

Sistema de control

Un **sistema de control** está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado.

En un sistema de control pueden identificarse 4 partes: **Medición, Acción, Control, y Referencia.**

Todo sistema de control **mide y hace** algo, el proceso lo realiza el **controlador** que utiliza programas y referencias (Set-point). - Las referencias o parámetros son la parte ajustable del **Software**; son intangibles, no se pueden tocar, y necesitan un soporte físico para memorizarse; y las Mediciones, Accionamientos y Controladores son el **Hardware** que se pueden ver y tocar. -

Por nuestra naturaleza humana es útil mencionar por un lado el **control manual** y por otro el **control automático.**

En el control manual interviene un cerebro consciente realiza el control, las mediciones son los sentidos, las acciones son musculares, y lo que llamamos mente es el software con sus referencias. -

En el control automático el controlador es un dispositivo artificial; que puede ser mecánico, electrónico, químico, etc; que fue “programado” para realizar su tarea según referencias; recibe las mediciones y actúa sobre los accionadores.

Existen dos clases comunes de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo abierto la salida no interviene en la acción de control; mientras que en los de lazo cerrado si se va a requerir conocer la salida para ejercer el control del sistema. Un sistema de lazo cerrado es llamado también sistema de control con realimentación.

En lo general, se usan sistemas de control industriales para los procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas.

Objetivos

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

1. Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado basado en que la acción de control sea independiente o no de la salida del sistema que se desea controlar.

Sistema de control de lazo abierto

Es aquel sistema en el cual la salida no tiene efecto sobre el sistema de control, esto significa que no hay realimentación de dicha salida hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control.

- Ejemplo 1: Una lavadora "automática" común, ya que ésta realiza los ciclos de lavado en función a una base de tiempo, mas no mide el grado de limpieza de la ropa, que sería la salida a considerar.
- Ejemplo 2: Al hacer una tostada, se coloca el tiempo que suponemos suficiente para que el pan salga con el grado de tostado que queremos, más la tostadora no puede decidir si ya está suficientemente tostado o no.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil mantenimiento.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Estas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.
- Son eficaces en los sistemas de control automático

Sistema de control de lazo cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida; es decir, en los sistemas de control de lazo cerrado o sistemas de control con realimentación, la salida que se desea controlar se realimenta para compararla con la entrada (valor deseado) y así generar un error que recibe el controlador para decidir la acción a tomar sobre el proceso, con el fin de disminuir dicho error y por tanto, llevar la salida del sistema al valor deseado. Sus características son:

- Ser complejos y amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y para realizar el control del sistema.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado sería el Calentador de agua termotanque de agua que utilizamos para bañar

Otro ejemplo sería un regulador de nivel de gran sensibilidad de un depósito. El movimiento de la boya produce más o menos obstrucción en un chorro de aire o gas a baja presión. Esto se traduce en cambios de presión que afectan a la membrana de la válvula de paso, haciendo que se abra más cuanto más cerca se encuentre del nivel máximo.

Tipos de sistemas de control

Los sistemas de control son agrupados en tres tipos básicos:

1. **Hechos por el hombre.** Como los sistemas eléctricos o electrónicos que están permanentemente capturando señales del estado del sistema bajo su control y que, al detectar una desviación de los parámetros preestablecidos del funcionamiento normal del sistema, actúan mediante sensores y actuadores, para llevar al sistema de vuelta a sus condiciones operacionales normales de funcionamiento. Un claro ejemplo de este será un termostato, el cual capta consecutivamente señales de temperatura. En el momento en que la temperatura desciende o aumenta y sale del rango, este actúa encendiendo un sistema de refrigeración o de calefacción.

1.1. Por su **causalidad** pueden ser: **causales** y **no causales**. Un sistema es causal si existe una **relación de causalidad** entre las salidas y las entradas del sistema, más explícitamente, entre la salida y los valores futuros de la entrada.

