Dinámica y Control de Procesos

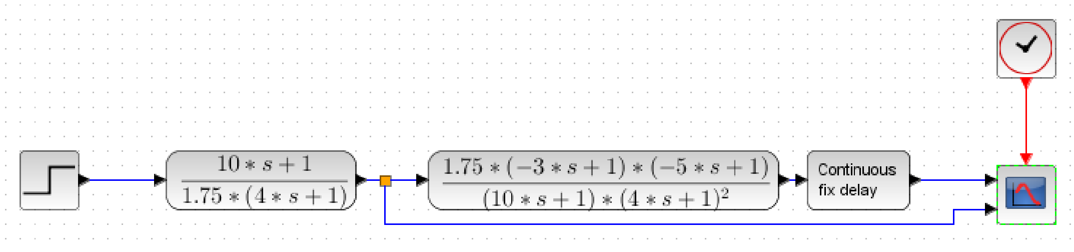
Repartido 6

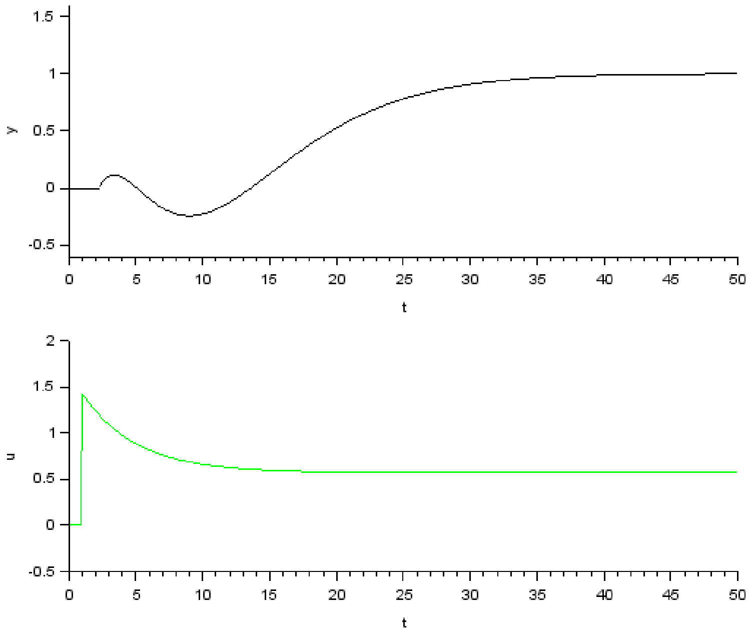
6.1.

$$g_c = \frac{f}{g_{p-}} = \frac{(10s+1)(4s+1)^2}{1{,}75(\lambda s+1)^3}$$

Por simplicidad tomo λ = 4, entonces $g_c^* = \frac{10s+1}{1{,}75(4s+1)}$

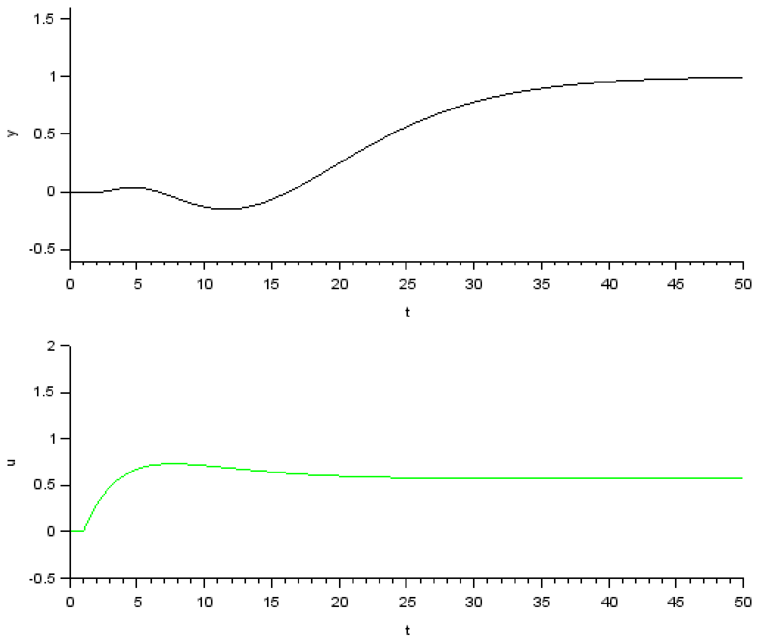
Como el modelo es exactamente igual al proceso podemos prescindir de la retroalimentación.





