

1 Conceptos Básicos y Terminología de Control

¹En esta unidad se debe llamar la atención sobre el estudio de los conceptos fundamentales del control y los diferentes modos de control existentes. De esta información hay abundante y excelente bibliografía, por lo tanto se transcribirá una lista de la terminología más común para orientar al lector y recordar el léxico empleado. Se indicará a que fuentes acudir para profundizar en los aspectos aquí descritos.

Sistema: Región del universo sometida a estudio. Combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo. Un sistema no está limitado a objetos físicos.

Sistema de control: Conjunto de componentes interconectados de modo que puedan ser comandados, dirigidos o regulados por sí mismos o por otro sistema para lograr una condición deseada. El objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control.

Sistema lineal: Es el que cumple con el teorema de superposición.

Teorema de Superposición:

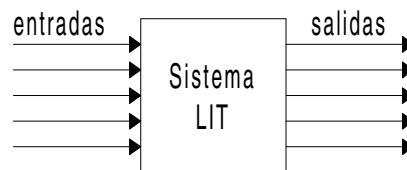
$$f(\alpha u_1 + \beta u_2) = \alpha f(u_1) + \beta f(u_2) \quad (1)$$

Sistema SISO: Es el que tiene una entrada y una salida.

Sistema MISO: Es el que tiene múltiples entradas y una salida.

Sistema SIMO: Es el que tiene una entrada y múltiples salidas.

Sistema MIMO: Es el que tiene múltiples entradas y múltiples salidas.



Proceso con múltiples entradas y múltiples salidas

Esquema: Diagrama donde se utiliza un bloque que explica completamente un sistema de control.

Control de procesos: Sistema de control donde la variable está orientada a la producción.

Variable Controlada: Es la cantidad o condición que arbitrariamente se denota como la salida del sistema, es la variable que se mide y se controla. Las variables controladas más comunes son posición, velocidad, temperatura, presión, nivel y rata de flujo.

Referencia, Consigna o Setpoint: Es el valor deseado en la variable del proceso o variable controlada.

Variable Manipulada: Es la cantidad o condición que arbitrariamente se denota como la entrada del sistema. Es la cantidad o condición modificada por el controlador a fin de afectar la variable controlada. Esta variable debe ser capaz de afectar la condición de la variable controlada.

Variables de Perturbación: Son señales que tienden a afectar adversamente el valor de la variable controlada de un sistema, pero que no son controladas por el sistema de control. Perturbaciones internas son aquellas que se generan dentro del sistema, mientras perturbaciones externas son aquellas que se generan fuera del sistema y constituyen entradas. Son capaces de cambiar la carga sobre el proceso y son la principal razón por la cual se utilizan sistemas de control de lazo cerrado.

Control: Es el conjunto de acciones aplicadas sobre un proceso con la intención de que las variables controladas alcancen y se mantengan en un valor deseado. El control debe hacerse lo más rápido posible, al menor costo y con la máxima seguridad, o limitando cualquiera de las tres sobre la base de alguna norma o restricción presupuestaria.

Controlador: Es la parte física de un equipo (electrónico, neumático o mecánico) que resulta de aplicar la teoría de control automático a un problema de control en un sistema industrial. Su

¹José Luis Rodríguez, Ph.D., jlrodriguez@ieee.org agosto 2003

función es mantener la variable de control del proceso en un predeterminado valor, para ello calcula el error y en función de su magnitud, controla un actuador con el fin de reducir tal diferencia al valor más pequeño que le permita su capacidad. (Se reduce a lazo cerrado)

Acción de control o salida del controlador: Es la señal calculada por el controlador que va directamente al actuador del proceso.

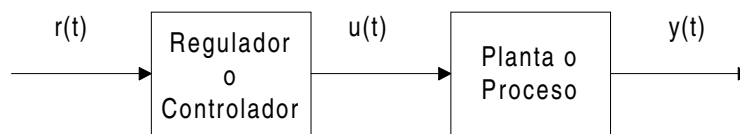
Actuador: Es el dispositivo que recibe como entrada la acción de control, la cual usa para modificar su salida, la cual es la variable manipulada.

Modo de control: Es la manera como el controlador actúa sobre la señal de error para producir la acción de control.

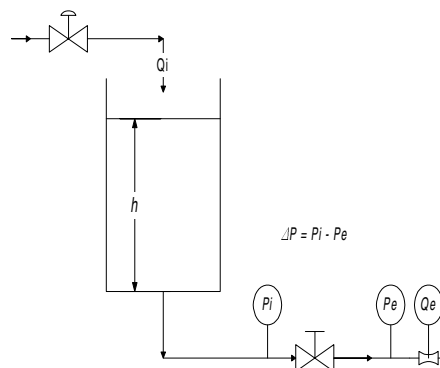
- Lazo Abierto o Lazo Cerrado.
- Automático o Manual.
- Contínuo o Discontínuo
- Analógico o Digital.
- Modelo Constante o Adaptivo.
- Lineal o No Lineal.
- Mecánico, Eléctrico, Electrónico.
- Servomecanismos, Amplificadores
- Regulación de posición, velocidad, fuerza, temperatura, presión, nivel, flujo, densidad, concentración, voltaje y corriente.

