



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA



Diseño de sistemas de control

Compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso.

Efectos de la adición de ceros.

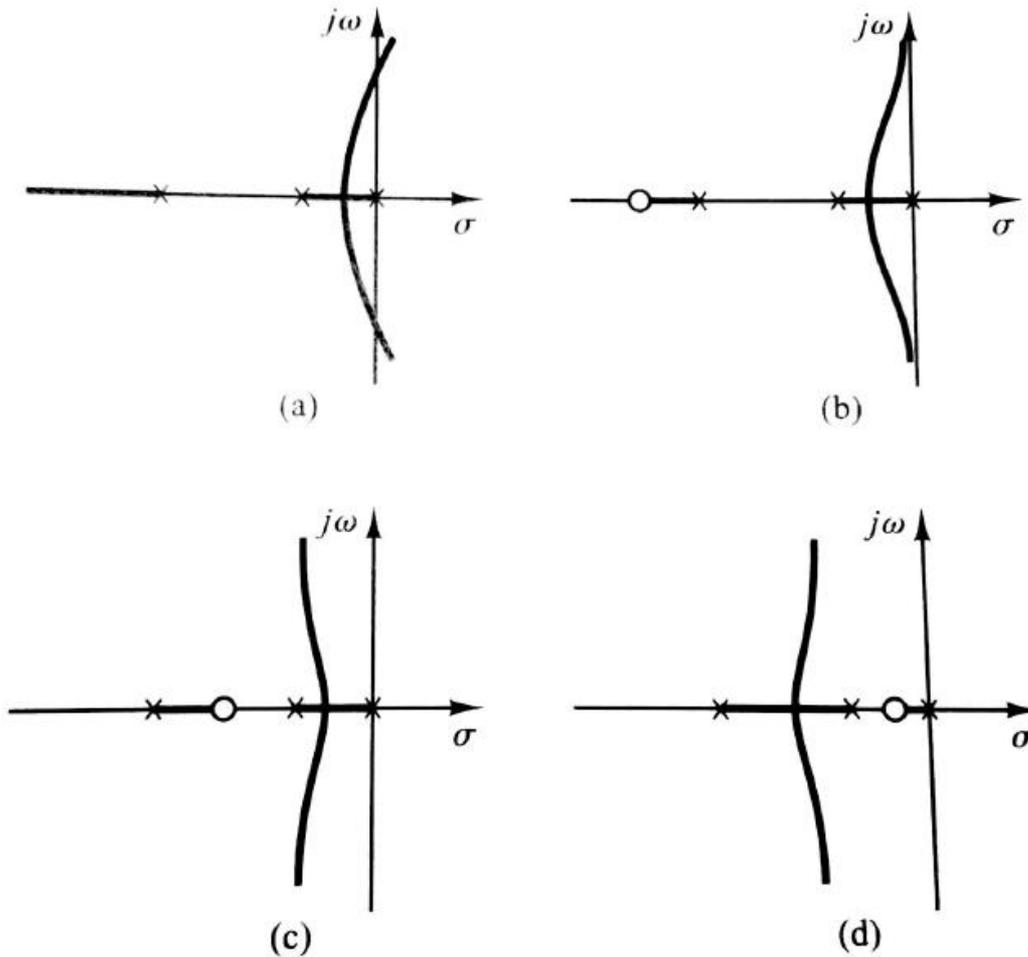


Figura 1. (a) LGR de un sistema con tres polos. (b), (c) y (d) LGR después de agregar un cero.

Compensación en adelanto

Los compensadores en adelanto son dispositivos diseñados para crear un adelanto de fase en el sistema y así cumplir con las especificaciones de comportamiento requeridas en el proceso.

Cuando se utiliza de manera adecuada hace mas estable el sistema y acelera el tiempo de levantamiento y establecimiento.

