

1.4.1 CONTROLADOR PID

A continuación se hace una breve presentación del controlador PID clásico en el dominio continuo y a la vez que se mencionan los métodos de sintonización, de oscilaciones amortiguadas y de curva de reacción. Es muy importante destacar que la aplicación de este tipo de controladores no requiere de un modelo matemático del proceso, ya que los métodos de sintonización se aplican heurísticamente, es decir, a través de ensayos, incluso, hay ocasiones en que la sintonización se realiza por ensayos, guiada solamente por la respuesta dinámica observada en el sistema de control.

Los controladores industriales combinan tres tipos de acciones básicas, dando lugar a los controladores de tipo PID: Proporcional, Integral y Derivativa. Cada una de estas acciones resuelve problemas de control específicos:

- Acción Proporcional. Es la base de la respuesta del controlador frente a las perturbaciones de lazo de control. En todo lazo de control debe existir esta acción, pero esta no asegura exactamente que el valor de la variable coincida con el valor deseado para cualquier cambio de carga.
- Acción Integral: Elimina el offset generado por la acción proporcional. Esa acción será necesaria cuando se prevén bruscas variaciones en las condiciones de funcionamiento del sistema, ya que estas variaciones son las responsables del offset.
- Acción derivativa. Las anteriores acciones responden cuando se ha producido un error, la acción derivativa ejerce la acción correctora antes que el error sea grande.

El comportamiento de un controlador PID corresponde a la superposición de estas tres acciones, expresado en el dominio del tiempo es:

$$u(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \dots\dots\dots(1-1)$$

Donde:

- Ganancia Proporcional: K_c .
- Tiempo Integral: T_i .
- Tiempo Derivativo: T_d .

De esta ecuación se deduce la siguiente función de transferencia:

$$u(s) = K_c \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] E(s) \dots\dots\dots (1-2)$$

Obsérvese que la ganancia proporcional actúa sobre el total de la respuesta, de esta forma la constante integral y derivativa representan siempre el peso relativo de cada una de estas acciones para una acción proporcional, dando lugar a los parámetros:

$$K_i = \frac{K_c}{T_i} \text{ y } K_d = K_c T_d \dots\dots\dots(1-3)$$

La mayor parte de casos de aplicación de controladores industriales se resuelven mediante un hardware estándar, ya sea automático o regulador específico y el usuario deberá únicamente programar o ajustar las constantes K_c , K_i y K_d . La ejecución en por tanto, sencilla, aunque la elección de los mencionados parámetros no siempre es tan simple, pues suelen aparecer problemas de inestabilidad o de falta de rapidez.

Hay que señalar también que la mayoría de los controladores digitales incorporan fórmulas correctivas para evitar excesivo rebosamiento o un comportamiento demasiado brusco o incluso para cambiar las constantes K_c , K_i y K_d en función de los valores de planta, dando lugar a lo que se llama un control adaptable.

1.4.2 MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN

Los controladores actuales son equipos que por regla general se utilizan para diversos lazos de control, cuya adaptación a un lazo concreto se realiza mediante la sintonización del controlador. El caso más general, es el controlador que actúa con las tres acciones: proporcional, integral y derivativa.

La sintonización del controlador consiste en asignar valores a las constantes K_c , T_i , y T_d de forma que el lazo de control gobernado por el controlador responda adecuadamente a las perturbaciones externas. Un controlador se puede considerar sintonizado, cuando un cambio en el punto de consigna o en las condiciones del sistema de lazo cerrado, produce como máximo 3 o 4 oscilaciones de la variable alrededor del punto de consigna.

Para la sintonización de los controladores existen diversos procedimientos, pero la sintonización finalmente hay que realizarla de forma experimental, siendo muy importante la experiencia del operador que la realiza.

Una forma alternativa es mediante la técnica de contornos de las raíces, que es la misma del Lugar Geométrico de las Raíces pero con variación múltiple de parámetros.

Por otra parte, existen algunos procedimientos estándar, que están basados en criterios para minimizar la función de error de varias maneras. Es necesario mencionar que los resultados que se obtienen al aplicar estos procedimientos, sólo dan una indicación de los parámetros iniciales (base) y a partir de éstos, es necesario hacer un reajuste de los mismos para obtener la respuesta de lazo cerrado deseada.

De acuerdo con el alcance del presente trabajo abordaremos solo dos de los métodos más empleados: oscilaciones amortiguadas (Harriot 1957) y la curva de reacción (Ziegler-Nichols 1942)

Método de oscilaciones amortiguadas (Harriot 1957)

Consiste en realimentar el sistema (proceso) a controlar con un controlador proporcional, empleando la configuración de la figura 1.7.

