

Controladores PID con "tracking mode": ideas básicas

Antonio Sala

DISA-UPV

Video-presentación disponible en:

<http://personales.upv.es/asala/YT/V/awtr1.html>



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

Presentación

Motivación:

La conexión/desconexión de reguladores con acción integral requiere de especial cuidado, porque un integrador en bucle abierto es inestable.

Objetivos:

Comprender las situaciones donde un regulador es conectado/desconectado. Comprender la dinámica de un PID con "tracking mode".

Contenidos:

Motivación. Diagrama de bloques. Ecuaciones y su análisis. Conclusiones.



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

Motivación

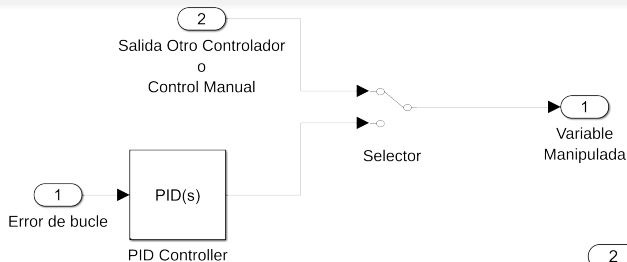
Un integrador $u_{integral} = \int K_i e dt$ donde $u_{integral}$ **no** influya en e al estar desconectado es **inestable**.

Un PID conmuta entre **offline** (desconectado) y **online** (conectado) al:

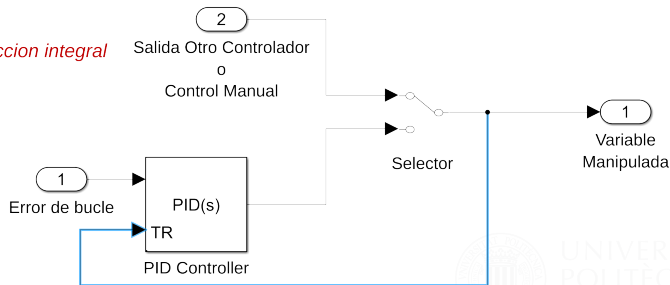
- ① Entrar/recuperarse de **saturación** de actuador:
la saturación "abre" el bucle: actuador ya no tiene efecto si satura.
- ② Pasar de "control **manual**" a "**automático**" o viceversa
- ③ Conmutar entre "inactivo" y "**activo**" en un esquema de control **override**, o en una secuenciación de operaciones de **arranque**, **parada**, o **recuperación desde fallo**.

Evitar efecto de dicha inestabilidad se denomina **antiwindup** en caso 1, y **bumpless transfer** (transferencia suave) en casos 2 y 3.

Diagrama de bloques



Esto NO funciona si hay accion integral



Esto SI puede funcionar con accion integral

PI con tracking mode / external feedback (paralelo)

Nota: no consideramos derivada/filtro ruido porque no afecta al windup (acc. integral).

$$u = K_p e + \frac{1}{s} (K_i e + K_t \cdot (u_{EF} - u))$$

Dos modos de funcionamiento online/offline:

① Cuando $u_{EF} \equiv u$, $\Rightarrow u = (K_p + \frac{K_i}{s}) e$ [online]

② Cuando entrada $u_{EF} \neq u$, entonces: [offline]

$$(s + K_t)u = sK_p e + K_i e + K_t u_{EF}$$

$$u = \frac{s + \frac{K_i}{K_p}}{s + K_t} K_p e + \frac{K_t}{s + K_t} u_{EF} = \left(1 + \frac{\frac{K_i}{K_p} - K_t}{s + K_t} \right) K_p e + \frac{1}{\frac{1}{K_t}s + 1} u_{EF}$$

PI con tracking mode / external feedback (ISA)

$$u = K_c e + \frac{1}{s} \left(\frac{1}{T_i} K_c e + \frac{1}{T_t} (u_{EF} - u) \right)$$

Dos modos de funcionamiento online/offline:

① Cuando $u_{EF} \equiv u$, $\Rightarrow u = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) e$ [online]

② Cuando entrada $u_{EF} \neq u$, entonces: [offline]

$$\left(s + \frac{1}{T_t} \right) u = s K_c e + \frac{1}{T_i} K_c e + \frac{1}{T_t} u_{EF}$$

$$u = \frac{s + \frac{1}{T_i}}{s + \frac{1}{T_t}} K_c e + \frac{\frac{1}{T_t}}{s + \frac{1}{T_t}} u_{EF} = \left(1 + \frac{T_t/T_i - 1}{T_t s + 1} \right) K_c e + \frac{1}{T_t s + 1} u_{EF}$$

Análisis del funcionamiento "OFFline"

- No hay "**windup**" si $K_t > 0$: dinámica estable, polo en $-K_t$ (paralelo) o $-\frac{1}{T_t}$ (ISA), duración $\approx 3T_t$.
- Con **error cero**, la salida del control es $u = u_{EF}$ tras el transitorio (de ahí la denominación de "tracking mode" a esta configuración de PID).
- Si $u_{EF} = 0$ (punto de funcionamiento) y $K_t = K_i/K_p$ (paralelo) o $T_t = T_i$ (ISA), entonces tras un transitorio de duración $3T_t$ la acción de control **se iguala a la proporcional** ($K_p e$ o $K_c e$, respectivamente).
- Si $K_t \gg \frac{K_i}{K_p}$ (o $T_t \ll T_i$ en ISA), el término del error se hace muy pequeño y rápido... $u \approx \frac{1}{T_t s + 1} u_{EF}$.



Conclusiones

- Si un regulador está "desconectado" hay que "parar" su integración para evitar la inestabilidad del factor $\frac{1}{s}$.
- El problema aparece en transferencia manual/automatico, override o en caso de saturación (antiwindup).
- Opciones:
 - Solución basada en "lógica" que conecte/desconecte el integrador o/y lo restaure a un punto determinado en el momento de la conexión.
 - La más "directa". Se necesita saber los instantes de activación/desactivación. Si ponemos integrador es que sospechamos que el pto func. no está bien calculado. Si act/desact. depende de señales con ruido, conexiones/desconexiones espúreas.
 - El PID con "tracking input" o "external feedback" o "external reset input" (según la referencia que se consulte)
 - Heredada de los PIDs analógicos (eléctricos, neumáticos).
 - Permite cumplir la tarea sin que el regulador sepa si está o no activo (no es necesario conocer los límites de saturación, no es necesario conocer el punto de funcionamiento) y la dinámica "filtra" el ruido.