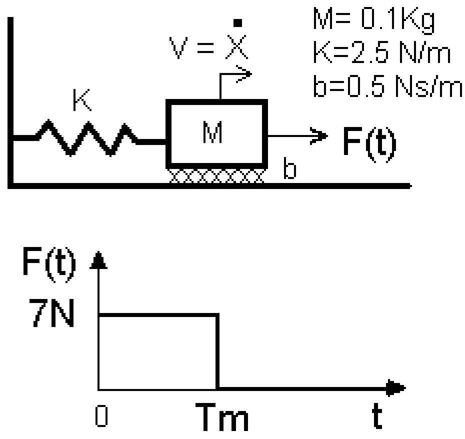
5) Calcule el tiempo de respuesta al 5% del sistema para la entrada ***u(t)***.

Problema 2.

Al sistema de la figura se le aplica la fuerza F(t), donde Tm es el instante en el que el cuerpo alcanza su máxima posición.

a) Grafique cualitativamente la respuesta temporal X vs. t para $t \geq 0$, calculando $X(0^+)$, $V(0^+)$, X(Tm), V(Tm) y $X(t\to\infty)$. Calcule además el mínimo valor que alcanza X en toda su evolución.

b) Determine el tiempo de respuesta al 5% definido aquí como el tiempo (contando a partir de Tm) que demora el sistema tal que su posición X(t) entra definitivamente en la banda de ± 5% alrededor de su valor final.



c) Suponga que encuentra al sistema libre (F(t)=0) evolucionando. Exprese matemáticamente la fuerza F(t) que sería necesaria aplicar al sistema para detener instantáneamente dicha evolución para cualquier instante de tiempo y posición (t_1 y X_1) manteniéndose además el estado de reposo para dicho punto.

d) Particularice la expresión general de esa fuerza para C/U de los tres casos siguientes:
   i) $X(t_1)=X_1=0$
   ii) X_1 un pico de evolución temporal de X.
   iii) X_1 un valle de evolución temporal de X.

Problema 2. Sea el DB de la figura:

Con $u_1 = 3\mu(t)$ y $u_2 = \mu(t-t_p)$;

y t_p Tiempo del primer pico de y(t).

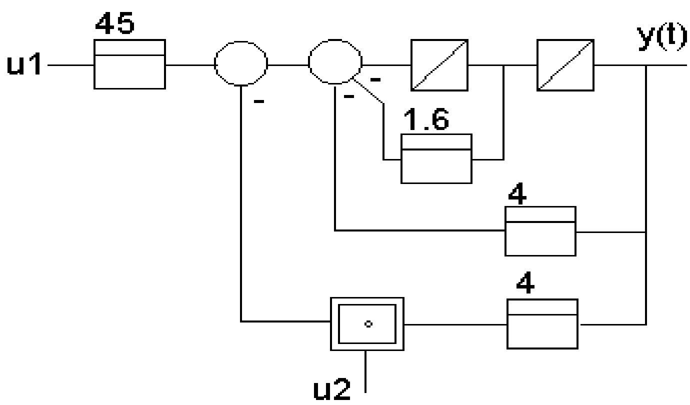
1) Halle la respuesta temporal en forma cualitativa $\forall\ t \geq 0$.

2) Calcule: $y(0), y(0^+), \dot{y}(0^+), t_p$

$$y(t_p), y(t_p^{\ +}), \dot{y}(t_p), \dot{y}(t_p^{\ +}), y_{\max}$$

$$y(\infty), t_r(5\%)$$

y la(s) pulsación(es) presente(s) si la(s) hubiera.



t_r : Tiempo de respuesta total al 5%.

❖ *RELACIONES ENTRE MODELOS INTERNOS Y EXTERNOS, ESTABILIDAD INTERNA Y EXTERNA DE SISTEMAS LINEALES Y ESTACIONARIOS.*

PROBLEMA 1.

<table>
<tr>
<td>$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 4 \\ 0 & -4 & -2 \end{bmatrix} \cdot x + B \cdot u$$
$$y(t) = C \cdot x + u$$</td>
<td>El modelo EE/ES representa un sistema SISO o monovariable.
1. Indique la dimensión de las matrices B y C.
2. Analice la estabilidad interna del sistema.
3. ¿Que puede decirse acerca de los polos de la función transferencia?
4. Obtenga (si es posible) el grado relativo de la FT y el valor de $h(0^+)$.</td>
</tr>
</table>

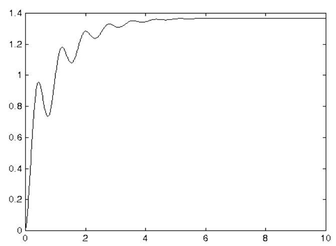
5. La respuesta al escalón de la salida de este sistema será distinta dependiendo de los valores que tengan las matrices *B* y *C*. Grafique 3 posibles respuestas al escalón cualitativamente distintas.

PROBLEMA 2.

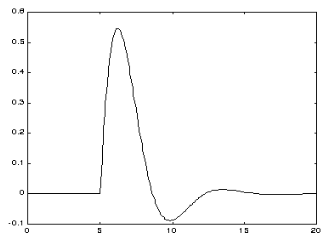
$$\dot{x}(t) = A\,x(t) + b\,u(t)$$
$$y(t) = c^T x(t) + d\,u(t)$$

1. Las tres respuestas al escalón unitario (aplicado en *t = 0*) dadas abajo corresponden a tres distintos sistemas lineales y estacionarios. Indique cuales de ellas pueden corresponder al ***modelo EE/ES* monovariable** (forma genérica aquí a la derecha) **de orden *n* = 3**. ***Fundamente***.
2. Para los casos en que corresponda el modelo EE/ES:
   a. Indique si el numerador de la FT tiene o no parte P. ¿Cuánto vale?
   b. ¿Cuánto vale, en cada caso, el coeficiente *d* de la ES?
   c. Indique *i*) el orden de la FT y *ii*) su grado relativo.
   d. Analice exhaustivamente la estabilidad de la FT y la del modelo interno.
   e. Ubique cualitativamente los {**autovalores de A**} y los {**polos de la FT**} en un mismo plano complejo para cada caso.

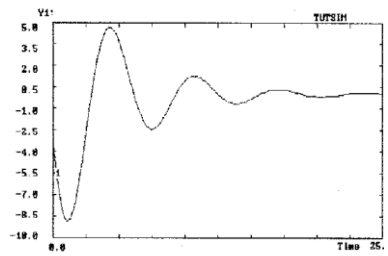
Será apreciado todo otro comentario cuali-cuantitativo (sin cálculos complicados) adicional al mínimo pedido anterior.



$\dot{h}(0) = 0$ (1)



(2)



$\dot{h}(0) \neq 0$ (3)

PROBLEMA 3.

Un sistema Lineal y Estacionario con la representación EE aquí al lado tiene dos salidas y una entrada. Ante un escalón unitario como entrada, las salidas y_1 e y_2 siguen las trayectorias mostradas en la Fig.1.	$\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u$ $y = C \cdot x + D \cdot u$

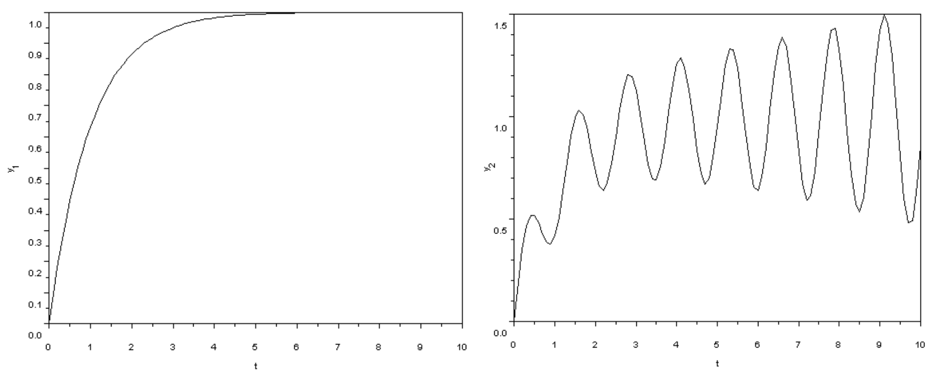


Fig. 1

1. Determinar cual es el mínimo orden que puede tener el sistema.
2. Suponiendo que el sistema tiene el orden indicado en el punto anterior, indicar la dimensión de las matrices/vectores/escalares: *A*, *B*, *C*, *D*, *x*, *u*, e *y*.
3. Analizar la estabilidad (externa) de las funciones de transferencia: $G_1(s)=\frac{Y_1(s)}{U(s)}$ y $G_2(s)=\frac{Y_2(s)}{U(s)}$.
4. Analizar la estabilidad interna del sistema.
5. Suponiendo nuevamente que el sistema tiene el orden indicado en el punto 1, obtener (cualitativamente) la posición de: a) los polos de $G_1(s)$, b) los polos de $G_2(s)$, c) los autovalores de la matriz *A*.
6. Explique la relación y las eventuales diferencias entre los polos de las FTs y los autovalores de *A*.
7. Indicar el grado relativo de las funciones de transferencia $G_1(s)$ y $G_2(s)$.
8. Determinar el valor de *D*.

