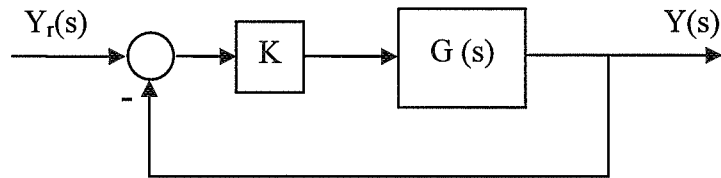


Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)
Construcción, Máquinas, Materiales, Organización, Química, T. Energéticas,
Fabricación, Ing. Química

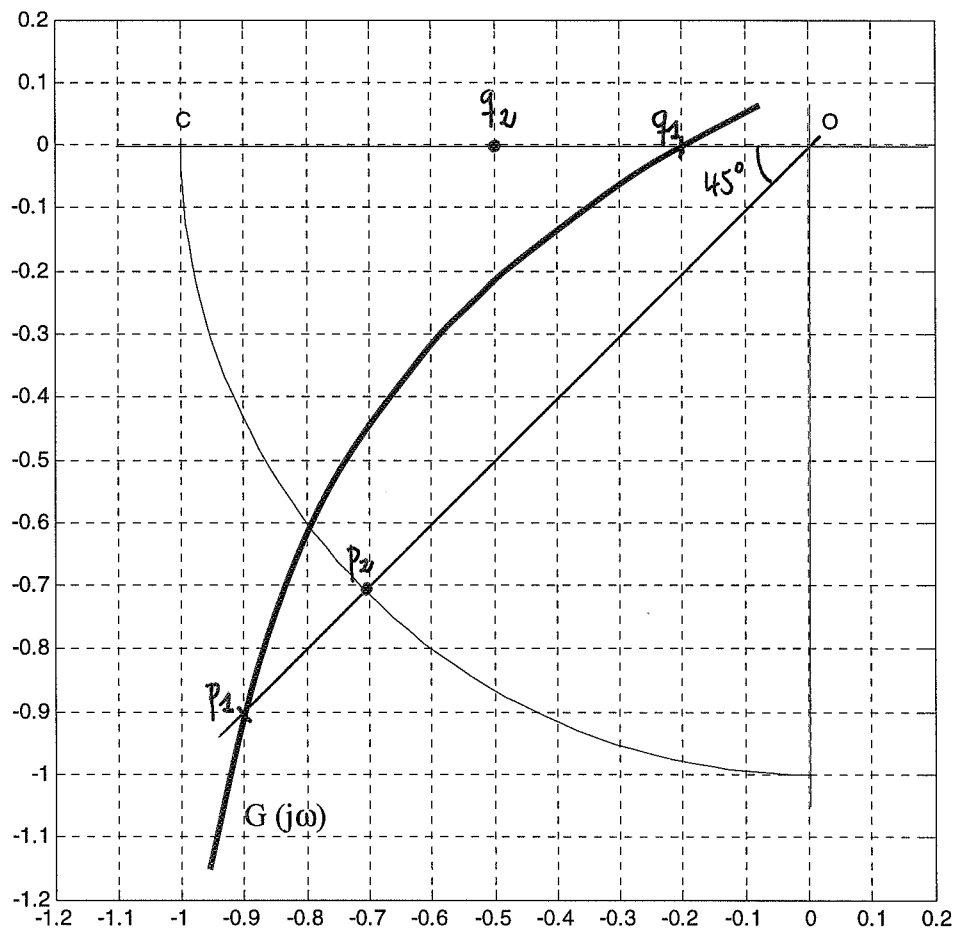
Examen final, 12-6-2008 (Preacta: 26-6-08, Revisión: 4-7-08)

Cuestión 1 (2 puntos)

Sea el bucle:



donde $G(j\omega)$ tiene el siguiente trazado polar:



Se pide:

1. Obtener el rango de valores de K que hacen estable el bucle
2. Obtener el valor de K que da $K_g = 2$
3. Obtener el valor de K que da $\gamma = 45^\circ$

El Teor. de Bode es aplicable porque:

- No hay polos en el semipl. positivo cerrado, salvo un polo en el origen
- $G(s)$ es strict. propia, pues tiende al origen para $\omega \rightarrow \infty$
- $G(j\omega)$ corta una sola vez a la circunf. unidad y al eje horiz. negativo