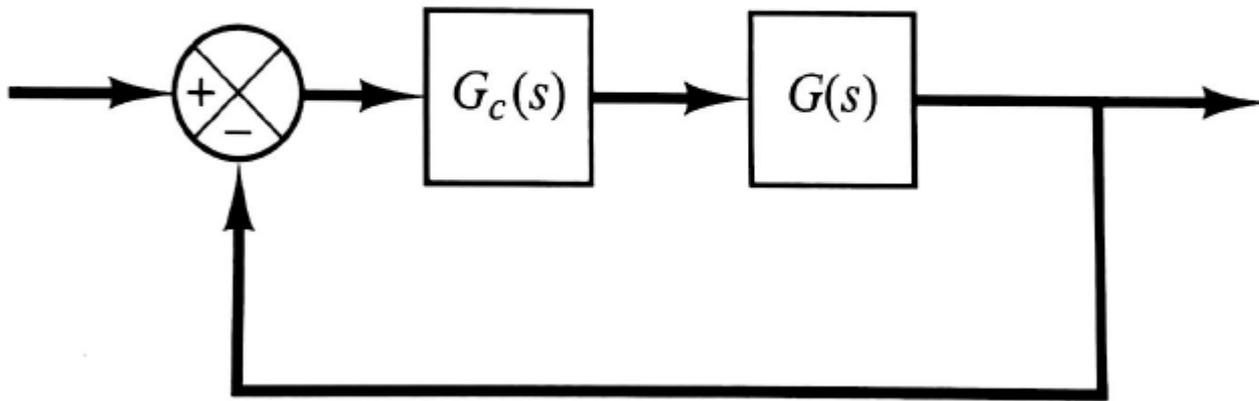


Figura 2. Sistema de control.

Compensación en adelanto

Los compensadores en adelanto pueden ser redes electrónicas, redes eléctricas, sistemas mecánicos y otros.

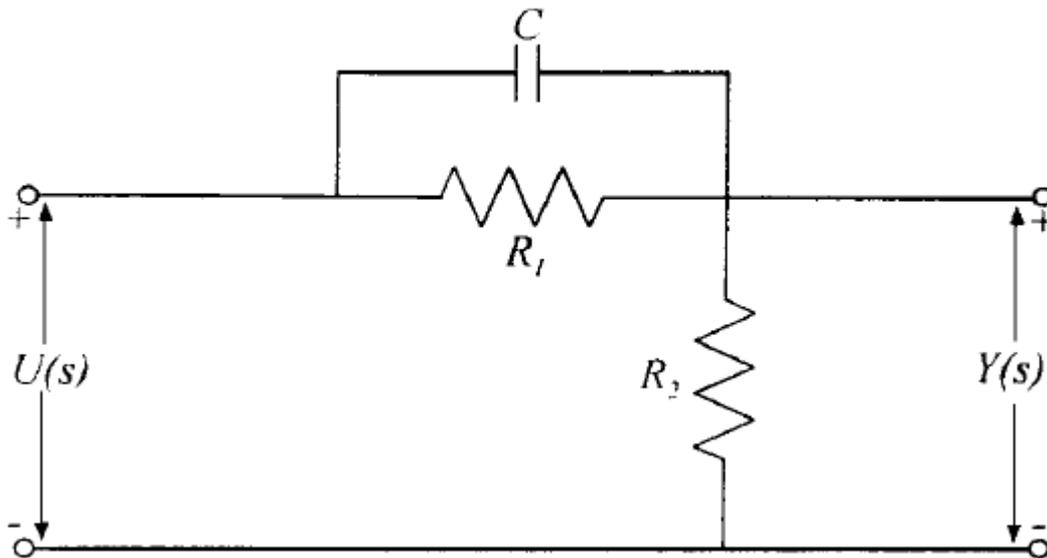
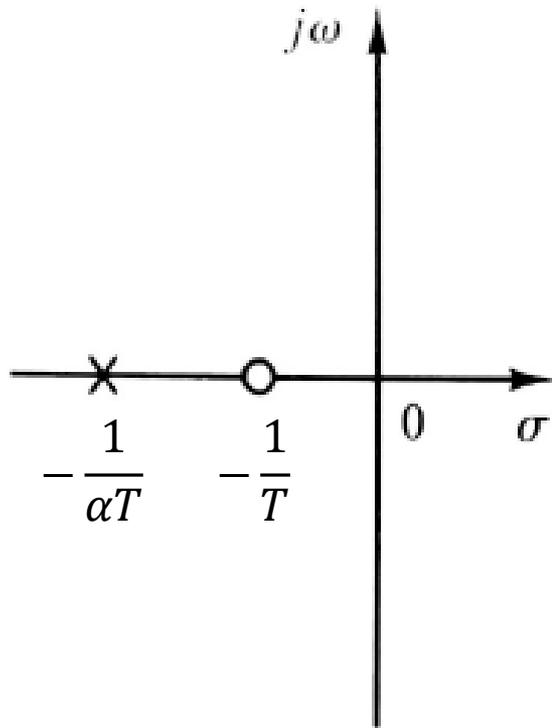