- ***BIBO-ESTABILIDAD, MODOS Y RESPUESTA AL IMPULSO DE LOS SISTEMAS LINEALES (REVISIÓN).***
- ***ORDEN. GRADO RELATIVO.***
  DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES SOBRE LOS DIFERENTES TIPOS DE MODELO.

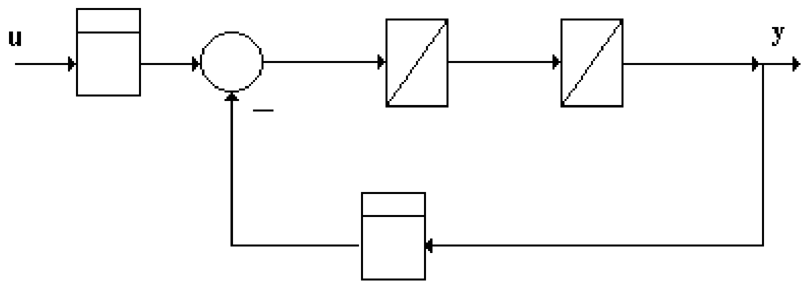
PROBLEMA 1. Análisis de estabilidad E/S de sistemas LTI sobre distintos tipos de formalismos descriptivos (FT, DB, EE/ES, RT escalón e impulso, etc.). Ver ProEstExt - Problemas Estabilidad Externa (página web DSF)

PROBLEMA 2. ***EJERCICIOS*** **SIMPLES DE ESTABILIZACIÓN. Trate de resolverlos por inspección del DB.**
Analice y fundamente la ***estabilizabilidad*** interna de cada DB mediante retroalimentación estática:

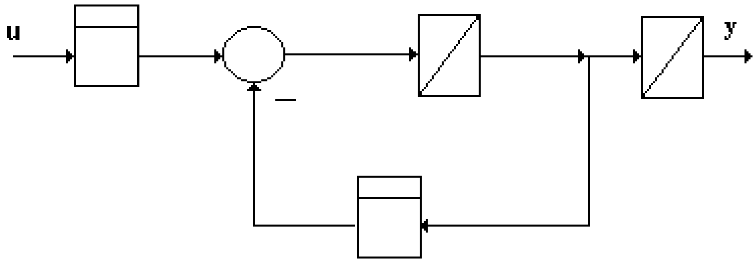
i) de estados: $\boxed{u=-\sum_i k_i x_i}$ *ii*) de salida: $\boxed{u=-k\ \ y}$

De las retroalimentaciones estabilizantes anteriores indique en cada caso (cada DB) una que requiera **un número mínimo de mediciones.** Ayuda: Realice el análisis por inspección y representando gráficamente las retroalimentaciones *i)* y *ii)*, si fuera necesario.

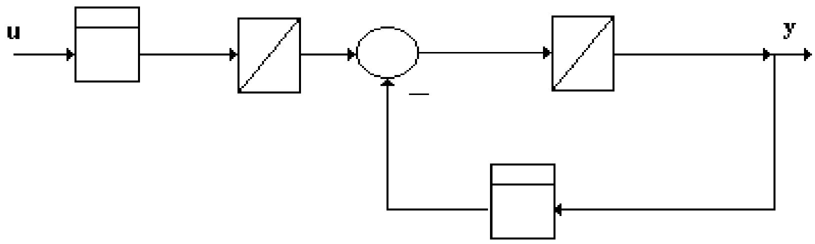
a)



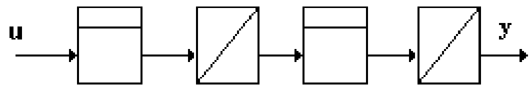
b)



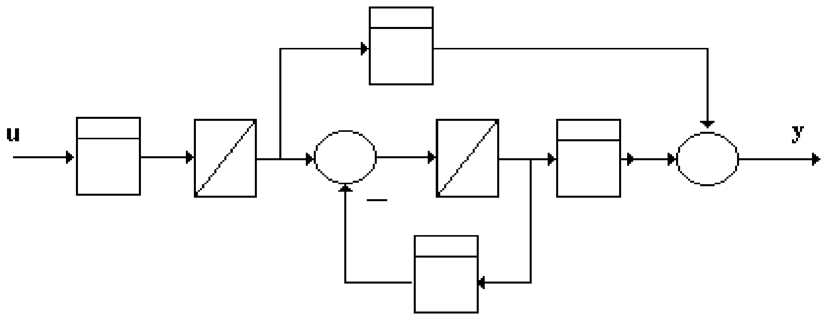
c)



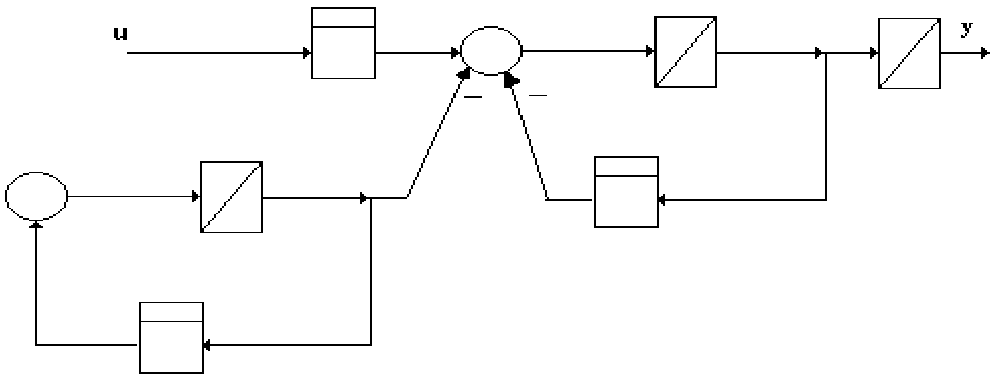
d)



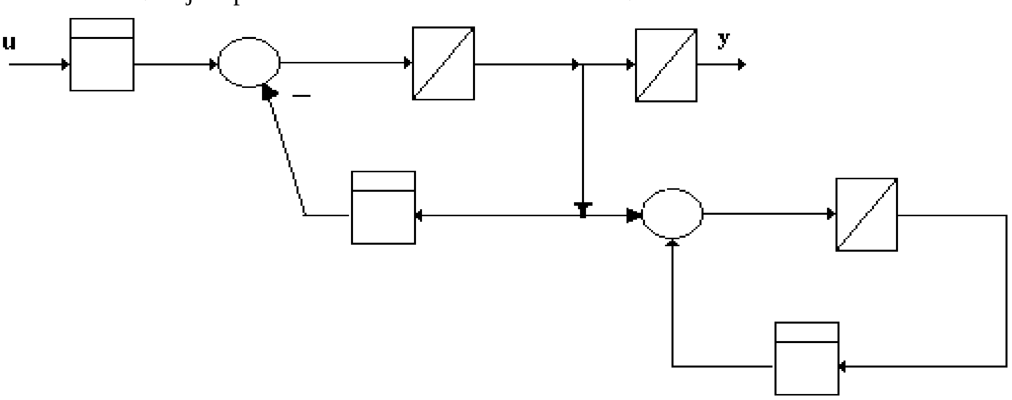
e)



f) Sistema de 3er orden, más difícil que los anteriores. Déjelo para el final si encuentra dificultades.



g) Sistema de 3er orden. Déjelo para el final si encuentra dificultades.



h) Para los casos f) y g) indique el orden de la correspondiente FT.

