

Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)

Examen final, 25-6-09

Preacta: 8-7-09 (salvo parte Automática Construcción y Energéticos: 2-7-09)
Revisión: 14-7-09 (salvo parte Automática Construcción y Energéticos: 9-7-09)

Cuestión 1 (3 puntos)

- a) Cree la función de transferencia de un sistema sin ceros, un polo en el origen y otros tres polos en el semiplano izquierdo.
- Trace un boceto de un diagrama polar que pueda corresponder a tal sistema.
 - Detalle las zonas inicial y final del diagrama y el punto crítico (límite de estabilidad)
- b) Considere ahora que la función de transferencia de ese sistema se corresponde exactamente con la llamada función de transferencia del lazo abierto (FTLA) de un sistema de control realimentado (SCR).
- Represente sobre su boceto la forma de evaluar los márgenes de estabilidad.
 - ¿Será estable el SCR cuya FTLA es igual a la propuesta por usted? Justifique su respuesta valiéndose tanto de los márgenes de estabilidad como de un boceto del Lugar (Trazado) de Nyquist.

Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)

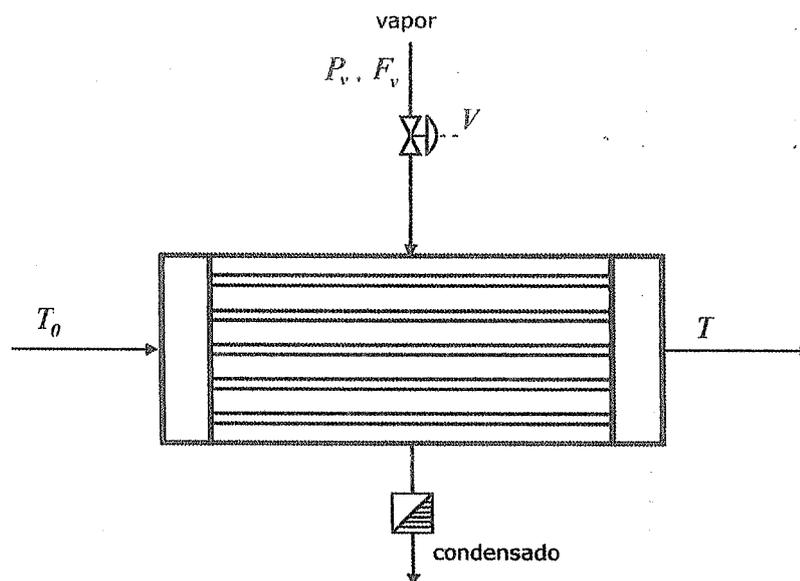
Examen final, 25-6-09

Preacta: 8-7-09 (salvo parte Automática Construcción y Energéticos: 2-7-09)

Revisión: 14-7-09 (salvo parte Automática Construcción y Energéticos: 9-7-09)

Cuestión 2 (4 puntos)

Consideremos el ejemplo de un intercambiador de calor con vapor a condensación cuyo esquema se muestra:



- El agua ingresa con una temperatura T_0 sujeta a fluctuaciones y se desea que a la salida la temperatura sea constante e igual a T .
- El suministro de vapor es perturbado debido a la presencia de otros procesos que lo consumen además de este intercambiador.

Se pide:

- Identifique en el proceso las variables de entrada, de perturbación, auxiliares y de salida, así como las funciones de transferencia relevantes al proceso que las relacionan
NOTA: las funciones de transferencia se identificarán con un nombre, especificando la relación matemática de las variables implicadas en su definición
- Diseñe un esquema de control regulatorio básico al que se añada control avanzado.

Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)

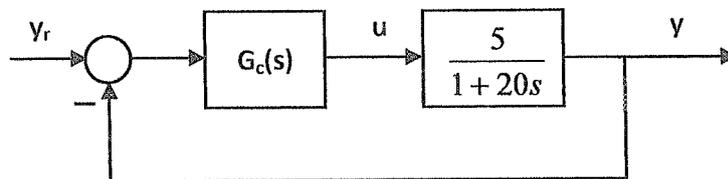
Examen final, 25-6-09

Preacta: 8-7-09 (salvo parte de Automática Construcción y Energéticos: 2-7-09)

Revisión: 14-7-09 (salvo parte de Automática Construcción y Energéticos: 9-7-09)

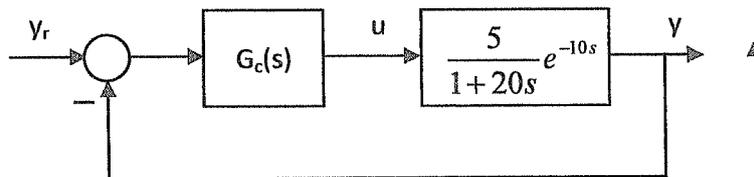
Cuestión 3 (3 puntos) sólo para Máquina, Materiales, Química, Ing. Química

- Obtener el diagrama de tuberías e instrumentos de la Cuestión 2
- Dado el bucle de la figura



Obtener los parámetros de un regulador PI que dé en cadena cerrada una velocidad de respuesta similar a la del proceso en cadena abierta. Analizar la estabilidad relativa del bucle en base al parámetro de robustez M_s

- Dado el bucle de la figura



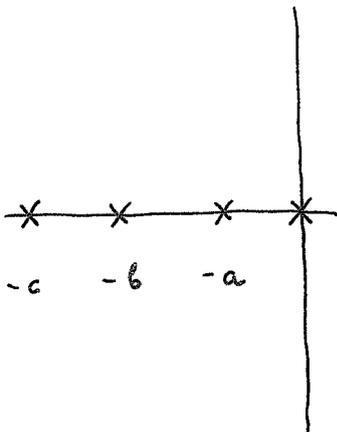
Obtener los parámetros de un regulador PI por el método de Ziegler-Nichols de cadena cerrada

Nota $K_c = 0.45K_u$

$$T_i = \frac{P_u}{2}$$

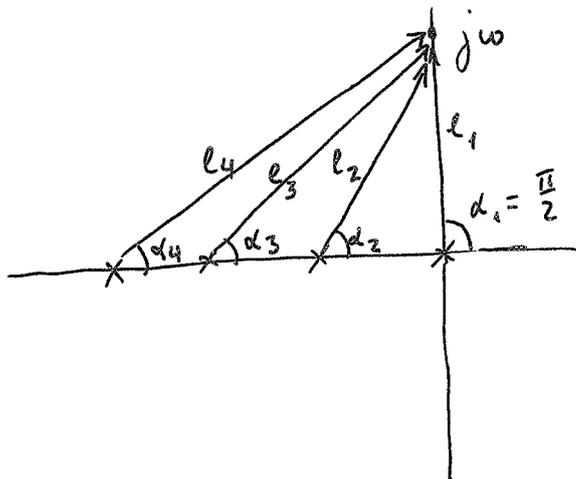
Question 1

a)



$$G(s) = \frac{K}{s(s+a)(s+b)(s+c)}$$

$$G(j\omega) = \frac{K}{j\omega(j\omega+a)(j\omega+b)(j\omega+c)}$$



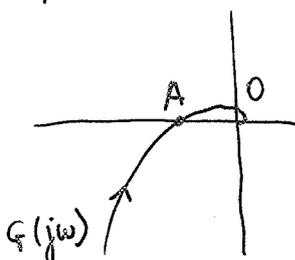
$$|G(j\omega)| = \frac{K}{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 \cdot l_4}$$

$$\angle G(j\omega) = -\left(\frac{\pi}{2} + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4\right)$$

$$\omega \rightarrow 0 \begin{cases} |G(j\omega)| \rightarrow \infty \\ \angle G(j\omega) \rightarrow -\frac{\pi}{2} \end{cases} \quad \omega \rightarrow \infty \begin{cases} |G(j\omega)| \rightarrow 0 \\ \angle G(j\omega) \rightarrow -\frac{\pi}{2} \cdot 4 = -2\pi \end{cases}$$

