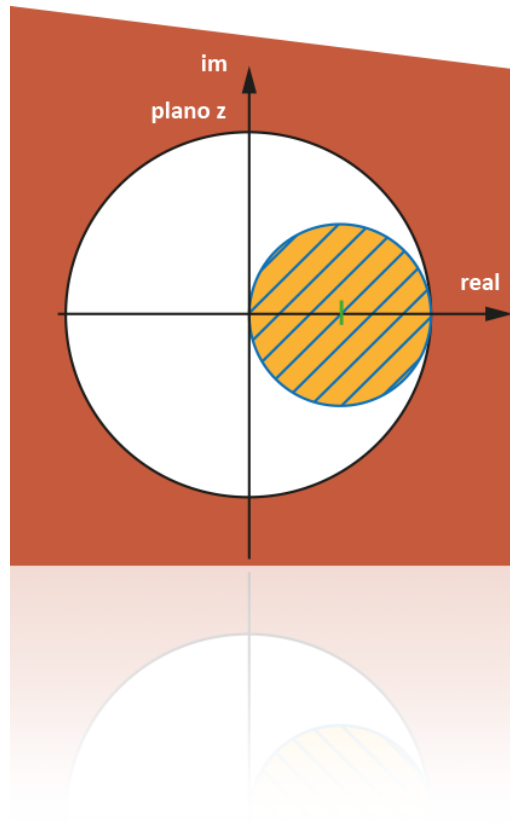


Control por computador

12. Diseño de reguladores en frecuencia



Profesores

José Ramón Llata

Esther González Sarabia

José Joaquín Sainz Gutiérrez

Jesús Arce Hernando

María Sandra Robla Gómez

Luciano Alonso Rentería

Departamento de Tecnología Electrónica e Ing. Sistemas y Automática (TEISA)

12

Diseño de Reguladores en Frecuencia

12.1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de análisis en frecuencia y el diseño de reguladores en frecuencia aplicadas para sistemas continuos pueden aplicarse a los sistemas discretos previa transformación del plano z al plano w mediante la transformación bilineal.

El diseño de reguladores tales como redes de avance de fase, redes de retardo de fase y redes de avance-retardo de fase se realizarán con las mismas técnicas que las utilizadas para el cálculo de reguladores continuos.

La compensación mediante avance de fase se utiliza normalmente para mejorar los márgenes de estabilidad. Este sistema aumenta el ancho de banda del sistema, incrementa la ganancia en altas frecuencias, lo que permite una mayor velocidad de respuesta pero en contra permite el paso de ruido de alta frecuencia.

La compensación mediante redes de retardo de fase reduce el ancho de banda, reduce la ganancia del sistema en altas frecuencias, por lo tanto el sistema tiene una velocidad de respuesta más lenta y atenúa los ruidos de alta frecuencia. Al reducir la ganancia de alta

frecuencia permite aumentar la ganancia total del sistema y con ello reducir los errores de régimen permanente del sistema.

La compensación mediante redes de avance-retardo permite combinar los efectos de las dos redes anteriores, es decir, permite aumentar la ganancia para bajas frecuencias y aumentar el ancho de banda del sistema.

12.2. PASOS PARA EL CÁLCULO DE REGULADORES UTILIZANDO LOS DIAGRAMAS DE BODE

- a) Obtener el equivalente discreto de la función de transferencia de lazo abierto de la planta utilizando un mantenedor: $G(z)$
- b) Aplicando la transformación bilineal a la función $G(z)$ se obtiene $G(w)$.
- c) Sustituir w por $j\omega$
- d) Trazar el diagrama de Bode
- e) Utilizando las técnicas de diseño de reguladores en frecuencia para sistemas continuos calcular el regulador necesario para que cumpla las especificaciones deseadas.
- f) Transformar la función de transferencia del controlador en el plano w mediante la transformación bilineal para obtener la función de transferencia discreta en el plano z .

12.3. DISEÑO DE REGULADORES EN EL PLANO W

12.3.1. Compensación por retardo de fase

Un regulador de retardo de fase viene dado por la siguiente expresión:

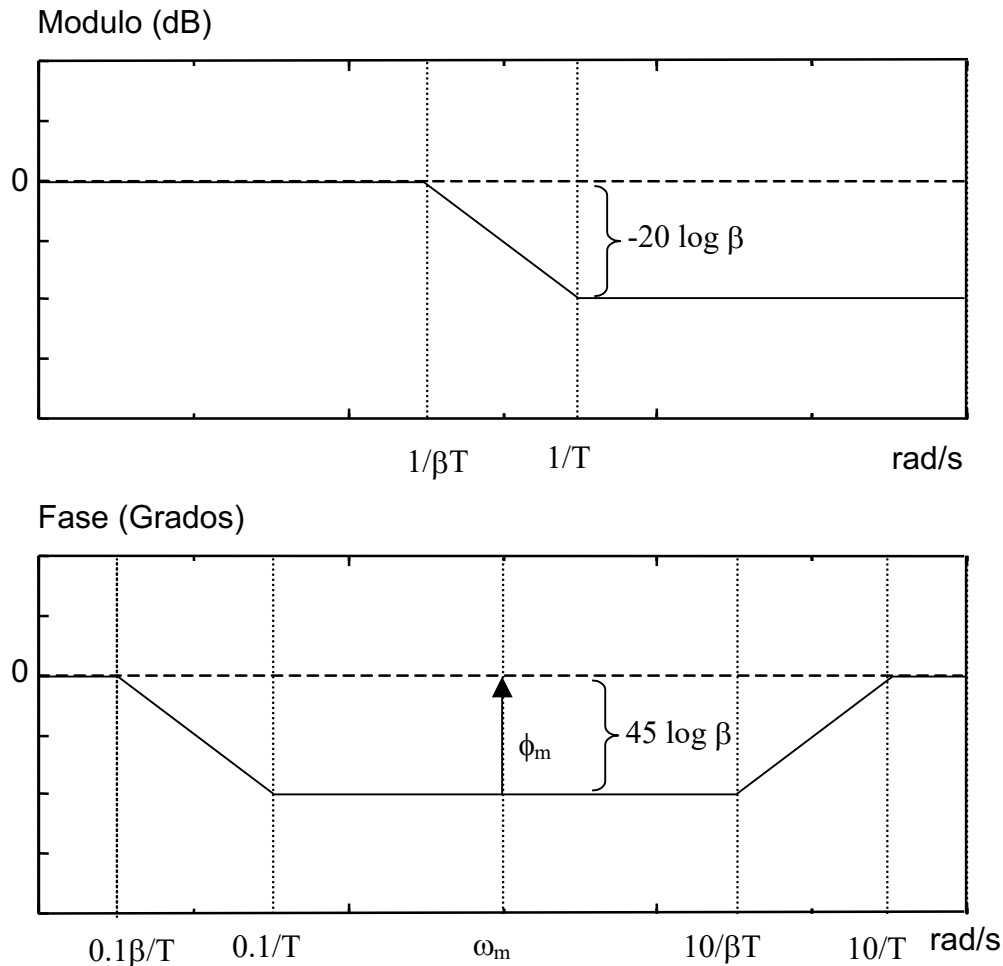
$$R(z) = \frac{1 + Ts}{1 + \beta Ts}$$

Los pasos para calcular el regulador son los siguientes:

- a) Trazar el Bode con la ganancia necesaria para cumplir las condiciones de error.
- b) Obtener el margen de fase del sistema.
- c) La nueva frecuencia de amplitud crítica ω'_a se situará donde el sistema sin compensar presenta el margen de fase requerido en las especificaciones.
- d) La red de retardo debe proporcionar una atenuación igual a la amplitud del sistema sin compensar para la nueva frecuencia de amplitud crítica ω'_a . La atenuación que produce la red de retardo es: $20 \log \beta$

- e) La frecuencia $\frac{1}{T}$ se elige una década por debajo de la nueva frecuencia de amplitud crítica ν'_a para que sus efectos no afecten a las especificaciones deseadas.

La figura representa la representación asintótica de la respuesta frecuencial de un regulador de retardo de fase.



12.3.2. Compensación por avance de fase

Un regulador de avance de fase viene dado por la siguiente expresión:

$$R(z) = \alpha \frac{1 + Ts}{1 + \alpha Ts}$$

- Trazar el Bode con la ganancia necesaria para cumplir las condiciones de error.
- Obtener el margen de fase del sistema
- Determinar el incremento de fase ΔMF que debe aportar la red para llegar al margen de fase deseado. Al introducir la red de compensación se moverá la posición de la frecuencia ν_a hacia las altas frecuencias, con lo que el ΔMF necesario será algo mayor que el

obtenido inicialmente, para ello se añade al ΔMF un coeficiente de seguridad.

d) Dicho incremento de fase será igual al máximo avance de fase de la red.

$$\phi_m = 45 \log \frac{1}{\alpha} = \Delta MF$$

De esta forma se obtiene el valor del coeficiente α

e) La nueva ν'_a se sitúa a la frecuencia donde el sistema sin compensar tiene una atenuación igual a la mitad de la atenuación introducida por la red. La atenuación de la red es $20 \log \frac{1}{\alpha}$, luego la frecuencia ν'_a corresponde con una atenuación de $10 \log \frac{1}{\alpha}$

f) El máximo avance de fase de la red se sitúa en el punto de la nueva frecuencia de amplitud crítica:

$$\omega_m = \frac{1}{T\sqrt{\alpha}}$$

g) Añadir un amplificador de ganancia $\frac{1}{\alpha}$ para eliminar la atenuación producida por el compensador.

La figura representa la representación asintótica de la respuesta frecuencial de un regulador de retardo de fase.