1º) Homotecia que lleve q_1 a C :

$$K \cdot \overline{Oq_1} = \overline{Oc} \quad \text{"} \quad K \cdot 0.2 = 1 \quad \text{"} \quad K = \frac{1}{0.2} = 5$$

Para $0 < K < 5$ se cumple $|G(j\omega_p)| < 1$

" S^- estable para $0 < K < 5$

2º) $K_g = 2 = \frac{1}{\overline{Oq_2}} \quad \text{"} \quad \overline{Oq_2} = \frac{1}{2} = 0.5 \quad \text{"} \quad q_2 = (-0.5, 0)$

Homotecia que lleve q_1 a q_2 :

$$K \cdot \overline{Oq_1} = \overline{Oq_2} \quad \text{"} \quad K \cdot 0.2 = 0.5 \quad \text{"} \quad \underline{K = 2.5}$$

3º) Homotecia que lleve el punto p_1 al p_2 :

$$K \cdot \overline{Op_1} = \overline{Op_2}$$

$$\overline{Op_1} = 0.9\sqrt{2}$$

$$\overline{Op_2} = 1$$

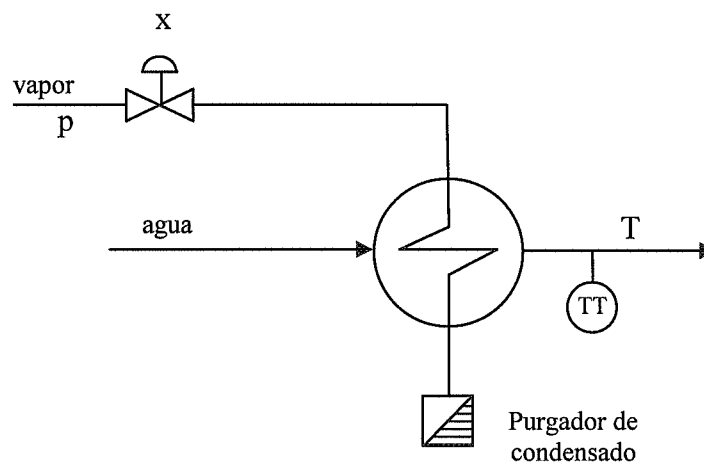
$$\text{"} \quad K \cdot 0.9\sqrt{2} = 1 \quad \text{"} \quad \underline{K = \frac{1}{0.9\sqrt{2}} = 0.786}$$

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

Examen final, 12-6-2008 (Preacta: 26-6-08, Revisión. 4-7-08)

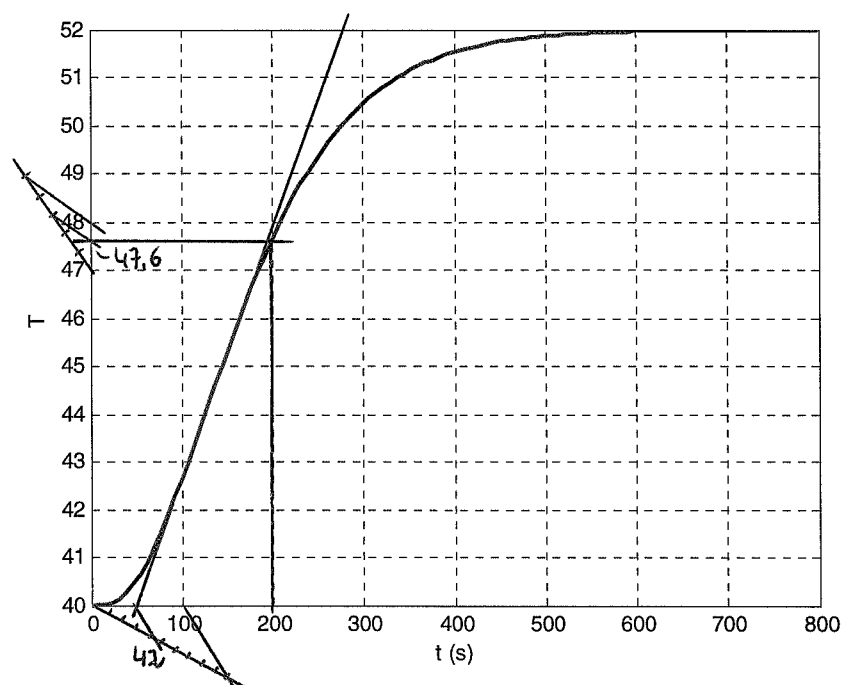
Problema 1 (3 puntos)

La figura representa un intercambiador de calor que calienta agua mediante vapor a condensación:

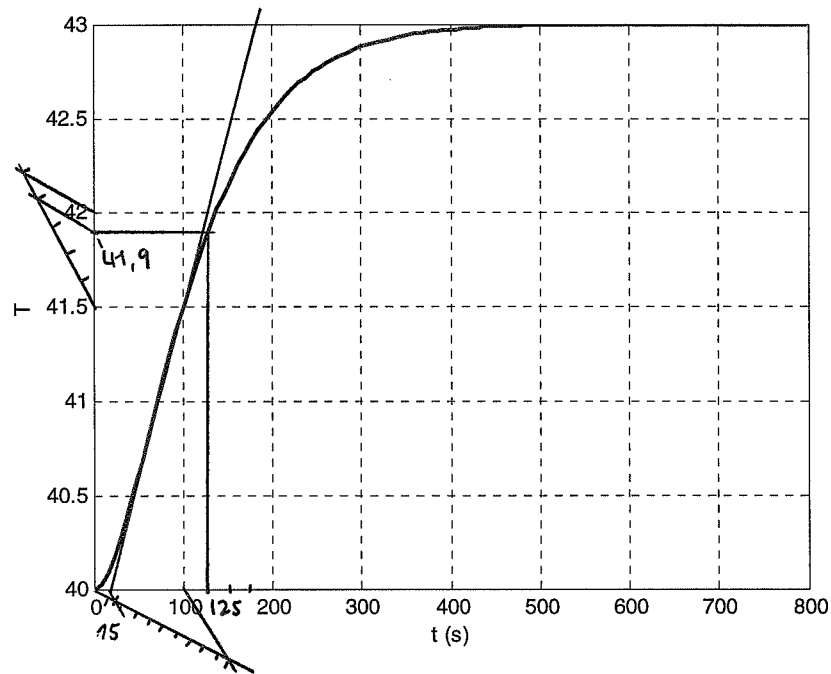


La variable manipulada del proceso es la posición x del vástago de la válvula; la variable controlada es la temperatura T de salida del agua. La presión p de vapor actúa como perturbación.

Estando el sistema en equilibrio, si se abre bruscamente la válvula del 20% al 40%, se obtiene la siguiente evolución de T :



Estando el sistema en el mismo punto de equilibrio antes mencionado, si se modifica bruscamente la presión desde 30 a 35 unidades, se obtiene la siguiente evolución de T:



Se pide:

Realizar un control por prealimentación y realimentación simple

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

$$K_R = \frac{1.2 T_a}{K_C T_u} \quad T_i = 2 T_u \quad T_d = \frac{T_u}{2}, \text{ notación Organiz.-Fabricac.}$$

$$K_c = \frac{1.2}{T \frac{K_p}{\tau}} \quad T_i = 2 T \quad T_d = \frac{T}{2}, \text{ notación resto especialidades}$$

$G_p)$

$T = 42$

$$y(T+z) = 0,632(52-40) + 40 = 47,6 \xrightarrow{\text{gráfica}} T+z = 200, z=158$$

$$K_p = \frac{52-40}{40-20} = \frac{12}{20} = 0,6$$

$$G_p = \frac{0,6}{1+158s} e^{-42s}$$

 $G_d)$

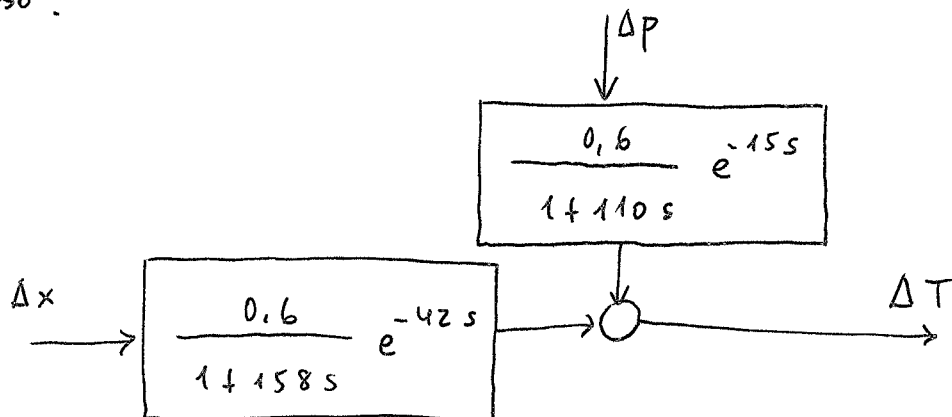
$T = 15$

$$y(T+z) = 0,632(43-40) + 40 = 41,9 \xrightarrow{\text{gráf.}} T+z = 125, z=110$$

