Control I / DSF – 2do Parcial 2004 – Tema B   Código: EP02-B_04

NOMBRE Y APELLIDO:.. LEGAJO:...........................

PROBLEMA 1. PO. Linealización.

Un motor serie (Fig. 1a) alimentado con U = 800 V consume en régimen 400 KW de potencia eléctrica.

1. Calcule los valores de régimen de todas las variables del siguiente DB (ver Figs. 1b y 2b).

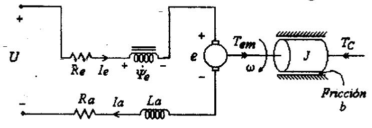


Fig. 1a: Circuito Equivalente MCC Serie

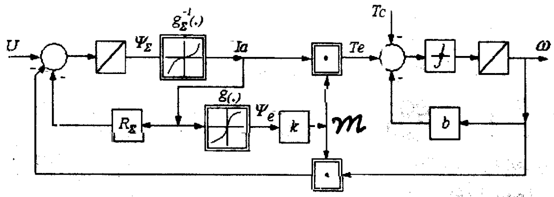


Fig. 1b: DB MCC Serie

Datos del Motor Serie

R_a: Resistencia de Armadura	0.4	Ω
L_a: Inductancia de Armadura	0.0014	H
R_e: Resistencia de Excitación	0.6	Ω
k : Constante de Conversión	0.01	Nm/WbA
J : Momento de Inercia	0.1	Kgm^2
b : Coeficiente de Rozamiento	0.5	Nm seg

$R_\Sigma = R_a + R_e$ = 1Ω ⇓ I = 500 V

$\Psi_e = g\,(I_e\,)$

$\Psi_\Sigma = g_\Sigma\,(I_a\,)$
$= L_a\, I_a + \Psi_e$

¡ESTO NO VA!

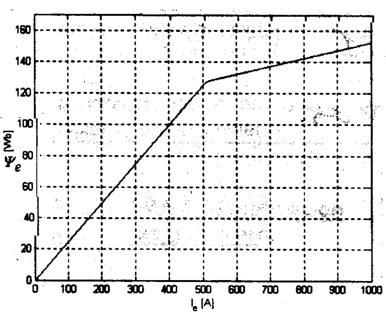


Fig. 2a) Característica Magnética del arrollamiento de excitación.

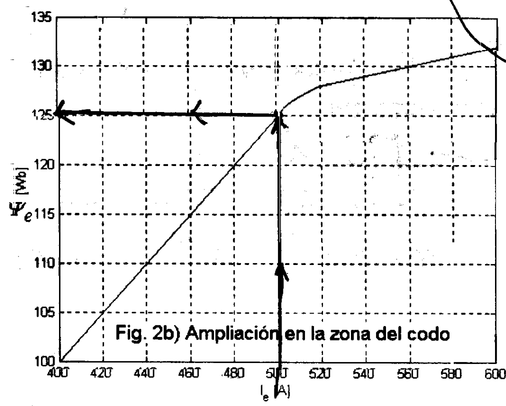


Fig. 2b) Ampliación en la zona del codo

2. Obtenga un DB linealizado en torno al P.O. hallado. Parametrícelo completamente y anote en él todas sus variables. Defina los coeficientes de la linealización y adopte una notación adecuada (como en la tabla dada).
3. *Usando la aproximación de primer orden anterior dibuje cualitativamente la evolución de la velocidad ante un aumento escalón del 25% de la tensión U.*
4. *Parametrice completamente la respuesta anterior (valor inicial, derivada inicial, el tiempo de respuesta,..).*
5. *Sabiendo que la corriente calculada del DBNL para una tensión de alimentación U = 1000 V es de Ia =532 A , calcule el error cometido en la nueva velocidad de régimen al usar el MILin.*

PROBLEMA 2. PO. MIEx. MILin.

Considere el siguiente modelo dinámico alineal de un generador sincrónico conectado a un sistema ideal ("barra de potencia infinita") a través de una línea de transmisión:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) = -2\,sen x_1(t) - D\,x_2(t) + u(t) \end{cases} \quad , \quad D > 0$$

poner valor

a. *Calcule todos los PE para* $\bar{u} = \sqrt{3}$.
b. *Obtenga el MIEx alrededor de un PE.*
c. *Con el método de la Jacobian a, obtenga el MILin para el mismo PE. Verifíquelo a partir del MIEX.*

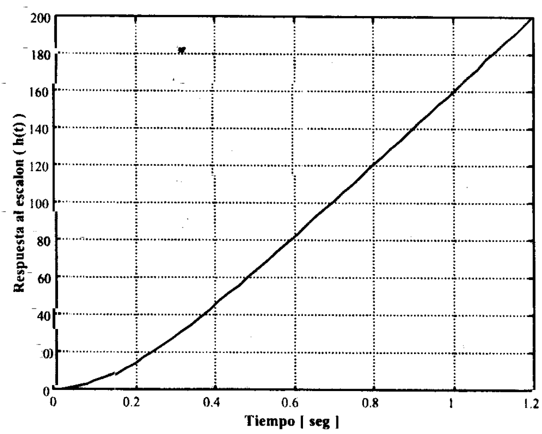
PROBLEMA 3. Identificación. Estabilización.

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.

