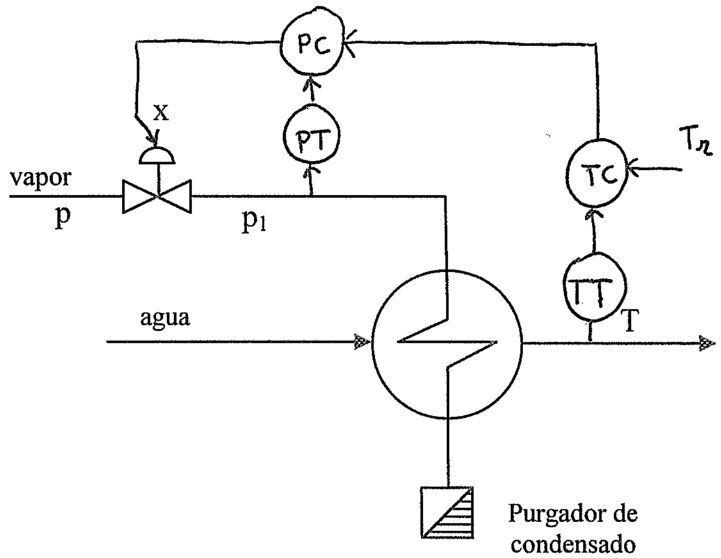
Electrónica y Regulación Automática (parte de Automática)
Construcción, Máquinas, Materiales, Organización, Química, T. Energéticas, Fabricación, Ing. Química

Examen final 18-9-08 (Preacta 3-10-08, Revisión 9-10-08)

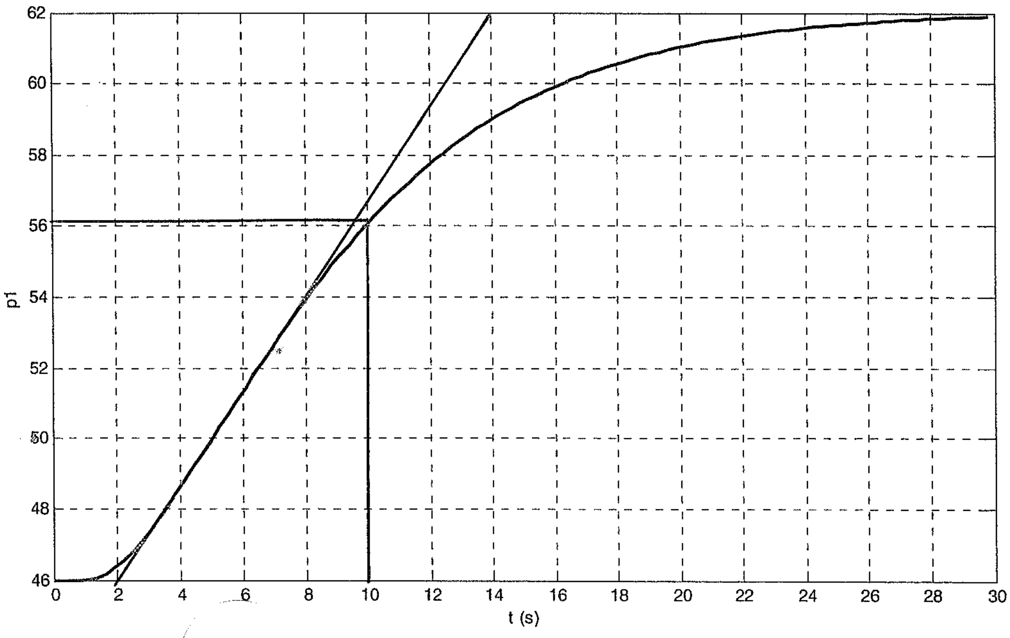
Problema 1 (4 puntos)

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



La variable manipulada es la entrada x del accionador de la válvula. La variable controlada es la temperatura T de salida del agua. La presión del vapor de alimentación p es perturbación; p_1 es la presión del vapor después de la válvula.