1.2. Según el número de **entradas** y **salidas** del sistema, se denominan: por su comportamiento

1.2.1. De **una entrada y una salida** o **SISO** (*single input, single output*).

1.2.2. De **una entrada y múltiples salidas** o **SIMO** (*single input, multiple output*).

1.2.3. De **múltiples entradas y una salida** o **MISO** (*multiple input, single output*).

1.2.4. De **múltiples entradas y múltiples salidas** o **MIMO** (*multiple input, multiple output*).

1.3. Según la ecuación que define el sistema, se denomina:

1.3.1. **Lineal**, si la **ecuación diferencial** que lo define es **lineal**.

1.3.2. **No lineal**, si la **ecuación diferencial** que lo define es **no lineal**.

1.4. Las señales o variables de los sistemas dinámicos son **función del tiempo**. Y de acuerdo con ello estos sistemas son:

1.4.1. De **tiempo continuo**, si el modelo del sistema es una **ecuación diferencial**, y por tanto el tiempo se considera **infinitamente divisible**. Las variables de **tiempo continuo** se denominan también **analógicas**.

1.4.2. De **tiempo discreto**, si el sistema está definido por una **ecuación por diferencias**. El tiempo se considera dividido en **períodos de valor constante**. Los valores de las variables son **digitales** (sistemas binarios, hexadecimal, etc.), y su valor solo se conoce en cada período.

1.4.3. De **eventos discretos**, si el sistema evoluciona de acuerdo con variables cuyo valor se conoce al producirse un determinado evento.

1.5. Según la relación entre las variables de los sistemas, diremos que:

1.5.1. Dos sistemas están **acoplados**, cuando las variables de uno de ellos están relacionadas con las del otro sistema.

1.5.2. Dos sistemas están **desacoplados**, si las variables de ambos sistemas no tienen ninguna relación.

1.6. En función de la evolución de las variables de un sistema en el tiempo y el espacio, pueden ser:

1.6.1. **Estacionarios**, cuando sus variables son constantes **en el tiempo y en el espacio**.

1.6.2. **No estacionarios**, cuando sus variables no son constantes **en el tiempo o en el espacio**.

1.7. Según sea la respuesta del sistema (valor de la salida) respecto a la variación de la entrada del sistema:

1.7.1. El sistema se considera **estable** cuando ante cualquier señal de entrada acotada, se produce una respuesta **acotada** de la salida.

1.7.2. El sistema se considera **inestable** cuando existe por lo menos una entrada acotada que produzca una respuesta **no acotada** de la salida.

1.8. Si se comparan o no, la entrada y la salida de un sistema, para controlar esta última, el sistema se denomina:

1.8.1. Sistema en **lazo abierto**, cuando la salida para ser controlada, no se compara con el valor de la señal de entrada o **señal de referencia**.

1.8.2. Sistema en **lazo cerrado**, cuando la salida para ser controlada, se compara con la **señal de referencia**. La señal de salida que es llevada junto a la señal de entrada, para ser comparada, se denomina señal de **feedback** o de **retroalimentación**.