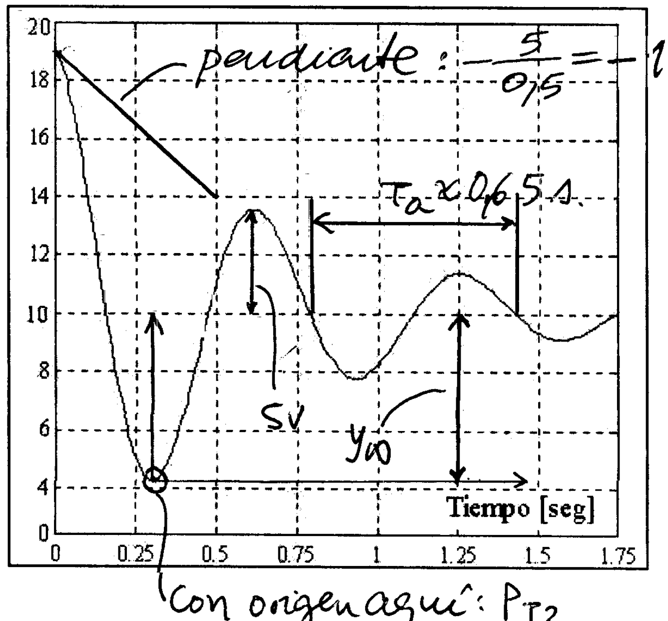


PROBLEMA 4. Identificación sistema segundo orden.

Dada la siguiente respuesta al escalón unitario, determine la FT correspondiente.
Escríbala en forma normalizada y parametrícela completamente.

¡ h'(0⁺) ≠ 0 !

$\dot{h}(0^+) = -10$



Problema 1. P.O. Linealización

1- Valores de régimen de variables DB. Fig 1.b.

NOTA: Errores de edición del enunciado implican valores inadmisibles (físicamente inverosímiles) de algunos parámetros. Especialmente de las resist. Re y Ra. Sus valores hacen que 5/8 de la potencia consumida por el motor se disipen en R_Σ! y sólo quede 3/8 para la carga! Esto no afecta los procedimientos formales evaluados.

Datos: $\bar{U} = 800\ V$, $\bar{p} = 400\ kW$

$$\Rightarrow \bar{I}_a = \frac{400\ kW}{800\ V} = 500\ A$$

Conexión Serie $\Rightarrow \bar{I}_e = \bar{I}_a$, $\bar{I}_e = 500\ A$

Del DB: $\bar{\Psi}_e = g(\bar{I}_a) = 125\ Wb$ ← de curva Fig. 2b.

$$k = 0{,}01 \frac{Nm}{WbA} \Rightarrow k\bar{\Psi}_e = 1{,}25 \frac{Nm}{A}$$

Del DB: $\bar{T}_e = k\bar{\Psi}_e \bar{I}_a = 625\ Nm$

$$\bar{U}_\Sigma := R_\Sigma \bar{I}_a = 500\ V \qquad (R_\Sigma = 1\Omega)$$

$$\dot{\Psi}_\Sigma = 0 \Rightarrow \bar{e} = \bar{U} - \bar{U}_\Sigma = 300\ V$$

$$\bar{\omega} = \frac{\bar{e}}{k\bar{\Psi}_e} = \frac{300\ V}{1{,}25\ Vs} = 240 \frac{1}{s} \qquad \frac{Nm}{A} = Vs$$

$$b\bar{\omega} = 120\ Nm$$

$$\bar{T}_c = \bar{T}_e - b\bar{\omega} = 505\ Nm$$

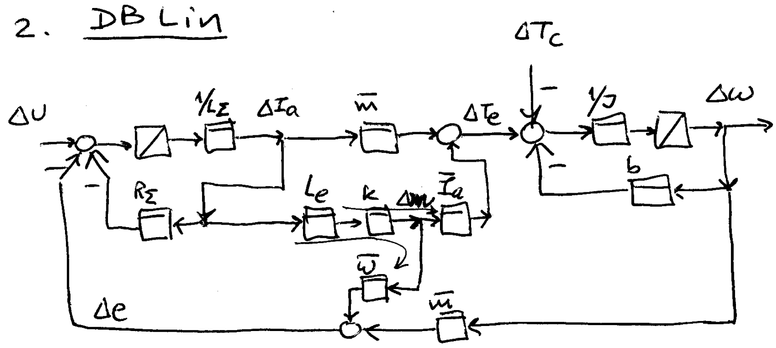
$$\bar{\Psi}_\Sigma = L_a \bar{I}_a + \bar{\Psi}_e = 125{,}7\ Wb$$

$L_e = 0{,}25\ H$

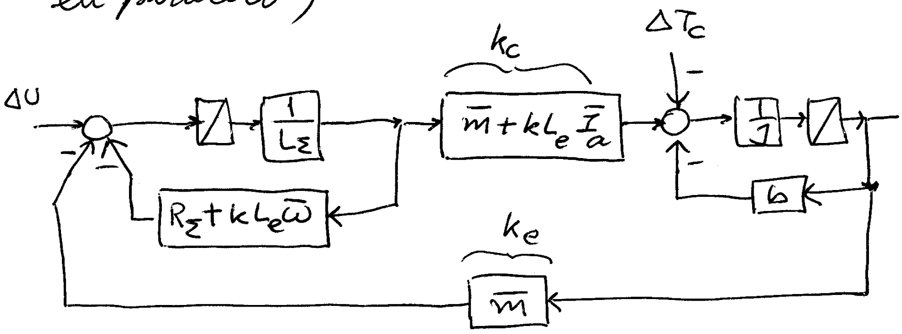
Definición (ver DB): $m := k\Psi_e$

$$\bar{m} = 1{,}25 \frac{Nm}{A}$$

2. DB Lin



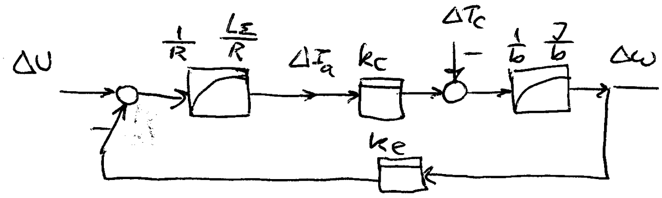
Con un mínimo de AB (corrimiento de ganancias y luego suma de ganancias en paralelo)