Si queremos que sea estrictamente propia tomaremos $f = \frac{1}{(\lambda s+1)^4}$

Entonces $g_c^* = \frac{10s+1}{1{,}75(4s+1)^2}$

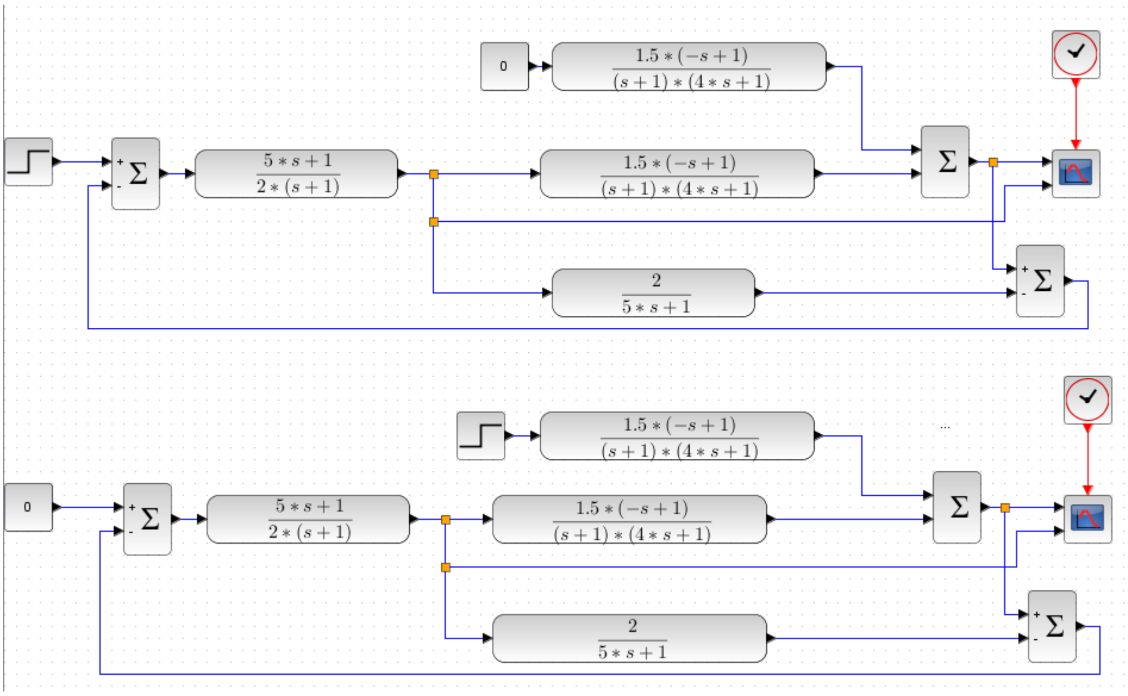


6.2.

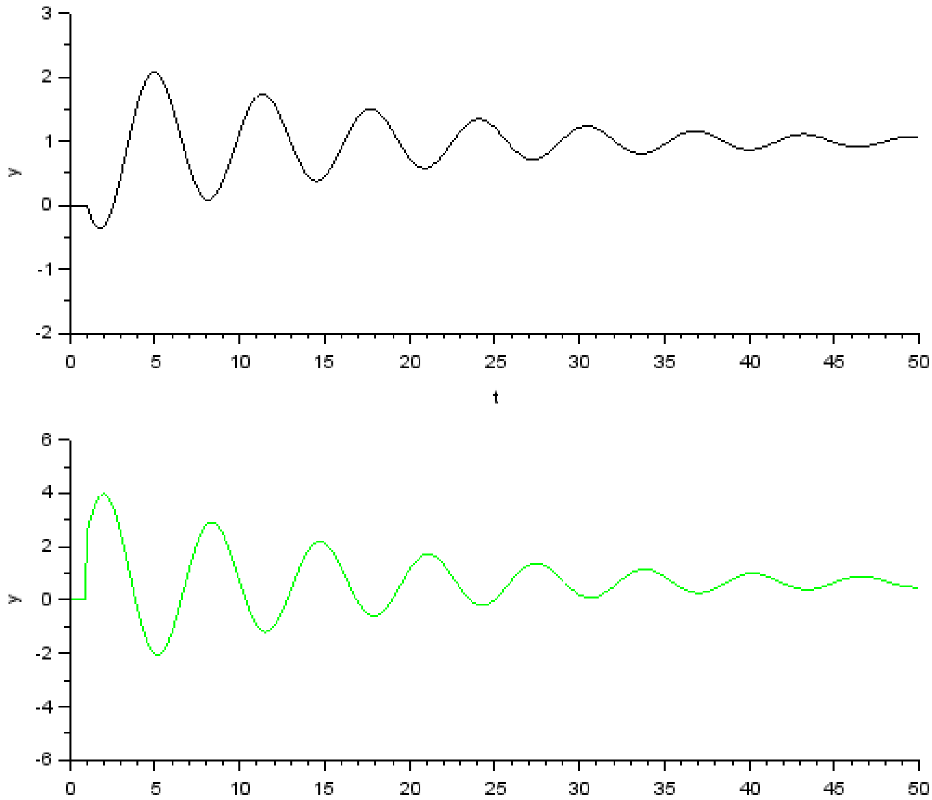
a)