PROBLEMA 3.

$\begin{cases} \dot{\theta} = \omega \\ \dot{\omega} = \frac{g}{l} sen(\theta) - \frac{b_R}{m\,l^2}\,\omega - \frac{1}{m\,l^2}\,\tau_C \end{cases}$	El modelo no lineal de la izquierda representa al péndulo invertido esquematizado en la *Fig. a*. La variable τ_C representa una cupla de control que actúa en el pivote.
$\begin{cases} \dot{\theta} = \omega \\ \dot{\omega} = \frac{g}{l}\theta - \frac{b_R}{m\,l^2}\,\omega - \frac{1}{m\,l^2}\,\tau_C \end{cases}$	A la izquierda se da el **MILin** del modelo anterior respecto al origen (para simplificar se usó la misma notación para las variables):

<u>Sobre el MILin</u> (para mayor ilustración, la *Fig. b* muestra su DB y el del sistema controlado):

a. Analizar la estabilidad de la FT en lazo abierto. Este simple DB permite “ver” el polinomio característico de la FT por inspección del mismo.

b. Diseñar un control $\tau_C = v + k_1\,\theta + k_2\omega$ estabilizante (*v(.)* es la nueva entrada). Hágalo también por inspección, en este caso del DB en lazo cerrado.

c. Indicar el conjunto de los valores k_1 y k_2 para que la FT en LC ($\theta(s)/V(s)$) sea asintóticamente estable. Grafique el conjunto en el plano $(k_1\ ,\ k_2)$.

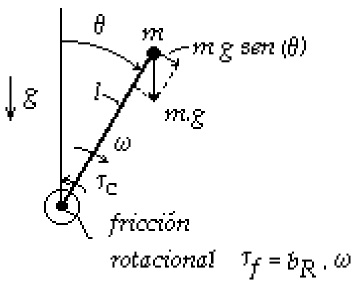


Fig. 6a. Sistema físico idealizado.

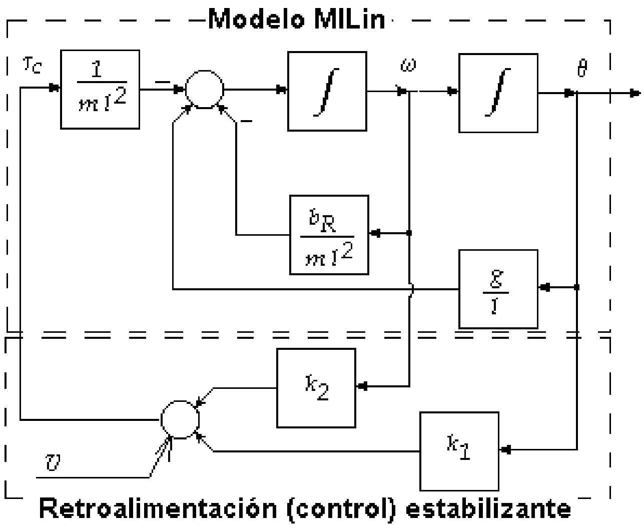
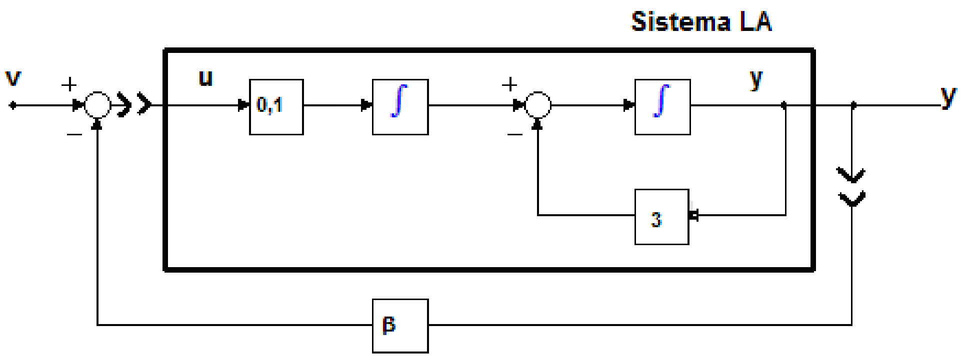


Fig. 6b. DB del MILin y control lineal.

PROBLEMA 4: DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS SEGUNDO ORDEN.

Un ingeniero recibe el pedido de un cliente de controlar un sistema inestable. El ingeniero –bueno en modelado– obtiene el modelo DB (encuadrado en la figura como Sistema LA) y decide resolver el problema con una retroalimentación estática de salida de ganancia β, quedando el lazo cerrado como el DB completo que se observa en la figura.



Luego de hacer esto, el ingeniero deriva el problema a un pasante, alumno de Control I / DSF, para que lo termine (calcule β) de acuerdo a las especificaciones del cliente, que él reinterpreto técnicamente como:

E1 – Sistema en lazo cerrado estable.

E2 – Ganancia estática en lazo cerrado entre 0,01 y 0,02
E3 – Tiempo de respuesta al 5% en lazo cerrado: $t_r(5\%)_{LC} < 1$.
E4 – Sobrevalor en lazo cerrado entre 5% y 20%.

1. Determine y fundamente rigurosamente si con la solución propuesta por el ingeniero se pueden satisfacer o no todas las especificaciones.

2. En caso afirmativo, calcule el conjunto de todos los valores de β que lo permiten.

3. En caso negativo, calcule el conjunto de todos los valores de β que permiten satisfacer la mayor cantidad de especificaciones.

4. (Opcional)

   a. Indique el mnemónico de la FT del sistema en lazo abierto y escríbala normalizadamente (tabla DBN), indicando todos sus parámetros teóricos y sus respectivos valores.

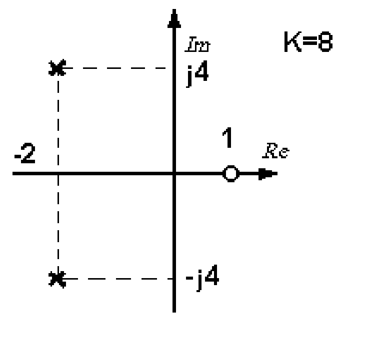
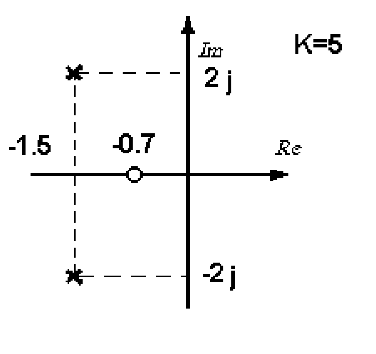
   b. Dibuje la respuesta al escalón del sistema en lazo abierto y parametrícela.

❖ ***ANÁLISIS PRÁCTICO DE LA RESPUESTA TEMPORAL DE SISTEMAS LINEALES COMUNES: CARACTERÍSTICAS INICIALES Y ASINTÓTICAS. INCIDENCIA DEL GRADO RELATIVO, FASE, Y ESTABILIDAD. TRANSITORIOS: INCIDENCIA DE LOS MODOS.***

❖ ***CLASIFICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS SEGÚN NORMAS DIN.***

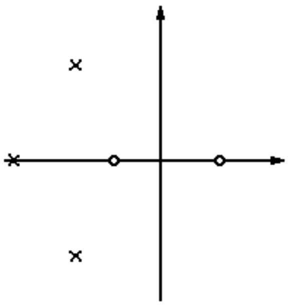
PROBLEMA 6. PyC → FT Normalizada.

Problema 1: El diagrama de polos y ceros, junto con un coeficiente multiplicativo K (cuando el sistema es BIBO-estable es su ganancia estática), describe plenamente una FT.