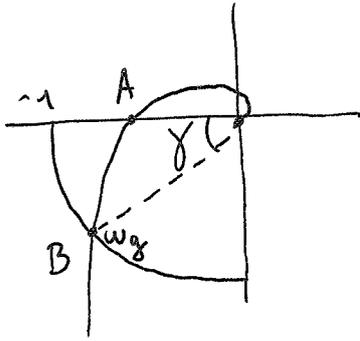
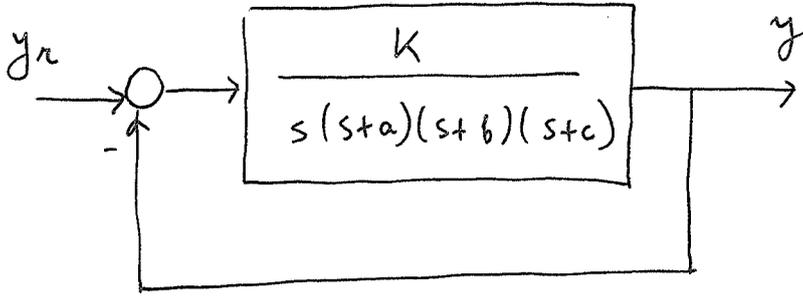
$|G(j\omega)|$ monótona decreciente
 $\angle G(j\omega)$ monóton. decrec.

Luego el trazado polar debe tener el sig. aspecto



judicando el punto crítico estar a la dcha.
 o a la izda de A

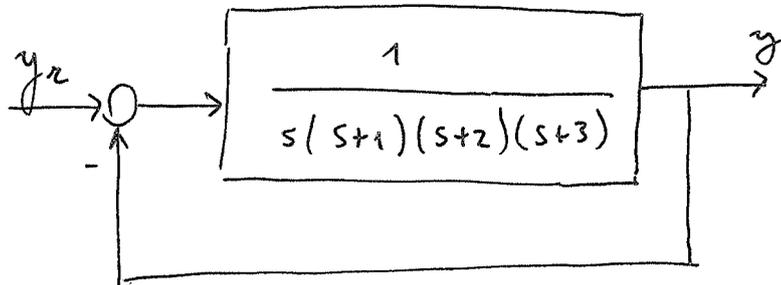
b)



$$K_g = \frac{1}{0A}$$

$$\gamma = 180 + \angle G(j\omega_g)$$

Sea $\phi \cdot e_j$.



$$G(j\omega) = \frac{1}{j\omega(j\omega+1)(j\omega+2)(j\omega+3)}$$

$$\angle G(j\omega) = -\left(\frac{\pi}{2} + \text{atg } \omega + \text{atg } \frac{\omega}{2} + \text{atg } \frac{\omega}{3}\right) = -\pi \Rightarrow \omega = 1 \text{ rad/s}$$

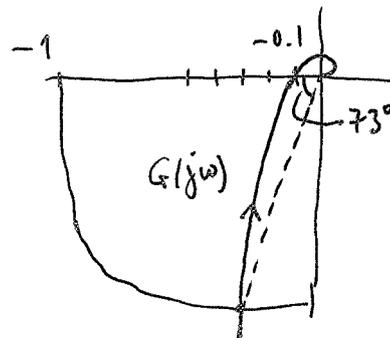
$$|G(j \cdot 1)| = 0,1$$

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{\omega \sqrt{1+\omega^2} \sqrt{4+\omega^2} \sqrt{9+\omega^2}} = 1 \Rightarrow \omega = 0,16 \text{ rad/s}$$

