Sistemas de control: Elementos componentes, variables, función de transferencia y diagrama funcional.

Introducción

Los sistemas de control automático han jugado un papel vital en el avance de la ciencia y de la ingeniería. Además de su extrema importancia en vehículos espaciales, sistemas de guía de proyectiles, sistemas de piloto automático de aeronaves, sistemas robóticos y otros, el control automático se ha vuelto parte integral de los procesos industriales y de manufactura.

Además podemos decir que gracias a la acción del control automático ha sido posible la fabricación de productos complejos en condiciones estables de calidad y de características, condiciones que al operario le serían imposibles o muy difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual.

Sistema de control

Un sistema en una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo. Si este objetivo es controlar un determinado proceso hablaremos entonces de sistemas de control.

Básicamente los sistemas de control se pueden dividir en dos tipos: de lazo abierto y de lazo cerrado.

Un ejemplo típico de sistema de control en lazo abierto es la regulación de una lavadora o de los semáforos de una ciudad. En estos sistemas de control se sigue una secuencia prefijada pero el sistema no toma información del medio para ver si su acción sobre éste produce los efectos deseados. Por ejemplo, un semáforo en una calle de acceso a un estadio de fútbol no cambia su secuencia sea o no día de partido.

Un sistema de control en lazo cerrado es aquel que trata de mantener una relación preestablecida entre una variable de salida y otra de entrada comprobando las funciones de esas variables y utilizando la diferencia como modo de control.

Elementos componentes de un sistema de control

Independientemente del tipo de tecnología empleada en los sistemas de control, en todo sistema de control se utilizan los siguientes dispositivos:

- **Generador del valor de referencia o consigna**. Es el sistema que genera la señal encargada de imponer el valor deseado en la salida. La señal de referencia se aplica a un dispositivo llamado detector de error, al objeto de comparar su valor con el de la salida a través del lazo de realimentación.

- **Transductor de la señal de salida**. Consiste en un dispositivo capaz de medir en cada instante el valor de la magnitud de salida y proveer una señal proporcional a dicho valor. Consta de dos partes:

    - **El captador**, llamado también sensor o elemento primario, cuya finalidad es captar directamente la magnitud medida.

    - **El transmisor** es la parte del transductor que tiene por finalidad transformar la magnitud vista por el captador, normalmente la variación de una magnitud eléctrica o neumática.

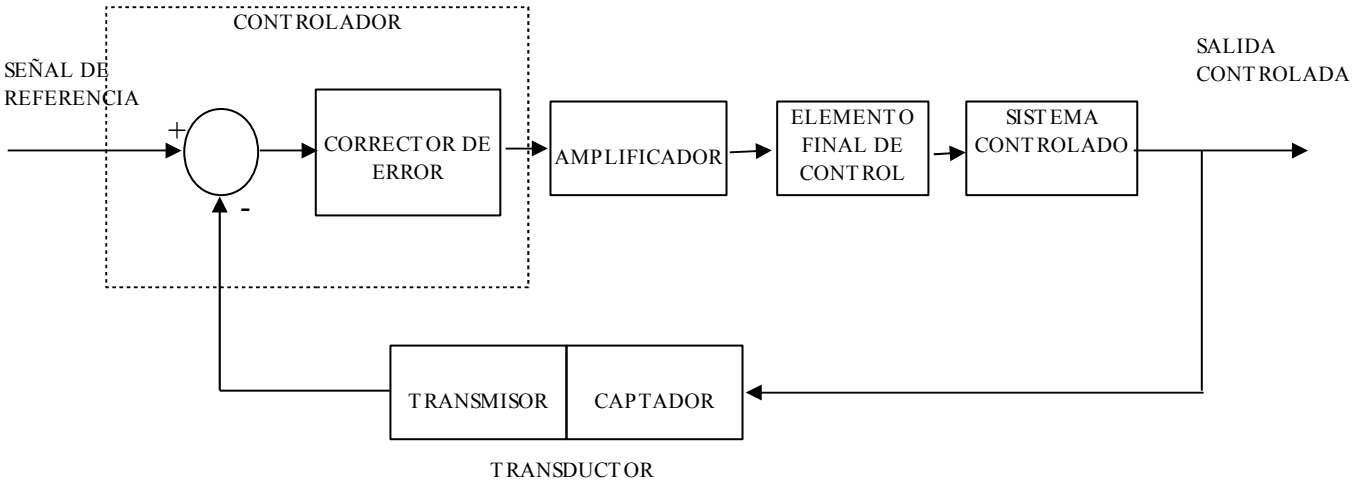
- **Comparador o detector de error**. Es el dispositivo encargado de comparar el valor de referencia con el valor medido de la variable de salida a través del transductor de realimentación