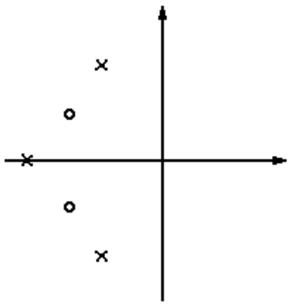
<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>a. Halle en c/caso la FT normalizada y calcule todos sus parámetros.
b. Escriba el mnenónico según Tabla DBN (norma DIN).
c. Dibujar cualitativamente h(.) indicando los valores de:
i. $h(0^+)$
ii. $\dot{h}(0^+)$
iii. $h(\infty)$
iv. El período de las oscilaciones en h(.)</td>
</tr>
</table>

Problema 2:

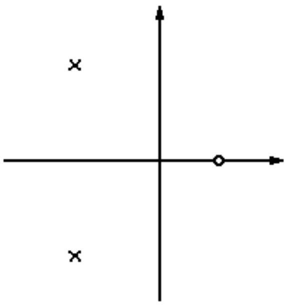
1 Indique los **Mnemónicos** de cada una de las FT's correspondientes a los diagramas de Polos y Ceros (PyC) dados. Indique orden y grado relativo.
2 Indique, <u>fundamentando debidamente</u>, las propiedades de **MF** y **NMF**.
3 Escriba las **expresiones normalizadas** de todas las FT's.
4 **Reescriba** las expresiones normalizadas de todas las FT's, usando:
   a. Polinomios de término independiente unitario.
   b. La notación b_i para los coeficientes de los polinomios numerador y a_i para los denominadores.
   c. Coeficientes positivos (por lo tanto, asigne todo signo *menos* al monomio correspondiente).
5 Indique, <u>fundamentando debidamente</u>, las FT's con respuesta (al escalón) inversa. Determine en cada caso los valores de la respuesta que evidencian dicha característica.



a)

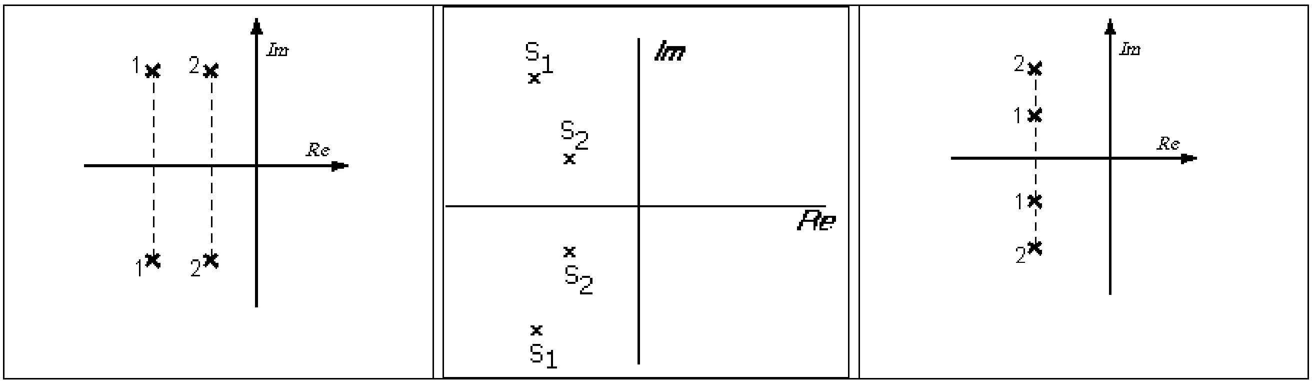


b)



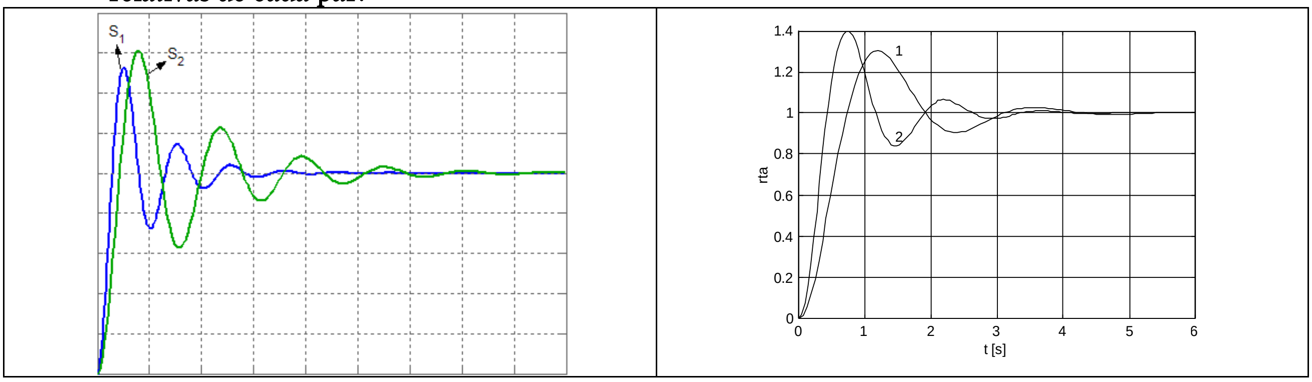
c)

Problema 3: Dibuje $h_1(t)$ y $h_2(t)$ en una misma gráfica. **¡Fundamente sus conclusiones !**

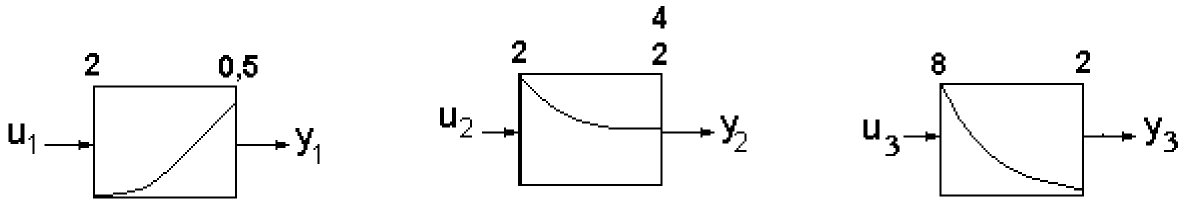


Problema 4.

1. Dadas las respuestas al escalón de los sistemas S1 y S2 de c/u de las figuras, posicione cualitativamente en un mismo plano complejo los respectivos polos, respetando las ubicaciones relativas de cada par.



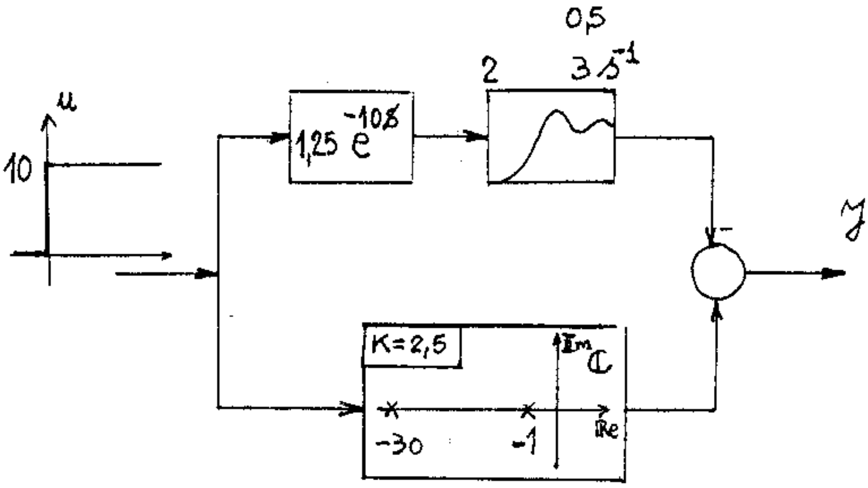
Problema 5.