Figura 3. Red eléctrica típica de un compensador de adelanto.

Compensación en adelanto



$$G_c(s) = K_c \alpha \frac{T s + 1}{\alpha T s + 1} = K_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\alpha T}},$$

$$(0 < \alpha < 1)$$

Figura 4. Configuración de polos y ceros de una red de adelanto.

Ec. 1. Ecuación de un compensador en adelanto.

Compensación en adelanto

Pasos para el diseño de un compensador en adelanto por el método del lugar geométrico de las raíces:

1. Determine la ubicación de los polos dominantes en lazo cerrado, mediante las especificaciones de comportamiento requeridas.
2. Comprobar si mediante solo el ajuste de ganancia se produce los efectos deseados, de lo contrario calcular el ángulo de compensación necesario.

$$\theta_c = 180 + \sum \angle P - \sum \angle Z$$

3. Aplicar el método de la bisectriz o el método de la cancelación de polo.
4. Calcular K_c mediante la condición de modulo.

Compensación en adelanto

Método de la bisectriz:

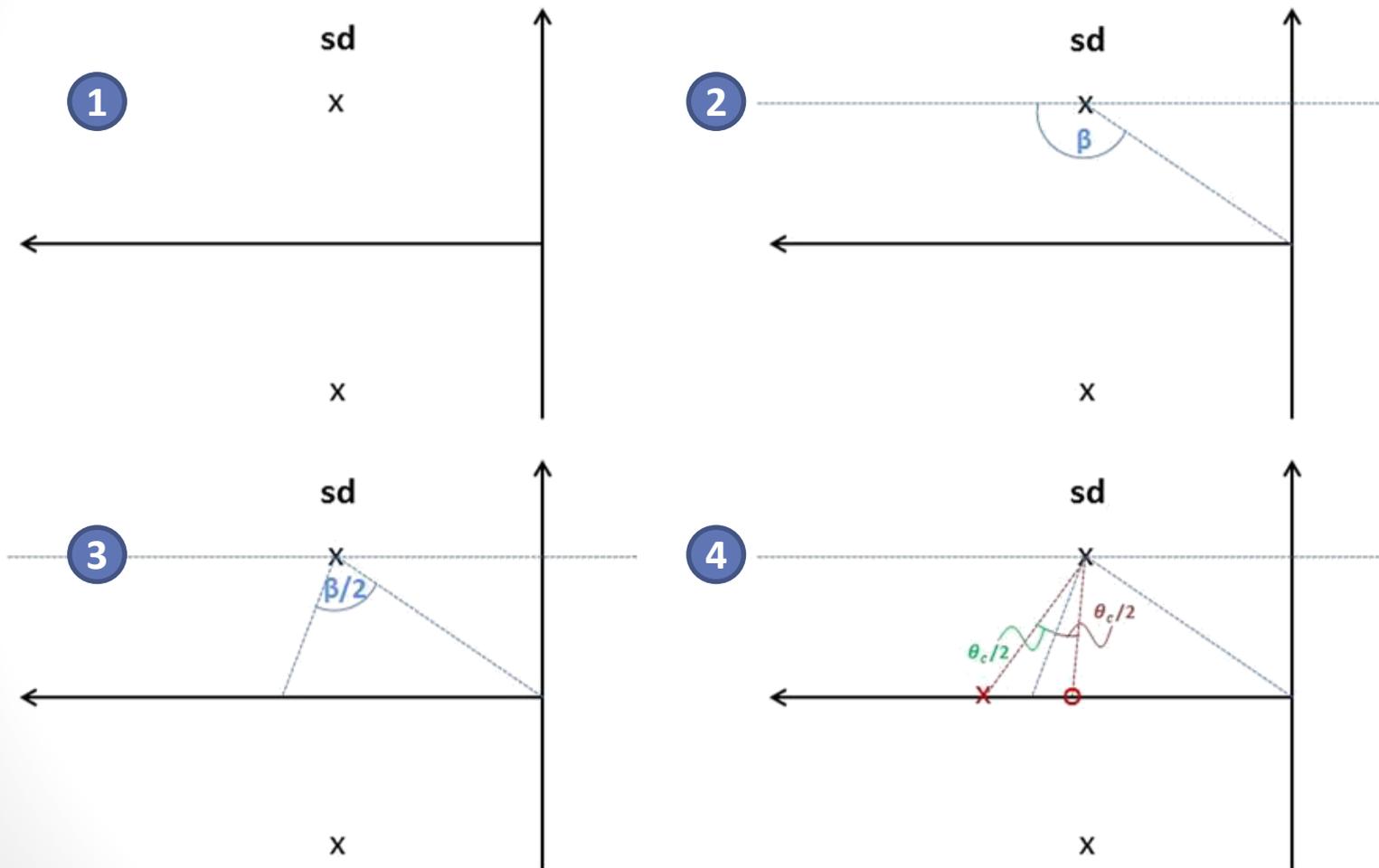


Figura 5. Pasos para realizar el método de la bisectriz.

Efectos de la adición de polos.

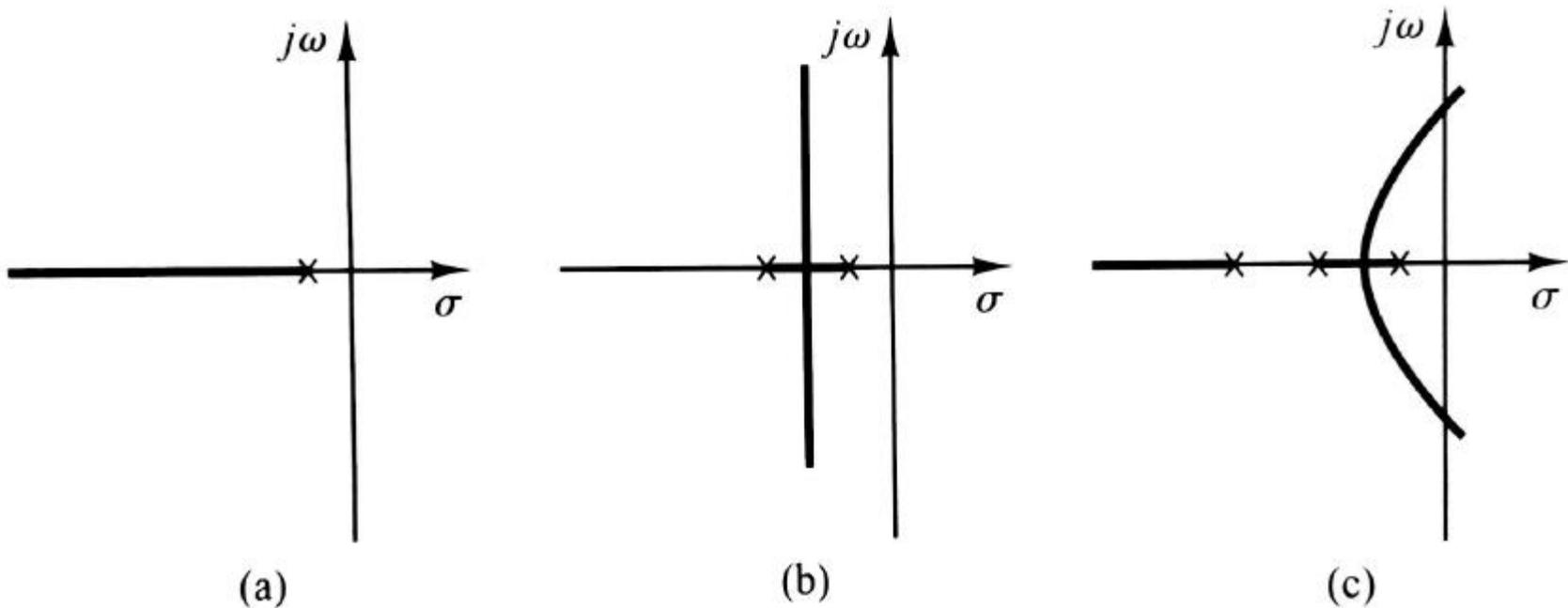


Figura 6. (a) LGR de un sistema de un solo polo. (b) LGR de un sistema de dos polos. (c) LGR de un sistema de tres polos.