$$K_d = \frac{43-40}{35-30} = \frac{3}{5} = 0,6$$

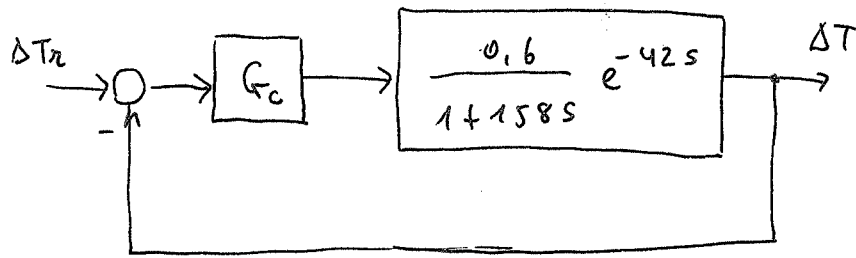
$$G_d = \frac{0,6}{1+110s} e^{-15s}$$

Proceso:



(2)

Realimentación :



$$\frac{T}{\tau} = \frac{42}{158} = 0,266 \text{ ,, } z-N \text{ válido}$$

$$K_c = \frac{1,2}{42 \cdot \frac{0,6}{158}} = 7,52$$

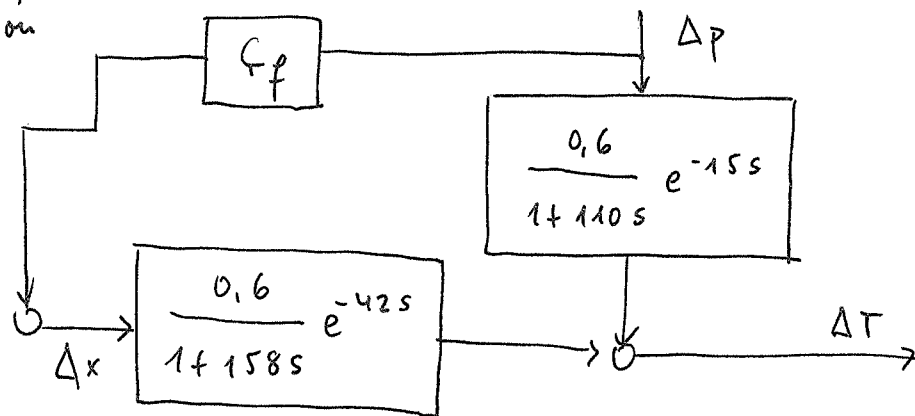
$$T_i = 2 \cdot 42 = 84$$

$$T_d = \frac{42}{2} = 21$$

$$\tau_d = 10$$

$$G_c = 7,52 \left(1 + \frac{1}{84s} + \frac{21s}{1+10s} \right)$$

Prealimentación

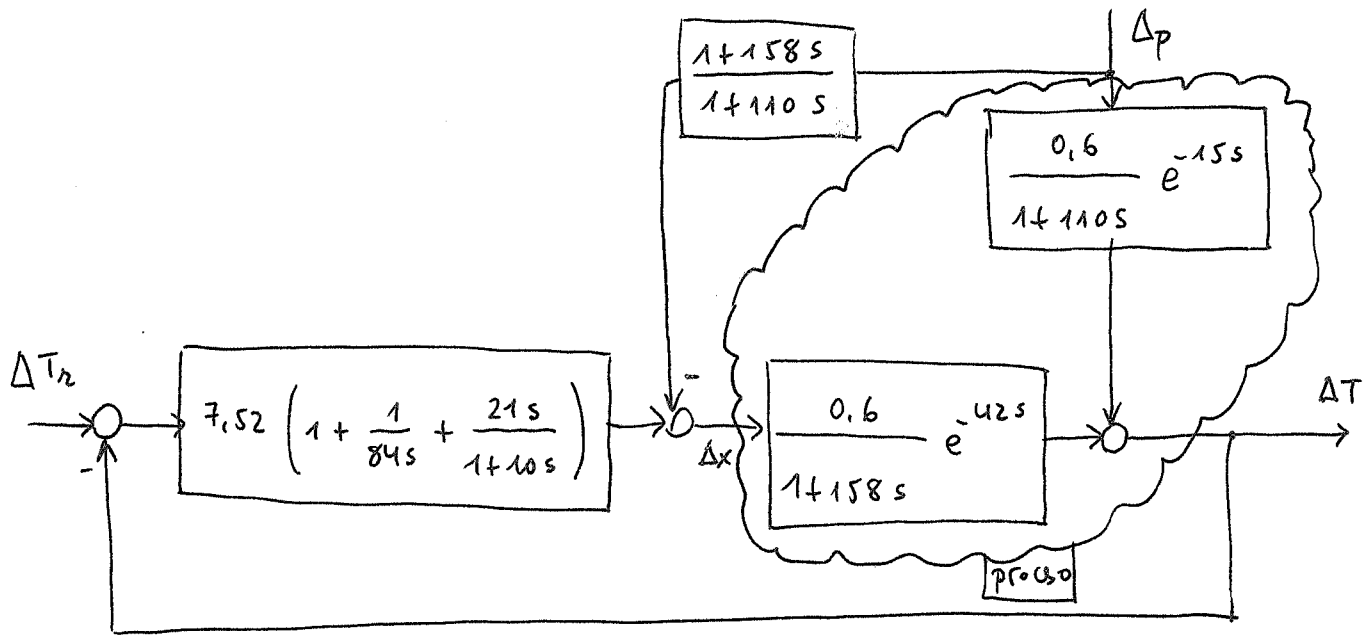


$$G_f \cdot \frac{0,6}{1+158s} e^{-42s} + \frac{0,6}{1+110s} e^{-15s} = 0$$

$$\text{,, } G_f = - \frac{1+158s}{1+110s} e^{-(15-42)s} = - \frac{1+158s}{1+110s} e^{27s} \text{ / No implementable}$$

$$\sim - \frac{1+158s}{1+110s}$$

(3)



Cuestión 2 (2 puntos)

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

Obtener el diagrama de tuberías e instrumentos (P&ID) del control del Problema 1 y el diagrama Simulink que permite simularlo

Cuestión 2 (2 puntos)

(para Organización y Fabricación)

Dados los sistemas discretos definidos por:

$$G_1(z) = \frac{z^2}{z^2 - 1.7726z + 0.81}$$

$$G_2(z) = \frac{z^2}{z^2 - 1.6914z + 0.81}$$

$$G_3(z) = \frac{z^2}{z^2 - 1.3786z + 0.49}$$

$$G_4(z) = \frac{z^2}{z^2 - 1.1212z + 0.49}$$

ordenarlos en orden decreciente según:

- a) n_p
- b) n_s
- c) M_p

Solución Cuestión 2

P&ID

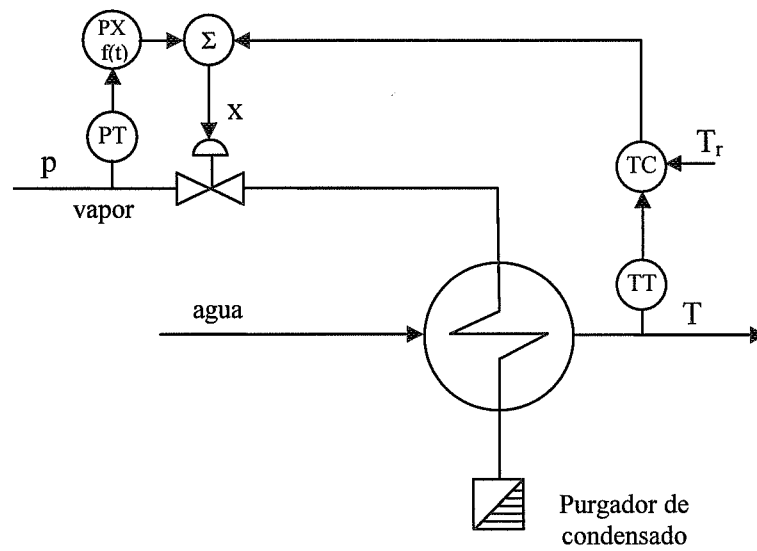