$$g_c^* = \frac{f}{g_{p-}} = \frac{5s+1}{2(\lambda s+1)}$$

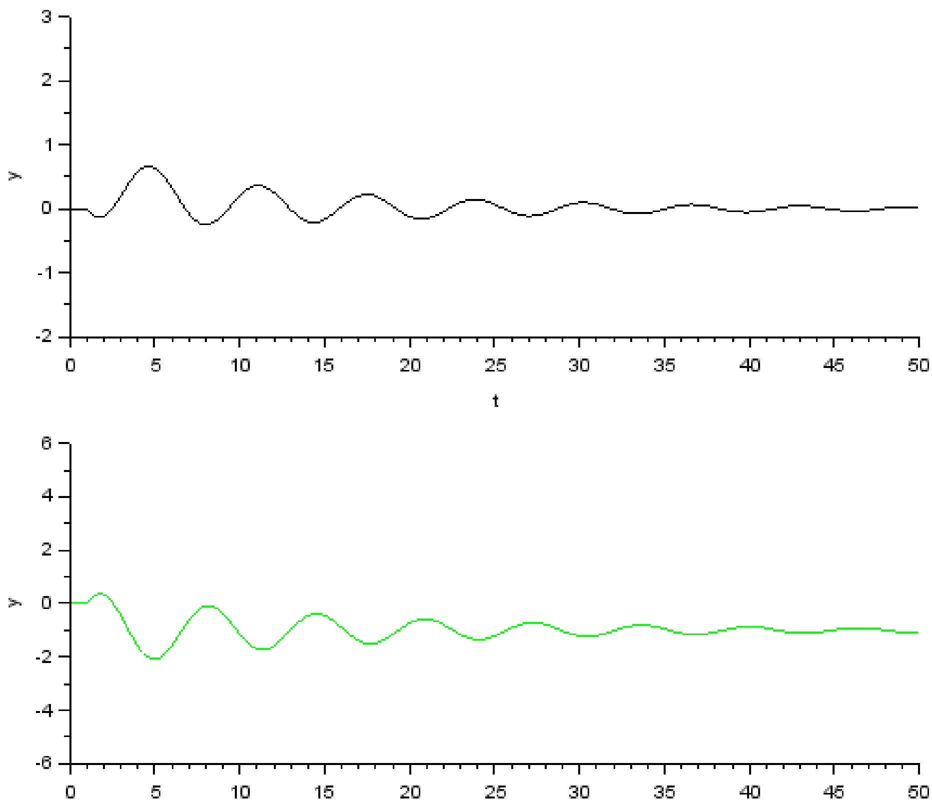
Por ej. puedo tomar $\lambda = 1$



Salto en el set point:



Salto en la carga:



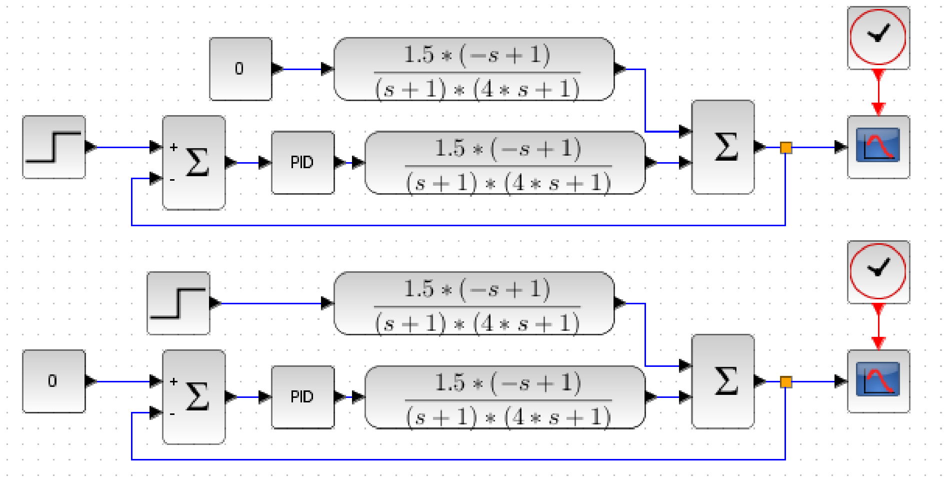
b) Para un sistema de primer orden la forma PI del diseño IMC.

$$k_c = \frac{\tau_p}{k_p \lambda}$$

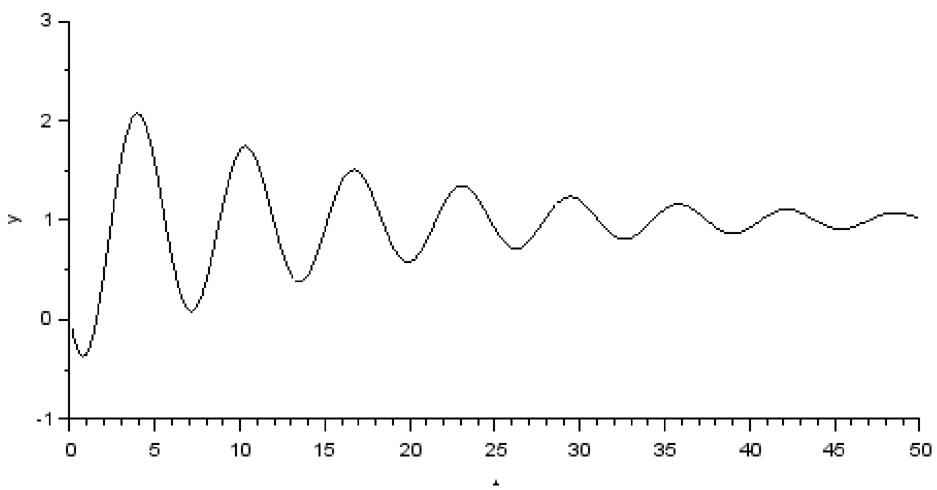
$$\tau_I = \tau_p$$

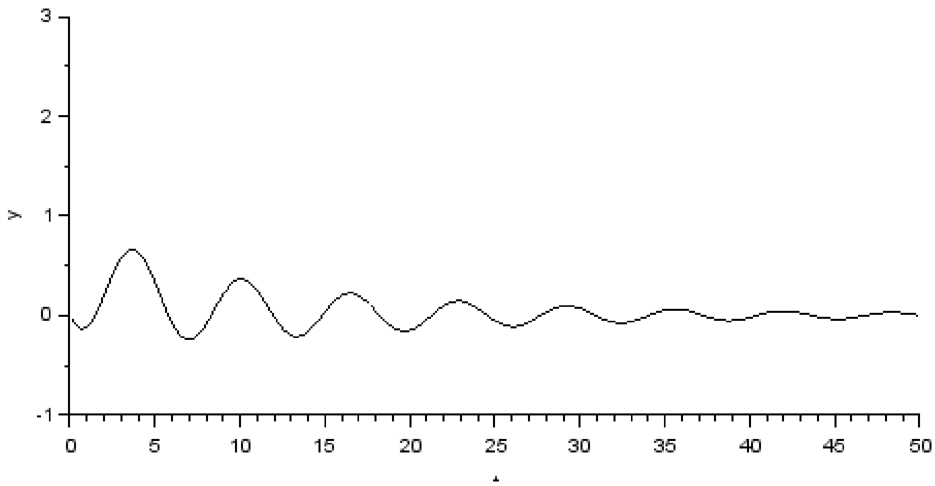
Entonces

$k_c = \frac{5}{2\lambda} = 2{,}5\ (con\ \lambda = 1)$ $\qquad\qquad \tau_I = 5$



Las gráficas son las mismas.





