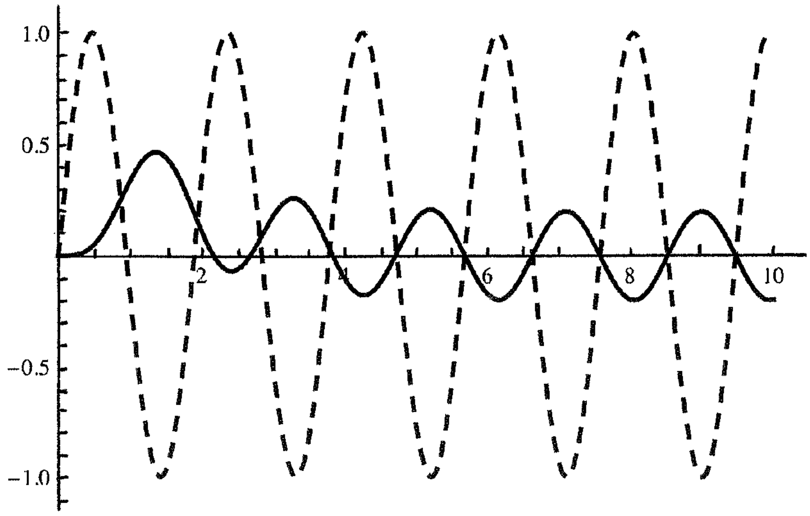
Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)

Construcción, Máquinas, Materiales, Organización, Química, T. Energéticas, Fabricación, Ing. Química

Examen final, 29-1-09 (Preacta: 12-2-09, Revisión: 19-2-09)

Cuestión 1 (3 puntos)

Un sistema cuya función de transferencia es de la forma G(s)=a/D(s), donde $a \in \mathbb{R}$, a>0 y D(s) es un polinomio, $s \in \mathbb{C}$, se comporta conforme a lo mostrado en la siguiente figura:



donde la gráfica en línea discontinua representa una entrada al sistema y la gráfica en línea continua la salida generada por dicha entrada.

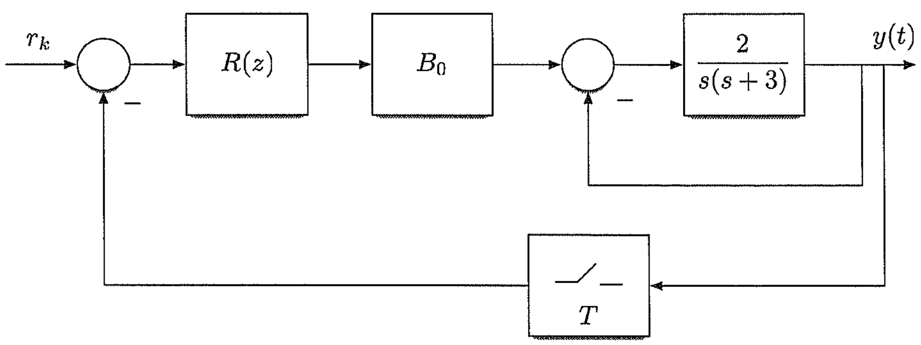
a) ¿Cuál es el orden mínimo que debe tener el polinomio D(s)?

b) ¿Se puede definir para este sistema su margen de ganancia? En caso afirmativo, obtener su valor

c) ¿Cuál será su margen de ganancia si utilizando el polinomio de orden mínimo determinado en el apartado a), se añade un cero en s+π/2?

Cuestión 2 (2 puntos) (para Organización y Fabricación)

Determinar la función de transferencia Y(z)/R(z) para el sistema dado por la figura:



Cuestión 1

Comportamiento observado: a $\omega = \frac{2\pi}{1{,}9} = 3{,}31\ r/s$, en rég. perm. $\begin{cases} |G(j\,3.31)| = \frac{0{,}2}{1} = 0.2 \\ \angle G(j\,3{,}31) = -180^\circ \end{cases}$

1º) Probamos orden 1

$$G(s) = \frac{a}{s+b} \quad ; \quad G(jw) = \frac{a}{jw+b}$$

$$; \quad \angle G(jw) = -\angle b + wj \xrightarrow[w \to \infty]{} -90^\circ \quad ; \quad \text{no vale}$$

Probamos orden 2

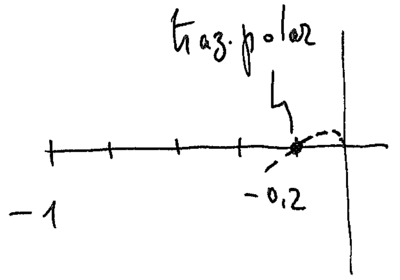
$$G(s) = \frac{a}{s^2 + bs + c}$$

$$; \quad G(jw) = \frac{a}{(jw)^2 + bjw + c} = \frac{a}{(c - w^2) + bwj}$$

$$; \quad \angle G(jw) = -\angle (c - w^2) + bwj \xrightarrow[w \to \infty]{} -180^\circ \quad ; \quad \text{no vale}$$