Definiendo $R := R_\Sigma + k L_e \bar{\omega}$; $k_c = k(\Psi_e + L_e \bar{I}_a)$: cte. de cupla $\longrightarrow k_c = 2{,}5\ \frac{Nm}{A}$

$k_e := \bar{m} = k \Psi_e$: cte. de fem $\longrightarrow k_e = 1{,}25\ \frac{Nm}{A}$

Resulta la misma estructura que la de un MCC a IP. Sólo que en aquel caso $k_c = k_e$.-

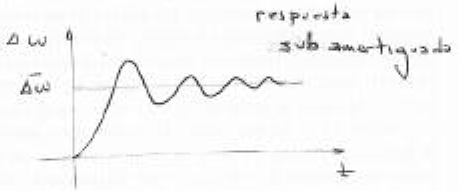


Reemplazar valores.

3.- La FT : $\Delta U \rightarrow \Delta \omega$ es un P_{T2} :

$$G(s) = \frac{k_c / J L_\Sigma}{s^2 + \left(\frac{b}{J} + \frac{R}{L_\Sigma}\right) + \frac{Rb + k_c k_e}{J L_\Sigma}}$$

$$PT2 \begin{cases} K = 0{,}6869 \\ \omega_n = 12 \text{ rad/seg} \\ \xi = 0{,}374 \end{cases}$$



$$G(s) = \frac{99{,}05}{s^2 + 8{,}9777\, s + 144{,}2}$$

$$\lambda_{1,2} = -4{,}488 \pm j\, 11{,}13 \quad , \quad \omega_a = 11{,}13 \text{ rad/seg}$$

3/4) Respuesta al escalón del Σ linealizado ($\Delta V = 25\%\,.\,U$) [en definitiva la tensión aplicada es de 1000V]

$\Delta\omega(t)$ $y^{+}(0) = 0$, $= 0$

$$t_{r\,5\%} = \frac{3}{\sigma} = 0{,}668$$

$$SV = A\,k\,e^{\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = \underbrace{200}_{\text{Amplitud escalón}} .\, \frac{99{,}05}{144{,}2}\, e^{\frac{-\pi\, 0{,}374}{\sqrt{1-0{,}374^2}}} = 38{,}7 \text{ rad/seg}$$

$$\therefore \quad \overline{\omega}_{ME\,Lin} = 240 \frac{rad}{seg} + \underbrace{137{,}38}_{\overline{\Delta\omega}} \frac{rd}{sg} = 377{,}38 \text{ rad/seg}$$

5) Para 1000V , con $I_a = 532\,A \rightarrow 128{,}5$ Wb (usando la gráfica)

$$\therefore \quad \omega_{DSNL} = \frac{k_o \Psi_e I_a - \overbrace{505}^{T_c}}{b} = 357{,}24 \text{ rad/seg}$$

$$\Rightarrow e_\omega = \omega_{DSNL} - \omega_{ME\,Lin} = -20{,}14 \text{ rad/seg}$$

$$\ddot{y} + \delta \dot{y} + y^3 - y = \gamma' u \quad , \delta > 0$$
$$x_1 := y \; ; \; x_2 := \dot{y}$$
$$\rightarrow \boxed{\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_1^3 - \delta x_2 + \gamma' u \end{cases}}$$

a. PE del Σ libre $\longrightarrow \underset{\downarrow}{=0}$

$$0 = \bar{x}_2 \; ; \; 0 = \bar{x}_1 - \bar{x}_1^3 - \delta \bar{x}_2 + \gamma' \bar{u} \quad \Rightarrow$$

PE1: $\bar{X}^{①} = [0, 0]^T$; PE2: $\bar{X}^{②} = [1, 0]^T$; PE3: $\bar{X}^{③} = [-1, 0]^T$

b. Sea el PE2 $\swarrow$ Esto es genérico (p/ los tres PE)

$$\Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2 \; ; \; \Delta\dot{x}_2 = (\bar{x}_1 + \Delta x_1) - (\bar{x}_1 + \Delta x_1)^3 - \delta(\bar{x}_2 + \Delta x_2) + \gamma' \Delta u$$

$$\Delta\dot{x}_2 = \bar{x}_1 + \Delta x_1 - \bar{x}_1^3 - 3\bar{x}_1^2 \Delta x_1 - 3\bar{x}_1 \Delta x_1^2 - \Delta x_1^3 - \delta \bar{x}_2 - \delta \Delta x_2 + \gamma' \Delta u$$

$\Sigma = 0$ por ser EE en equilibrio

$$\boxed{\begin{cases} \Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2 \\ \Delta\dot{x}_2 = -2\Delta x_1 - 3\Delta x_1^2 - \Delta x_1^3 - \delta \Delta x_2 + \gamma' \Delta u \end{cases}}$$