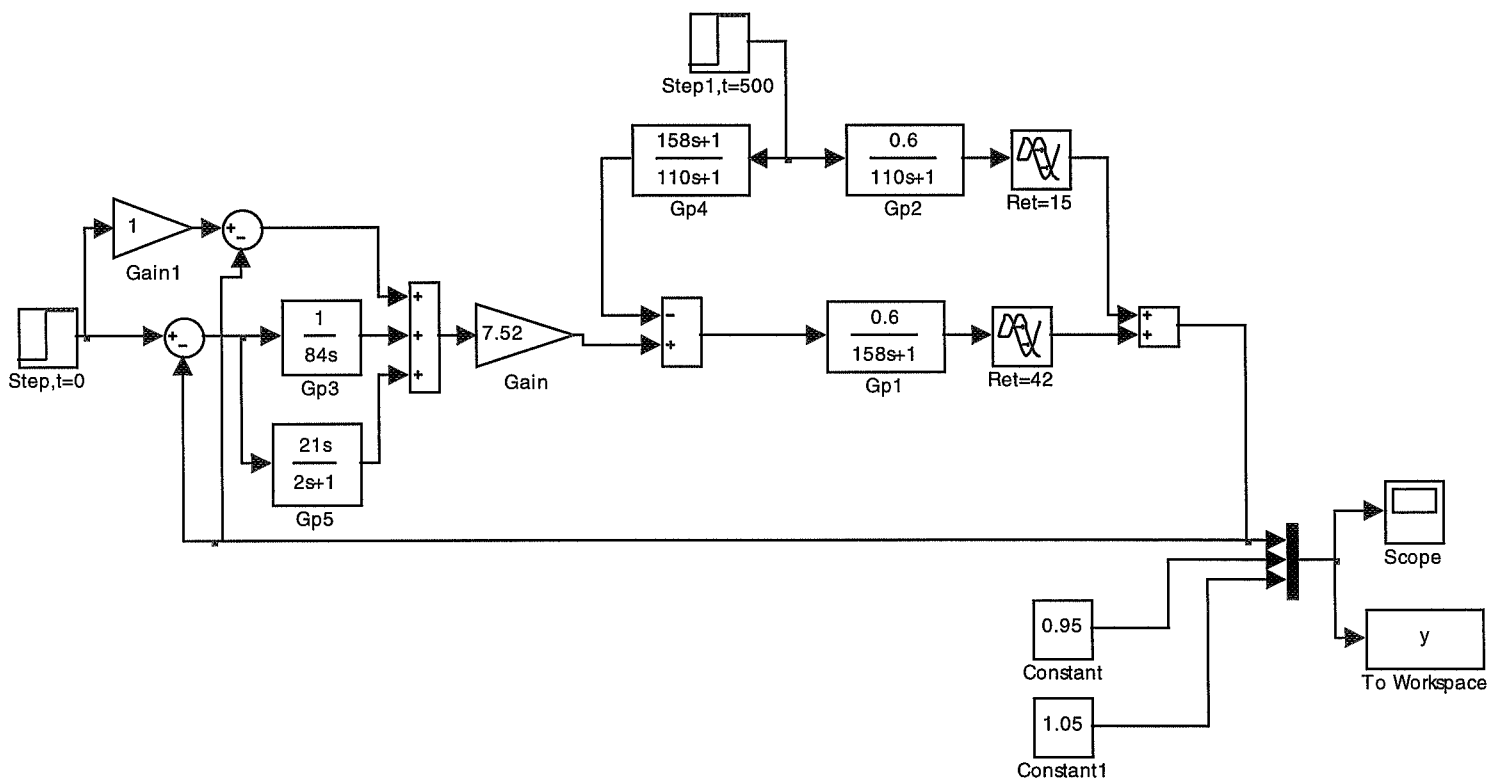
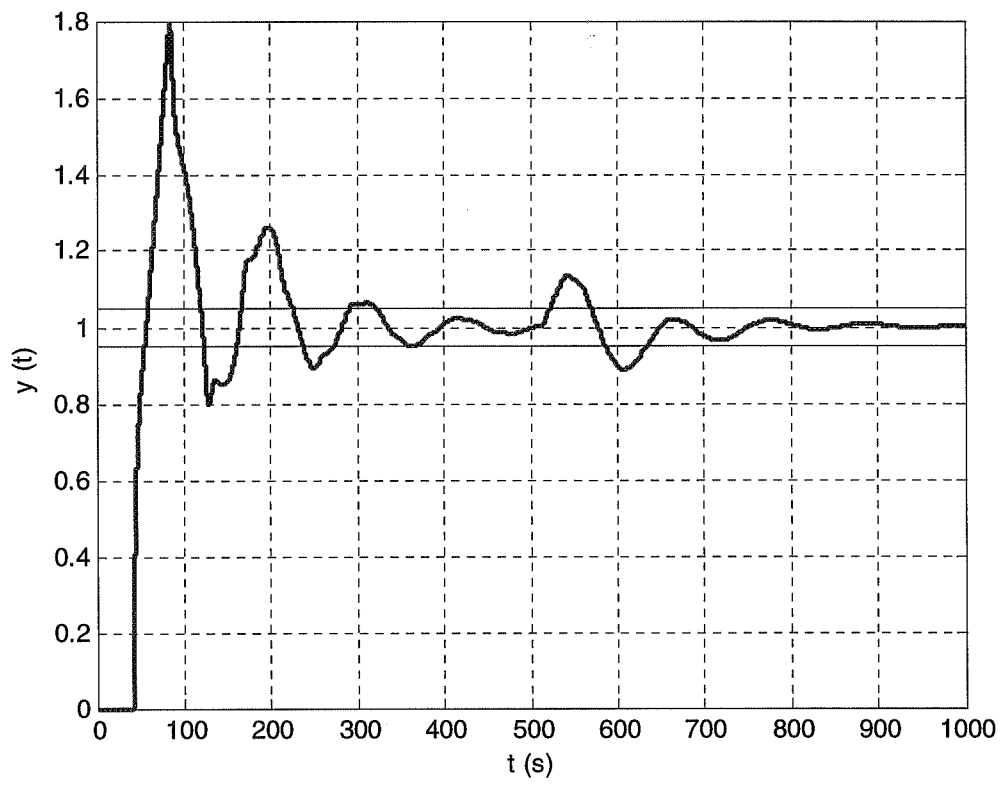


