

1. Expresar el concepto de controlador discontinuo (de 2 posiciones) con histéresis. Utilizar un ejemplo para la explicación de dicho concepto.

Los controladores discontinuos son aquellos cuya salida toma valores discretos en función del error, oscilando la variable controlada entorno al punto de consigna.

En nuestro caso al ser de 2 posiciones, son conocidos como Todo/Nada, donde la salida será 100% o 0% dependiendo de si el error es >0 o <0 .

Si introducimos el concepto de histéresis, lo que hacemos es establecer dos umbrales (superior e inferior) al punto de consigna de manera que lo que conseguimos es que la salida no oscile alrededor del punto de consigna, aunque no eliminemos la oscilación de ésta.

Como ejemplo podemos pensar en un controlador de temperatura de un calentador de agua eléctrico. Al bajar la temperatura por debajo del umbral inferior de temperatura establecido, el controlador pasaría al estado de 'ON', y cuando esta superase el valor del umbral superior de temperatura establecido, pasaría al estado de 'OFF', obteniendo así una salida entorno al valor de consigna deseado.

2. ¿Qué ocurre cuando la banda proporcional de un controlador proporcional es muy pequeña?

Lo que sucede es que el valor de la constante proporcional aumenta, y a valores altos de dicha constante, el controlador pasa a comportarse como un controlador de tipo todo-nada, ya que el margen de error para cubrir la salida entre 0% y 100% es muy pequeño.

3. Explicar, si es cierto, que con un controlador proporcional-integral se eliminan los problemas de offset.

Efectivamente, en un controlador proporcional se eliminan los problemas de offset, y el controlador es más estable.

Es debido a un aumento de la constante integral lo que provoca dicha reducción, aunque en contraposición la respuesta se vuelve más lenta.

4. Obtener la ecuación recursiva de un controlador PID digital usando la aproximación trapezoidal para el cálculo de la integral.

Podemos aproximar el área bajo dos puntos de la curva como:

$$\text{Area} = E_{\{n-1\}} * T_m + \frac{1}{2} T_m * (E_n - E_{\{n-1\}}) = T_m * \frac{E_{\{n-1\}} + E_n}{2}$$

Tenemos así que el área comprendida bajo toda la curva queda aproximada por:

$$\int_0^t E(t)dt \approx T_m * \sum_{\{i=1\}}^n \frac{E_{\{n-1\}} + E_n}{2}$$

$$\frac{dE(t)}{dt} = \frac{E_n - E_{\{n-1\}}}{T_m}$$

Si sustituimos ahora los términos hallados en la ecuación de un controlador PID digital obtendremos la ecuación recursiva usando la aproximación trapezoidal:

$$P(t) = K_p E(t) + K_I * T_m * \sum_{\{i=1\}}^n \frac{E_{\{n-1\}} + E_n}{2} + K_d * \frac{E_n - E_{\{n-1\}}}{T_m} + P(0)$$

5. Explicar, el concepto de control en cascada.

El control en cascada se basa en el uso de diferentes controladores conectados de manera que los valores medidos por unos de ellos son regulados e indicados como valores de consigna a regular a otros controladores que se encuentran conectados a los actuadores y regulan su acción atendiendo a los valores recibidos.

Como ejemplo podemos suponer el control de llenado de un depósito, en el que disponemos de dos controladores conectados donde uno de ellos mide el nivel de flujo y atendiendo a una consigna previa dada, procesa dicha información y se la pasa al segundo controlador como nuevo nivel de consigna que emplea para regular el nivel de flujo mediante el control de un actuador que en este caso sería una válvula de control.

6. Expresar el método y parámetros que se utilizan para medir la respuesta de un controlador.

El controlador examina la medida realizada por el medidor, y la compara con el valor de consigna deseado. En función de cómo sea el error hallado, se accionará el actuador para intentar regular la variable a regular y proporcionar dicho valor de consigna deseado.