MIE x alrededor PE2

Solución alternativa sobre la EDO dada:

$$u \equiv 0 \; , \; \text{PE} \Leftrightarrow \dot{y} \equiv 0 \; , \ddot{y} \equiv 0 \Leftrightarrow y^3 \equiv y \Rightarrow \bar{y} = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ PE1,2,3: $\bar{y} \equiv 1$, $\bar{y} \equiv 0$, $\bar{y} \equiv -1$

$$\Delta y := y - \bar{y} \rightarrow \Delta\dot{y} = \dot{y} \; , \; \Delta\ddot{y} = \ddot{y}$$

$$\Delta\ddot{y} + \delta \Delta\dot{y} + (\Delta y + \bar{y})^3 - (\Delta y + \bar{y}) = \gamma'(\Delta u + \bar{u})$$

$$\bar{u} = 0 \; , \; \bar{y} = 1 \quad \Rightarrow$$

$$\Delta\ddot{y} + \delta \Delta\dot{y} + \Delta y^3 + 3\Delta y^2 \bar{y} + 3\Delta y \bar{y}^2 + \bar{y}^3 - \Delta y - \bar{y} = \gamma' \Delta u$$

$$\boxed{\Delta\ddot{y} + \delta \Delta\dot{y} + \Delta y^3 + 3\Delta y^2 + 2\Delta y = \gamma' \Delta u}$$

MIE ~~x~~ alrededor de PE_2

MILin: $\boxed{\Delta\ddot{y} + \delta \Delta\dot{y} + 2\Delta y = \gamma' \Delta u}$

c. MILin c/ método Jacobiana

$$\left[\frac{\partial f_1}{\partial x}\right]^T_{\bar{x},\bar{u}} = [\,0 \mid 1\,]$$

$$\left[\frac{\partial f_2}{\partial x}\right]^T_{\bar{x},\bar{u}} = [\,(1-3\bar{x}_1^2) \mid -\delta\,] \quad ; \quad \left.\frac{\partial f_2}{\partial u}\right|_{\bar{x},\bar{u}} = \gamma$$

$$\therefore \quad \Delta\dot{x} = \left[\begin{array}{c|c} 0 & 1 \\ \hline 1-3\bar{x}_1^2 & -\delta \end{array}\right]\Delta x + \begin{bmatrix} 0 \\ \gamma \end{bmatrix}\Delta u$$

Particularmente en PE_2:

$$\Delta\dot{x} = \left[\begin{array}{c|c} 0 & 1 \\ \hline -2 & -\delta \end{array}\right]\Delta x + \begin{bmatrix} 0 \\ \gamma \end{bmatrix}\Delta u$$

<u>Verificación</u>: MIEx → MILin (de pág. anterior)

$$\begin{cases} \Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2 \\ \Delta\dot{x}_2 = -2\Delta x_1 - \delta\Delta x_2 + \gamma\Delta u \end{cases} \quad \checkmark$$

PROBLEMA 2 – Tema b

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -2\,\mathrm{sen}\,x_1 - D x_2 + u \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 0 = \bar{x}_2 \\ 0 = -2\,\mathrm{sen}\,\bar{x}_1 - D\bar{x}_2 + \bar{u} \end{cases}$$

a. <u>PE's</u>

$$\mathrm{sen}\,\bar{x}_1 = \frac{\bar{u}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

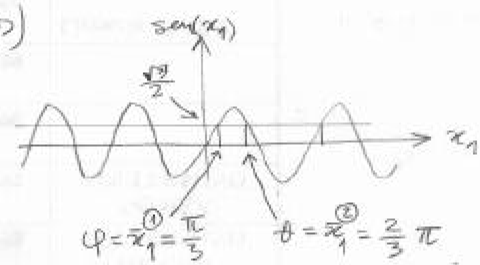
Dos tipos de PE (hay infinitos)

$$\bar{x}_1^{①} = \frac{\pi}{3} \pm k\pi$$

$$\bar{x}_1^{②} = \frac{2}{3}\pi \pm k\pi$$

todos con $\bar{x}_2 = 0$

$k \in \mathbb{N}_0$



$$PE's: \; [\bar{x}_1^{①}, 0]^T, \; [\bar{x}_1^{②}, 0]^T$$

PROBLEMA 2 - Tema B - (cont.)

b. MIEx : $x_1 = \bar{x}_1 + \Delta x_1$; $x_2 = \bar{x}_2 + \Delta x_2$

$$\Delta\dot{x}_1 = \bar{x}_2 + \Delta x_2 \quad ; \quad \Delta\dot{x}_2 = -2\,\mathrm{sen}(\bar{x}_1 + \Delta x_1) - D(\bar{x}_2 + \Delta x_2) + \bar{u} + \Delta u$$

$$\Delta\dot{x}_2 = -2\left[\mathrm{sen}\,\bar{x}_1 \cos\Delta x_1 + \cos\bar{x}_1\,\mathrm{sen}\,\Delta x_1\right] - \underline{D\bar{x}_2} - D\Delta x_2 + \underline{\bar{u}} + \Delta u$$

$$\underline{-2\,\mathrm{sen}\,\bar{x}_1} + 2\,\mathrm{sen}\,\bar{x}_1$$

artificio para suprimir lo subrayado por condición de equilibrio

$$\boxed{\begin{cases} \Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2 \\ \Delta\dot{x}_2 = 2\,\mathrm{sen}\,\bar{x}_1(1-\cos\Delta x_1) - 2\cos\bar{x}_1\,\mathrm{sen}\,\Delta x_1 - D\Delta x_2 + \Delta u \end{cases}}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2 \\ \Delta\dot{x}_2 = \sqrt{3}\,(1-\cos\Delta x_1) - \mathrm{sen}\,\Delta x_1 - D\Delta x_2 + \Delta u \end{array}}$$ MIEx

c. MILin c/ Método Jacobiana.-

La 2da. EE es la única NL ; y lo es sólo en x_1

$$\left.\frac{\partial f_2}{\partial x_1}\right|_{\bar{x}} = -2\cos\bar{x}_1 = -2 \times 0{,}5 = -1$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta\dot{x}_1 \\ \Delta\dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Verificación : MIEx $\rightarrow$ MILin