6.3.

Filtro: $f = \frac{\gamma s+1}{(\lambda s+1)^2}$

$$g_c^* = \frac{f}{g_{p-}} = \frac{(-\tau_u s+1)(\tau_p s+1)(\gamma s+1)}{k_p(\lambda s+1)^2}$$

Seleccionamos γ de modo de cancelar el término que provoca la inestabilidad, o sea

$$f\left(s = {}^1/_{\tau_u}\right) = \frac{\gamma\left({}^1/_{\tau_u}\right)+1}{\left[\lambda\left({}^1/_{\tau_u}\right)+1\right]^2} = 1$$

$$\frac{\gamma}{\tau_u}+1 = \frac{\lambda^2}{{\tau_u}^2}+2\frac{\lambda}{\tau_u}+1$$

$$\gamma = \lambda\left(\frac{\lambda}{\tau_u}+2\right)$$

La forma feedback estándar equivalente es

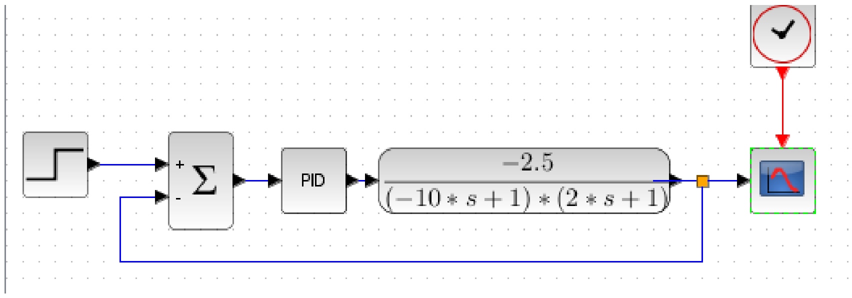
$$g_{PID}(s) = \frac{g_c^*(s)}{1-\tilde{g}_p(s)g_c^*(s)} = \left(-\frac{\tau_u}{k_p\lambda^2}\right)\left[\frac{\tau_p\gamma s^2+(\tau_p+\gamma)s+1}{s}\right]$$

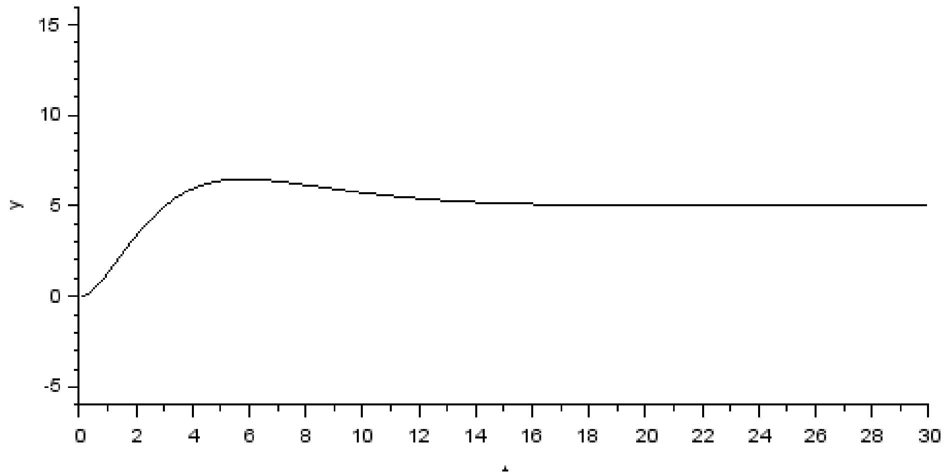
De esta forma el formato PID queda:

$k_c = \frac{-\tau_u(\tau_p+\gamma)}{k_p\lambda^2}$ $\qquad$ $\tau_I = \tau_p+\gamma$ $\qquad$ $\tau_D = \frac{\tau_p\gamma}{\tau_p+\gamma}$

Tomando λ = 2, entonces γ = 2*(2/10 + 2) = 4,4

$k_c = \frac{-10(2+4{,}4)}{-2{,}5*2^2} = 6{,}4$ $\qquad$ $\tau_I = 2+4{,}4 = 6{,}4$ $\qquad$ $\tau_D = \frac{2*4{,}4}{2+4{,}4}$=1,375





