

Glosario de Términos de Control

Unifiquemos términos a fin de utilizar un lenguaje común en este aspecto de la tecnología. Siempre teniendo en cuenta que nuestro objeto de estudio serán los sistemas de control lineales, y en particular los de realimentación negativa.

Variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. . Normalmente la variable controlada es considerada la salida del sistema.

Variable manipulada es la variable o condición de la planta que se modifica a fin de influir sobre la variable controlada a través de la dinámica de la planta.

Planta es un equipo o simplemente un conjunto o subsistema de una máquina o planta térmica o química que puede ser objeto de nuestro control.

Proceso normalmente se orienta esta denominación a reacciones químicas u operaciones físicas industriales que pueden ser controladas.

Sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.

Perturbación es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la misma se genera dentro del sistema se la denomina interna, de lo contrario se la denomina externa.

Control realimentado Es el modo de controlar una variable de un sistema, planta, o proceso que consiste en medir la variable controlada del mismo, y en función de la desviación (error) de dicho valor respecto del deseado (set point), aplicarle a la variable manipulada una modificación en el sentido de corregir o limitar la desviación del valor medido respecto al valor deseado. Debe destacarse lo esencial de la realimentación, que consiste en tomar el resultado obtenido de controlar para decidir la acción de control.

Sistemas de control retroalimentado son aquellos que tienden a mantener una relación preestablecida entre la salida y alguna entrada de referencia, comparándolas y utilizando la diferencia entre ellas como valor a partir del cual se realiza el control.

Servosistemas o servomecanismo es un sistema de control retroalimentado en el que la salida es alguna variable mecánica, sea de posición, velocidad o aceleración.

Sistemas de regulación automática son aquellos sistemas retroalimentados en el que la entrada de referencia o la salida deseada son o bien constantes o bien varían lentamente en el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

Sistemas de control de procesos son aquellos sistemas de control automático en los que la salida es una variable de proceso.

Señal de retroalimentación: es la medida de la variable a controlar que se compara con el valor deseado o set point.

La señal de error actuante: es la diferencia entre las señales de entrada y de retroalimentación cuando es tomada para calcular la corrección de la variable de control.

Sistemas de control de lazo cerrado con frecuencia se denomina así a los sistemas de control retroalimentado. La señal de error actuante, ingresa al controlador donde en general reside el cálculo de la señal de control con el objeto de reducir el error y llevar la salida del sistema al valor de referencia. El término ***lazo cerrado*** implica siempre el uso de control retroalimentado para reducir el error del sistema.

Sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En estos casos la salida no se utiliza como señal de retroalimentación. Por lo tanto para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación prefijada. La precisión del sistema depende entonces de una adecuada calibración. Este tipo de sistema no responde en forma adecuada ante perturbaciones. En la práctica se lo utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y se prevé que las perturbaciones influirán de modo que la salida se mantendrá dentro de valores dentro del rango admitido para el resultado necesario .

Sistemas de control de lazo cerrado versus Sistemas de control de lazo abierto, una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace que la respuesta del sistema sea relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de los parámetros del sistema.

Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de lazo abierto no hay mayores problemas, en cambio en los de lazo cerrado el problema es de gran interés por la tendencia de estos sistemas a sobrecorregir errores creando oscilaciones de amplitud constante ó variable.

Para sistemas en los que se conocen las entradas y si no se prevén perturbaciones es preferible usar sistemas de lazo abierto, los otros tienen ventaja sólo cuando se pueden presentar perturbaciones ó variaciones imprevisibles de los componentes del sistema.

Sistemas de control adaptables, las características dinámicas de la mayoría de los sistemas de control no son constantes por diversas razones, (como el deterioro de los componentes al paso del tiempo, o las modificaciones en los parámetros, o el medio ambiente. Aunque en un sistema de control retroalimentado se atenúan los efectos de pequeños cambios en las características dinámicas, si los valores de éstas modificaciones fuesen de un orden significativo, el sistema deberá adaptarse a fin de neutralizarlas.

En tales sistemas las características dinámicas deben estar identificadas en todo momento para que los parámetros del controlador puedan ajustarse convenientemente.

Sistemas de control con aprendizaje, muchos sistemas que en apariencia son de lazo abierto, pueden convertirse en sistemas de lazo cerrado si un operador humano se considera como un controlador, o sea que compara entradas con salidas y realiza acciones correctivas basadas en tales comparaciones.