Para $\angle G(jw) = -180^\circ$ hace falta $D(s)$ de grado ≥ 3

2º)



$$K_g = \frac{1}{0{,}2} = 5$$

3º)

$$G'(s) = \frac{a}{D(s)} \left(s + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\therefore \quad G'(jw) = \frac{a}{D(jw)} \left(jw + 1.57 \right)$$

$$\therefore \quad \angle G'(jw) = \angle \frac{a}{D(jw)} + \angle 1{,}57 + wj$$

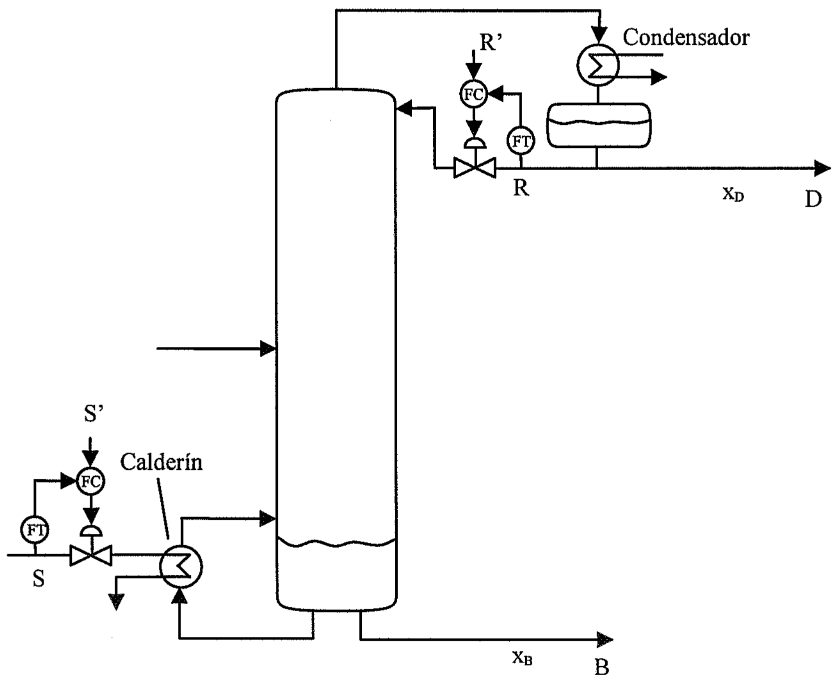
$\angle 1{,}57 + wj$ va de 0 a 90° al aumentar w, con lo que el traz. polar se desplaza en sentido antihorario y el corte del traz. polar con el eje horiz. se debe mover hacia la derecha ⇒ K_g aumenta

Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)
Construcción, Máquinas, Materiales, Organización, Química, T. Energéticas, Fabricación, Ing. Química

Examen final, 29-1-09 (Preacta: 12-2-09, Revisión: 19-2-09)

Problema (5 puntos)

La figura representa una columna de destilación:



Las variables manipuladas del proceso son los caudales R' y S' y las variables controladas las concentraciones x_D de destilado, y x_B de producto de fondo.

Las condiciones nominales de operación (CNO) son:

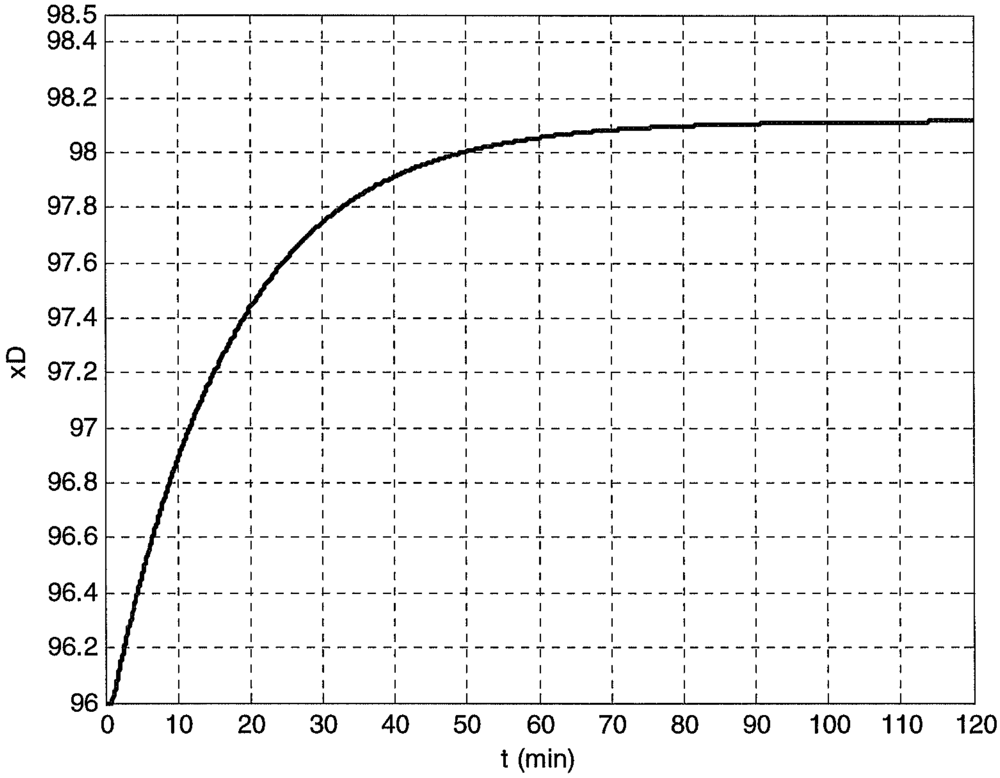
R'_0=0.885 kg/min
S'_0=0.776 kg/min

x_D=96%
x_B=0.5%

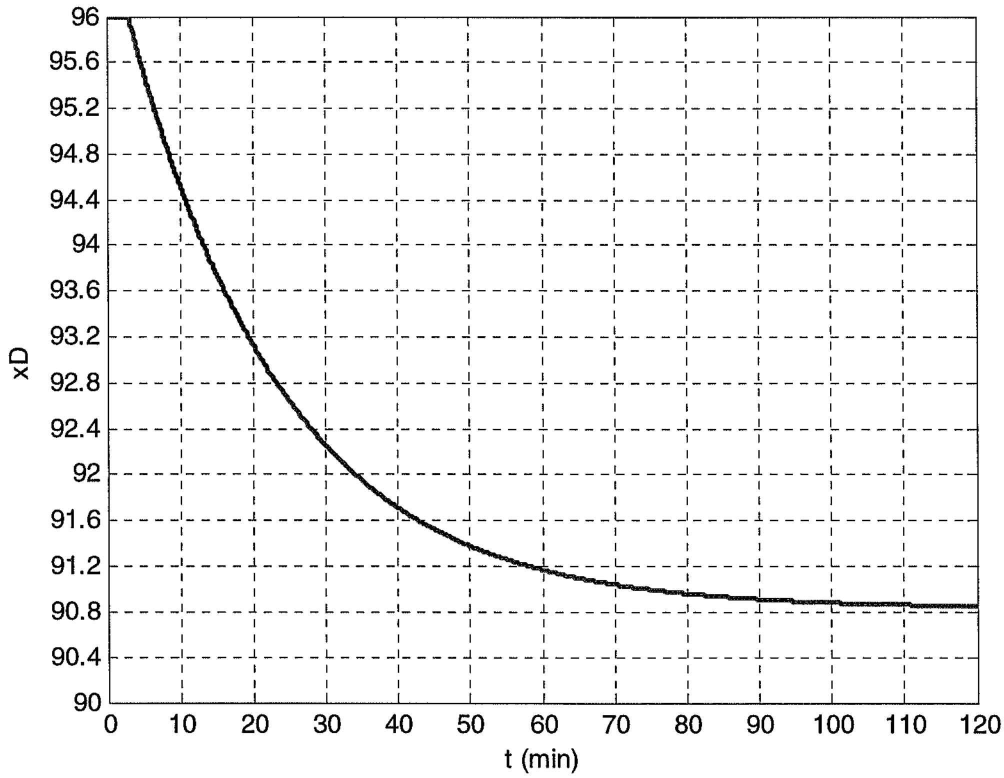
La función de transferencia de R' a x_B es: $\dfrac{14.6}{1+10.9s}e^{-7s}$ donde la constante de tiempo y el retardo puro están en minutos

La función de transferencia de S' a x_B es: $\dfrac{-42.8}{1+14.4s}e^{-3s}$ donde la constante de tiempo y el retardo puro están en minutos

Estando el proceso en CNO, se incrementa R' hasta 0.98 kg/min, obteniéndose la siguiente respuesta:



Estando el proceso en CNO, se incrementa S' hasta 0.90 kg/min, obteniéndose la siguiente respuesta:



Se pide:

1. Dibujar la respuesta de x_B a un incremento brusco de R' sobre el punto de equilibrio, de 0.1 kg/min

2. Dibujar la respuesta de x_B a un incremento brusco de S' sobre el punto de equilibrio, de 0.1 kg/min

3. Realizar un control mediante dos bucles, sin desacoplamiento (control multibucle). Utilizar reguladores PI. Dibujar el diagrama de bloques denominando adecuadamente las diferentes variables y delimitando con claridad el proceso. Ajustar los controladores.

4. Realizar un control mediante dos bucles, con reguladores PI y con desacoplamiento parcial, desacoplando x_D de x_{Br} (la referencia de x_B). Dibujar el diagrama de bloques denominando adecuadamente las diferentes variables y delimitando con claridad el proceso. Ajustar los controladores.