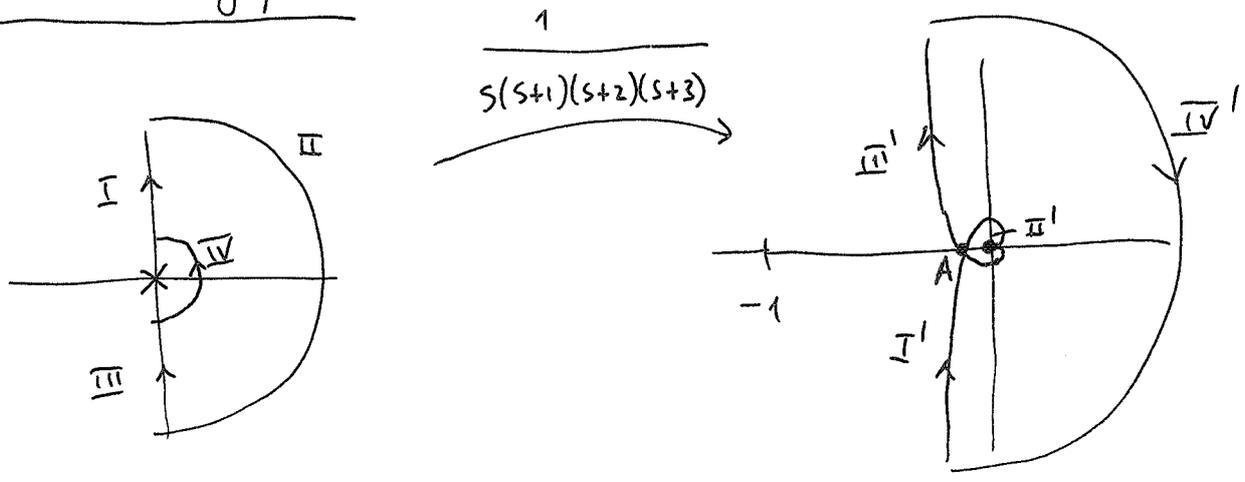
$$\angle G(j \cdot 0,16) = -107^\circ$$

Luego

$$\left\{ \begin{array}{l} K_g = \frac{1}{0,1} = 10 \\ \gamma = 180 - 107 = 73^\circ \end{array} \right.$$



Crit. de Nyquist



$\left\{ \begin{array}{l} N^\circ \text{ polos cad. ab. en semipl. droit, ab} = 0 \\ N^\circ \text{ vueltas a dcha. abz. p. crit.} = 0 \end{array} \right. \Rightarrow S^e \text{ estable}$

Crit. Nyquist simplif.

$|G(j\omega)|$ y $\angle G(j\omega)$ monóton. decrecientes

y $\left\{ \begin{array}{l} \text{punto crítico a la izda del trazado polar en } S^e \text{ de } \omega \text{ creciente} \\ \text{ó bien } K_g > 0 \text{ db } (K_g > 1) \\ \text{ó bien } \gamma > 0 \end{array} \right.$

$\Rightarrow S^e \text{ estable}$

Examen ERA, 25-6-09

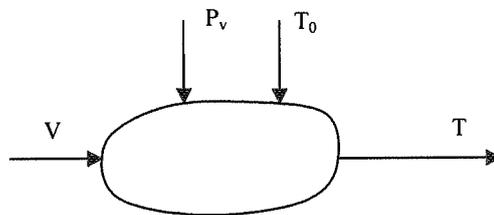
Cuestiones 2 y 3a

Proceso

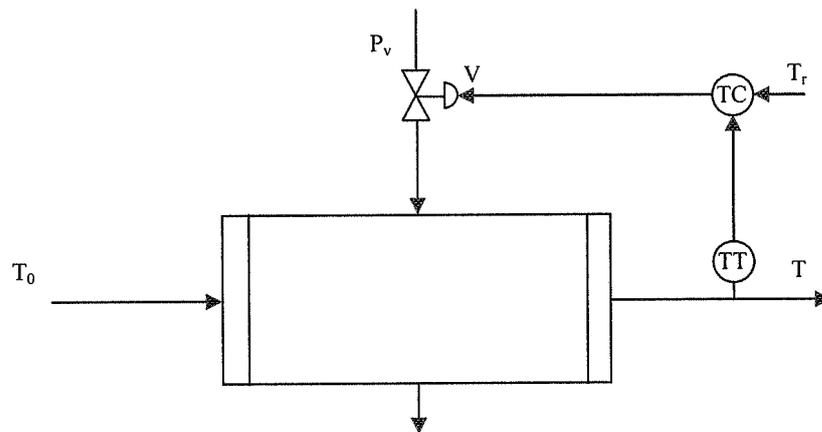
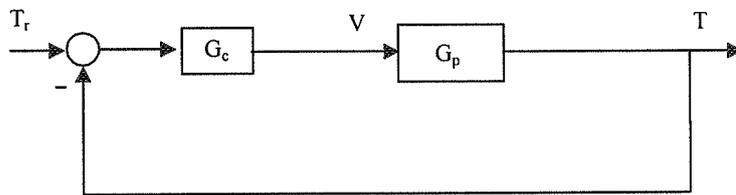
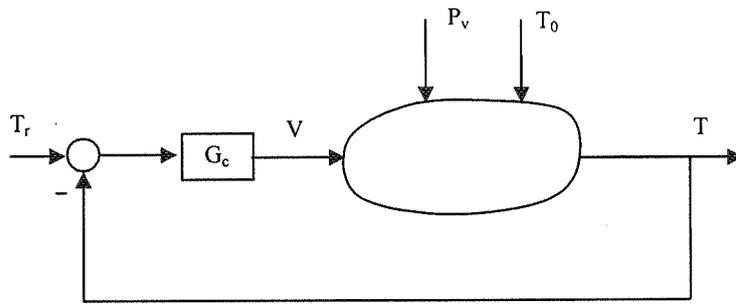
Variable de entrada, variable manipulada o variable de control: V (posición del vástago de la válvula)