Aquí se encuentra el difícil problema de plantear ecuaciones que describan el comportamiento del operador humano.

Uno de los factores que lo complican, es la capacidad de aprendizaje del *ser humano*.

Clasificación de sistemas de control.

Sistemas de control lineales versus no lineales, en rigor la mayoría de los sistemas físicos no son lineales en varios sentidos.

Sin embargo si la amplitud de las variaciones de las variables del sistema no es grande, el sistema puede linealizarse dentro de un rango relativamente estrecho de dichas variables.

En sistemas lineales se puede aplicar el principio de superposición de efectos, herramienta de gran utilidad.

Sistemas de control invariable en el tiempo versus control variable en el tiempo, los primeros son aquellos que presentan parámetros que no son función del tiempo, es decir que tienen coeficientes constantes, por contrario los otros poseen parámetros que varían con el tiempo, en otras palabras su respuesta depende del momento en que se aplica la entrada.

Sistemas de control de tiempo continuo versus de tiempo discreto, en los primeros todas las variables son función de un tiempo continuo “t”, en cambio en los otros existen una ó más variables que son conocidas sólo en ciertos instantes de tiempo.

En lo que sigue se explicará como se encaran los problemas reales planteando un modelo que los represente, o mejor aún que los intenta representar con ciertos límites que imponen las simplificaciones hechas en su formulación.

Ante un problema real se plantea un modelo simplificado del mismo, con el fin de describirlo matemáticamente de la forma más sencilla posible.

Así en la mayoría de los casos se prefieren aquellos modelos que pueden ser descriptos por medio de ecuaciones diferenciales lineales.

Una vez planteadas las ecuaciones diferenciales es menester resolverlas, lo que se utiliza es la transformada de Laplace, con ella transformamos ecuaciones diferenciales en el dominio real en ecuaciones algebraicas en el dominio complejo. Como se ve es mucho más fácil resolver una ec. algebraica para luego antitransformar y así obtener la solución buscada. De todas formas necesitamos plantear las condiciones iniciales y de borde para hallar la solución de nuestro problema particular.

Seguidamente plantearemos la relación entre una señal de entrada y otra de salida mediante un diagrama de bloques, las funciones así presentadas son las transformadas en el dominio complejo.

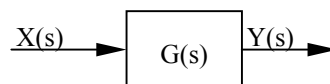
$X(s)$ = función transformada de la señal de entrada.

$Y(s)$ = función transformada de la señal de salida.

$G(s)$ = función transferencia definida como sigue:

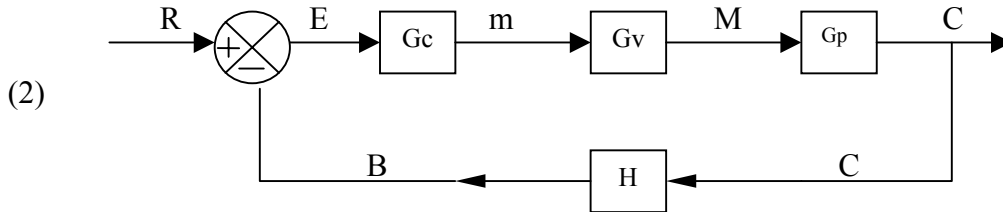
$$\boxed{G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}} \tag{1}$$

El diagrama de bloques será:



Un sistema de control puede ser representado por diagramas de bloques, la principal ventaja de este tipo de presentación es que se puede operar con relativa sencillez a fin de encontrar una relación entre dos variables cualquiera.

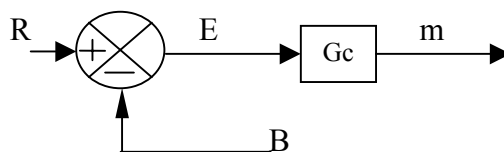
Por ejemplo un sistema de control de lazo cerrado presenta un diagrama de bloques como el que sigue:



Todas las funciones son transformadas con dominio en el campo complejo.
Se define:

- ✓ Desde E hasta C : rama directa.
- ✓ Desde C hasta B : rama de realimentación.
- ✓ R : variable de referencia en unidades standard, (SET POINT).
- ✓ B : variable medida traducida a unidades compatibles con R.
- ✓ H : transductor, en la jerga de instrumentación se denomina Transmisor.
- ✓ G_p : función transferencia de la planta.
- ✓ C : variable controlada.
- ✓ E : error, $(R - B)$.
- ✓ G_c : función transferencia del controlador.
- ✓ m : variable de control.
- ✓ G_v : función transferencia del actuador.
- ✓ M : variable manipulada.