Nota. Considérese $\lambda_{ij}(s)$= cte=$\lambda_{ij}(0)$

Nota. Coeficientes de un regulador PI según el método de Ziegler-Nichols de cadena abierta:

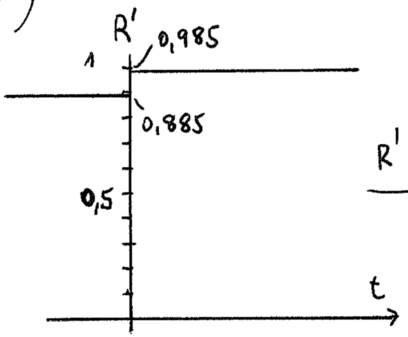
$K_R = \dfrac{0.9T_a}{K_C\, T_u}$ $\quad T_i = 3.33T_u$ $\quad$ notación Organización-Fabricación

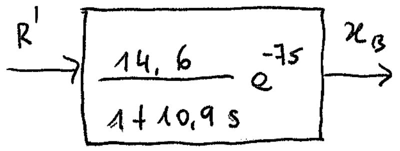
$K_c = \dfrac{0.9}{T\dfrac{K_p}{\tau}}$ $\quad T_i = 3T$ $\quad$ notación resto especialidades

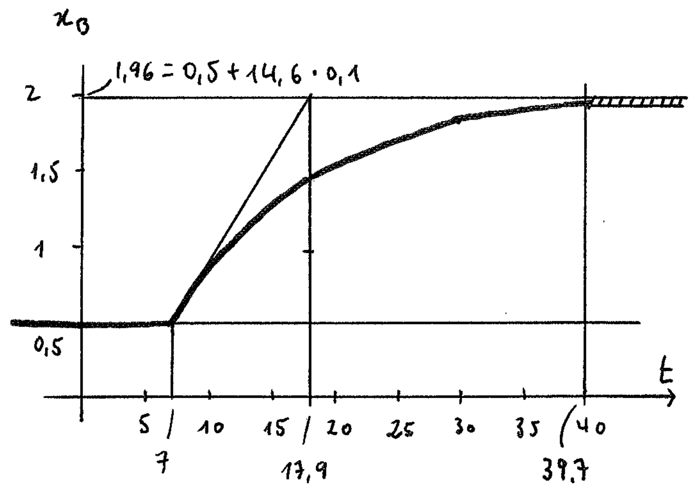
ERA - MPO 29-1-09

Problema

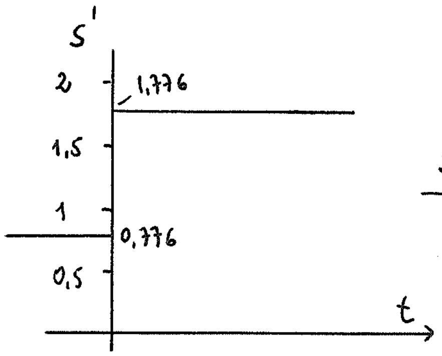
1º)

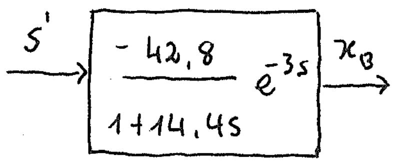


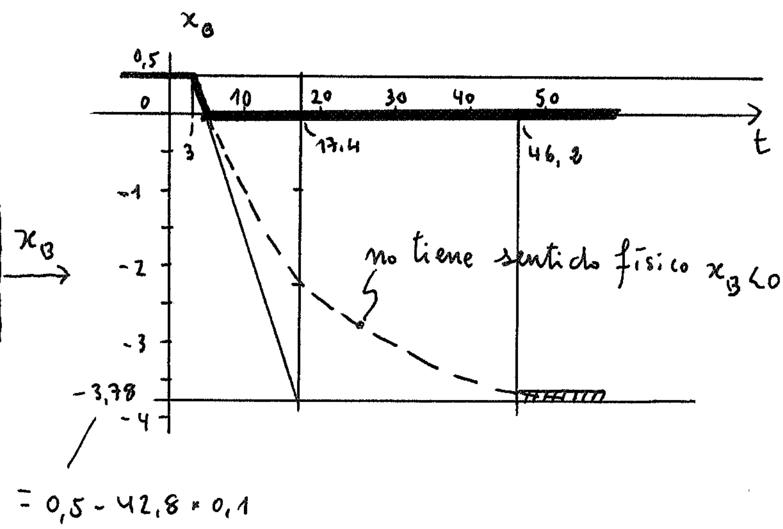




2º)