Los parámetros que se emplean son:

- Sobredisparo: Máximo valor alcanzado sobre el valor de consigna.
- Tiempo de subida: Tiempo en alcanzar el valor de consigna.
- Tiempo de pico: Tiempo en alcanzar el sobredisparo.
- Tiempo de retardo: Tiempo que tarda el sistema en alcanzar la máxima actuación (máxima pendiente de la curva).
- Tiempo de asentamiento: Tiempo que tarda la señal en llegar al 0.05% de la desviación de la consigna.

7. Un controlador tiene una señal de salida comprendida entre 4 y 20 mA, para controlar el caudal de una bomba entre 0 y 1000 litros/hora. a. Calcular la corriente que hay que

suministrar a la bomba para conseguir un caudal de 150 l/h, b. Expresar la salida en forma de %.

En primer lugar, montamos un sistema de ecuaciones para hallar el valor de la pendiente y voltaje inicial y así conocer la relación entre ambas, en función de los litros/hora.

A.-

$$\begin{aligned} 0 &= 4 * I + V_0 \\ 1000 &= 20 * I + V_0 \end{aligned}$$

Si despejamos los valores de I e V_0 nos queda:

$$\begin{aligned} 1000 &= 16 * I \rightarrow I = 62,5 \frac{l}{mA * h} \\ V_0 &= -4 * 62,5 = -250 l/h \end{aligned}$$

La ecuación nos quedaría:

$$\begin{aligned} C_{\text{audal}} &= 62,5 \frac{l}{mA * h} * I - 250 \frac{l}{h} \\ 150 \frac{l}{h} &= 62,5 \frac{l}{mA * h} * I - 250 \frac{l}{h} \rightarrow \frac{150 \frac{l}{h} + 250 \frac{l}{h}}{62,5 \frac{l}{mA * h}} = I \\ I &= 6,4 \text{ mA} \end{aligned}$$

Por tanto, necesitaríamos suministrar a la bomba una corriente de 6,4 mA para conseguir un caudal de 150 l/h.

B.-

$$P(\%) = \frac{S_p - S_{\{min\}}}{S_{\text{max}} - S_{\text{min}}} * 100 = \frac{6,4 \text{ mA} - 4 \text{ mA}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} * 100 = 15\%$$

8. Indicar los criterios de diseño y optimización de lazos de regulación.

- Relación $\frac{1}{4}$: $M_p1 > 4 M_p2$
- Minimización del área de error.
- Tiempos de asentamiento bajos.
- Minimizar oscilación.

9. Explicar los tres métodos principales de sintonización experimental de lazos de control.

Podemos encontrar principalmente el método de tanteo, de oscilación, y de la curva de reacción.

Método de tanteo:

Se seleccionan inicialmente las constantes con el sistema en lazo cerrado, se provoca un cambio de consigna y se registra la evolución de la variable.

La estabilidad se obtiene cuando obtenemos una relación de amortiguación 4/1. Se tantea la acción integral hasta eliminar el offset en un tiempo razonable y se ensayan valores de la acción diferencial hasta conseguir eliminar uno o varios ciclos.

Método de oscilación:

Se reducen las acciones integral y diferencial a sus valores mínimos, y tomamos un valor bajo para la constante proporcional que se incrementará gradualmente.

Aplicaremos pequeñas perturbaciones al sistema hasta conseguir una oscilación en forma continua. Anotaremos el valor crítico de la constante proporcional para que esto suceda, así como el periodo de las oscilaciones.

Método de la curva de reacción:

Abrimos el lazo de control, desconectando a su vez la salida del controlador hacia el actuador, e introducimos un escalón de magnitud 'P' al actuador y se registra la evolución de la variable a controlar.

10. *Explicar la necesidad de introducir un filtro pasa-baja en un controlador PID.*

La razón es la amplificación de ruido de la acción diferencial del PID, por lo que, para evitar este efecto, necesitaremos introducir un filtro de pasa-baja en el término derivativo para evitar la amplificación del ruido a altas frecuencias.