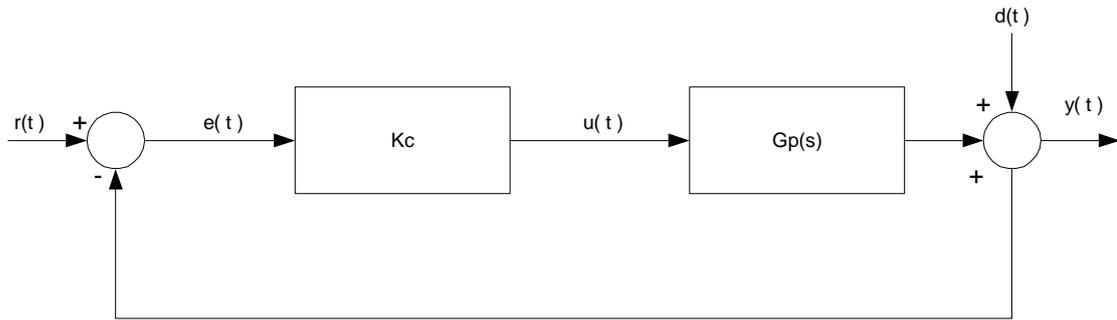


Figura 1.7.

Donde:

$r(t)$ es la señal de referencia o punto de ajuste (Set point) o punto de consigna.

$e(t)$ es la señal de error

$u(t)$ es la señal de salida del controlador o señal de control

$d(t)$ es la señal de perturbación

$y(t)$ es la señal de salida (variable controlada)

Aplicando en cada prueba una variación de referencia de tipo escalón, la ganancia del controlador proporcional se ajusta hasta que la respuesta del sistema realimentado tiene la forma de la figura 1.8.

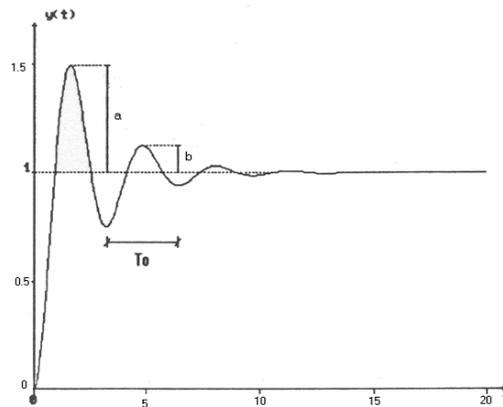


Figura 1.8.

La relación entre el primer y segundo sobrepasos debe ser igual a 0.25, esto es:

$$\frac{b}{a} = 0.25 \dots\dots\dots(1-4)$$

Esta condición se logra cuando el factor de amortiguamiento relativo de los polos dominantes es de 0.2176. En este caso, el proceso queda caracterizado desde el punto de vista dinámico mediante:

K_o : es el valor de K_c para el cual la respuesta escalón del sistema realimentado presenta una relación entre el segundo y primer sobrepasos de 0.25.

T_o : es el periodo de oscilación de la respuesta a escalón del sistema realimentado para las condiciones especificadas.

Las formulas de sintonización en este método son:

Tipo de controlador	K_c	T_i	T_d
P	K_o	-	-
PI	K_o	T_o	-
PID	K_o	$\frac{T_o}{1.5}$	$\frac{T_o}{6}$

Método de la curva de reacción (Ziegler-Nichols 1942)

En este método de sintonización se determinan las características dinámicas del proceso a controlar, a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto. Una vez que se tienen estas características es posible obtener los parámetros del controlador. La caracterización del proceso es como sigue: la planta en lazo abierto es excitada con una función escalón y se obtiene su respuesta, teniéndose en este caso una curva como se muestra en la figura 1.9.

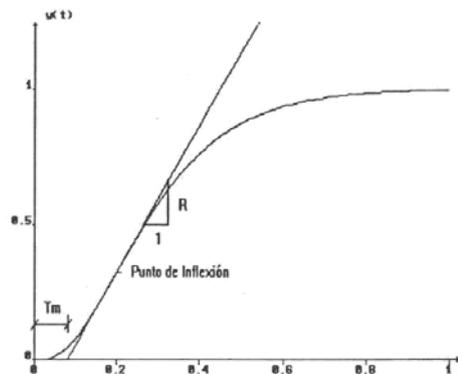


Figura 1.9.

En esta curva se determina el punto de inflexión y sobre él se traza una recta tangente a la curva. Esta recta intersecta al eje de tiempo (eje horizontal) y el tiempo muerto que caracteriza al proceso se mide desde el origen hasta este punto de intersección, como se muestra en la figura 1.9. El otro parámetro que se requiere para la sintonización es la pendiente de la recta tangente a la respuesta graficada.

Las formulas de sintonización están en la siguiente tabla:

Tipo de controlador	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{RT_m}$	-	-
PI	$\frac{0.9}{RT_m}$	$\frac{T_m}{0.2}$	-
PID	$\frac{1.2}{RT_m}$	$\frac{T_m}{0.3}$	$0.8T_m$

T_m : es el periodo de oscilación de la respuesta a escalón del sistema realimentado para las condiciones especificadas.