Diagrama Simulink





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

Examen final, 12-6-2008 (Preacta: 26-6-08, Revisión. 4-7-08)

Problema 2 (2.5 puntos)

Dado el sistema multivariable descrito por la matriz de funciones de transferencia:

$$G(s) = \begin{pmatrix} \frac{0.8}{1+4s} e^{-1.5s} & \frac{0.9}{1+15s} e^{-0.5s} \\ \frac{2}{1+2s} e^{-s} & \frac{0.2}{1+12s} e^{-0.8s} \end{pmatrix}$$

Se pide:

- a) Determinar los emparejamientos óptimos para su control
- b) Ajustar los controladores PI

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

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

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

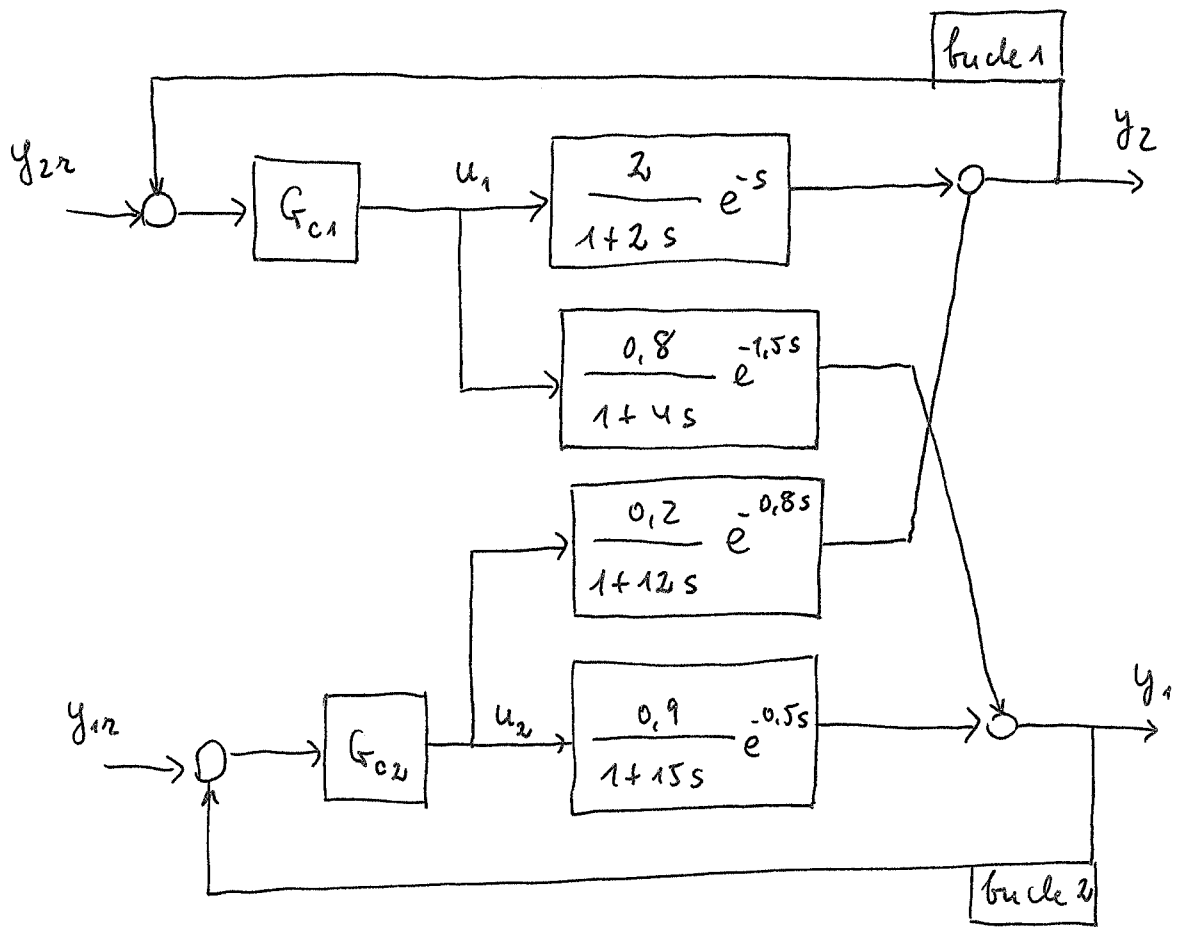
$$K_c = \frac{0.9}{T \frac{K_p}{\tau}} \quad T_i = 3T \quad \text{notación resto especialidades}$$