6.4.

a) Utilizando IMC, ajustar un controlador PI y verificar la respuesta a un salto en el set point de +0,1.
b) Verificar con ese controlador la respuesta a un salto de +0,2 en x_1.
c) Suponga que el muestreo del analizador de composición introduce un delay de 3 minutos. Verificar el cambio en la respuesta del sistema.
d) ¿Se mejora la respuesta agregando una acción diferencial?

a)

BM: $V\rho \frac{dx}{dt} = w_1 x_1 + w_2 x_2 - (w_1 + w_2)x$

Variable de estado: x variables de entrada: w_2 (manipulable), x_1 (perturbación)

$$X = \left[\frac{K_1}{\tau s + 1}\right] W_2 + \left[\frac{K_2}{\tau s + 1}\right] X_1$$

Con $K_1 = \left(\frac{x_{2s} - x_s}{w_{1s} + w_{2s}}\right) = \frac{0{,}6 - 0{,}34}{1000 kg/min} = 2{,}6 \times 10^{-4}\, {}^{min}/_{kg}$

$K_2 = \left(\frac{w_{1s}}{w_{1s} + w_{2s}}\right) = \frac{650 kg/min}{1000 kg/min} = 0{,}65$

$\tau = \left(\frac{V\rho}{w_{1s} + w_{2s}}\right) = \frac{4712 kg}{1000 kg/min} = 4{,}71 min$

$G_{I/P} = K_{I/P} = \frac{(15-3)psi}{(20-4)mA} = 0{,}75\, {}^{psi}/_{mA}$

$K_v = \frac{300 kg/min}{1{,}2 psi} = 250 \frac{kg}{min.psi}$, $G_v = \frac{250 \frac{kg}{min.psi}}{0{,}0833 s + 1}$

$G_m = 32\, e^{-s} \mathrm{mA}$

Donde:

$$G = G_{IP} \times G_V \times G_P \times G_m = 0{,}75 \frac{psi}{mA} \times \frac{250}{0.083s+1} \frac{kg}{min.psi} \times \frac{2{,}6 \times 10^{-4} \frac{min}{kg}}{4{,}71s+1} 32\, e^{-s} \mathrm{mA}$$
$$= \frac{1.56\, mA^{-1}}{(0.083\, s+1)(4{,}71s+1)}$$

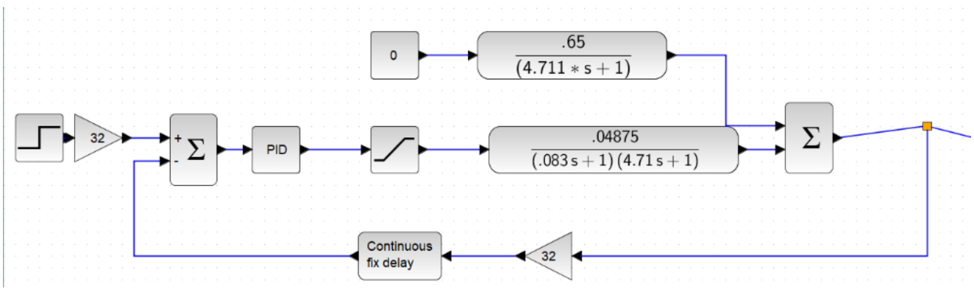
Como 4,71 es mucho mayor que 0,083 se puede despreciar para realizar el diseño del controlador.

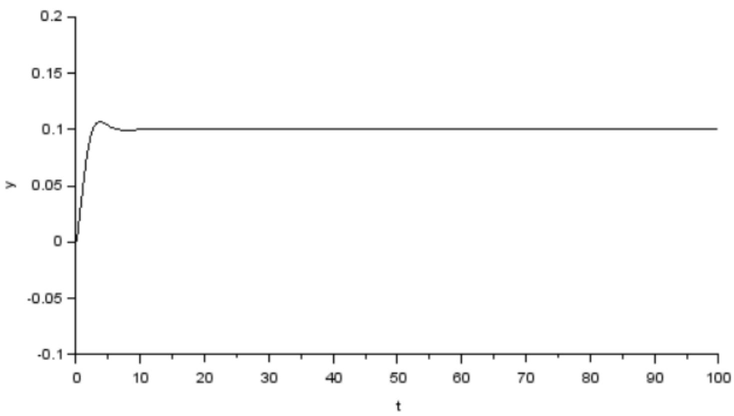
En el diseño por IMC para un proceso del tipo $\frac{Ke^{-\theta s}}{\tau s+1}$ resulta para un controlador PI