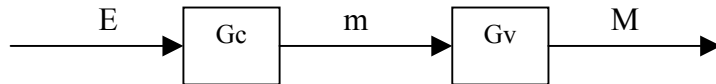
El controlador propiamente dicho está representado por la siguiente porción del diagrama de bloques



Las señales involucradas son señales de control, o sea de baja potencia, para tener una idea:

4 ~ 20 mA
3 ~ 15 Psi
1 ~ 5 V

Son valores típicos para una señal de control.
 Antes de proseguir deduciremos algunas relaciones básicas del álgebra de bloques.
 Sea la porción del diagrama de bloques anterior (2):



El objetivo es encontrar la relación entre las funciones $M(s)$ y $E(s)$; según la expresión (1) podemos escribir:

$$\frac{m}{E} = G_c \Rightarrow m = G_c \cdot E \tag{3}$$

$$\frac{M}{m} = G_v \Rightarrow M = G_v \cdot m \tag{4}$$

operando adecuadamente con las expresiones (3) y (4) se obtiene lo requerido, es decir M/E .

$$\begin{aligned} M &= G_v \cdot m = G_v \cdot G_c \cdot E \\ \frac{M}{E} &= G_v \cdot G_c = G_1 \end{aligned} \tag{5}$$

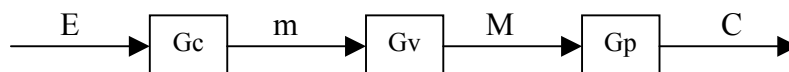
todas son funciones de “s” que es la variable compleja.

Vemos que la función transferencia entre E y M es el producto de las dos transferencias en “*serie*” G_v y G_c ; fácilmente podríamos generalizar este resultado para n funciones transferencias en serie, siendo la transferencia total el producto de todas ellas:

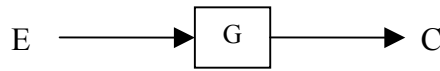
$$\frac{Y_n}{X_1} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdots G_n = G \tag{6}$$

Ahora deduciremos la transferencia de lazo cerrado, que es lo mismo que encontrar la relación entre $C(s)$ y $R(s)$.

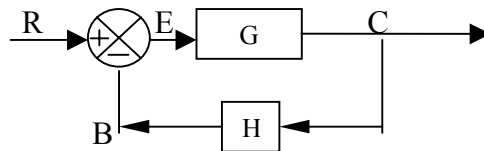
Primero utilizaremos lo desarrollado en (6) para calcular la transferencia de la rama directa:



$$G = G_c \cdot G_v \cdot G_p$$



Así el diagrama de bloques (2) queda reducido a:



Donde:

$$\begin{aligned} \frac{C}{E} &= G \quad ; \quad \frac{B}{C} = H \quad ; \quad E = R - B \\ C &= G \cdot E = G \cdot (R - B) = G \cdot (R - C \cdot H) \\ C &= G \cdot R - G \cdot C \cdot H \Rightarrow C + C \cdot G \cdot H = G \cdot R \\ &C \cdot (1 + G \cdot H) = G \cdot R \end{aligned}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{G}{1 + G \cdot H}$$

(7)

Expresión que será de gran utilidad durante todo el curso.

Se hace notar que el álgebra de bloques es un tema mucho más extenso que sólo las expresiones (1), (6) y (7); al final de este capítulo se dan algunas relaciones útiles para simplificar diagramas de bloques.

Para concluir este capítulo se dan a continuación las transformadas de Laplace de las principales funciones de “prueba” con las que se estudia el comportamiento de un sistema de control (lo que será mejor explicado en el próximo capítulo).

Función del tiempo	Transformada, función de “s”
Impulso	1
Escalón unitario	1/s
Rampa unitaria	1/s ²
Parabólica	1/s ³

Nota: En este curso las funciones tratadas cumplen con las condiciones necesarias para ser transformadas, además para efectuar las transformaciones basta con recurrir a las tablas de transformadas, que se encuentran en los libros de texto (ver bibliografía)