3º) FDT $R' \longrightarrow x_D$

$$K = \frac{98,11 - 96}{0,98 - 0,885} = 22,2$$

$T = 1\,m$

τ) $(98,11 - 96) \cdot 0,632 + 96 = 97,3 \longrightarrow t = 16,5$

$\therefore \tau = 16,5 - 1 = 15,5\,m$

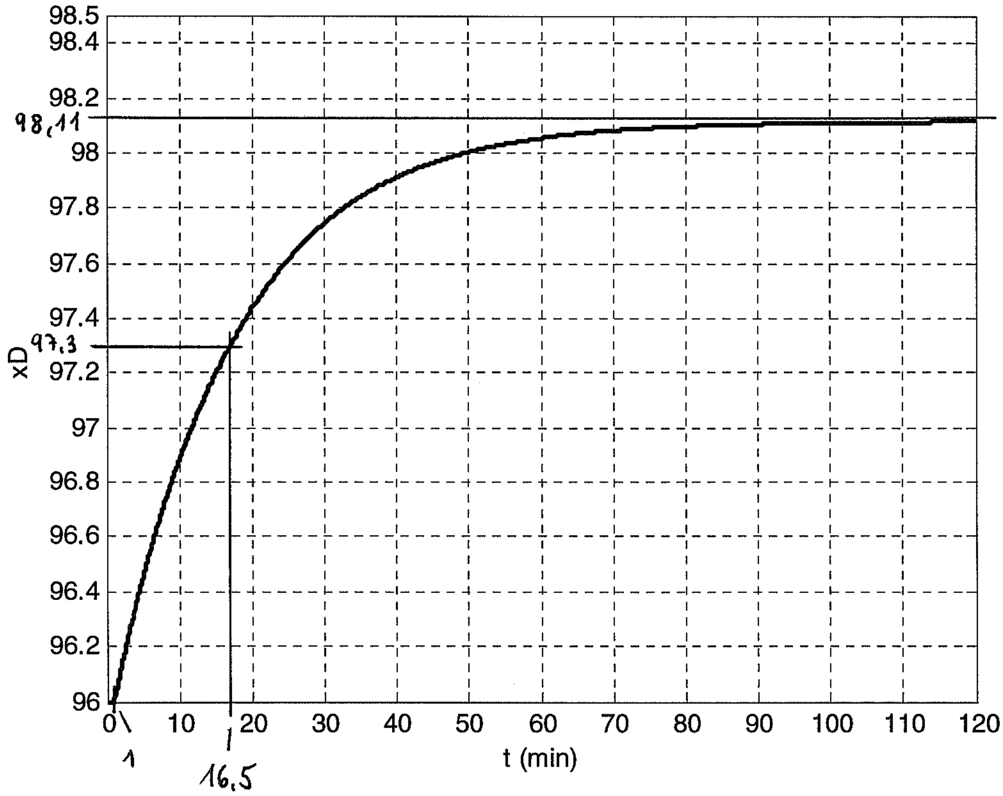
luego

$$G(s) = \frac{22,2}{1 + 15,5 \cdot s} e^{-s}$$

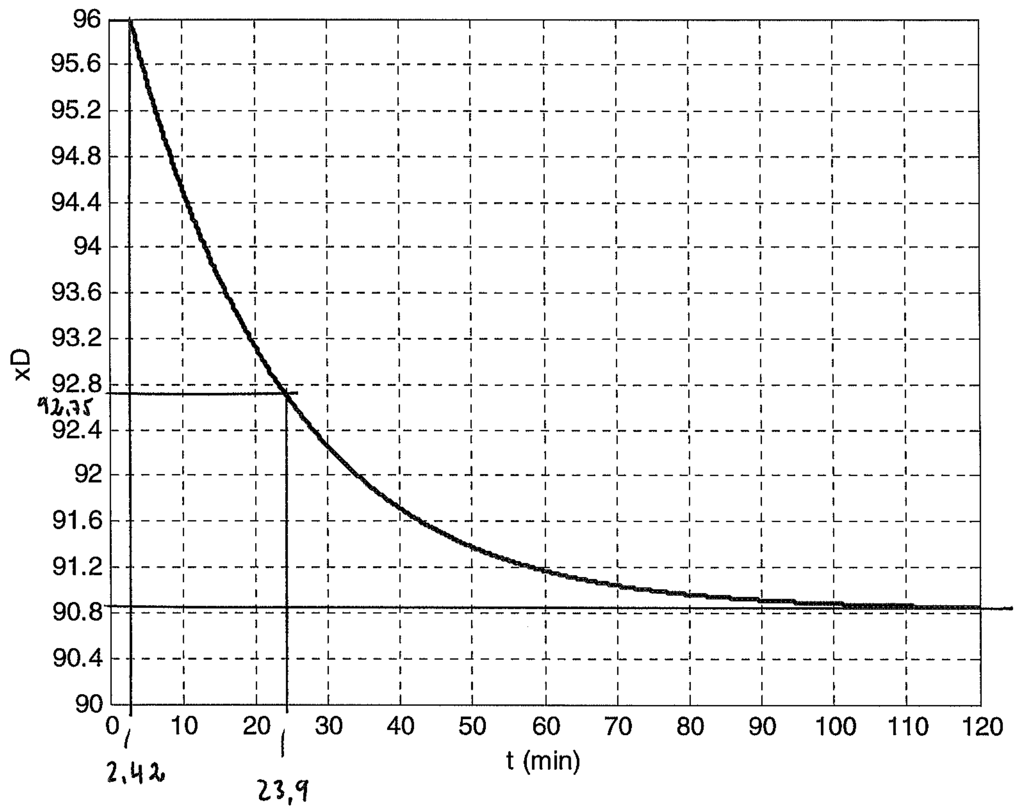
Nombre: Número: Especialidad:

1'

Estando el proceso en CNO, se incrementa R' hasta 0.98 kg/min, obteniéndose la siguiente respuesta:



Estando el proceso en CNO, se incrementa S' hasta 0.90 kg/min, obteniéndose la siguiente respuesta:



FDT $S' \rightarrow x_D$

$$K = \frac{90,85 - 96}{0,90 - 0,776} = -41,5$$

$T = 2,42$ m

$\tau)$ $(90,85 - 96)\,0,632 + 96 = 92,75 \rightarrow t = 23,9$ m

" $\tau = 23,9 - 2,42 = 21,5$ m

luego

$$G(s) = \frac{-41,5}{1 + 21,5 \cdot s}\, e^{-2,42\,s}$$

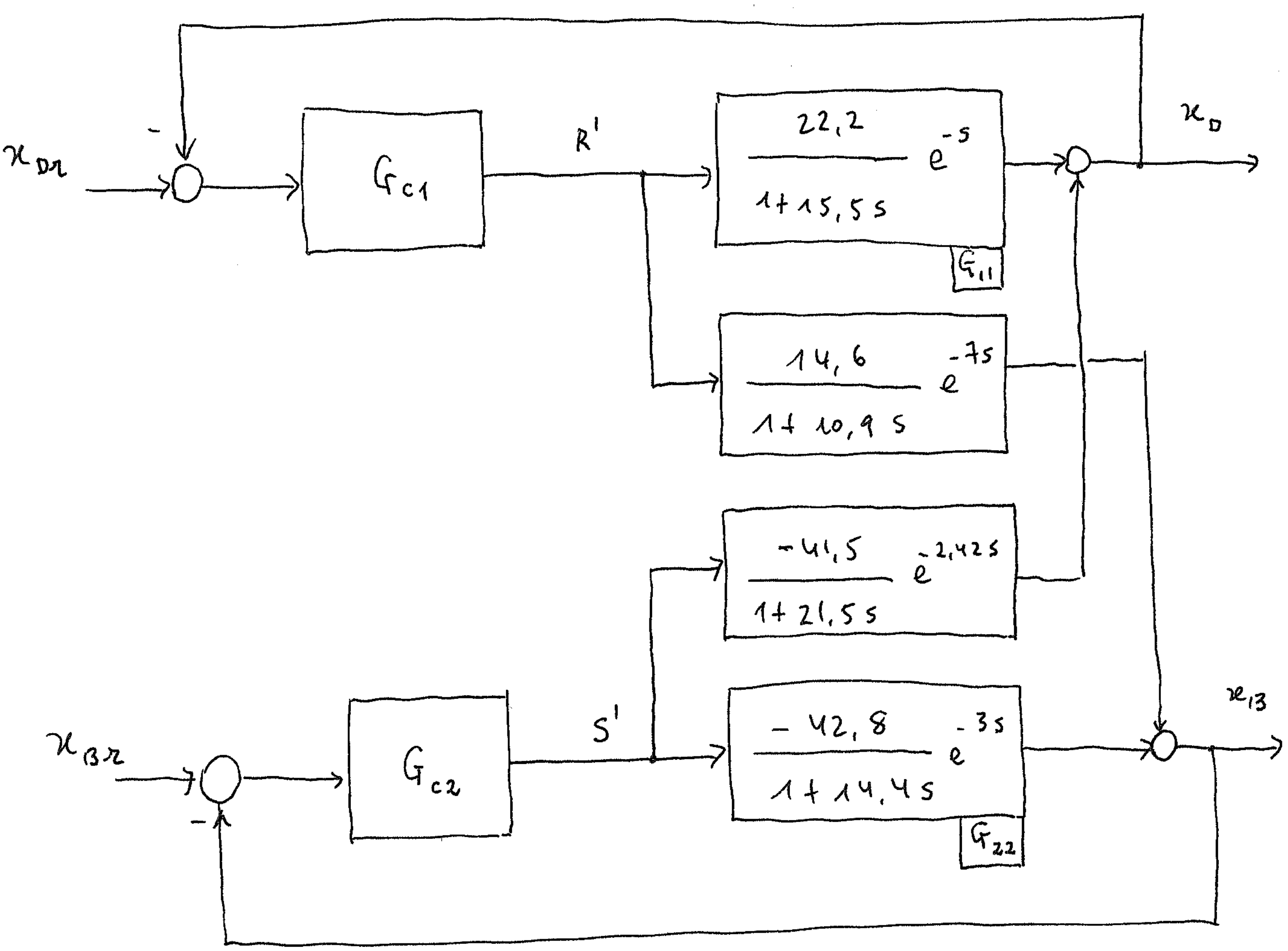
Luego:

$$G(s) = \begin{array}{c|cc} & R' & S' \\ \hline x_D & \dfrac{22,2}{1+15,5\,s}\, e^{-s} & \dfrac{-41,5}{1+21,5\,s}\, e^{-2,42\,s} \\ x_B & \dfrac{14,6}{1+10,9\,s}\, e^{-7s} & \dfrac{-42,8}{1+14,4\,s}\, e^{-3s} \end{array}$$

$$K = \begin{bmatrix} 22,2 & -41,5 \\ 14,6 & -42,8 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{11} = \frac{1}{1 - \dfrac{14,6\,(-41,5)}{22,2\,(-42,8)}} = 2,76 \quad " \quad \Lambda = \begin{bmatrix} 2,76 & -1,76 \\ -1,76 & 2,76 \end{bmatrix}$$