Compensación en atraso

Los compensadores en atraso son dispositivos diseñados para incrementar la ganancia en lazo cerrado, lo que hace que mejore el error en estado estacionario sin modificar de manera significativa el transitorio del sistema, siempre y cuando se implemente de manera adecuada.

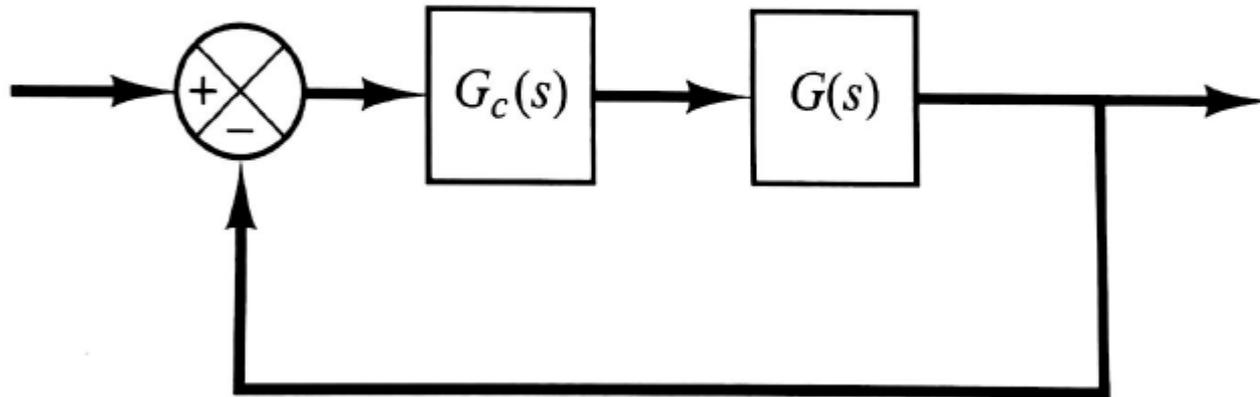


Figura 7. Sistema de control.

Compensación en atraso

Los compensadores en atraso pueden ser redes electrónicas, redes eléctricas, sistemas mecánicos y otros.

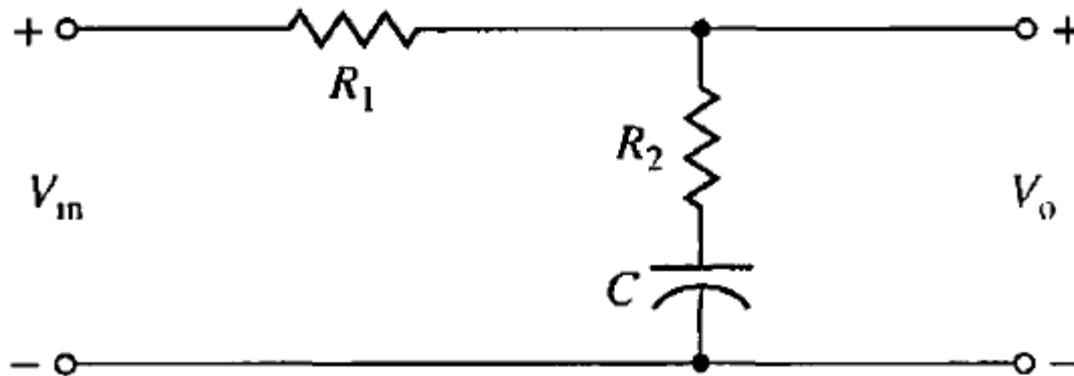
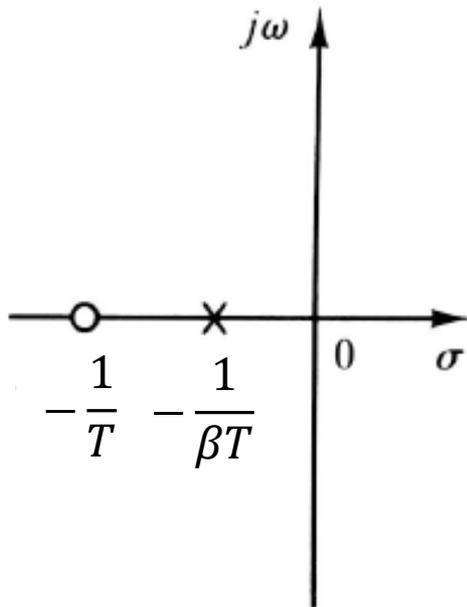