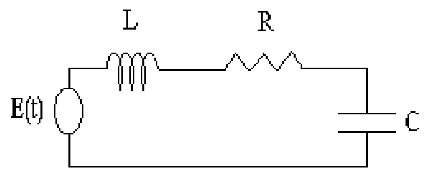
a) Escriba la FT normalizada completamente parametrizada.

b) Dibuje la respuesta al escalón unitario y parametrícela completamente ($h(0^+)$, $h(\infty)$, $\dot{h}(0^+)$, $\dot{h}(\infty)$, constantes de tiempo)

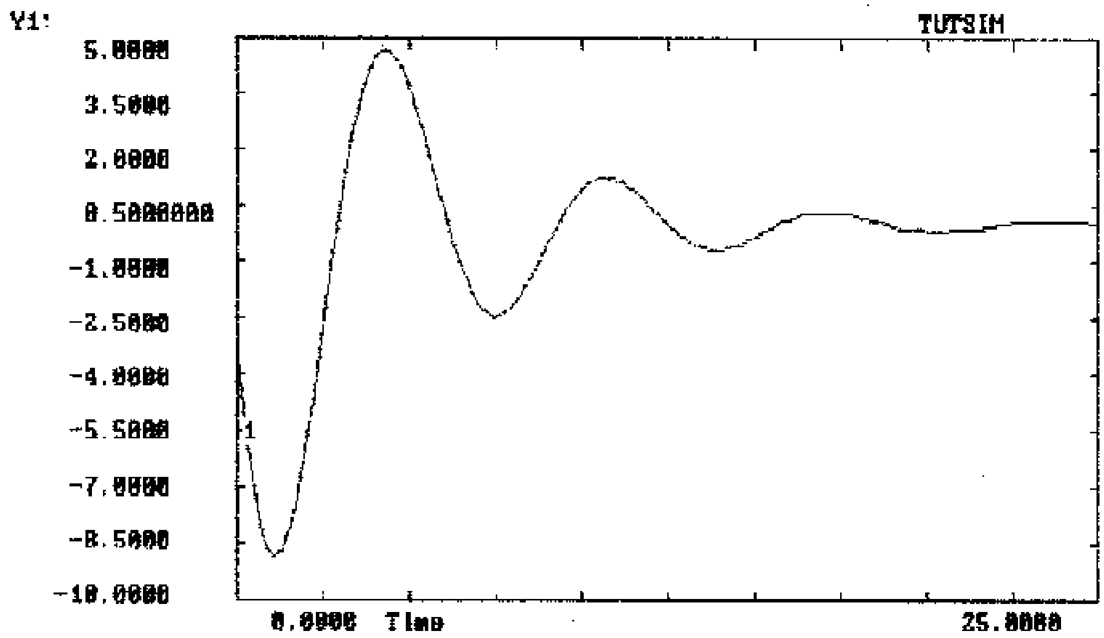
Problema 6 *(Tiempo máximo estimado para la resolución: 30min)*
Dibuje cualitativamente la respuesta del sistema de la figura al escalón indicado. Calcula además el valor final de la salida, así como los valores de la salida y sus derivadas **en el instante inicial y en todo otro instante de interés (indique su valor).**



Problema 7 *(Tiempo máximo estimado para la resolución: 25min)*

Sean el circuito de la figura y la FT asociada. La gráfica representa la respuesta temporal de la salida a las condiciones iniciales $y(0) = y_0$ e $\dot{y}(0) = y'_0$ (se mantiene $E(t) \equiv 0$, $t \geq 0$). $$Y(s) = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} \cdot U(s)$$	

Determine el valor de los parámetros físicos L, y C, si se conoce que R=10 Ω.

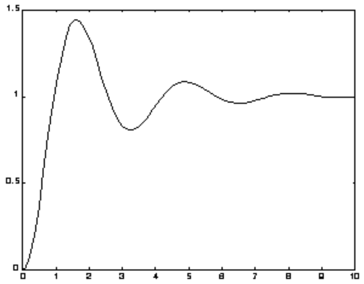


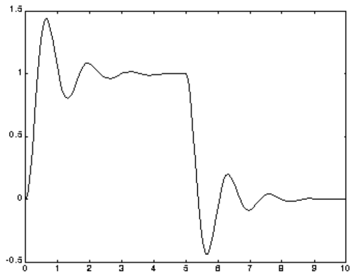
Problema 8 *(Tiempo máximo estimado para la resolución: 15min)*
Partiendo de las gráficas correspondientes a las respuestas al escalón de diferentes sistemas lineales y estacionarios, obtener:

i) FT del sistema, sin calcular los parámetros numéricamente. Escribir la FT de tal manera que todos los parámetros resulten positivos.
ii) Cuando sea pertinente, escribir el mnemónico correspondiente. Cuando corresponda indique el caracter No Mínima Fase de la FT.

Nota: Las derivadas en t = 0 se deben considerar nulas salvo que se indique lo contrario.

Ejemplos





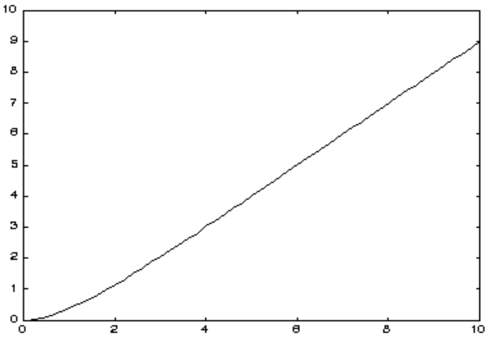
i) FT: $\dfrac{k}{a_1 s^2 + a_2 s + 1}$

ii) Mnemónico: PT_2

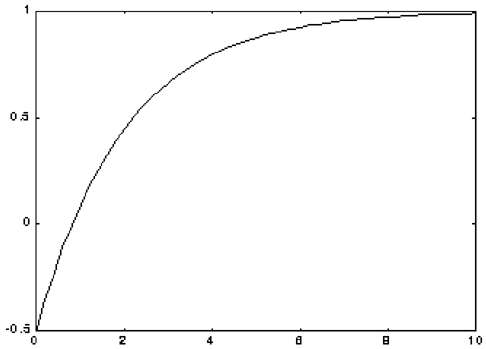
i) FT: $\dfrac{k}{a_1 s^2 + a_2 s + 1}(1 - e^{-T_m s})$

ii) Mnemónico: No pertinente

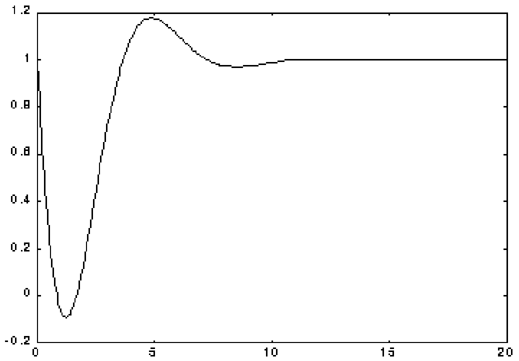
a)