Variable de salida o variable controlada: T

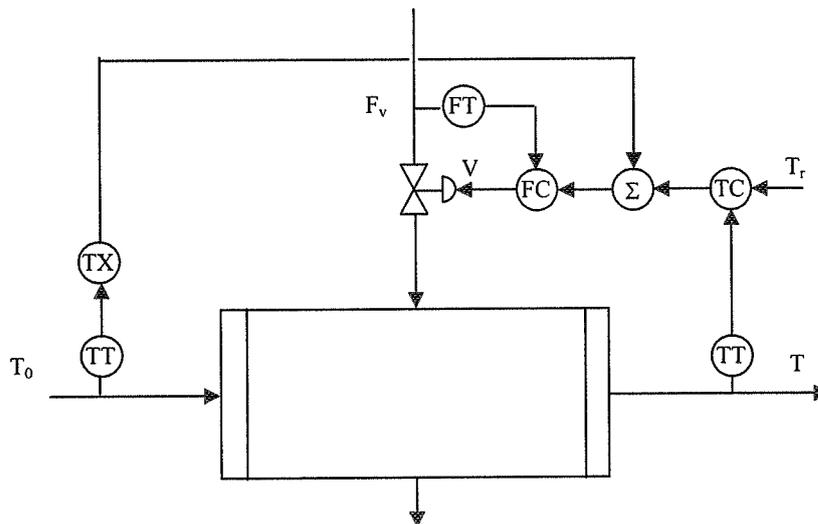
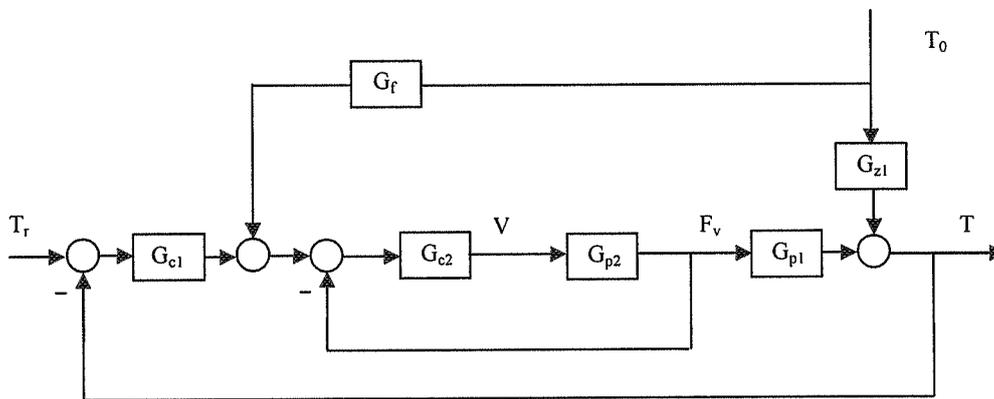
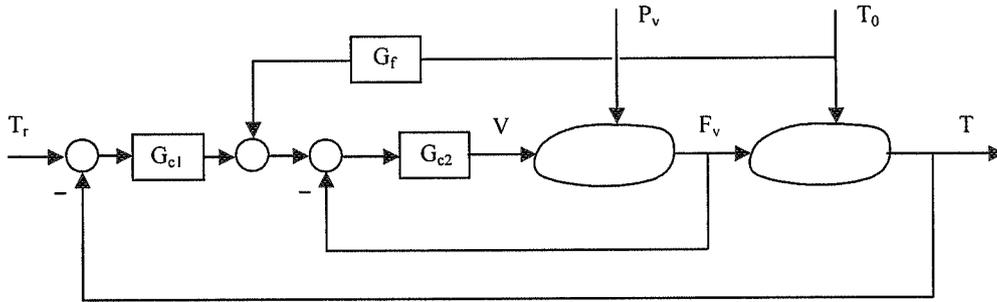
Perturbaciones: P_v , T_0