En la 2da. EE hay 2 términos NL :

① $\sqrt{3}\,(1-\cos\Delta x_1)$: no contiene nada lineal $\Rightarrow$ desaparece en MILin

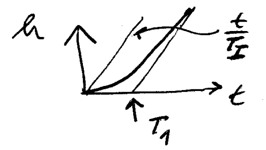
② $-\mathrm{sen}\,\Delta x_1 = -\Delta x_1$ + términos puramente NL

$\Rightarrow$ la 2da. EE del MIEx se aproxima así :

$\Delta\dot{x}_2 \cong -\Delta x_1 - D\Delta x_2 + \Delta u$, lo q' coincide con la 2da. línea de la expresión Jacobiana.-

Problema 3. Identificación. Estabilización

1) I_{T_1} ; 2) $G(s) = \dfrac{1}{T_I s\,(1+T_1 s)}$



∴ midiendo en gráfica enunciado

$T_1 \approx 0{,}2\,s$; $\left.\dfrac{\Delta t}{T_I}\right|_{\Delta t = 1s} \simeq 200 \rightarrow T_I = \dfrac{1}{200}\,s$

$T_1 = 0{,}2\,s$
$T_I = 0{,}005\,s$

← valores adoptados

$$G(s) = \frac{200}{s\,(1+0{,}2\,s)}$$

3) Estabilización

De la FT: $(0{,}2\,s^2 + s)\,Y(s) = 200\,U(s)$

∴ con $200\,u = -k_1 y - k_2 \dot{y} + v$, resulta en

L.C.: $[0{,}2\,s^2 + (1+k_2)\,s + k_1]\,Y(s) = V(s)$

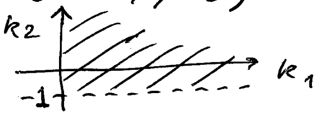
3.1 La retroalim. estabilizante más simple:

$200\,u = -k_1 y$, $k_1 > 0$

P.ej.: $200\,u = -y$ ← $k_1 = 1$

3.2 El conjunto de todos los valores estabilizantes en el plano (k_1, k_2):

$k_1 > 0$, $k_2 > -1$



Simbólicamente:

$$\left.\begin{array}{l}(T_I T_1 s^2 + T_I s)\,Y = U \\ u = -g_1 y - g_2 \dot{y} + w\end{array}\right\} \Rightarrow [T_I T_1 s^2 + (T_I + g_2)\,s + g_1]\,Y = W$$

Estabilización $\Leftrightarrow$ $g_2 > -T_I$, $g_1 > 0$

PROBLEMA 4 Se plantea un $PDD^2_{T_2}$

Problema 4 – TEMA A

Corriendo el origen de las ordenadas al valor superior (12), se lo trata como una

$$\underbrace{P}_{G_1} + \underbrace{PD_{T_2}}_{G_2} \Rightarrow G = G_1 + G_2 \; ; \quad G_1(s) = 12$$

$$G_2(s) = \underbrace{-10}\,\frac{1+T_D s}{1+2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2}$$

ver gráfica en enunciado

$T_a \approx 1{,}30\ s$

Corriendo origen al mínimo se ve $h(t)$ tipo P_{T_2}

$T_p \approx 0{,}65\ s \quad ; \quad SV = 3{,}8 \quad ; \quad y_f \approx 9{,}6$

$$SV = y_f\, e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

$$5{,}8 = 9{,}6\, e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \Rightarrow \boxed{\zeta = 0{,}1584}$$

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_a} \Rightarrow \boxed{\omega_a = \frac{\pi}{0{,}65\ s} = 4{,}8332}$$

$$\boxed{T_2 = \frac{1}{\omega_n} = \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\omega_a} \times \frac{\pi}{\pi} = T_p \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\pi} = 0{,}2043}$$

$$\dot{h}(0^+) = K\,\frac{T_D}{T_2^2} = -10\,\frac{T_D}{T_2^2} = -67$$

$$\boxed{T_D \cong 6{,}7\; T_2^2 = 0{,}2793}$$

El $PDD^2_{T_2}$: $\quad G(s) = 12 - \dfrac{10+10\,T_D s}{1+2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2}$

$$G(s) = \frac{12 + 24\zeta T_2 s + 12\,T_2^2 s^2 - 10 - 10\,T_D s}{}$$

$$N(s) = 2 + (24\zeta T_2 - 10\,T_D)\,s + 12\,T_2^2 s^2$$

$$N(s) = 2 - 2{,}0195\,s + 0{,}5009\,s^2$$

PROBLEMA 4 - Tema B

Planteamos $PDD^2_{T_2}$. Lo tratamos como un $P + PD_{T_2}$. - El P tiene ganancia estática K_1 19 y el PD_{T_2} ganancia estática $K_2 = -9$.

