# ELO270 – S2 2020 – Control #2

**Problema 2.1** *Considere una planta con modelo nominal* $G_o(s) = \frac{b_o}{s}$, *en que* $b_o > 0$. *Se desea controlarla de manera de lograr buen seguimiento a referencias constantes. Se sabe que hay perturbaciones de salida con energia en la banda* $\omega \leq 2$ *[rad/s] y que la salida de la planta es medible pero con ruido no despreciable en la banda* $\omega \geq 5$ *[rad/s]. Además el actuador disponible limita la actuación a* $-3 \leq u(t) \leq 3$.

(a) *Si es posible, determine un controlador de lazo abierto "adecuado" en base a la información disponible.*

(b) *Para un lazo de control estándar con un grado de libertad, determine* ***todas*** *las condiciones que debe satisfacer el controlador y/o las funciones de sensibilidad del lazo en base a la información disponible.*

(c) *Si se elige un controlador (en lazo cerrado) de tipo PI, es decir, de la forma* $C(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$, *determine todas los polos de lazo cerrado y todas las funciones de sensibilidad.*

(d) ***Bonus:*** *Elija valores "adecuados" de* $K_p$ *y* $K_i$ *(en función de* $b_o$*) en base a la información disponible y grafique aproximadamente la respuesta del lazo a un escalón unitario en la referencia.*

(a) La planta es INESTABLE (polo en $s=0$) por tanto no puede controlarse en lazo abierto ✓

(b) • El lazo debe ser internamente ESTABLE

$\iff$ $T_o, S_o, S_{io}, S_{uo}$ son ESTABLES

$\iff$ $A_{cl}(s)$ tiene TODAS sus raíces en el semiplano izquierdo abierto ✓

• Para buen seguimiento a referencia constante $T_o(0) = 1$ ✓
Esto se garantiza con $C(0) = \infty$, es decir, polo en $s = 0$ (aunque en este caso lo garantiza la planta pues $G_o(0) = \infty$)

• Para compensar perturbaciones de salida $|S_o(j\omega)| \approx 0$ para $\omega \leq 2$ $\iff$ $T_o(j\omega) \approx 1$ al menos para $\omega \leq 2$ ✓

• Para no amplificar el ruido de medición en la salida $y(t)$: $|T_o(j\omega)| < 1$ para $\omega \geq 5 \frac{rad}{s}$ ✓

• Para no exceder el límite de la actuación, se debe limitar $B_w(T_o)$ de manera que $|S_{uo}(\infty)| < 3$ ✓
así al menos cuando $r(t) = \mu(t)$ no se excede el límite $|u(t)| < 3$

# ELO270 – S2 2020 – Control #2

**Problema 2.1** *Considere una planta con modelo nominal* $G_o(s) = \frac{b_o}{s}$*, en que* $b_o > 0$*. Se desea controlarla de manera de lograr buen seguimiento a referencias constantes. Se sabe que hay perturbaciones de salida con energia en la banda* $\omega \leq 2$ *[rad/s] y que la salida de la planta es medible pero con ruido no despreciable en la banda* $\omega \geq 5$ *[rad/s]. Además el actuador disponible limita la actuación a* $-3 \leq u(t) \leq 3$.

(a) *Si es posible, determine un controlador de lazo abierto "adecuado" en base a la información disponible.*

(b) *Para un lazo de control estándar con un grado de libertad, determine* ***todas*** *las condiciones que debe satisfacer el controlador y/o las funciones de sensibilidad del lazo en base a la información disponible.*

(c) *Si se elige un controlador (en lazo cerrado) de tipo PI, es decir, de la forma* $C(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$*, determine todas los polos de lazo cerrado y todas las funciones de sensibilidad.*

(d) ***Bonus:*** *Elija valores "adecuados" de* $K_p$ *y* $K_i$ *(en función de* $b_o$*) en base a la información disponible y grafique aproximadamente la respuesta del lazo a un escalón unitario en la referencia.*

(c) $G_o = \frac{b_o}{s}$ $\quad C(s) = k_p + \frac{k_i}{s} = \frac{k_p s + k_i}{s}$

$\Rightarrow A_{cl}(s) = A_o L + B_o P = s^2 + b_o k_p s + b_o k_i$ ✓

polos de lazo cerrado en $p_{1,2} = \frac{-b_o k_p \pm \sqrt{b_o^2 k_p^2 - 4 b_o k_i}}{2}$

$$G_o C = \frac{b_o (k_p s + k_i)}{s^2}$$

$$\Rightarrow S_o = \frac{1}{1+G_oC} = \frac{s^2}{s^2 + b_o k_p s + b_o k_i}$$

$$T_o = \frac{G_oC}{1+G_oC} = 1 - S_o = \frac{b_o k_p s + b_o k_i}{s^2 + b_o k_p s + b_o k_i}$$ ✓

$$S_{io} = \frac{G_o}{1+G_oC} = G_o S_o = \frac{b_o s}{s^2 + b_o k_p s + b_o k_i}$$ ✓

$$S_{uo} = \frac{C}{1+G_oC} = C S_o = \frac{s(k_p s + k_i)}{s^2 + b_o k_p s + b_o k_i}$$ ✓

# ELO270 – S2 2020 – Control #2

**Problema 2.1** *Considere una planta con modelo nominal* $G_o(s) = \dfrac{b_o}{s}$, *en que* $b_o > 0$. *Se desea controlarla de manera de lograr buen seguimiento a referencias constantes. Se sabe que hay perturbaciones de salida con energia en la banda* $\omega \leq 2$ *[rad/s] y que la salida de la planta es medible pero con ruido no despreciable en la banda* $\omega \geq 5$ *[rad/s]. Además el actuador disponible limita la actuación a* $-3 \leq u(t) \leq 3$.

(a) *Si es posible, determine un controlador de lazo abierto “adecuado” en base a la información disponible.*

(b) *Para un lazo de control estándar con un grado de libertad, determine* ***todas*** *las condiciones que debe satisfacer el controlador y/o las funciones de sensibilidad del lazo en base a la información disponible.*

(c) *Si se elige un controlador (en lazo cerrado) de tipo PI, es decir, de la forma* $C(s) = K_p + \dfrac{K_i}{s}$, *determine todas los polos de lazo cerrado y todas las funciones de sensibilidad.*

(d) ***Bonus:*** *Elija valores “adecuados” de* $K_p$ *y* $K_i$ *(en función de* $b_o$*) en base a la información disponible y grafique aproximadamente la respuesta del lazo a un escalón unitario en la referencia.*

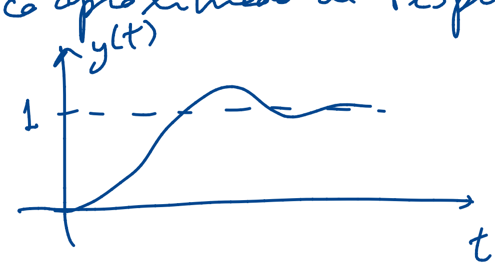
(d) Note que de la información disponible:

$B_w(T_o) \geq 2$ (por perturbación de salida)

$B_w(T_o) \leq 5$ (por ruido de medición

$\Rightarrow$ En $A_{cl}(s) = s^2 + b_o k_p s + b_o k_i$ conviene elegir $k_p$ y $k_i$ de manera que ancho de banda determinado por polo dominante esté entre 2 y 5 $\left[\frac{rad}{s}\right]$ ✓

Gráfico aproximado de respuesta a escalón de referencia




← con escala de tiempo y oscilación amortiguada o no consistente con la elección del $A_{cl}(s)$ anterior ✓