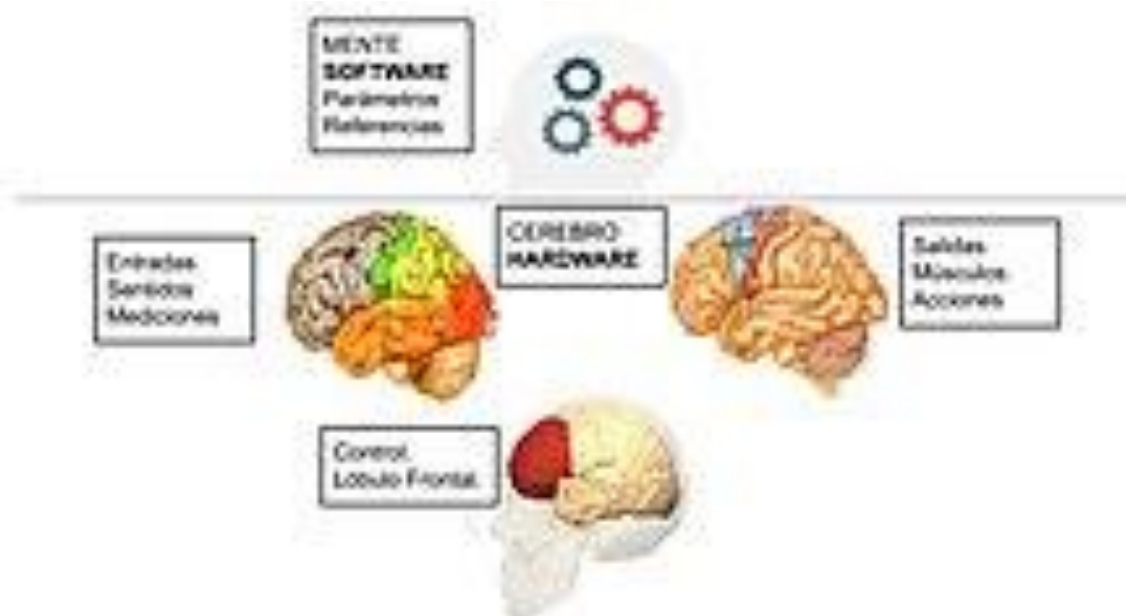
1.9. Según la posibilidad de predecir el comportamiento de un sistema, es decir su respuesta, se clasifican en:

1.9.1. Sistema **determinista**, cuando su comportamiento futuro es predecible dentro de unos límites de tolerancia.

1.9.2. Sistema **estocástico**, si es imposible predecir el comportamiento futuro. Las variables del sistema se denominan **aleatorias**.

2. Naturales, incluyendo sistemas biológicos. Por ejemplo, los movimientos corporales humanos como el acto de indicar un objeto, caminar o hablar. Incluye como componentes del sistema de control: Los sentidos (Mediciones), Los músculos (Accionamientos), y el cerebro en su lóbulo frontal (Controlador).

El cerebro en sí mismo es un sistema de control completo. **Las entradas, los sentidos**, se procesan en su parte posterior y lateral ocupando el mayor parte de la masa encefálica. **Las salidas, los movimientos musculares**, se procesan en su parte central, la corteza motora. - **El lóbulo frontal es el controlador** de las acciones humanas y **la mente es el software** de todo el sistema. -



El cerebro y la mente forman un sistema de control, con sus 4 partes: Medición, Acción, Control y Referencia.

3.

Cuyos componentes están hechos por el hombre y los otros son naturales. Se encuentra el sistema de control de un hombre que conduce su vehículo. Este sistema está compuesto por el conductor y el vehículo que se transforma en una prolongación de sus acciones musculares. -

El rumbo, el destino, que tiene el conductor es la referencia del sistema, es el parámetro que toma su mente, y con su cerebro realizará los cálculos, procesará de las señales de sus sentidos y las acciones musculares necesarias para llegar a su destino. -

Otro ejemplo puede ser las decisiones que toma un político antes de unas elecciones. Este sistema está compuesto por su cerebro, los sentidos, sus músculos y toda su mente. La salida se manifiesta en las promesas que anuncia el político, el grado de aceptación de la propuesta por parte de la población, es la realimentación del sistema que ajustará sus próximas acciones en busca de su objetivo o referencia. -

4. Un sistema de control puede ser neumático, eléctrico, mecánico o de cualquier tipo, su función es recibir entradas y coordinar una o varias respuestas según su lazo de control (para lo que está programado).

5. Control predictivo, son los sistemas de control que trabajan con un sistema predictivo, y no activo como el tradicional (ejecutan la solución al problema antes de que empiece a afectar al proceso). De esta manera, mejora la eficiencia del proceso contrarrestando rápidamente los efectos.