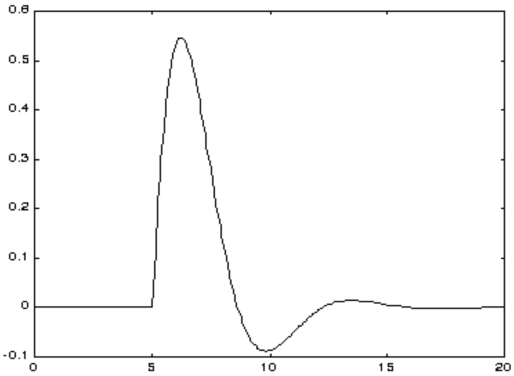
b) $\dot{h}(0) \neq 0$



c) $\dot{h}(0) \neq 0$

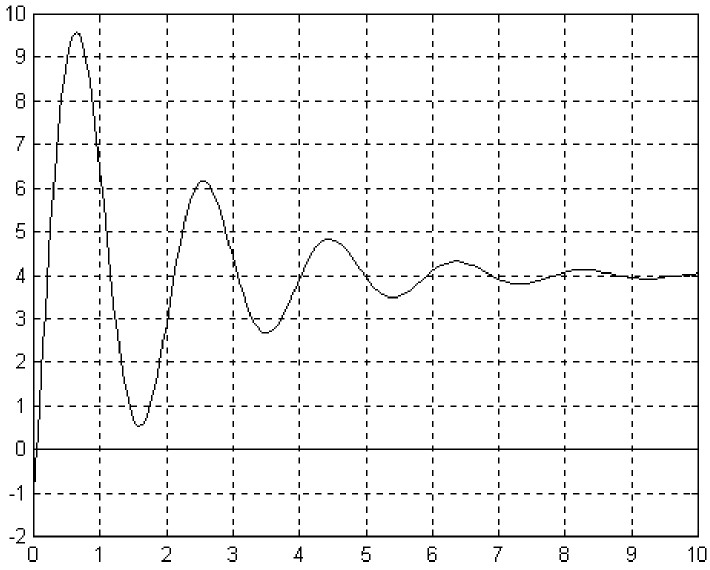


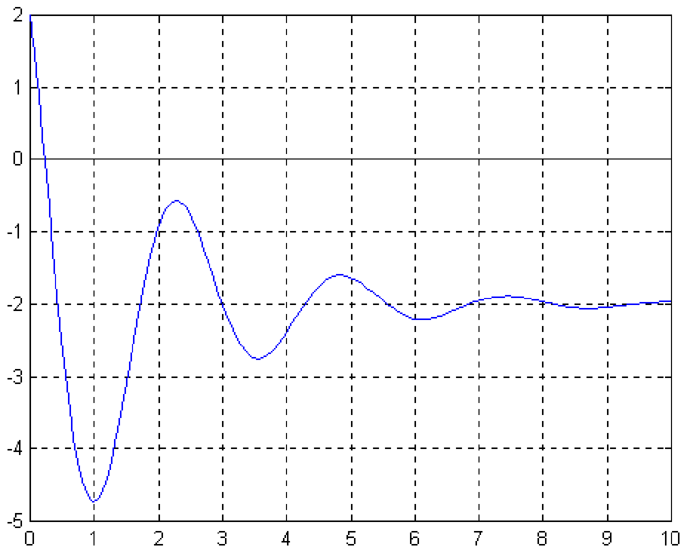
d)



❖ ELEMENTOS DE IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS. MÉTODO DE LA RESPUESTA AL ESCALÓN.

Problema 1: Calcule la función transferencia normalizada a partir de c/u de las siguientes h(t).





PROBLEMA 2. Identificación. Estabilización.

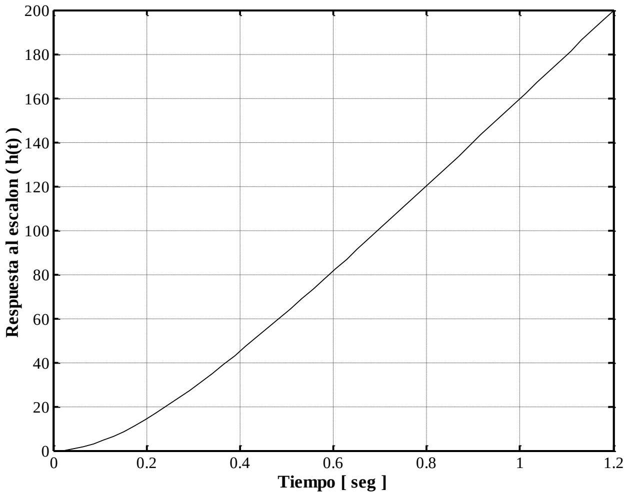
Dada la respuesta al escalón de la figura:

1. Determine el **Mnemónico** de la FT.
2. Escriba la **FT Normalizada**. Calcular todos sus parámetros.
3. **Estabilización** (puede resolver directamente sobre la FT, o sobre un DB o una EDO equivalentes, etc.)
   3.1 Determine simbólicamente la más simple retroalimentación estabilizante. Dé un ejemplo numérico.

3.2 Considere retroalimentación completa (de todas las variables) de estado, del siguiente tipo (*v* es una nueva entrada):

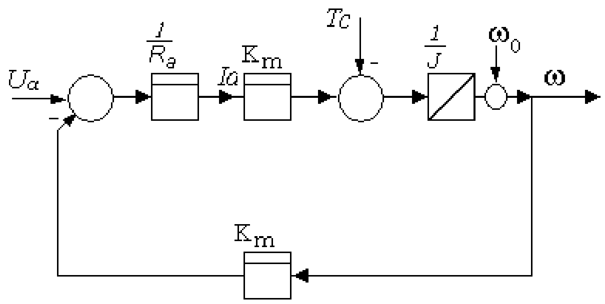
$$u = \sum_{i=1}^{n} k_i \ . \ x_i \ + \ v$$

En el espacio de los parámetros k_i del controlador, determine el conjunto de todos los valores estabilizantes del sistema en lazo cerrado. Expréselo tanto en términos de los valores simbólicos como numéricos del sistema en lazo abierto.



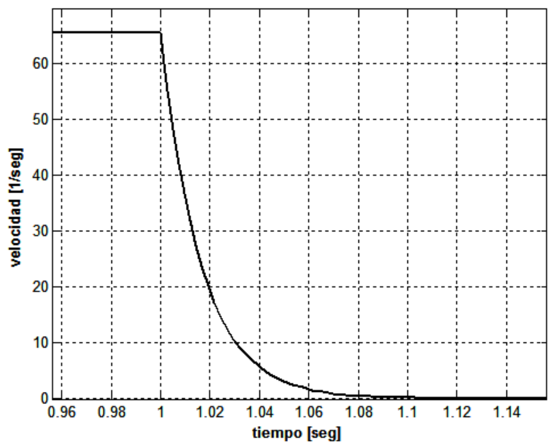
PROBLEMA 3: IDENTIFICACION MODELO SIMPLE MCC–IP.

Un MCC–IP de fricción en el eje despreciable se modela como indica el DB de la figura, ignorando la inductancia de armadura.

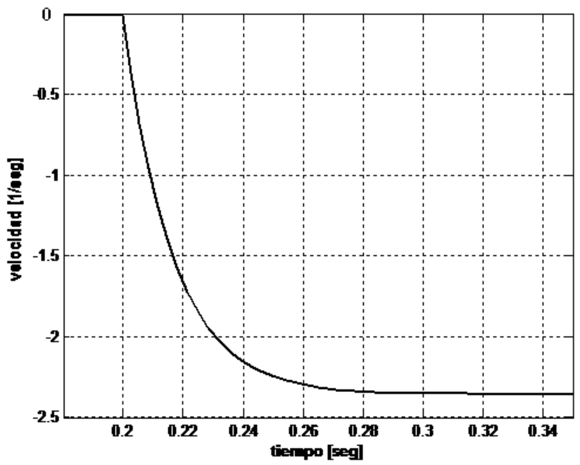


Se realizan dos experimentos sobre el motor con las mediciones según se especifica en las figuras acompañantes.

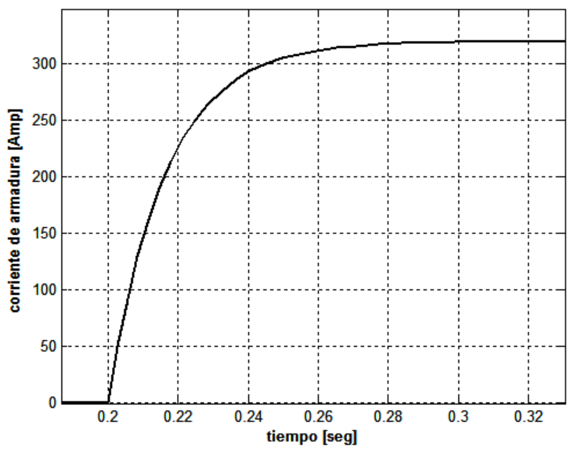
Experimento 1 : $U_a = 0$; $T_C = 0$; $\omega_0 = 65{,}44$ rad/seg



Experimento 2 : $U_a = 0$; $T_C = 2169$ Nm ; $\omega_0 = 0$ rad/seg.



