**Acciones de Control**

Un control automático compara el valor efectivo de la salida de una planta con el

valor deseado, determina la desviación o error y produce una señal de control que

reduce el error a cero o a un valor pequeño. La forma en que el control automático

produce la señal de control recibe el nombre de acción de control.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 1 Diagrama de bloques de un sistema de control.

Los sistemas clásicos de control automático se pueden clasificar, según su acción

de control, en:

- Control de dos posiciones (control sí - no ó control on off).

- Control proporcional (*P*).

- Control integral (*I*).

- Control proporcional - integral (*PI*).

- Control proporcional - derivado (*PD*)

- Control proporcional - integral - derivativo (*PID*)

**Control ON-OFF**

El elemento accionador tiene solamente dos posiciones fijas, que en muchos casos

es conectado - desconectado (ó abierto o cerrado).

El control de dos posiciones es relativamente simple y económico, por lo cual es muy utilizado. Ejemplos: calentadores de agua, enfriadores, etc.

**Ejemplo:**

Diagrama, Dibujo de ingeniería

Descripción generada automáticamente

**Control proporcional (P):**

Es la acción que produce una señal de control proporcional al error.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 2 Diagrama de bloques de Controlador proporcional

Cualquiera que sea el mecanismo real y la forma de la potencia de operación, el controlador proporcional es básicamente un amplificador con una ganancia ajustable.

Con respecto a un sistema de primer orden:

* Con este controlador se mantiene el orden del sistema.
* Hay frente a la entrada escalón.
* Ganancia del sistema disminuye.
* Constante de tiempo disminuye.

**Control integral(I):**

Es la acción que produce una señal de control proporcional al área bajo la curva de la señal de error.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 3 Diagrama de bloques de Controlador integral

La constante es una constante ajustable, además puede ser representada por una ganancia  y un tiempo integral o tiempo de *reset(reajuste)* . Este tiempo es el tiempo que debe transcurrir para que la acción integral alcance(iguale o repita) a la acción proporcional.

Tiene la finalidad de eliminar el frente a la entrada escalón (aumenta el tipo del sistema).

**Control derivativo (D):**

Es la acción que produce una señal de control proporcional a la velocidad de la señal de error.

Donde , se denomina tiempo derivativo o diferencial. Es el intervalo de tiempo, en el que la acción derivativa adelanta a la acción proporcional.

Se puede mejorar la respuesta transitoria y el sistema conserva el orden original. No se acostumbra a usar sola ya que solo actúa en el transitorio, en régimen estacionario la derivada del error va a ser cero. Además, tiene la desventaja que amplifica las señales de ruido y puede producir efectos de saturación en el actuador.

**Control PI(Proporcional+integral)**

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 4 Diagrama de bloques de Controlador PI

Efectos:

- El orden del sistema controlado se incrementa.

- Se introduce un polo en el origen y un cero de lazo abierto en .

- El error en estado estacionario (para entrada tipo escalón), se elimina.

- El tiempo integral () regula la acción de control integral, mientras una

modificación de afecta tanto a la parte proporcional como a la integral.

- Si se aumenta, la respuesta se hace más rápida y oscilatoria. Valores

grandes de pueden llevar el sistema a la inestabilidad.

- Si disminuye (con constante), la respuesta es más rápida pero también más oscilatoria.

**Control PD(Proporcional+derivativo)**

Diagrama, Esquemático

Descripción generada automáticamente

Figura 5 Diagrama de bloques de Controlador PD

Efectos:

- Se introduce un cero de lazo abierto en .

- La señal de control es proporcional a la velocidad de variación de la señal de

error actuante.

-La acción derivativa produce una acción correctiva significativa antes de que la magnitud del error se vuelva muy grande(se anticipa al error). Aunque el control derivativo no mejora la respuesta en estado estacionario, añade amortiguamiento al sistema, y permite así usar valores más grandes en la parte proporcional mejorando la precisión en estado estacionario.

- La acción de control derivativo tiene las desventajas de amplificar las señales de

ruido y puede producir efectos de saturación en el actuador.

- Se debe notar que nunca puede tenerse una acción derivativa.

**Control PID(Proporcional+integral+derivativo)**

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 6 Diagrama de bloques de Controlador PID

Efectos:

- Se introduce dos ceros de lazo abierto y un polo en el origen.

- Al aumentar la respuesta se hace más rápida y oscilatoria.