Estando el sistema en equilibrio, si se pasa bruscamente x del 30 al 45% manteniendo las demás variables exógenas constantes, se obtiene la siguiente evolución de p_1:



La función de transferencia desde Δp (incremento de p sobre el punto de equilibrio) a Δp_1 es prácticamente unitaria.

La función de transferencia desde Δp_1 a ΔT viene dada por $G(s) = \dfrac{4{,}3}{1+120s} e^{-10s}$

Se pide:

Supuesto que p_1 es medible, realizar un control en cascada utilizando reguladores PI ajustados por el método de Ziegler-Nichols de cadena abierta

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

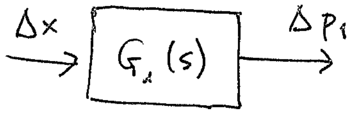
$K_R = \dfrac{0.9T_a}{K_C T_u}$ $\quad T_i = 3.33T_u$ $\quad$ notación Organización-Fabricación

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

18 - 9 - 08

Probl 1

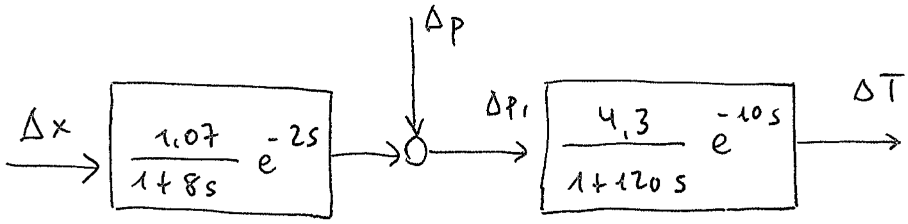
Suponiendo $p = cte$



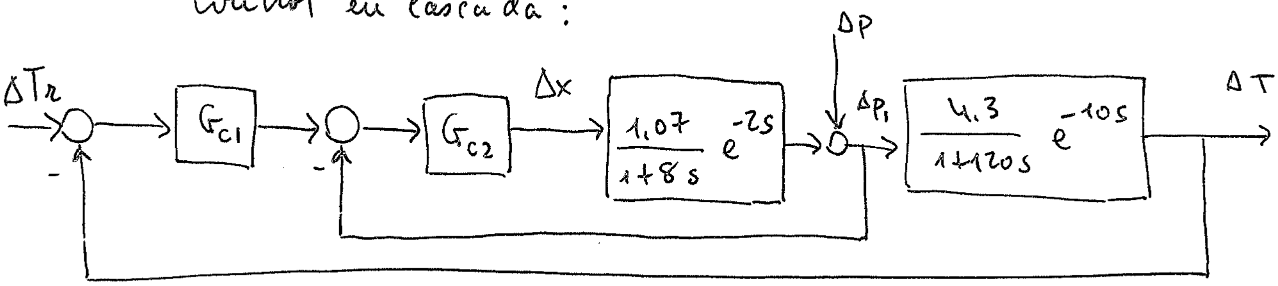
$$\begin{cases} K_1 = \dfrac{62-46}{45-30} = \dfrac{16}{15} = 1{,}07 \\ T = 2 \\ y(T+\tau) = 16 \cdot 0{,}632 + 46 = 56{,}1 \quad T + \tau = 10 \quad \tau = 10 - 2 = 8 \end{cases}$$

$$G_1(s) = \frac{1{,}07}{1+8s} e^{-2s}$$

Proceso:

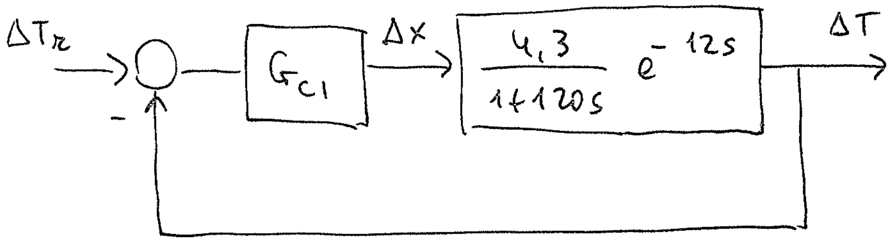


Control en cascada:



$$G_{c2}) \begin{cases} K_c = \dfrac{0{,}9}{2 \cdot \frac{1{,}07}{8}} = 3{,}36 \\ T_i = 3T = 3 \cdot 2 = 6 \end{cases} \quad \boxed{G_{c2} = 3{,}36\left(1 + \frac{1}{6s}\right)}$$