Sistema de Control Lazo Abierto: Es un sistema de control en el que aunque se actúa sobre algunas variables no se efectúa auto-corrección. Requiere para su buen funcionamiento que las variables una vez ajustadas, no varíen en el tiempo. Fundamentalmente, es un controlador que hace variar la oferta, sin conocer la demanda.

Son los sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada.



Sistema de Control en Lazo Abierto



Donde:

$r(t)$: Referencia o valor deseado.

$u(t)$: Acción de control (variable manipulada).

$y(t)$: Salida del proceso (variable controlada).

Características: es económico y no es regulado porque el proceso está siendo sometido a otras variables denominadas perturbaciones o ruido.

Ejemplos: la rueda de una impresora, el disco duro, la lavadora automática, la regadera, la tostadora, el billar, etc.

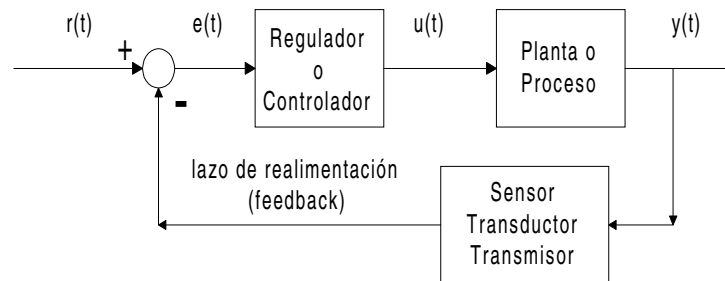
Desviación: Es la diferencia algebraica entre el valor deseado para una variable de un proceso (setpoint) y la salida de un proceso cuando se usa control de lazo abierto.

Error: Es la diferencia algebraica entre el valor deseado para una variable de un proceso (setpoint) y su valor real instantáneo, medido por un sensor y suministrado al controlador en realimentación negativa. $e = y_{sp} - y$

Detector de Error: Calcula el error.

Elementos de Realimentación: Generalmente consisten de un elemento primario de detección (sensor) y de un transmisor. Un típico elemento de medición de temperatura es el termopar, el cual convierte una señal de temperatura en una señal de milivoltios y el transmisor convierte la señal de milivoltios en una señal de corriente eléctrica.

Sistema de Control de Lazo Cerrado o Realimentado: Es un sistema de control que permanentemente está calculando el error por medio del controlador y efectuando una acción correctora dependiendo de la magnitud de tal error. La señal de error actuante, la cual es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra al controlador para reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado implica siempre el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema. Este sistema está compuesto por el proceso, un elemento de medición, un controlador y un elemento final de control. Un sistema de lazo cerrado es un sistema regulado.



Sistema de control de lazo cerrado

Realimentación negativa: se usa un comparador, $e = y_{sp} - y$. En general permite que el sistema resultante al cerrar el lazo sea estable.

Realimentación positiva: se usa un sumador, $s = y_{sp} + y$. En general hace que el sistema resultante al cerrar el lazo sea inestable.

Control Manual: Ocurre cuando la acción de corrección es realizada por un hombre. Es un modo de control del cual vienen provistos los sistemas automáticos como un respaldo ante las eventuales fallas del controlador o ante las situaciones de operación inusuales.

Control Automático: Es el modo de operación de los controladores convencionales, es decir, cuando ellos están conectados directamente a los EFC del proceso y están controlando las variables del proceso.

Control secuencial: Tienen mucha vigencia en los sistemas digitales. Obedecen a tareas en orden secuencial.

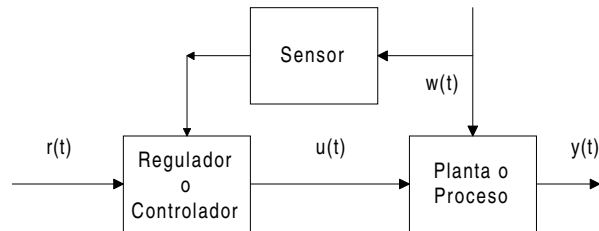
Sistema Regulado: Es aquel que es capaz por sí mismo de volver al estado ideal una vez que las perturbaciones lo han alejado de él.

Reguladores: Sistemas que consisten en mantener una variable física cualquiera.