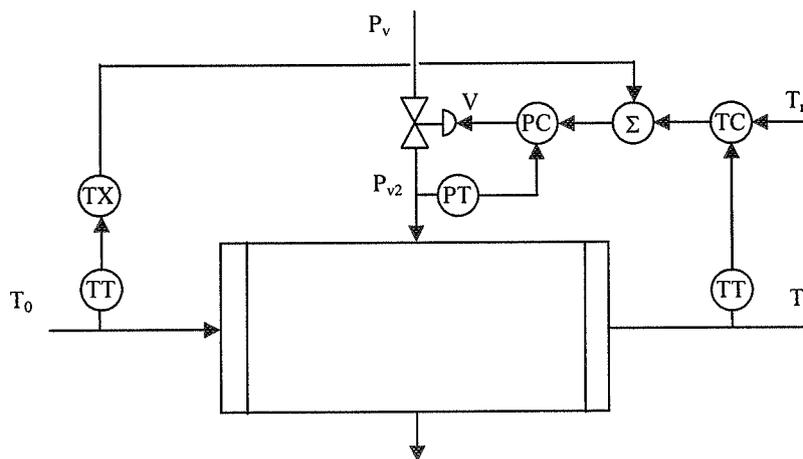
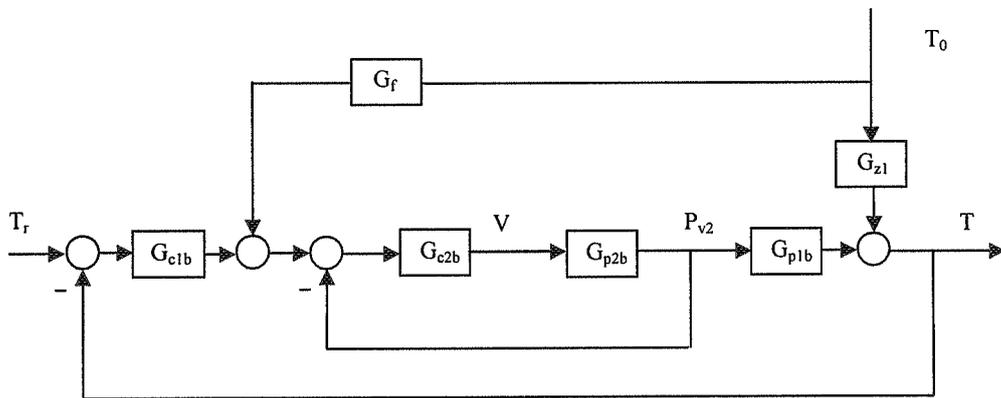
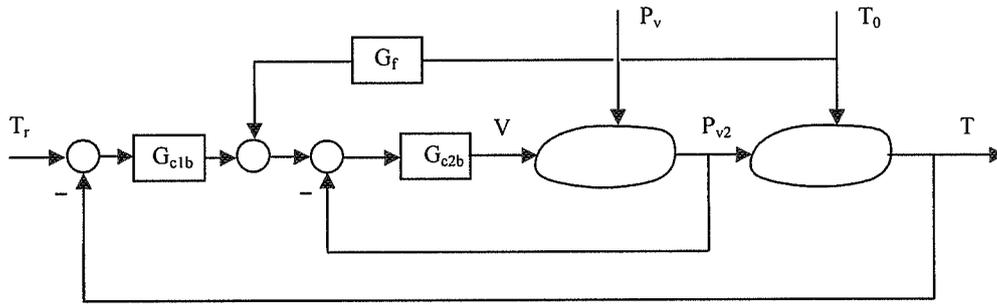
Control básico o por realimentación simple



