NOTA DEL EDITOR

Estimado lector, en la primera edición del libro
Teoría clásica de control automático
de © 2024 Gabriel Vinicio Moreano Sánchez,
Julio Tafur Sotelo y Ángel Sánchez Oñate
ha habido un error de impresión en las páginas
20-60-118-154-174-192-244

En este archivo PDF adjuntamos las páginas en cuestión.
Le pedimos disculpas por si su ejemplar se ha visto afectado.

Si desea contactar con nosotros, escriba a: info@marcombo.com

Capítulo 2

Señales y sistemas

2.1. Señales

Una señal es la alteración de una magnitud física utilizada para la transferencia de información.

Existe una amplia clasificación para las señales dependiendo de la rama de estudio, el campo de aplicación y en general la información que se desee transmitir. A continuación se mencionarán algunas clasificaciones de las señales útiles para entender la teoría de control.

La primera es en continua y discretas. Las **señales continuas** cuentan con una magnitud bien definida en el tiempo. Su dominio al ser el tiempo se encontrará en el conjunto de los números reales, donde a un valor de tiempo le corresponderá un solo valor de la señal, y se representa en todo instante de tiempo.

Este tipo de señales se representan por funciones comunes o ecuaciones diferenciales donde la variable independiente es el tiempo. Por ejemplo, en la figura 2.1a se representa la función:

$$y(t) = u(t) - u(t-5)$$

Donde $u(t)$ es una señal rampa simple.

Por su parte una **señal discreta** corresponde a una señal con un dominio en el tiempo, que solo se encuentra bien definido para ciertos instantes, pudiéndose representar como una secuencia.

Las señales discretas se expresan como ecuaciones en diferencias, como se puede ver la figura 2.1b donde se expresa la siguiente secuencia:

Capítulo 3

La transformada de Laplace

3.1. Definición

La transformada de Laplace convierte una función $g(t)$ del dominio tiempo, definida para tiempos mayores o iguales a cero, en una funcion $G(s)$ propia del dominio s mediante la integral impropia descrita en la ecuación (3.1).

$$L\{y(t)\} = \int_0^{\infty} y(t)e^{-st}dt = Y(s) \tag{3.1}$$

De esta forma, si la integral existe, se dice que $G(s)$ es la transformada de Laplace de la función $g(t)$. El factor s es un numero complejo: $s = s + jw$, por lo cual toda función $G(s)$ puede representarse en el plano cartesiano s, según se muestra en la figura 3.1.

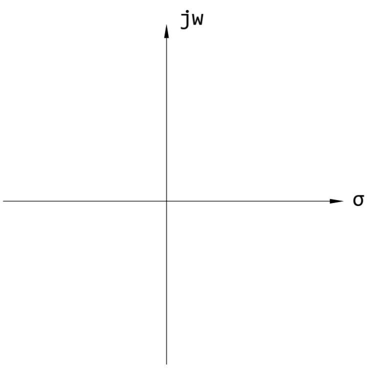

Figura 3.1: Plano s compuesta por el eje real σ y un eje imaginario jw.

La transformada de Laplace convierte una ecuación diferencial de orden n en una ecuación algebraica de grado equivalente al orden de la ecuación diferencial,

Capítulo 5

La respuesta temporal

5.1. La respuesta transitoria

La respuesta temporal de un sistema de control consta de dos partes: la respuesta transitoria y la respuesta en estado estacionario. La respuesta transitoria se refiere a la que va del estado inicial al estado final. Por respuesta en estado estacionario se entiende la manera como se comporta la salida del sistema conforme t tiende a infinito. Por tanto, la respuesta del sistema $y(t)$ se puede escribir como la ecuación (5.1).

$$y(t) = y_{re}(t) + rt(t) \tag{5.1}$$

Donde:
$y(t)$= respuesta temporal
$y_{re}(t)$= respuesta estacionaria
$y_{rt}(t)$= respuesta transitoria

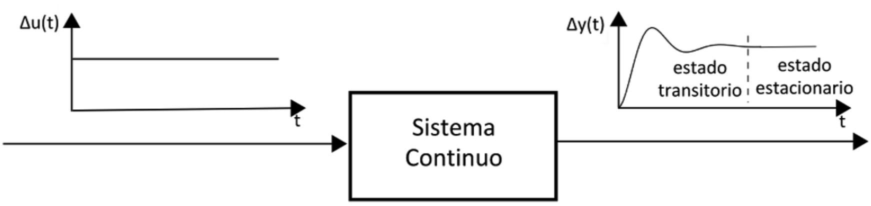

Figura 5.1: Respuesta temporal de sistema continuo.

La respuesta transitoria desaparece cuando $t \longrightarrow \infty$, si el sistema es estable.

$$\lim_{x \to \infty} y_{rt}(t) = 0$$

Capítulo 8

Sistemas de orden superior

8.1. Ceros influyentes

Se establece la siguiente expresión como ejemplo de un sistema de segundo orden subamortiguado, con un solo cero. (8.1)

$$G(s) = \frac{K_e w_n^2 (1 + Ts)}{s^2 + 2\sigma s + w_n^2} \tag{8.1}$$

De este modo se conserva la ganancia estática Ke con respecto al sistema inicial.