$$G(s) = 19 - 9\,\frac{1+T_D s}{1+2\xi T_2 s+T_2^2 s^2}$$

Corriendo el origen (ver dibujo) se tiene un P_{T2}.-

$$e^{-\frac{\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = \frac{SV}{y_\infty} \cong \frac{3,5}{5,8} \simeq 0,6 \Rightarrow \boxed{\xi = 0,1587}$$

$$\boxed{T_2 = \frac{1}{\omega_n} = T_a\,\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{2\pi} \cong 0,65\,\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{2\pi} = 0,1021}$$

ver gráfica

$$\ddot{h}(0^+) = -10 = -9 \times \frac{T_D}{T_2^2}$$

del PD_{T_2}

NOTA: DADA LA GRAN DISPERSIÓN DE VALORES QUE PUEDE OCURRIR AL TOMAR DATOS DE LAS GRÁFICAS, LOS VALORES DE LOS COEFICIENTES DE LA FT PUEN DIFERIR EN EL MISMO MODO.

$$\boxed{T_D = \frac{10}{9}\,T_2^2 = 0,0116}$$

El $PDD^2_{T_2}$ tiene $N(s) = 19 + 38\xi T_2 s + 19 T_2^2 s^2 - 9 - 9T_D s$

$$N(s) = 10 + (38\xi T_2 - 9T_D)\,s + 19\,T_2^2 s^2 = \boxed{}$$

$$\therefore\ G(s) = \frac{10 + 0,4705\,s + 0,1981\,s^2}{1 + 3,1187\,s + 95,92\,s^2}$$

PROBLEMA 5

Para que sea un P_{T2} el T_p y el T_a deben satisfacer

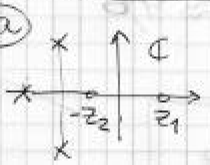
$$T_p = \frac{T_a}{2}$$

De la gráfica $\begin{cases} T_p \approx 0{,}5\ s \\ T_a \approx 1{,}30\ s \end{cases}$

$T_p \neq \frac{T_a}{2} \Rightarrow$ No es P_{T2}.

PROBLEMA 6 - Tema A

(a)



1- Mnemónico : PDD^2_{T3} ; $n=3$, $r=1$

2- $z_2 \in \mathbb{C}^+ \Rightarrow$ NMF

3- $G_a(s) = K \dfrac{1+b_1 s + b_2 s^2}{1+a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3} =$

$N(s) = (1-T_1 s)(1+T_2 s)$

$= 1 + (T_2 - T_1)s - T_1 T_2 s^2$

$= K \dfrac{1+(T_2-T_1)s - T_1 T_2 s^2}{(1+2\zeta T s + T^2 s^2)(1+\tau s)}$

con $T_1 := 1/z_1$, $T_2 := 1/z_2$ $\qquad 0<\zeta<1$

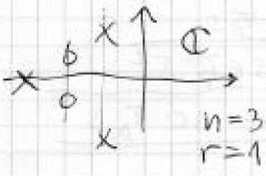
4- $G_a(s) = K \dfrac{1 \pm b_1 s - b_2 s^2}{1+a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3}$ — según posición relativa de z_1 y z_2.- Si equidistan de "$j\omega$" $\Rightarrow b_1 = 0$ ($\Rightarrow PD^2_{T3}$)

5- $\dot{h}_a(0^+) = -K \dfrac{b_2}{a_3}$

$h_a(0^+) = 0$, $h(\infty) = K \rightarrow \neq$ signos $\Rightarrow$

$h_a(t)$ tiene respuesta inversa.-

(b)



$n=3$
$r=1$

1- PDD^2_{T3} ; 2- $z, \bar{z} \in \mathbb{C}^- \Rightarrow$ MF

3- $G_b(s) = K \dfrac{1+b_1 s + b_2 s^2}{1+a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3}$

$= K \dfrac{1 + 2\zeta_N T_N s + T_N^2 s^2}{(1+2\zeta T_D s + T_D^2 s^2)(1+\tau s)}$

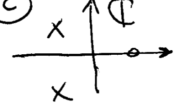
4- $G_b(s)$ ---

$0 < \zeta_N < 1$, $T_N > 0$

5- $h_b(0^+) = 0$; $\dot{h}_b(0^+) = K \dfrac{b_2}{a_3}$

$h_b(\infty) = K$; $\Rightarrow$ NO Resp Inversa

PROBLEMA 6 – Tema A (Cont.)

ⓒ 

1- PD_{T2} , $n=2$, $r=1$

2- $z \in \mathbb{C}^+ \Rightarrow$ NMF

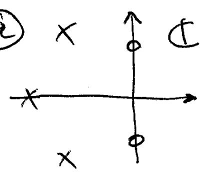
3/4 - $G_c(s) = K \dfrac{1-T_D s}{1+2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2}$ $\quad \zeta \in (0,1)$, $T_2 > 0$

5- $h_c(0^+) = 0$

$\dot{h}_c(0^+) = -K \dfrac{T_D}{T_2^2}$ $\Bigg\} \Rightarrow$ Respuesta Inversa

$h_c(\infty) = K$

PROBLEMA 6 – Tema B

ⓐ 

1- $PD^2_{T_3}$; $n=3$, $r=2$

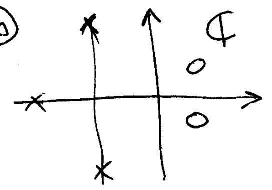
2- "MF" (en realidad los ceros no aportan fase, y por otra parte no hay en este caso una imagen de ellos especular respecto al eje "$j\omega$")

3/4 - $G_a(s) = K \dfrac{1+\overbrace{T_D^2}^{=b_2} s^2}{\underbrace{(1+2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2)(1+\tau s)}_{1+a_1 s + a_2 s^2 + a_3 s^3}}$; $z_{1,2} = \pm j \dfrac{1}{T_D}$

5- $h_a(0^+) = 0$

$\dot{h}_a(0^+) = K \dfrac{b_2}{a_3}$ $\Bigg\} \longrightarrow$ Respuesta NO inversa

$h(\infty) = K$

ⓑ 

1- $PDD^2_{T_3}$, $n=3$, $r=1$

2- $z, \bar{z} \in \mathbb{C}^+ \Rightarrow$ NMF

3/4 $\longrightarrow$

Problema 6 – Tema B – Ej (b) (Cont.)