Figura 8. Red eléctrica típica de un compensador de atraso.

Compensación en atraso



$$G_c(s) = \hat{K}_c \beta \frac{Ts + 1}{\beta Ts + 1} = \hat{K}_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\beta T}}$$

Ec. 2. Ecuación de un compensador en atraso.

Figura 9. Configuración de polos y ceros de una red de adelanto.

Compensación en atraso

Pasos para el diseño de un compensador en atraso por el método del lugar geométrico de las raíces:

1. Graficar el LGR del sistema no compensado y ubique los polos en lazo cerrado según las especificaciones requeridas.

2. Suponga la ecuación del compensador: $G_c(s) = \hat{K}_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\beta T}}$

3. Calcule la constante de error estatico o erp , si no cumple con con las especificaciones requeridas, calcule β .

$$erp = \frac{1}{1 + K_p \beta} \quad ; \quad erp = \frac{1}{K_v \beta} \quad ; \quad erp = \frac{1}{K_a \beta}$$

4. Ubicar el cero del compensador una década antes que el que el polo dominante sin compensar y ubicar el polo con el β calculado.

Compensación en atraso

Pasos para el diseño de un compensador en atraso por el método del lugar geométrico de las raíces:

5. Calcular \hat{K}_c por condición de modulo.

Compensación en atraso-adelanto

Los compensadores en atraso-adelanto son dispositivos diseñados para mejorar las condiciones transitorias y en régimen permanente del sistema a controlar.

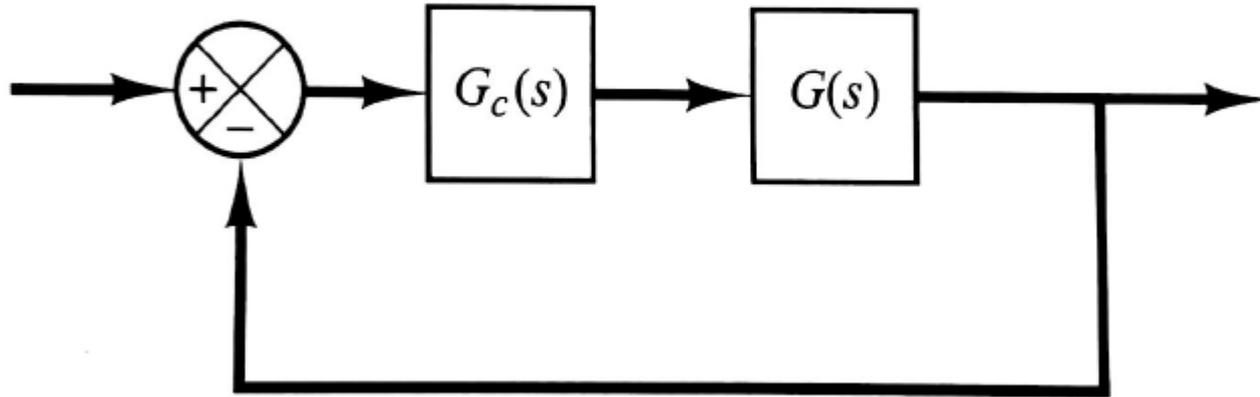


Figura 10. Sistema de control.