Emparejamientos $\begin{cases} R' - x_D \\ S' - x_B \end{cases}$



Dinámicas similares de G_{11} y G_{22} $\Rightarrow$ 3ª regla de McAvoy

G_{c1} $\quad \frac{T}{\tau} = \frac{1}{15,5} = 0,0645 < 0,1$ no vale Z-N, usamos LDR

$$G_{11}(s) = \frac{22,2}{1+15,5s} e^{-s} = \frac{1,43}{s+0,0645} \cancel{e^{-s}}$$

Reg PI : cero en $-0,0645$

$1,43 \cdot K_{c1} = 0,129 \;\;\therefore\;\; K_{c1} = 0,0902$

$$\therefore \boxed{G_{c1} = 0,0902\left(1 + \frac{1}{15,5s}\right)}$$

G_{c2})

$$\frac{T}{\tau} = \frac{3}{14{,}4} = 0{,}208 \quad \text{vale Z-N}$$

$$K_c = \frac{0{,}9}{\frac{K_p}{\tau}\cdot T} = \frac{0{,}9}{\frac{-42{,}8}{14{,}4}\cdot 3} = -0{,}101$$

$$\Big\downarrow \times 0{,}5$$

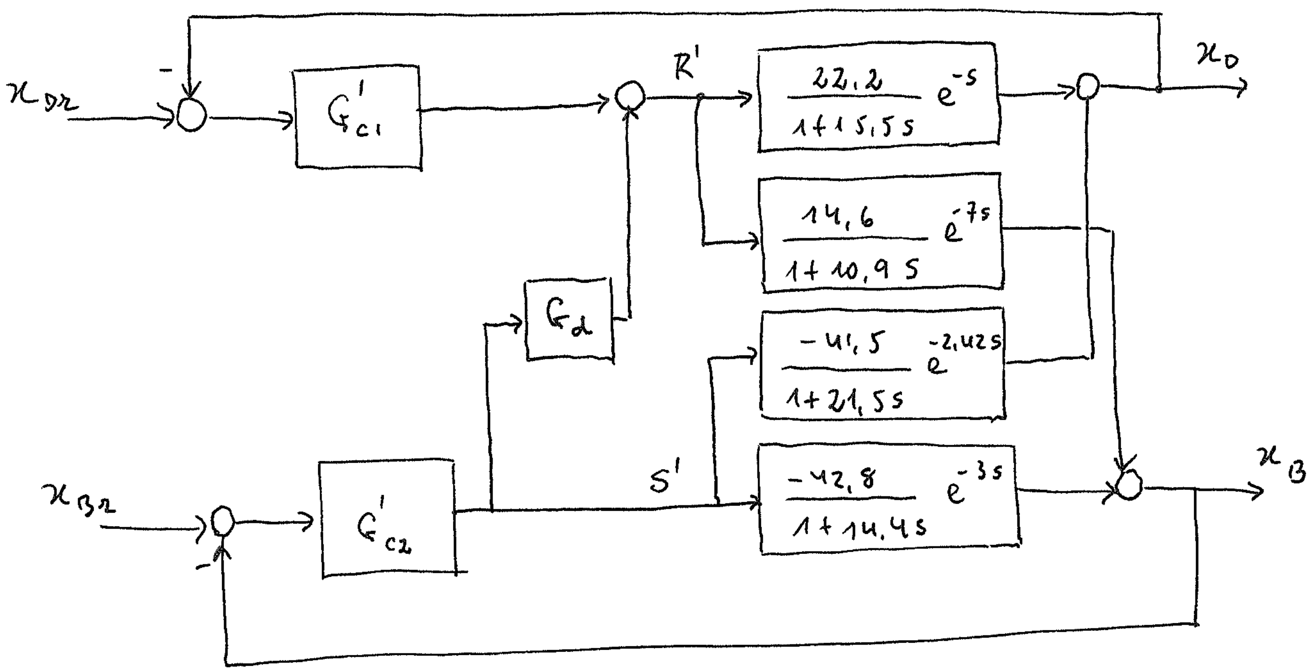
desintonizamos ($\lambda = 2{,}76$)

$$-0{,}0505$$

$$T_i = 3\cdot T = 3\cdot 3 = 9$$

$$\therefore \quad \boxed{G_{c2} = -0{,}0505\left(1+\frac{1}{9s}\right)}$$

4º) Desacoplar x_D de x_{Br}



$$G_d \cdot \frac{22{,}2}{1+15{,}5s}\, e^{-s} + \frac{-41{,}5}{1+21{,}5s}\, e^{-2{,}42s} = 0 \quad \therefore \quad \boxed{G_d = 1{,}87\, \frac{1+15{,}5\cdot s}{1+21{,}5\, s}\, e^{-1{,}41s}}$$