Servomecanismos: Sistemas de control utilizados para rastrear o seguir una variable física, generalmente son sistemas servomecánicos.

Servosistema: es un sistema de control retroalimentado en el que la salida es algún elemento mecánico, sea posición, velocidad o aceleración.

Control de Acción Precalculada: Es la situación en la cual el controlador recibe una señal que indica el valor de la variable de perturbación.



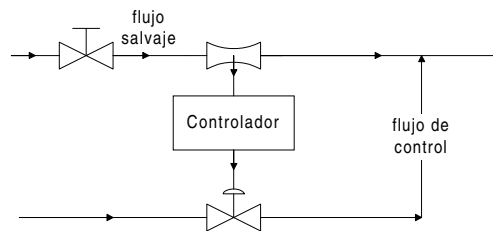
Sistema de control de acción precalculada

Donde:

$w(t)$: Variable de perturbación o ruido.

Es más rápido y eficiente que en control de lazo cerrado.

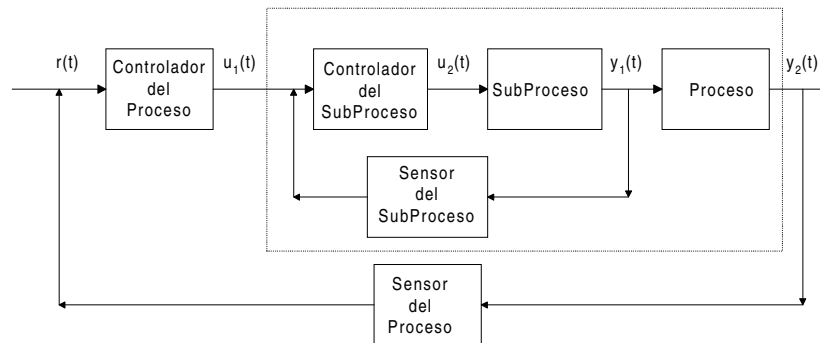
Control a Razón: Este es un caso particular del control anticipativo en el cual la variable de perturbación es flujo. Se usa en la industria para controlar la temperatura, concentración, etc. (propiedades intensivas) de los productos.



Control a Razón

Control en Cascada: Es una estrategia en la que la salida de un controlador es usada como setpoint en un segundo controlador, el cual ejerce la función definitiva de control.

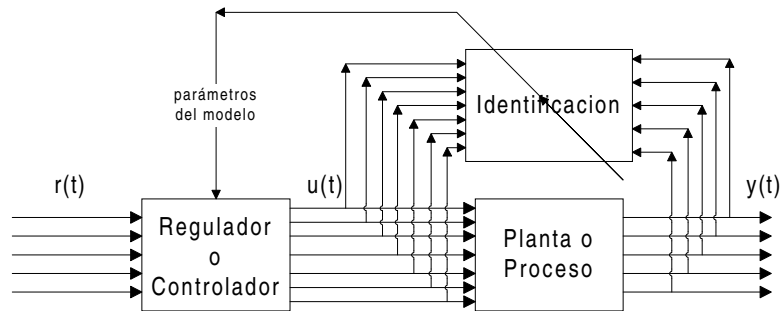
Se utiliza en procesos en los cuales la variable manipulada se puede convertir en la variable controlada de un sub-proceso. Por ejemplo en un control de nivel de líquido, la variable manipulada es el flujo de líquido, el cual puede ser controlado también. Generalmente la implementación de este tipo de control incrementa la precisión y disminuye el tiempo de respuesta a perturbaciones.



Sistema de control en cascada

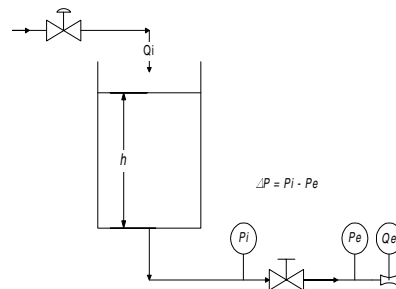
Control Adaptativo

Este es un modo de control que se usa cuando los parámetros o la estructura del modelo varía con el tiempo, lo cual se podría considerar como variables de perturbación internas.



Control Adaptativo

Ejemplo: Control de nivel: En este caso la variable de perturbación es el coeficiente de descarga de la válvula, Cd , el cual es una función del ángulo de apertura de la válvula.



$$A \frac{dh}{dt} + Kh = Q_i$$

Donde:

A : Área transversal del tanque.

h , : Nivel del agua en el tanque.

$K = Cd\gamma$.

Cd : Coeficiente de descarga.

γ : Peso específico del agua.

Q_i : Caudal de entrada al tanque.

Debido a que la perturbación es uno de los parámetros del modelo, su valor con respecto al tiempo puede ser identificada al estudiar la respuesta del sistema.