Aprox. el bucle secund. por e^{-2s}



G_{c1}) Por Z-N $\left(\frac{12}{120} = 0,1 \right)$

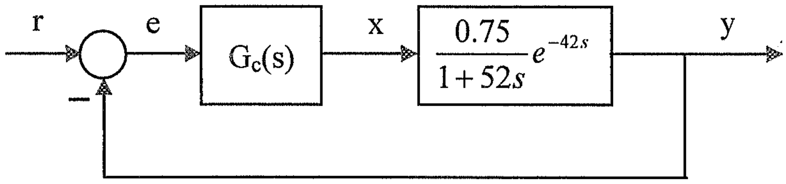
$$\begin{cases} K_c = \dfrac{0,9}{12 \cdot \dfrac{4,3}{120}} = 2,09 \\[2ex] T_i = 3T = 3 \cdot 12 = 36 \end{cases} \qquad \boxed{G_{c1} = 2,09\left(1 + \frac{1}{36s}\right)}$$

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

Examen final 18-9-08 (Preacta 3-10-08, Revisión 9-10-08)

Problema 2 (4 puntos)

Dado el bucle de control de la figura



donde G_c es la función de transferencia del regulador, se pide:

Obtener analíticamente el margen de ganancia y el margen de fase del bucle con regulador PI ajustado por el método de Ziegler-Nichols de cadena abierta.

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

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

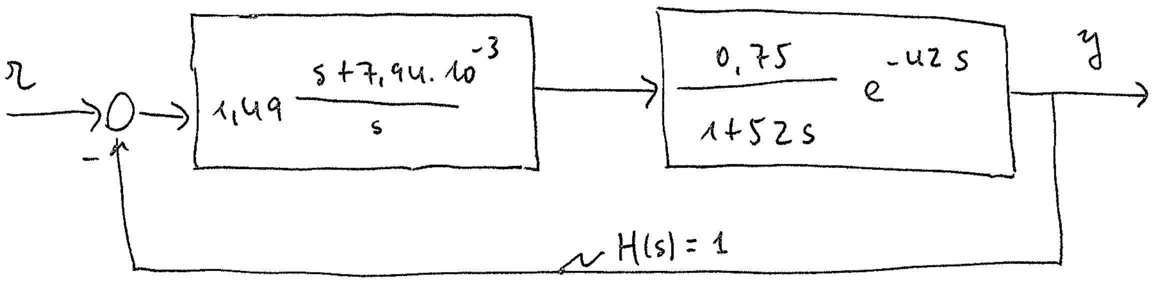
$$K_c = \frac{0.9}{T\dfrac{K_p}{\tau}} \qquad T_i = 3T \qquad \text{notación resto especialidades}$$

18-9-08

Probl 2

$$G_c) \quad \frac{T}{\tau} = \frac{42}{52} = 0{,}808 \quad , \text{ vale Z-N}$$

$$\begin{cases} K_c = \dfrac{0{,}9}{42\,\dfrac{0{,}75}{52}} = 1{,}49 \\ T_i = 3T = 3\cdot 42 = 126 \end{cases} \quad \text{"} \quad G_c = 1{,}49\left(1+\frac{1}{126\,s}\right) = 1{,}49\,\frac{s+7{,}94\cdot 10^{-3}}{s}$$



$$GH(s) = 1{,}49\,\frac{s+7{,}94\cdot10^{-3}}{s}\cdot\frac{0{,}75}{1+52s}\,e^{-42s} =$$

$$= 0{,}0215\,\frac{s+7{,}94\cdot10^{-3}}{s(s+19{,}2\cdot10^{-3})}\,e^{-42s}$$

$$GH(j\omega) = 0{,}0215\,\frac{j\omega+7{,}94\cdot10^{-3}}{j\omega\,(j\omega+19{,}2\cdot10^{-3})}\,e^{-42j\omega}$$