$$a) \quad K = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,9 \\ 2 & 0,2 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \frac{1}{1 - \frac{2 \cdot 0,9}{0,8 \cdot 0,2}} = -0,0976$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0,0976 & 1,1 \\ 1,1 & -0,0976 \end{bmatrix} \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \end{matrix}$$

$$\text{Emparejamiento} \begin{cases} u_1 - y_2 \\ u_2 - y_1 \end{cases}$$



b) Aplicaremos la 1ª regla de McAvoy al bucle 1 y la 2ª al bucle 2 porque:

El bucle 1 es considerable más rápido que el 2

$$\gamma \quad \lambda(s) = \lambda(0)$$

(2)

 G_{c1}

Bucle rápido (1ª regla)

$$\frac{T}{\bar{z}} = \frac{1}{2} = 0,5 \quad \text{" vale } z = N$$

$$K_c = \frac{0,9}{1 + \frac{2}{2}} = 0,9$$

$$T_i = 3 \cdot 1 = 3$$

$$G_{c1} = 0,9 \left(1 + \frac{1}{3s} \right)$$

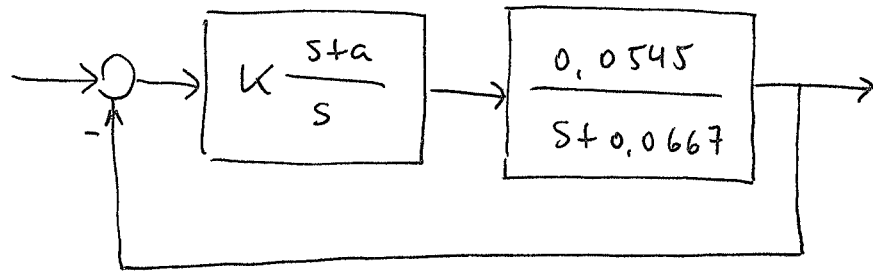
 G_{c2}

Bucle lento (2ª regla)

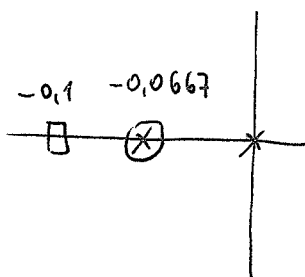
$$\frac{T}{\bar{z}} = \frac{0,5}{15} = 0,0333 < 0,1 \quad \text{no vale } z = N$$

$$G' = \frac{0,9}{1 + 15s} e^{-0,5s} \stackrel{\lambda^{-1}}{1,1^{-1}} = \frac{0,818}{1 + 15s} e^{-0,5s}$$

Despreciamos el retardo y ajustamos el PI por el LDR



$$a = 0,0667$$



Crit. módulo:

$$0,0545 K = 0,1 \quad \text{" } K = 1,83$$

$$G_{c2} = 1,83 \frac{s+0,667}{s} = 1,83 \left(1 + \frac{1}{15s} \right)$$