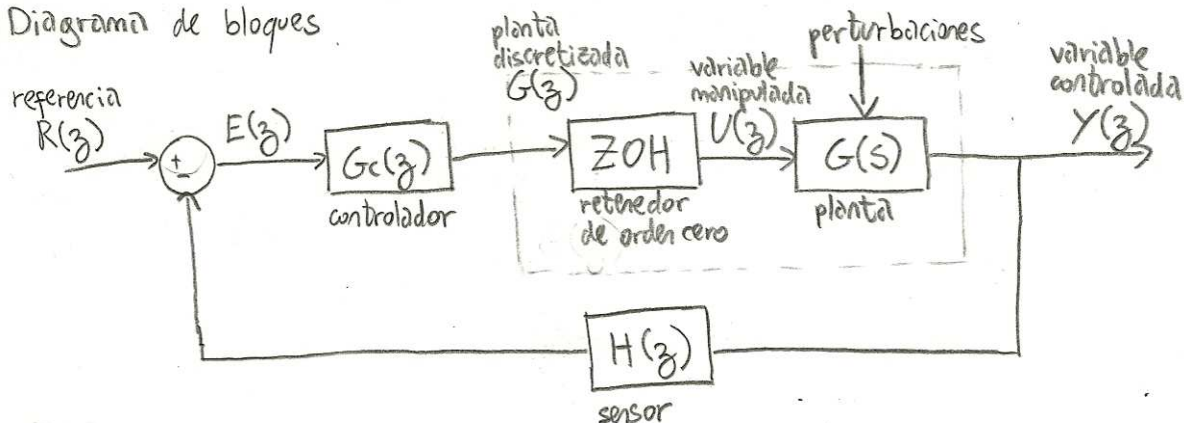


a) Diagrama de bloques



Variable manipulada: apertura de las compuertas ubicadas en la toma de agua

Variable controlada: nivel de agua del embalse

sensor: sensor ultrasónico

actuador: compuerta

perturbación: - filtraciones
- ruidos en el sensor
- evaporación del agua
- objetos sólidos al interior del estanque

b) Función de transferencia del sistema "embalse - compuerta"

$$G(s) = \frac{H(s)}{Fex(s)} \cdot \frac{Fex(s)}{f(s)} = \frac{0.00117175}{s} \cdot \frac{1.4308}{s+0.15468}$$

$$\Rightarrow G(s) = \frac{0.001677}{s(s+0.15468)}$$

Discretización

$$G(z) = (1-z^{-1}) Z \left\{ \frac{G(s)}{s} \right\}$$

$$\bullet \frac{G(s)}{s} = \frac{0.001677}{s^2(s+0.15468)} = \frac{A_1}{s} + \frac{A_2}{s^2} + \frac{B}{(s+0.15468)} = \frac{A_1 s(s+0.15468) + A_2 (s+0.15468) + B s^2}{s^2(s+0.15468)}$$

$$\Rightarrow A_1 s^2 + 0.15468 A_1 s + A_2 s + 0.15468 A_2 + B s^2 = 0.001677$$

$$\Rightarrow A_1 + B = 0$$

$$0.15468 A_1 + A_2 = 0$$

$$0.15468 A_2 = 0.001677$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} A_1 &= -0.0701 \\ A_2 &= 0.0108 \\ B &= 0.0701 \end{aligned}$$

$$\bullet Z \left\{ \frac{G(s)}{s} \right\} = \frac{A_1 z}{z-1} + \frac{A_2 T z}{(z-1)^2} + \frac{B z}{z - e^{-0.15468 T}}$$

$$\Rightarrow G(z) = \frac{0.0065 (z+0.887)}{(z-1)(z-0.6287)}$$

c) Requerimientos del sistema

• $S_p = 0.12$

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{\sqrt{\ln^2(S_p)}}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(S_p)}} = 0.5594$$

• $T_s = 70 [s]$ y $\epsilon < 0.69$

$$\Rightarrow T_s = \frac{3.2}{\epsilon \omega_n} \Rightarrow \omega_n = 0.08172$$

Polos deseados del sistema

$$s_{1,2} = -\zeta \omega_n \pm j \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$z_{1,2} = e^{T_s} = e^{(-\zeta \omega_n \pm j \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}) T}$$

$$\Rightarrow z_{1,2} = 0.8539 \pm j 0.1760$$

Ecuación de polos del sistema

$$(z - z_1)(z - z_2) = 0 \quad (1)$$

Controlador PI

$$G_c(z) = K_p + \frac{K_I}{(1 - z^{-1})}$$

$$1 + G_c(z)G(z) = 0$$

$$\Rightarrow z^3 + 0.0065(K_I + K_p - 404.4154)z^2 + 0.0058(K_I - 0.1274(K_p - 3073.3833))z - 0.0058(K_p + 109.0452) = 0 \quad (1)$$

Ecuación de polos del sistema

$$(z - z_1)(z - z_2) = 0$$

Es necesario agregar otro polo al sistema

$$(z - a)(z - z_1)(z - z_2) = 0$$

$$z^3 + (-a - 1.7078)z^2 + (1.7078a + 0.7601)z - 0.7601a = 0 \quad (2)$$

Iguando los sistemas (1) y (2)

$$0.0065(K_I + K_p - 404.4154) = -a - 1.7078$$

$$0.0058(K_I - 0.1274(K_p - 3073.3833)) = 1.7078a + 0.7601$$

$$-0.0058(K_p + 109.0452) = -0.7601a$$

$$a = 0.8810$$

$$\Rightarrow K_p = 6.4111$$

$$K_I = -0.2723$$

$$\Rightarrow G_c(z) = 6.4111 - \frac{0.2723}{(1 - z^{-1})}$$

d) Ventajas: - buena respuesta en el regimen estacionario
- error permanente nulo

Desventajas: - el sistema se vuelve mas inestable al agregar un polo