Compensación en atraso-adelanto

Los compensadores en atraso-adelanto pueden ser redes electrónicas, redes eléctricas, sistemas mecánicos y otros.

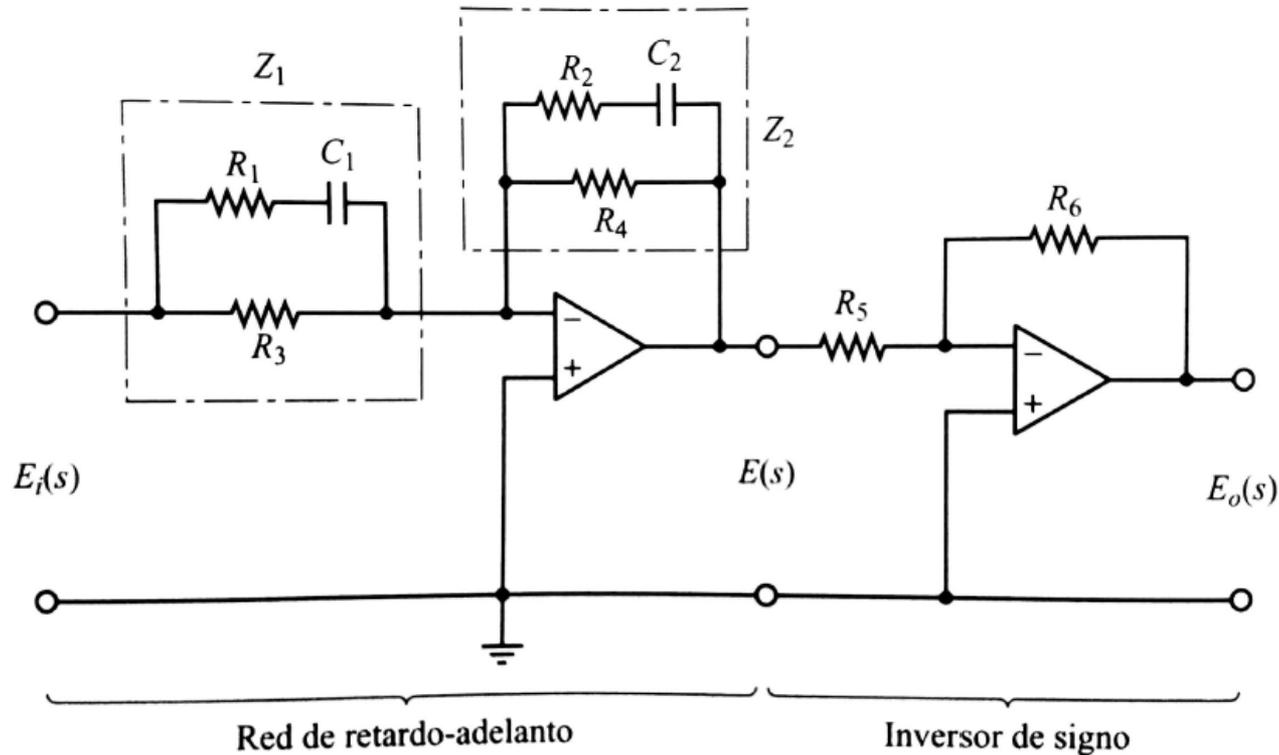


Figura 11. Red electrónica típica de un compensador de atraso-adelanto usando amplificadores operacionales.

Compensación en atraso-adelanto

Pasos para el diseño de un compensador en atraso-adelanto por el método del lugar geométrico de las raíces:

1. Calcular el polo deseado según especificaciones requeridas.
2. Dibujar el LGR y ubicar el polo deseado.
3. Diseñar el compensador en adelanto según método

estudiado.
$$G_{c1}(s) = K_c \frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{1}{\alpha T_1}}$$

4. Calcular e_{rp} según sea el tipo de sistema para saber si cumple o no con las especificaciones en estado estacionario.