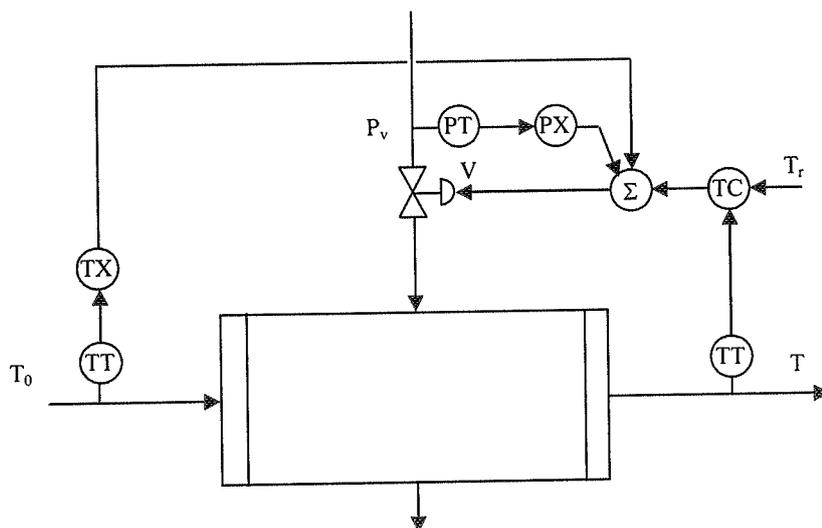
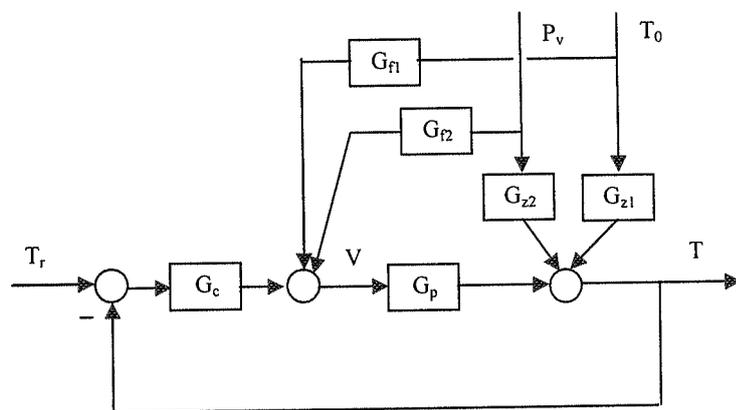
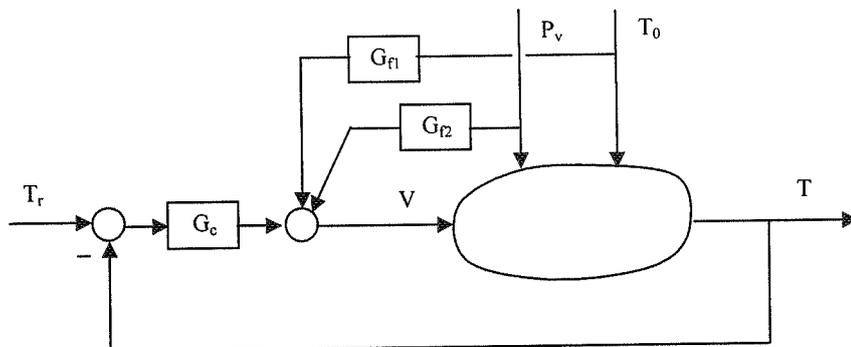
Control por realimentación, cascada basada en F_v y prealimentación basada en T_0



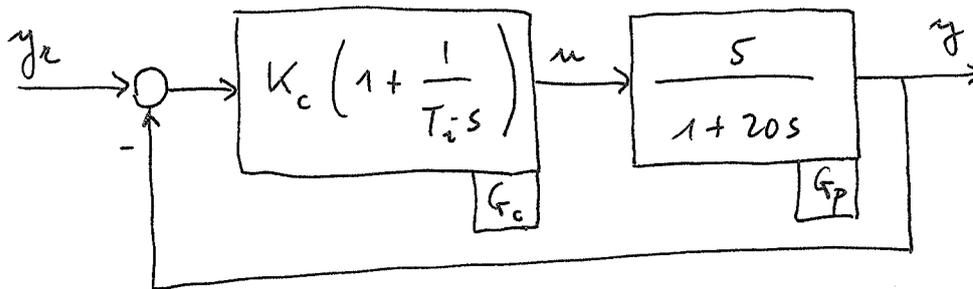
Control por realimentación, cascada basada en P_{v2} y prealimentación de T_0