Otros ejemplos: a) Sistema de control de señalización: control de semáforos.

b) Sistema de control de temperatura: control de calefacción de una vivienda.

- c) Sistema de control de nivel de líquidos: control de bombas de agua en un edificio.
- d) Sistema de control de transporte vertical o de cargas: Control de ascensores o montacargas, cintas transportadoras.
- e) Sistema de control de traslado de componentes: Control de transferencia de archivos, documentos, componentes multimedia, etc.
- f) Sistema de control de posición: Control de movimiento de un servomotor.
- g) Sistema de control de Potencia eléctrica: Control de la Potencia eléctrica proporcionada.

Características de un sistema de control

1. **Control:** selección de las entradas de un sistema de manera que los estados o salidas cambien de acuerdo a una manera deseada. Los elementos son:
 - Siempre existe para verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planeación.
 - Medición. Para controlar es imprescindible medir y cuantificar los resultados.
 - Detectar desviaciones. Una de las funciones inherentes al control, es descubrir las diferencias que se presentan entre la ejecución y la planeación.
 - Establecer medidas correctivas. El objeto del control es prever y corregir los errores.
 - Factores de control; Cantidad, Tiempo, costo, Calidad. **Controlador:** (Electrónica). Es un dispositivo electrónico que emula la capacidad de los seres humanos para ejercer control. Por medio de cuatro acciones de control: compara, calcula, ajusta y limita. **Proceso:** operación o desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden uno al otro en una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados. Operación artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinados. Ejemplos: procesos químicos, económicos y biológicos. Supervisión: acto de observar el trabajo y tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad.
2. Señal de Corriente de Entrada: Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.

3. Señal de Corriente de Salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
4. Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
5. Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
6. Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
7. Variaciones Externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
8. Fuente de Energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.
9. Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.
10. Variables de fase: Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de controlabilidad cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

La ingeniería en los sistemas de control

Problemas

Los problemas considerados en la ingeniería de los sistemas de control, básicamente se tratan mediante dos pasos fundamentales como son:

1. El análisis.
2. El diseño.

Aquel el análisis se investiga las características de un sistema existente. Mientras que en el diseño se escogen los componentes para crear un sistema de control que posteriormente ejecute una tarea particular.

Métodos de diseño

Existen dos métodos de diseño:

1. Diseño por análisis.
2. Diseño por síntesis.

Representación

La representación de los problemas en los sistemas de control se lleva a cabo mediante tres representaciones básicas o modelos:

1. Ecuaciones diferenciales, integrales, derivadas y otras relaciones matemáticas.
2. Diagramas en bloque.
3. Gráficas en flujo de análisis.

Los diagramas en bloque y las gráficas de flujo son representaciones gráficas que pretenden el acortamiento del proceso correctivo del sistema, sin importar si está caracterizado de manera esquemática o mediante ecuaciones matemáticas. Las ecuaciones diferenciales y otras relaciones matemáticas, se emplean cuando se requieren relaciones detalladas del sistema. Cada sistema de control se puede representar teóricamente por sus ecuaciones matemáticas. El uso de operaciones matemáticas es patente en todos los controladores de tipo Controlador proporcional (P), Controlador proporcional, Integral (PI) y Controlador proporcional, Integral y derivativo (PID),² que debido a la combinación y superposición de cálculos matemáticos ayuda a controlar circuitos, montajes y sistemas industriales para así ayudar en el perfeccionamiento de los mismos.

Referencias

1. ↑ Neco García, Ramón Pedro (2003). «1». En Editorial Club Universitario, ed. *Apuntes de sistemas de control*. p. 4. ISBN 9788484543053. Consultado el 18 de enero de 2017.
2. ↑ Del Valle, Gutierrez, M., & Iturralde, S. (2017). Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control. Ecuador: UPSE. p. 115