Compensación en atraso-adelanto

Pasos para el diseño de un compensador en atraso-adelanto por el método del lugar geométrico de las raíces:

6. Si no cumple con las especificaciones, se diseña el compensador, mediante el método estudiado, en atraso ubicando el cero $\left(-\frac{1}{T_2}\right)$, una década antes del polo deseado y el polo será $\left(-\frac{1}{\beta T_2}\right)$; siendo $G_{c2}(s) = \hat{K}_c \frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{\beta T_2}}$
7. El compensador será: $G_c(s) = G_{c1}(s)G_{c2}(s)$

Ejercicios

$T_s = 1,5 \text{ s}$
 $M_p \leq 5\%$

Rampa
 $E_{ss} \leq 0,1$

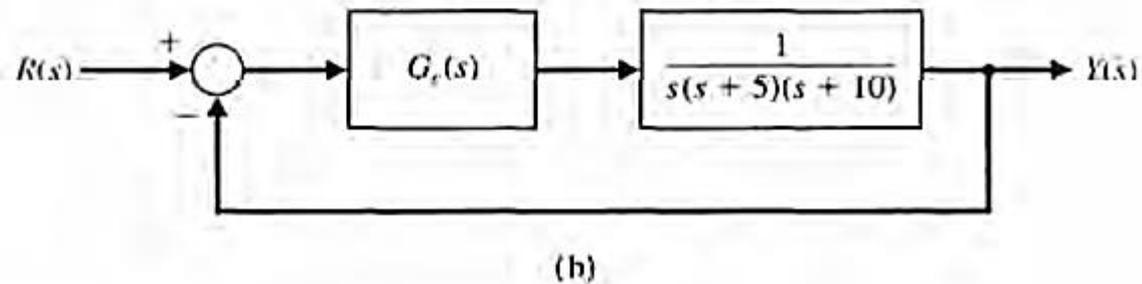
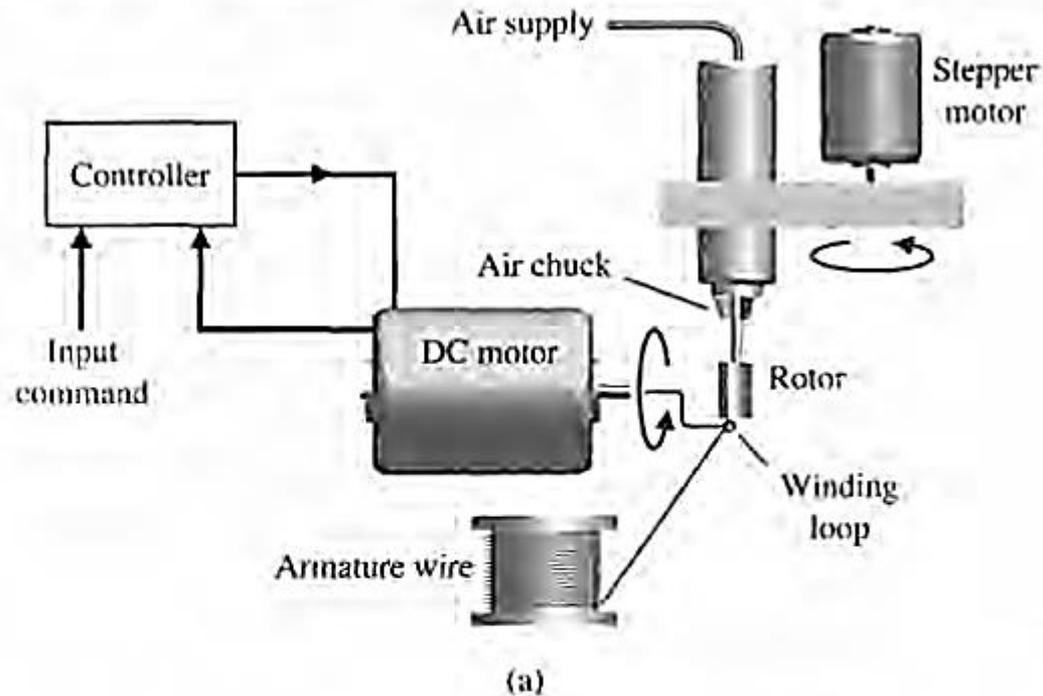


FIGURE 10.24
(a) Rotor winder control system.
(b) Block diagram.