- **Corrector de error**. Es el dispositivo encargado de amplificar y modificar adecuadamente la señal de error que le proporciona el detector de error, con el fin de que la acción de control sobre el sistema sea más eficaz.

- **Amplificador de control**. Llamado también amplificador de potencia, tiene como finalidad amplificar la señal vista por el corrector de error al objeto de que alcance un nivel suficiente para accionar el elemento final de control.

- **Elemento final de control**. Es el dispositivo situado en un sistema de control cuyo objeto es modificar la variable de salida para que tenga el valor deseado.

- **Sistema o planta**. Es el lugar donde se desea realizar una acción de control.



Variables de un sistema de control

Al analizar un sistema de control observamos que cada uno de los componentes (transductores, amplificadores, etc.) constituye un sistema físico individual caracterizado por tener una entrada y una salida variables con el tiempo.

Para poder determinar cómo están relacionadas las entradas y salidas de cada sistema, es necesario aplicar las leyes físicas que lo rigen, obteniéndose así un sistema de ecuaciones que pueden ser diferenciales lineales y no lineales.

Si las variables son continuas se utiliza la transformada de Laplace para resolver las ecuaciones mientras que si son discretas se utiliza la transformada Z

Mencionar también las variables llamadas de estado o también llamadas condiciones iniciales que corresponden a los valores en el instante iniciales de las variables de un sistema.

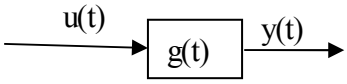
Función de transferencia de un sistema de control

La función de transferencia es aquella que nos relaciona la salida con la entrada de un sistema.

Esta función se deduce de las ecuaciones diferenciales que representan el sistema.

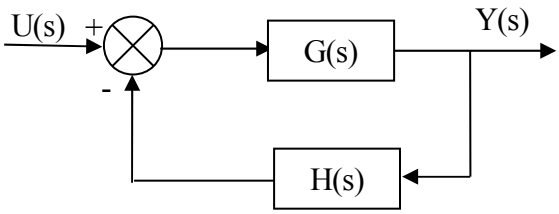
- Función de transferencia en lazo abierto.

$$W(s) = G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$



- Función de transferencia en lazo cerrado

$$W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$$



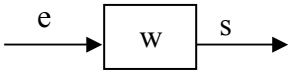
El denominador de W(s) igualado a cero se llama ecuación característica y a través de ella podemos tener idea de la estabilidad del sistema (Criterio de Nyquist).

Diagrama funcional de un sistema de control

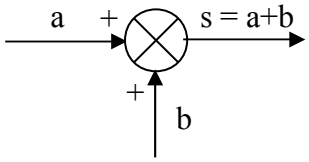
Consiste en la utilización de una serie de elementos gráficos mediante los que se representan los elementos que forman parte de un sistema de control, así como el recorrido y el sentido de las señales que van de un elemento a otro.