$K_c = \frac{1}{K}\frac{\tau}{\lambda+\theta}$ $\qquad \tau_I = \tau$

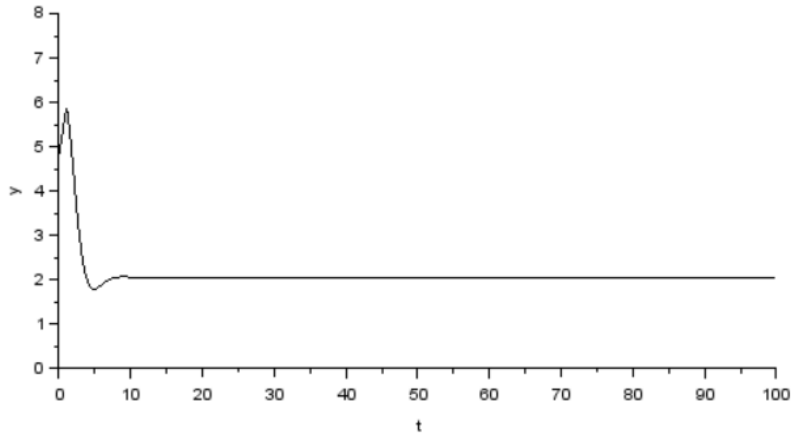
Tomando p.ej. $\lambda = 1$ resulta $\qquad K_c = 1{,}51\ \text{mA} \qquad \tau_I = 4{,}71\ \text{min}$

Teniendo en cuenta que la salida del controlador está limitada entre 4 y 20 mA, se agrega un bloque de saturación entre -1,86 y 14,14 mA (variables de desviación).

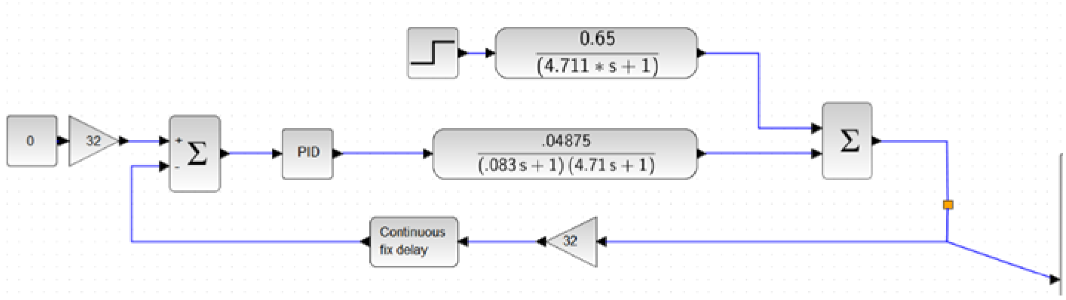


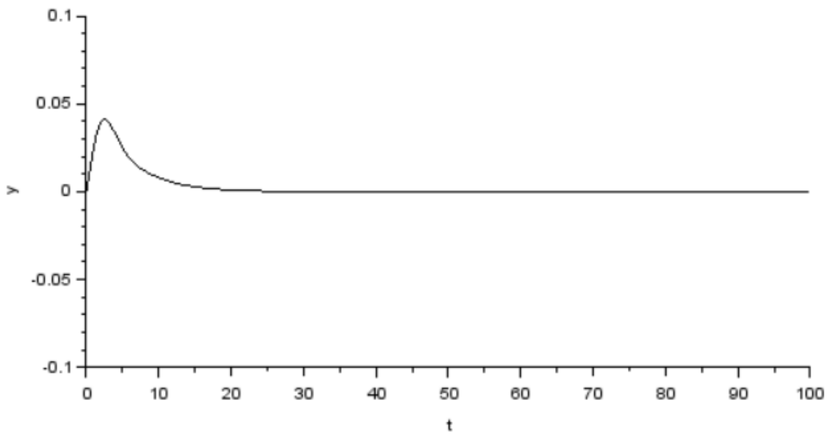


Además de visualizar la salida, observamos la salida de Gc.