- La acción derivativa disminuye la oscilación (tiene un efecto estabilizador)

- La acción integral permite tener un error de estado estable nulo.

**Aplicaciones más comunes del controlador PID**

* Control de posición y velocidad: Generalmente se utilizan las tres acciones del *PID*, por ejemplo, en los pilotos automáticos de naves o en el control de los ejes de robot. Hay casos, como en algunas máquinas herramientas de control numérico, es que solo se aplican las acciones *P* ó *PD*.
* Control de caudal y presión de líquidos: La acción integral es esencial (*PI*), mientras que la acción derivativa es perjudicial, ya que el ruido en los sensores de esta variable no permite su aplicación.
* Control de presión de gases: Un controlador *P* basta, ya que estos procesos son muy estables y pueden aplicarse una acción proporcional elevada, la cual prácticamente elimina el error de estado estable.
* Control de nivel de líquidos: No se utiliza la acción de control derivativa por la misma razón que en el control de caudal. Se recomienda la acción de control *PI*.
* Control de temperatura y de presión de vapor: La acción de control integral es necesaria y la acción derivativa es esencial si se desea acelerar la respuesta del proceso.
* Control PH: La acción integral es esencial y la acción derivativa es recomendable dada la inestabilidad intrínseca de estos procesos.

**Ejemplo 1:**

Se desea eliminar el error en estado estacionario cuando ingresemos entradas tipo escalón, un tiempo de estabilización de 1 segundo y un sobre impulso del 13%.

Probar PI:

Aumentando el orden deseado

Igualando polinomios:

Probar PID:

**Ejemplo 2:**

Se desea eliminar el error en estado estacionario, un tiempo de estabilización de 1 segundo y un sobre impulso del 13%.

Probar PI:

Aumentando el orden deseado

Igualando polinomios:

Aumentando el orden deseado

Igualando polinomios:

No sirve.

**Probar PID**

Igualamos polinomios:

**Ejemplo 3:**

Se desea un tiempo de estabilización de 8 segundos y un sobre impulso menor del 40%.

Probar PD

Probar PID

Necesito aumentar el orden de la deseada:

**Ejemplo 4:**

Se desea unos polos dominantes en lazo cerrado

Probar PD

Aumentamos el orden de la ec. Deseada:

Probar PID

**Métodos empíricos:**

a. Método de Ziegler - Nicholls (Curva de reacción).

Este procedimiento fue propuesto por Ziegler y Nicholls en 1942 y se realiza con el

sistema en lazo abierto. Se aplica en sistemas estables en lazo abierto, en sistemas con retardo en el tiempo.

Diagrama

Descripción generada automáticamenteRespuesta al escalón de una planta

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de controlador** |  |  |  |
| **P** |  |  |  |
| **PI** |  |  |  |
| **PID** |  |  |  |

b. Método de Ziegler - Nicholls (Ganancia última).

Para sistemas que se pueden llevar al margen de estabilidad en lazo cerrado.

Se debe calcular la ganancia crítica o ganancia ultima que lleva al sistema a estar marginalmente estable. Se mide el periodo de la oscilación .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de controlador** |  |  |  |
| **P** |  |  |  |
| **PI** |  |  |  |
| **PID** |  |  |  |

**Ejemplo 5:**

**Con delay**

**Para el segundo método:**

**Controladores algebraicos:**

Para el diseño del controlador por el método algebraico se debe escoger una función de transferencia deseada que cumpla con las siguientes condiciones:

* La función debe ser estable.
* El grado relativo de la función deseada debe ser mayor o igual al de la planta a controlar.
* En la función de transferencia deseada deben aparecer todos los ceros de fase no mínima que tenga la función de transferencia de la planta.

**Ejemplo 3 (con controlador algebraico):**

Se desea un tiempo de estabilización de 8 segundos y un sobre impulso menor del 40%.

**Ejemplo 6:**

Se desea un tiempo de estabilización de 0.5seg.

Ec. Deseada del sistema:

Ec. Deseada del sistema aumentada:

Lo mismo pero sin error en estado estacionario cuando la entrada sea tipo escalón.

Ec. Deseada del sistema:

Ec. Deseada del sistema aumentada:

**Ejemplo SFN:**

Se desea un tiempo de estabilización de 0.5seg sin error en estado estacionario cuando la entrada sea tipo escalón.