Fíjese que la adición de ceros puede modificar la pendiente en el origen de su respuesta temporal. Este hecho surge dado el cambio de grados entre el numerador y el denominador.

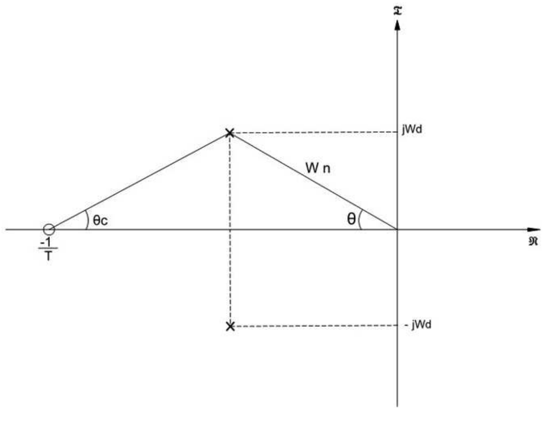

Figura 8.1: Ubicación de ceros en el sistema inicial.

Capítulo 9

Errores en régimen permanente

9.1. Definiciones de error

En un sistema en bucle abierto, el análisis estático se realiza con el teorema del valor final.

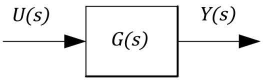

Figura 9.1: Sistema en lazo abierto.

Por ejemplo, ante una entrada paso (escalón unitario):

$$y_0(\infty) \doteq \lim_{s\to 0} sG(s)\frac{1}{s} = \lim_{s\to 0} G(s)$$

Donde el símbolo $\doteq$ significa que la igualdad solo es válida si el sistema es estable.

En un sistema en lazo cerrado se podría hacer lo mismo:

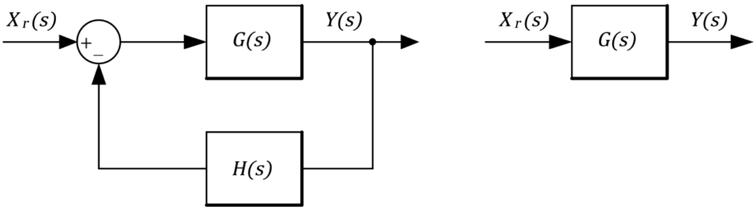

Figura 9.2: Sistema en lazo cerrado.

Capítulo 10

El lugar geométrico de las raíces

10.1. Análisis de sistemas realimentados

El sistema realimentado de la figura 10.1 se debe puede reducir a un solo bloque para facilitar su análisis.

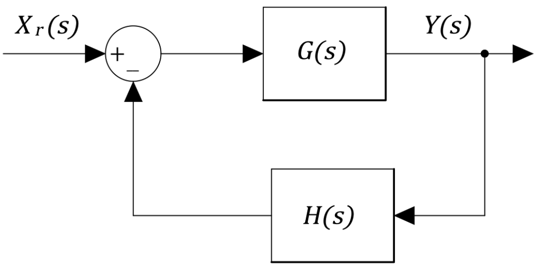

Figura 10.1: Sistema realimentado.

Obtenida la función de transferencia en lazo cerrado $M(s)$ se puede conocer la dinámica del sistema en lazo cerrado, que en ocasiones puede ser muy diferente a la dinámica analizada en lazo abierto.

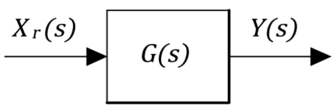

Figura 10.2: Sistema realimentado.

Pero en los sistemas de control, dispondremos de parámetros variables que podemos diseñar a nuestro antojo. El conjunto sistema que controlar - accionador (por ejemplo conjunto motor - polea) y el sensor (por ejemplo, un tacómetro) suelen ser elementos fijos y no tienen parámetros variables. Sin embargo, el sistema

Capítulo 12

El control PID

12.1. Acciones de Control

En algoritmos de control, el regulador PID es el más popular, el más documentado y el más utilizado a nivel comercial e industrial. Dentro de su definición matemática resulta:

$$u(t) = K[e(t) + \frac{1}{T_i}\int_{-\infty}^{t} e(\tau)d\tau + T_d\frac{de}{dt}] + u_b$$

Debido a que existe parte integral, el término $\Delta e(t) = e(t)$, se forma esta igualdad. Por lo consiguiente, el regulador queda de la siguiente forma:

$$R(s) = K(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$$

Cuya condición para que las raíces del numerador sean valores reales es $T_i \geq 4T_d$, una representación paralela de nuestro PID es:

$$R(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

Donde:
K_P es la constante proporcional
K_I es la constante integral
K_D es la constante derivativa

Acción proporcional (P)

La acción proporcional es una mejora del control anterior. Actúa más cuanto mayor sea el error:

$$u(t) = K_R e(t) + u_b$$