3/4 $$G_b(s) = K \frac{1 - 2\zeta_N T_N s + T_N^2 s^2}{(1 + 2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2)(1+\tau s)}$$

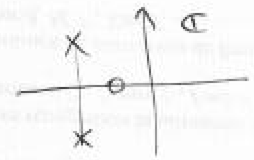
$0 < \zeta_N < 1$, $T_N > 0$, $0 < \zeta < 1$, $T_2 > 0$, $\tau > 0$

5- No tiene Respuesta Inversa

$h_b(0^+) = 0$

$\dot{h}_b(0^+) = K \frac{T_N^2}{\tau T_2^2}$, $h(\infty) = K$ → mismo signo

(c)



1- PD_{T_2}, $n=2$, $r=1$

2- MF ($z \in \mathbb{C}^-$)

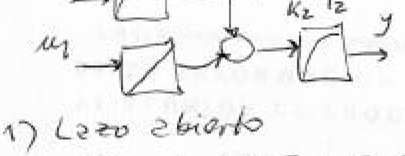
3/4

$$G_c(s) = K \frac{1 + T_D s}{1 + 2\zeta T_2 s + T_2^2 s^2}$$ $T_D > 0$

5- No tiene respuesta inversa

$h_c(0^+) = 0$, $\dot{h}_c(0^+) = K \frac{T_D}{T_2^2}$, $h(\infty) = K$

PROBLEMA 7 Tema A



$G_{A2} = \frac{K}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$ P_{T_2} (Sobream)

$G_{A1} = \frac{1}{T_I s (1+T_2 s)}$ I_{T_1}

polinomios comunes

1) Lazo abierto

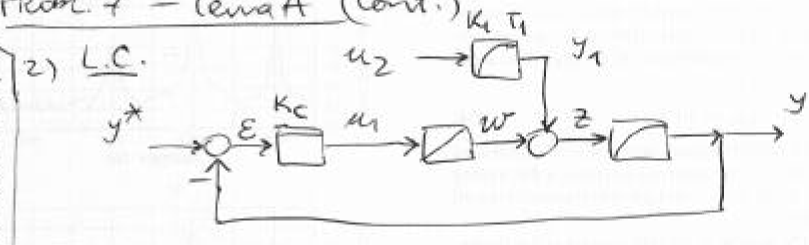
GA1: n=2, r=2, estable

GA2: n=2, r=2, inestable

En Probl. 7-A y B, las acciones en los DB's están puestas sólo
NOTA: para referencia, y NO para calcular FT's algebraicamente!

PROBL. 7 – Tema A (Cont.)

2) L.C.



$y^* \to y$: es un P_{T2} (corriendo hacia atrás –izq.– la ganancia K_C del controlador el DB es una forma canónica del P_{T2})

$$\boxed{G_C(s) = \frac{K}{1+2\xi T s + T^2 s^2}}$$

De $y_1 \to y$ propongo PD_{T2} ya que:

$n=2$, $r=1 \Rightarrow$ tiene D

es sub-T_2 porque el LC es estable con $n=2$

¿tiene P?

Supongamos que no: ante un escalón $\bar{y}_1 \to \bar{y}=0$ (los valores suprabarra indican $t\to\infty$)

$z \to y$ es $P_{T_1} \Rightarrow \bar{y}=0 \Rightarrow \bar{z}=0$

$\bar{y}=0 \Rightarrow \bar{\varepsilon}=0$ ($y^*=0$ ~~por superposición~~ análisis por superposición) $\Rightarrow \bar{u}_1=0$

$\Rightarrow \exists \bar{w}$ finito, ~~pues~~ podría ser $\bar{w}=-\bar{y}_1$ /

$\bar{z}=0$.–

Supongamos ahora que tiene P: $\bar{y}\neq 0 \Rightarrow \bar{z}\neq 0$

$\bar{y}\neq 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon}\neq 0 \Rightarrow \bar{u}_1 \neq 0 \Rightarrow \nexists\ \bar{w}$ finito $\Rightarrow \bar{z}\neq$ cte

absurdo $\therefore$ como Σ estable NO TIENE P

$\therefore$ $y_1 \to y$ es D_{T2} $\Rightarrow u_2 \to y$ es D_{T_3}

Resolución 2do. Parcial Control I / DSF / EP02-04-SOL-

Probl. 7 - Tema A (cont.)

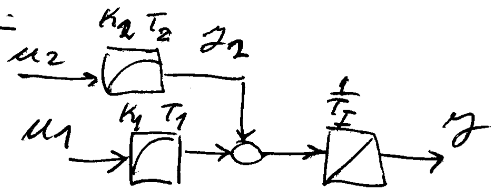
$$\boxed{G_{C2}(s) = \frac{T_D s}{(1+T_1 s)(1+2\xi T s+T^2 s^2)}}$$