Control por realimentación y prealimentación doble



Question 36



$$\begin{cases} T_i = 20 \\ K_c = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{5} = 0,2 \end{cases} \quad \therefore \quad G_c = 0,2 \left(1 + \frac{1}{20s} \right)$$

$$M(s) = \frac{G_c G_p}{1 + G_c G_p} = \frac{0,2 \frac{1+20s}{20s} \cdot \frac{5}{1+20s}}{1 + 0,2 \frac{1+20s}{20s} \frac{5}{1+20s}} = \frac{1}{1+20s}$$

M_s

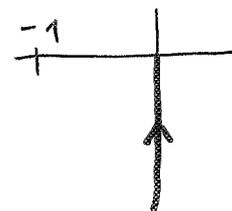
$$M_s = \frac{1}{b_{\min}}$$

siendo $b(j\omega)$ la dist. del p. crítico al traz. polar de $G(j\omega) = G_c(j\omega) G_p(j\omega)$

$$G(s) = G_c(s) G_p(s) = 0,2 \frac{1+20s}{20s} \frac{5}{1+20s} = \frac{1}{20s}$$

$$\therefore G(j\omega) = \frac{1}{20j\omega}$$

$$\begin{cases} |G(j\omega)| = \frac{1}{20\omega} \\ \angle G(j\omega) = -90^\circ \end{cases}$$



luego $b_{\min} = 1 \quad \therefore \quad M_s = 1 \Rightarrow$ estabil. relat. muy grande quizás excesiva, está fuera de $1,2 \div 2$

De otra forma:

$$M_s = \max_w |S(j\omega)| \quad \text{siendo} \quad S(s) = \frac{1}{1+G(s)} = \frac{1}{1+G_c(s)G_p(s)}$$

$$\text{" } S(s) = \frac{1}{1+0,2 \frac{1+20s}{20s} \frac{5}{1+20s}} = \frac{20s}{1+20s}$$

$$\text{" } S(j\omega) = \frac{20j\omega}{1+20j\omega}$$

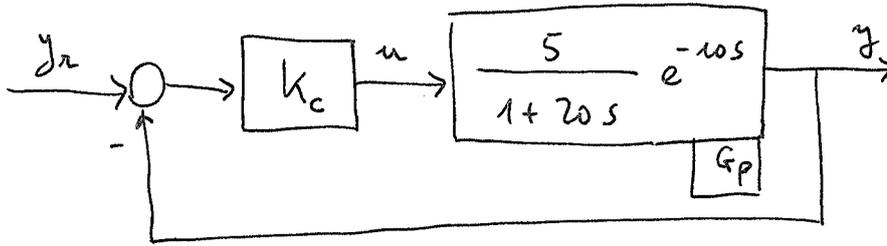
$$\text{" } |S(j\omega)| = \frac{20\omega}{\sqrt{1+(20\omega)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{(20\omega)^2}}}$$

$$\max_w |S(j\omega)| = 1 \quad \text{para } \omega \rightarrow \infty$$

$$\text{" } \boxed{M_s = 1}$$

ERA-MP, 25-6-09

Question 3c



$$G_p(j\omega) = \frac{5}{1 + 20j\omega} e^{-10j\omega}$$

ojo, la 1ª solución (hay infinitas)

$$\angle G_p(j\omega) = -10\omega - \text{atg } 20\omega = -\pi \Rightarrow \omega = 0.184 \text{ rad/s}$$

$$|G_p(j \cdot 0.184)| = \frac{5}{\sqrt{1 + (20 \cdot 0.184)^2}} = 1.31$$

$$" \begin{cases} K_u = \frac{1}{1.31} = 0.763 \\ P_u = \frac{2\pi}{0.184} = 34.1 \end{cases}$$

$$" \begin{cases} K_c = 0.45 K_u = 0.45 \cdot 0.763 = 0.343 \\ T_i = \frac{P_u}{2} = \frac{34.1}{2} = 17.1 \end{cases}$$

$$" \boxed{G_c = 0.343 \left(1 + \frac{1}{17.1s} \right)}$$