$$\begin{cases} |GH(j\omega)| = 0{,}0215\,\dfrac{\sqrt{\omega^2+(7{,}94\cdot10^{-3})^2}}{\omega\sqrt{\omega^2+(19{,}2\cdot10^{-3})^2}} \\ \angle G(j\omega) = \angle\left(7{,}94\cdot10^{-3}+\omega j\right) - \dfrac{\pi}{2} - \angle\left(19{,}2\cdot10^{-3}+\omega j\right) - 42\,\omega \quad \text{rad} \end{cases}$$

Cálculo de K_g

Resolvemos $\angle GH(jw) = \pi$

w	$\angle 7{,}94\cdot 10^{-3}+wj$	$-\angle 19{,}2\cdot 10^{-3}+wj$	$-\frac{\pi}{2}$	$-42w$	$= \angle GH(jw)$	
10^{-2}	0,9	$-$ 0,480	$-\frac{\pi}{2}$	$-$ 0,42	$=$ $-$1,57	
10^{-1}	1,49	$-$ 1,38	$-\frac{\pi}{2}$	$-$ 4,2	$=$ $-$5,66	
$4\cdot 10^{-2}$	1,37	$-$ 1,12	$-\frac{\pi}{2}$	$-$ 1,68	$=$ $-$3,00	
$5\cdot 10^{-2}$	1,41	$-$ 1,20	$-\frac{\pi}{2}$	$-$ 2,10	$=$ $-$3,46	
$w_\varphi = 4{,}2\cdot 10^{-2}$	1,38	$-$ 1,14	$-\frac{\pi}{2}$	$-$ 1,76	$=$ $-$3,09	vale

$$\left| GH(jw_\varphi)\right|_{w_\varphi = 4{,}2\cdot 10^{-2}} = 0{,}0215\,\frac{\sqrt{(4{,}2\cdot 10^{-2})^2+(7{,}94\cdot 10^{-3})^2}}{4{,}2\cdot 10^{-2}\sqrt{(4{,}2\cdot 10^{-2})^2+(19{,}2\cdot 10^{-3})^2}} = 0{,}473$$

$$\boxed{K_g} = \frac{1}{|GH(jw_\varphi)|} = \frac{1}{0{,}473} = \boxed{2{,}11}$$

Cálculo de γ

Resolvemos $|GH(j\omega)| = 1$

$$|GH(j\omega)| = 0{,}0215\,\frac{\sqrt{\omega^2+(7{,}94\cdot 10^{-3})^2}}{\omega\sqrt{\omega^2+(19{,}2\cdot 10^{-3})^2}}$$

ω	$\sqrt{\omega^2+(7{,}94\cdot 10^{-3})^2}$	$\sqrt{\omega^2+(19{,}2\cdot 10^{-3})^2}$	$\lvert GH(j\omega)\rvert$	
10^{-2}	$1{,}28\cdot 10^{-2}$	$2{,}16\cdot 10^{-2}$	$1{,}27$	
$2\cdot 10^{-2}$	$2{,}15\cdot 10^{-2}$	$2{,}77\cdot 10^{-2}$	$0{,}834$	
$\omega_g = 1{,}5\cdot 10^{-2}$	$1{,}70\cdot 10^{-2}$	$2{,}44\cdot 10^{-2}$	$0{,}999$	vale

$$\angle GH(j\omega_g) = \angle 7{,}94\cdot 10^{-3}+1{,}5\cdot 10^{-2}j - \angle 19{,}2\cdot 10^{-3}+1{,}5\cdot 10^{-2}j - \frac{\pi}{2} - 42\cdot 1{,}5\cdot 10^{-2} =$$

$$= 1{,}08 - 0{,}663 - \pi/2 - 0{,}63 = -1{,}78\ \text{rad} = -102^\circ$$

$$\boxed{\gamma} = 180 - 102 = \boxed{78^\circ}$$