Trayectoria *velocidad* vs. *tiempo*

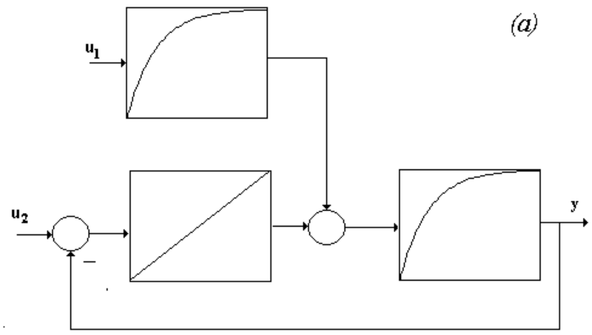


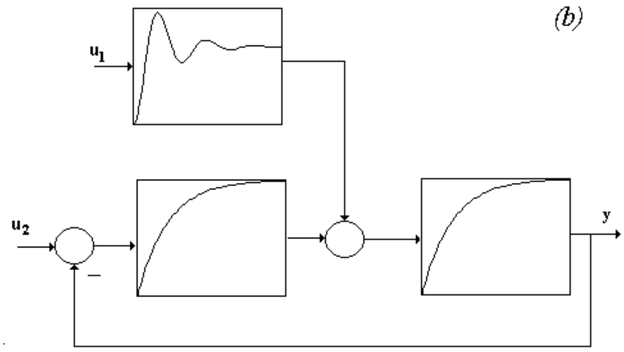
Trayectoria *corriente de armadura* vs. *tiempo*

1. Fundamente la validez de la hipótesis $L_a = 0$.
2. Halle los valores de TODOS los parámetros del DB del MCC.

❖ DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES TRANSFERENCIA POR INSPECCIÓN DE LOS MODELOS.

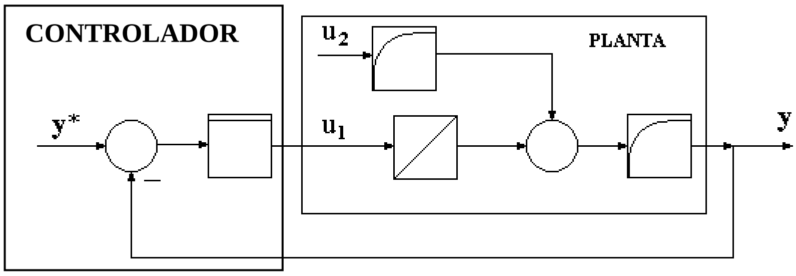
Problema 1: Para cada sistema, determine por inspección los mnemónicos de ambas FTs. Decir en cada caso si son o no estables.

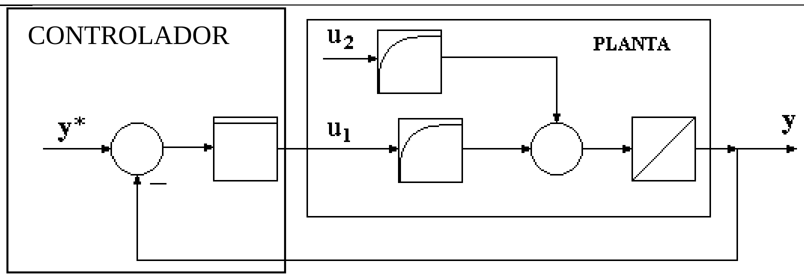




PROBLEMA 2. DB → FT por Inspección del DB *exclusivamente*

(todo otro método de resolución invalida el ejercicio).

Dado el *Sistema de Control* de la figura, compuesto por *Planta* + *Controlador*: **Determinar Mnemónicos y FT's**, fundamentado cada conclusión:	

Dado el *Sistema de Control* de la figura, compuesto por *Planta* + *Controlador*: **Determinar Mnemónicos y FT's**, fundamentado cada conclusión:	

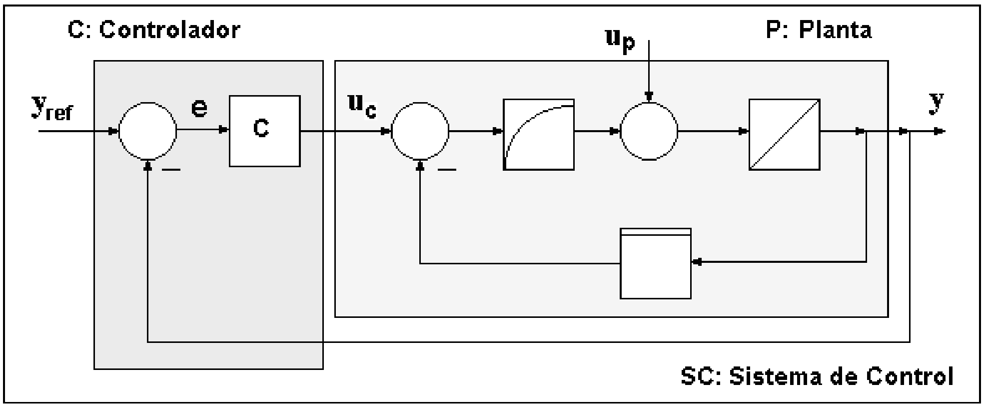
1. A Lazo Abierto (subíndice $_A$)
   1. Los Mnemónicos de las FT's: G_{A1}: $u_1 \rightarrow y$, G_{A2}: $u_2 \rightarrow y$.
   2. Las expresiones normalizadas (con término independiente unitario) de G_{A1} y G_{A2}.
2. A Lazo Cerrado (subíndice $_C$)
   3. Los Mnemónicos de las FT's: G_{C*}: $y^* \rightarrow y$, G_{C2}: $u_2 \rightarrow y$.
   4. Las expresiones normalizadas (con término independiente unitario) de G_{C*} y G_{C2}.

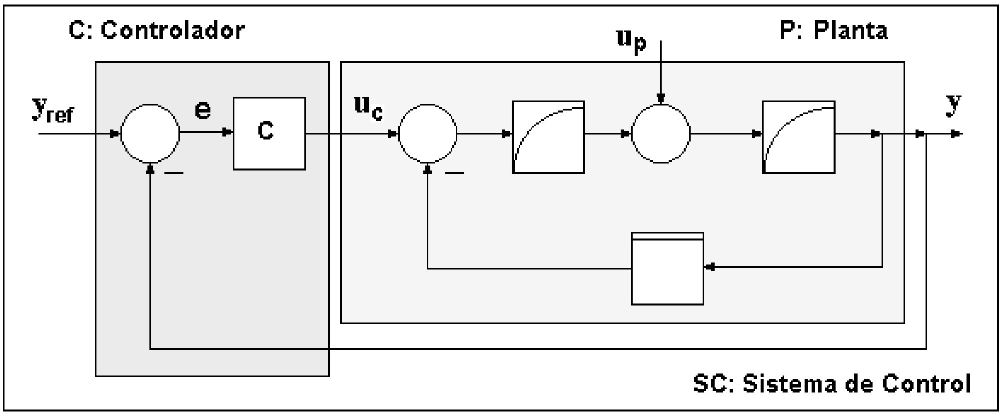
Observaciones:

a) En los cuatro casos, indicar orden, grado relativo y estabilidad de la FT.

b) Si la hubiera, indique la existencia de polinomios comunes en las FT's. De ocurrir, póngalo en evidencia utilizando la misma notación para ellos en todas sus apariciones. Utilice notación diferente para polinomios no comunes.

Problema 3: Por inspección del DB y usando los índices estructurales orden y grado relativo, determine $h(0^+)$, $h(\infty)$, $\dot{h}(0^+)$ (valor nulo, no nulo) y los MNEMÓNICOS de las FTs indicadas. En cada caso ¡¡¡ indique sucintamente el procedimiento !!!





Sistema de control. u_C: señal de control, u_P: perturbación, y_{ref}: señal de referencia de la salida.