G'_{c1}

$$G'_{c1} = G_{c1} = 0{,}0902\left(1+\frac{1}{15{,}5s}\right)$$

G'_{c2}

$$G'_{22} = \lambda^{-1}(s)\,G_{22}(s) \simeq 0{,}362\,\frac{-42{,}8}{1+14{,}4s}\,e^{-3s}$$

suponiendo $\lambda^{-1}(s) = cte = \lambda^{-1}(0) = 0{,}362$

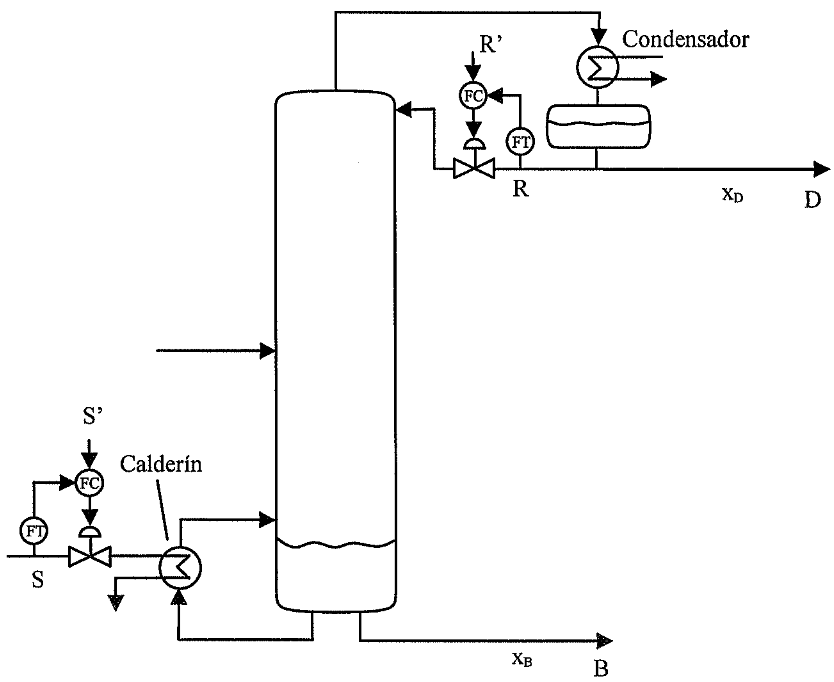
$$\boxed{G'_{c2}} = \frac{-0{,}0505}{0{,}362}\left(1+\frac{1}{9s}\right) = \boxed{-0{,}140\left(1+\frac{1}{9s}\right)}$$

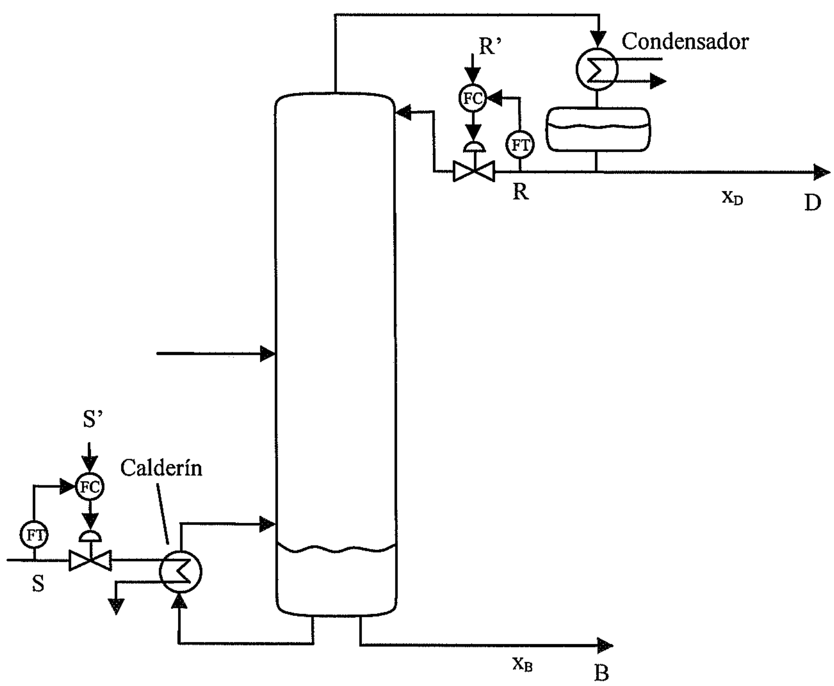
Los reguladores calculados valen sólo como 1as iteraciones. Al simular el s^{a} se observa que la ganancia de G'_{c1} s demasiado baja y la de G'_{c2} demasiado alta (la suposición de $\lambda^{-1}(s) = cte = \lambda^{-1}(0)$ es excesiva).

Nombre: Número: Especialidad:

<u>Cuestión 2</u> (2 puntos) (para Construcción, Máquinas, Materiales, Química, T. Energéticas, Ing. Química)

Obtener los diagrama de tuberías e instrumentos (P&ID) de los controles de los apartados 3 y 4 del problema y los diagramas Simulink que permiten simularlos





Nombre: Número: Especialidad:

Cuestión 2 (2 puntos) (para Construcción, Máquinas, Materiales, Química, T. Energéticas, Ing. Química)

Obtener los diagrama de tuberías e instrumentos (P&ID) de los controles de los apartados 3 y 4 del problema y los diagramas Simulink que permiten simularlos