Elementos con los que se realizan estos esquemas:

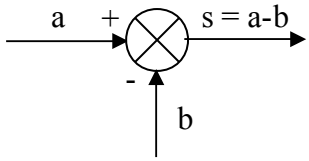
- Bloque de transferencia



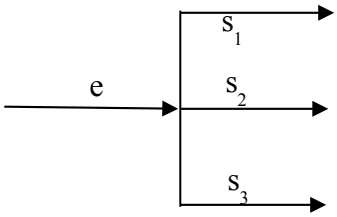
- Nudo aditivo



- Nudo diferenciador

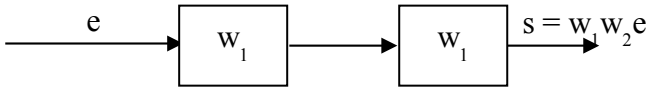


- Nudo de ramificación

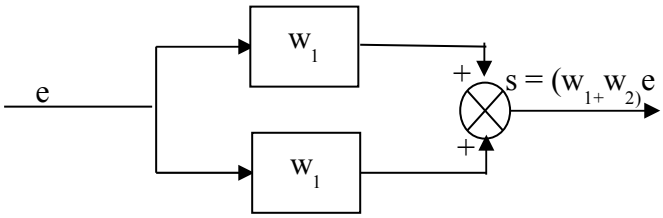


Conexión de bloques:

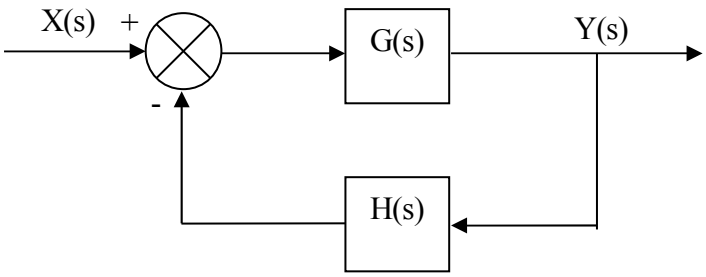
- En serie



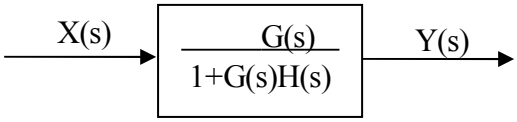
- En paralelo



Forma canónica → Sería la representada en el diagrama:



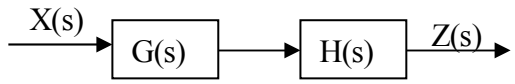
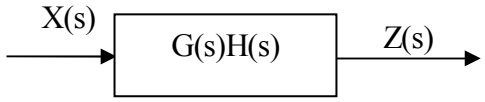
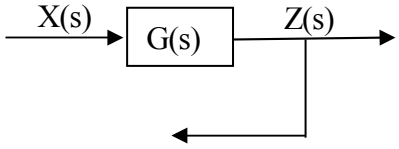
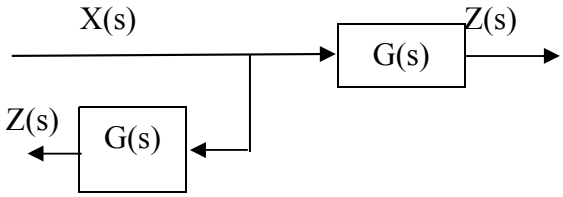
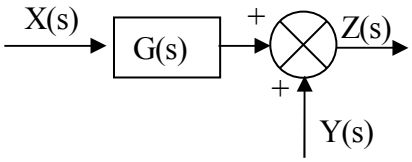
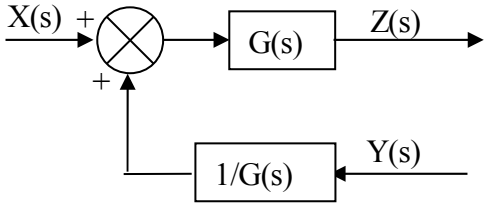
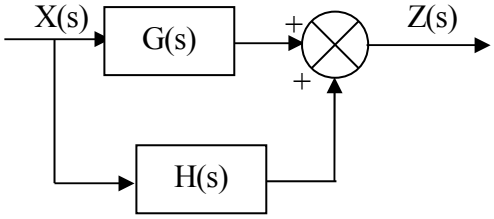
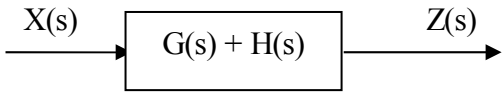
El bloque equivalente a esta forma será:



La ***ecuación característica*** se obtendría igualando el denominador a cero. En este caso sería:

$$1+G(s)H(s) = 0$$

Reglas prácticas para la reducción de diagramas de bloques:

Diagrama	Equivalencia
	
	
	
	

Estabilidad de un sistema

Para mirar si un sistema es estable o no se utiliza la ecuación característica a la que se le aplica el criterio de estabilidad de Routh-Hürwitz.

Para que un sistema sea estable son condiciones necesarias, pero no suficientes:

- Que todos los coeficientes del polinomio tengan el mismo signo.
- Que ninguno de los coeficientes sea nulo.

Si se dan estas condiciones se realiza la siguiente tabla:

Dado el sistema:

$$G(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + a_{n-2} s^{n-2} + \ldots + a_1 s + a_0 = 0$$

Donde G (s) es la ecuación característica de un sistema.

s^n	a_n	a_{n-2}	a_{n-4}	…	$\alpha_1 = \frac{(a_{n-1}\cdot a_{n-2}) - (a_n \cdot a_{n-3})}{a_{n-1}}$		$\beta_1 = \frac{(\alpha_1 \cdot a_{n-3}) - (a_{n-1}\cdot \alpha_2)}{\alpha_1}$	…
s^{n-1}	a_{n-1}	a_{n-3}	a_{n-5}	…				
s^{n-2}	α_1	α_2	α_3	…				
s^{n-3}	β_1	β_2	β_3	…	$\alpha_2 = \frac{(a_{n-1}\cdot a_{n-4}) - (a_n \cdot a_{n-5})}{a_{n-1}}$		$\beta_2 = \frac{(\alpha_1 \cdot a_{n-5}) - (a_{n-1}\cdot \alpha_3)}{\alpha_1}$	…
:	:	:	:	:				
:	:	:	:	:				
:	:	:	:	:	$\alpha_3 = \frac{(a_{n-1}\cdot a_{n-6}) - (a_n \cdot a_{n-7})}{a_{n-1}}$		$\beta_3 = \frac{(\alpha_1 \cdot a_{n-7}) - (a_{n-1}\cdot \alpha_4)}{\alpha_1}$	…
:	:	:	:	:				
s^0	δ_1				:	:	:	:

El sistema es estable si todas las raíces están en el semiplano negativo. El criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz dice que el polinomio tiene sus raíces en el semiplano negativo del plano "s" si todos los elementos de la primera columna son positivos y no nulos.

Ejemplo: $G(s) = s^4 + 5s^3 + 3s^2 + s + 2$

s^4	1	3	2
s^3	5	1	0
s^2	2′8	2	0
s^1	-2′57	0	0
s^0	2		

$$\alpha_1 = \frac{(5\cdot 3) - (1\cdot 1)}{5} \qquad \beta_1 = \frac{(2'8\cdot 1) - (5\cdot 2)}{2'8}$$

$$\alpha_2 = \frac{(5\cdot 2) - (1\cdot 0)}{5} \qquad \beta_2 = \frac{(2'8\cdot 0) - (5\cdot 0)}{2'8}$$

$$\alpha_3 = \frac{(5\cdot 0) - (1\cdot 0)}{5} \qquad \beta_3 = \frac{(2'8\cdot 0) - (5\cdot 0)}{2'8}$$

$$\delta_1 = \frac{(-2'57\cdot 2) - (-2'8\cdot 0)}{-2'57}$$

Esto nos da como resultado en la primera columna: 1, 5, 2′8, -2′57, 2, con lo que por haber dos cambios de signo, el sistema es inestable por poseer dos elementos en el semiplano derecho o positivo.