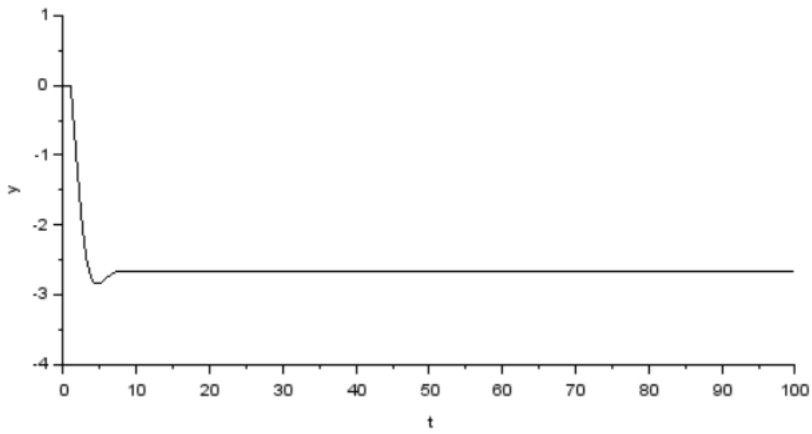


b)



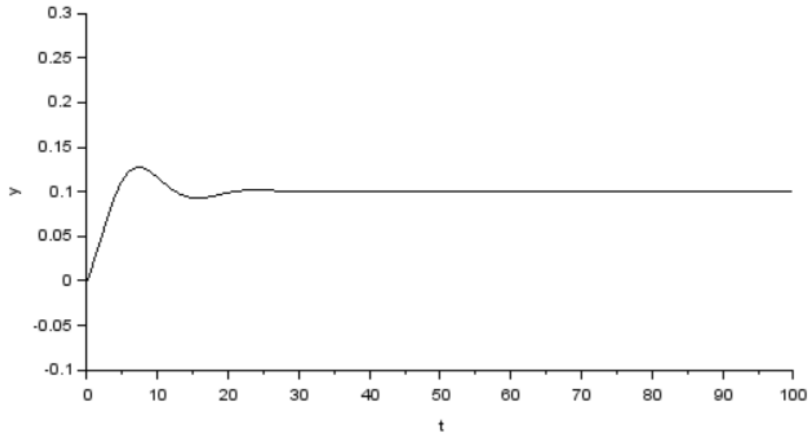


Además de visualizar la salida, observamos la salida de Gc.

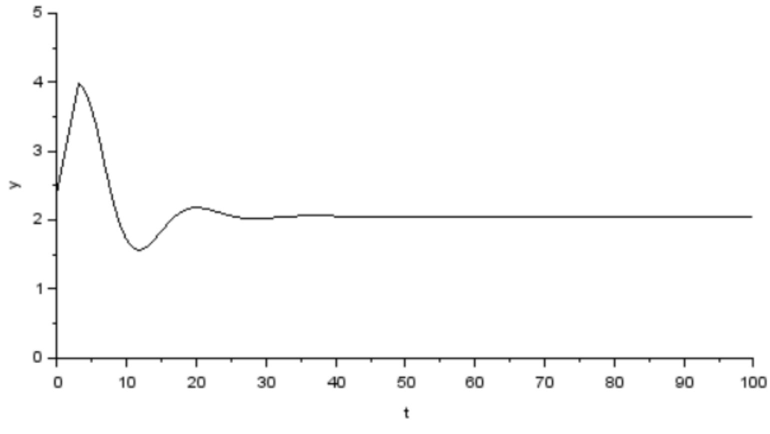


c)

Si el delay pasa a 3 minutos, la respuesta a un salto en el set point de +0,1 es:



Y la variable intermedia cambia según:



d)

Si se elige PID, los parámetros del controlador son:

$K_c = \frac{1}{K}\frac{\tau+\theta/_2}{(\lambda+\theta/_2)}$ $\tau_I = \tau + \theta/_2$ $\tau_D = \frac{\tau\theta}{2\tau+\theta}$

Tomando p.ej. λ = 3 resulta $K_c = 0{,}88\ \mathrm{mA}$ $\tau_I = 6{,}21\ \mathrm{min}$ $\tau_D = 1{,}14$ min

Del mismo modo que en las partes b) y c), observamos la salida del controlador.

Obs: El bloque de saturación podría no estar, aunque es una buena práctica utilizarlo, sobre todo, cuando no graficamos U(s).