P5a. Para la **planta en lazo abierto**: $G_C = \dfrac{Y}{U_C}$, $G_P : \dfrac{Y}{U_P}$

P5b. Para la **planta en lazo cerrado** (el **SC**) $G_{ref} = \dfrac{Y}{Y_{ref}}$, $G_{P,LC} = \dfrac{Y}{U_P}$

para los dos casos siguientes:

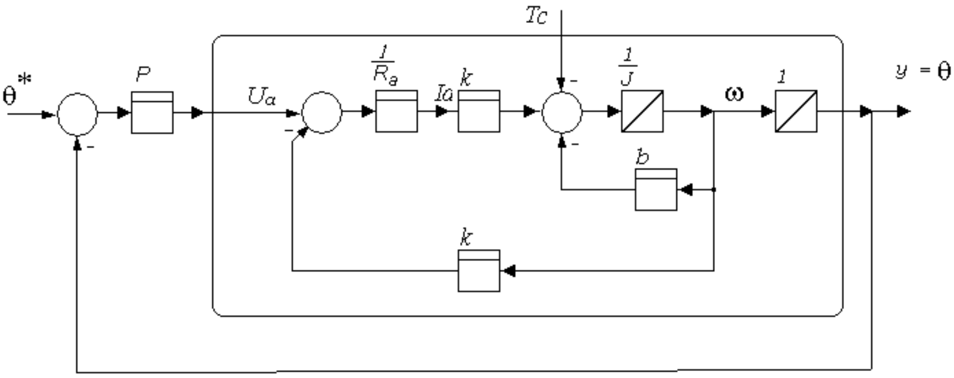
P5b1. **C:** Controlador tipo P
P5b2. **C:** Controlador tipo PI.

Extraiga una conclusión comparativa del análisis de los puntos **P5b1** y **2**.

EJEMPLOS DE PROBLEMAS SIMPLES DE APLICACIÓN DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS ANTERIORES

PROBLEMA 1: ANÁLISIS DE UN SISTEMA básico DE CONTROL DE POSICIÓN (MCC IP, L_a despreciable).

Se impone la tensión de alimentación de armadura del MCC (su DB encerrado en recuadro) cerrando un lazo de retroalimentación de salida a través de un controlador proporcional de ganancia *P*, según muestra el DB global:



5. Calcule el conjunto de todos los valores posibles de $P \in \Re$ tales que el lazo cerrado (LC) es estable.
6. Calcule el valor final de $\theta(t)$ ante un escalón :

   i. $\theta^* = \overline{\theta}^*$

   ii. $T_c = \overline{T}_c$

1. Calcule el conjunto de todos los valores posibles de $P \in \Re$ tales que la respuesta del sistema libre en LC no presente oscilaciones.
2. Calcule el valor necesario de *P* para que la respuesta al escalón en lazo cerrado tenga un sobrevalor del 40%. *Obs.: en general, este no es un ajuste razonable en un sistema de control de posición; aquí se plantea sólo para evaluar conocimientos de RT.*
3. Dibuje cualitativamente y parametrice completamente (*números!*) la respuesta de $\theta(t)$ a sendos escalones simultáneos $\theta^* = \overline{\theta}^*$ y $T_c = \overline{T_C}$.
4. En función de todo lo hecho anteriormente, analice si el sistema en LC:

   a. Sigue asintóticamente y sin error referencias en escalón de θ^* (en ausencia de cupla de carga).

   b. Rechaza completa y asintóticamente escalones de carga.

PUNTOS OPCIONALES (PUEDEN USARSE PARA MEJORAR NOTA DEL RESTO):

5. Analice si con el controlador *P* propuesto es posible ajustar conjunta e independientemente el sobrevalor y el tiempo de respuesta del LC.
6. En relación con limitaciones y/o deficiencias del sistema que haya podido observar en el curso del análisis anterior: ¿se le ocurre un controlador alternativo que resuelva esos problemas? Explique cualitativamente.

Problema 2: Respuesta Temporal, Tabla DBN.

La siguiente EDO modela la dinámica del ángulo del eje de un MCC-IP bajo las hipótesis de fricción en el eje e inductancia de armadura despreciables (*b*=0 y L_a=0).

$$T_M \ddot{\theta}(t) + \dot{\theta}(t) = \frac{1}{K_m} U_a(t) - \frac{R_a}{K_m^2} T_C(t)$$

Donde $T_M = \dfrac{R_a J}{K_m^2}$ es la llamada constante de tiempo mecánica del motor.

A. **ANÁLISIS EN LAZO ABIERTO**

i. Dé los mnemónicos de las dos FTs asociadas a la EDO.

ii. Grafique por separado las respuestas a sendos escalones unitarios en las entradas.

iii. Suponga $R_a/K_m < 1$. Dibuje las dos respuestas anteriores en un mismo gráfico (misma abscisa temporal) y agregue luego la respuesta resultante de la acción conjunta de los 2 escalones unitarios.

B. **ANÁLISIS EN LAZO CERRADO**

Suponga que se cierra un lazo de control con la siguiente ley (donde $\alpha > 0$ y $v(t)$ una nueva entrada de control):

$$U_a(t) = K_m\, T_M\, \alpha^2 \left[v(t) - \theta(t)\right]$$

i. Reescriba la EDO anterior con esta ley de control.

ii. Normalícela, obtenga las dos FTs asociadas a la nueva EDO (lazo cerrado) y dé los mnemónicos correspondientes.

iii. **Una breve excursión numérica**: determine el valor de $\alpha > 0$ tal que la respuesta a un escalón en $v(t)$ sea convergente y tenga un sobrevalor SV= **Tema A**) 0,3. **Tema B**) 0,6. Suponga: **Tema A**) T_M=0,5. **Tema B**) T_M=5.

iv. Grafique la respuesta al escalón y parametrícela completamente (h(0+) y h-punto(0+), h(infinito), SV, t_{SV}, t_{resp}, período si hubiese oscilación en la respuesta, marque los instantes en los que mediría el período, etc.).

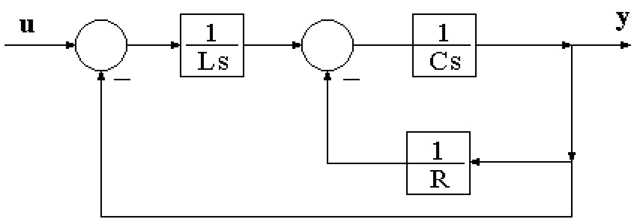
v. ¿Es posible elegir α para imponer un t_{resp} en lazo cerrado? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo? ¿Por qué?

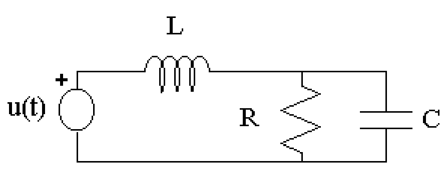
vi. Grafique el lugar geométrico de los polos de la FT en lazo cerrado en dependencia del parámetro $\alpha > 0$. Indique como se mueven para α creciente.

MISCELÁNEAS

PROBLEMA . Formas canónicas. Asignación de c.i.'s.

El siguiente DB modela al circuito eléctrico de la derecha.

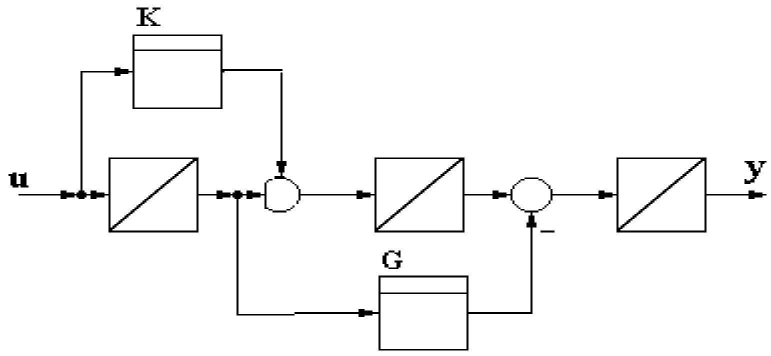




1) *Dadas las condiciones iniciales* I_{L0} *y* V_{C0}*, calcular las condiciones iniciales correspondientes a la variable de salida* **y**.
2) *Llevar el DB a una forma canónica mediante Álgebra de Bloques.*

PROBLEMA . Grado Relativo

Estudie exhaustivamente el grado relativo E/S del siguiente DB en el espacio de parámetros (K, G). Explique sus conclusiones.


K
u
y
G
_