G_{c*}: $n=2$, $r=2$, estable

G_{C2}: $n=3$, $r=2$, estable

PROBLEMA 7 - Tema B

1. L.A.



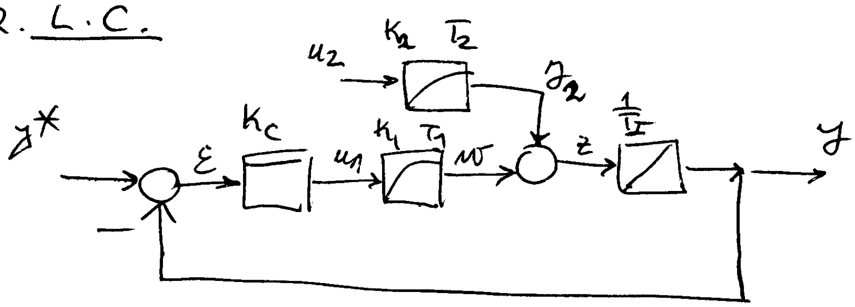
$G_{A1} \triangleq I_{T_1}$

$G_{A2} \triangleq I_{T_1}$

$$G_{A1}(s) = \frac{1}{T_{I_1} s (1+T_1 s)}$$; $n=2$, $r=2$, inestable

$$G_{A2}(s) = \frac{1}{T_{I2} s (1+T_2 s)}$$; $n=2$, $r=2$, inestable

2. L.C.



$y^* \to y$: P_{T_2} (mismo argumento que Tema A)

$$G_{c*}(s) = \frac{K}{1+2\xi T s+T^2 s^2}$$ $n=2$, $r=2$, estable

$G_{C2} : u_2 \rightarrow y$, estable , $n=3$, $r=2$

$G_{C2}(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$; $D(s) = (1+T_2 s)\underbrace{(1+2\xi T s + T^2 s^2)}_{\text{mismo q' en } G_C^{(s)'}}$

$N(s)$ tiene parte D (porque $n=3$ y $r=2$)

¿Tiene P?

Analizo $y_2 \rightarrow y$ ¿Tiene P?

Por el absurdo: supongo que no tiene:

$\bar{y}_2 \neq 0 \Rightarrow \bar{y} = 0 \Rightarrow \bar{z} = 0 \longrightarrow$ contradicción

$\bar{y} = 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0 \Rightarrow \bar{u}_1 = 0 \Rightarrow \bar{w} = 0 \Rightarrow \bar{z} = \bar{y}_2 \neq 0$

$\therefore y_2 \rightarrow y$ tiene P
$y_2 \rightarrow y$: $n=2$, $r=1 \Rightarrow$ tiene D
$\Bigg\} \Rightarrow PD_{T_2}$

$\therefore u_2 \rightarrow y$ es P_{T_1} en cascada con PD_{T_2}

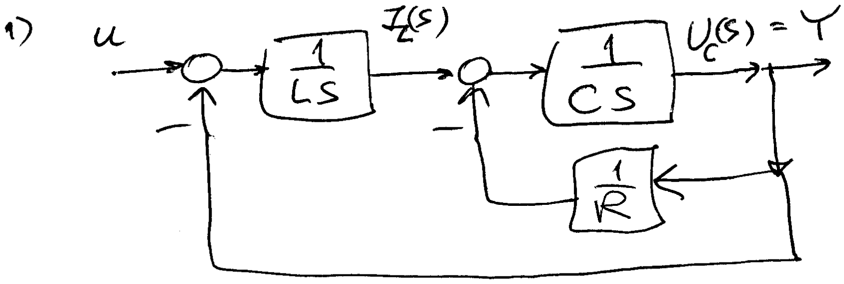
es un PD_{T_3}

$$G_{C2}(s) = \frac{K(1+T_D s)}{(1+T_2 s)(1+2\xi T s + T^2 s^2)}$$

$n=3$, $r=2$, estable

Problema 8 Formas canónicas. C.i's

1)

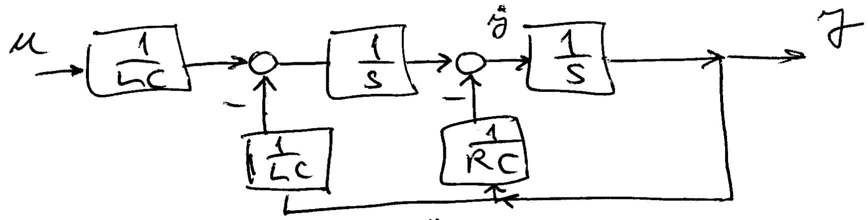


Del DB: los estados son $I_L(t)$ y $U_C(t)$.

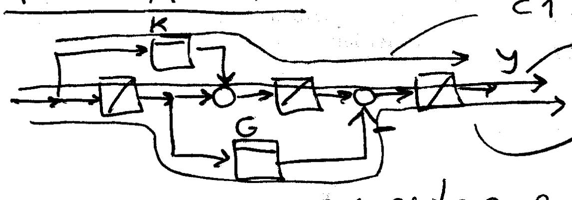
$$y = U_C \;;\; \dot{y} = \frac{1}{C}\left(I_L - \frac{1}{R}U_C\right)$$

$$\dot{y} = \frac{1}{C}I_L - \frac{1}{RC}U_C \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} y_0 = U_{C0} \\ y'_0 = \frac{1}{C}I_{L0} - \frac{1}{RC}U_{C0} \end{array}}$$

2) Forma canónica: La estructura es igual a la de una forma canónica. Corriendo $\frac{1}{L}$ una vez y $\frac{1}{C}$ dos veces, ambos a la izquierda se obtiene la siguiente forma canónica:



PROBLEMA 9



C1 : camino 1 : r=2

C2 : r=3

C3 : r=2

$r_{genérico} = 2$, excepto que se cancelan las ganancias (dinámicas) de C1 y C3. Eso ocurre si $K=G \Rightarrow r=3$