

- Regulador: Modificar la función de transferencia del sistema en lazo cerrado para que cumpla las especificaciones requeridas.
 - o Modificando su lugar de las raíces.
 - o Modificando su respuesta en frecuencia.

- Utilización de reguladores normalizados , que permitan ser implementados en cualquier sistema ajustando sus parámetros, en lugar de la utilización de reguladores de diseño específico
 - o Reguladores normalizados correspondientes a las 5 acciones de control básicas
P(proporcional) – **I**(integral) – **D**(derivativo) – **PD** – **PI** – **PID**

- Diseños mediante lugar de las raíces adecuado cuando especificaciones vienen en el dominio del tiempo o en el complejo

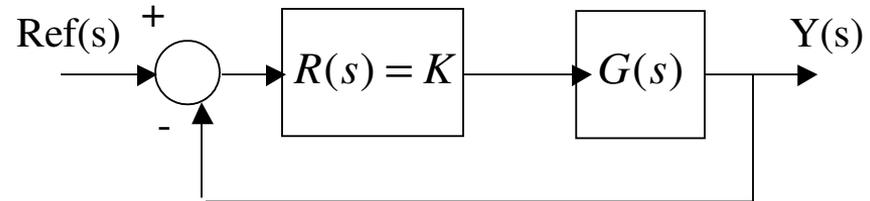
- Escalón como señal de referencia para el estudio del comportamiento del sistema en régimen transitorio

- Suelen buscarse sistemas rápidos (coeficiente de amortiguamiento entre 0,3 y 0,8) y con error en régimen permanente pequeño.

$$e_{rp} = \frac{1}{1+k_p} (\text{escalón}) \quad e_{rp} = \frac{1}{k_v} (\text{rampa}) \quad e_{rp} = \frac{1}{k_a} (\text{parabola})$$

8.1 Acción Proporcional: Reguladores Tipo P

- Los mas sencillos. Señal de control o salida proporcional a la señal de entrada o error.
- Amplifican la señal de error

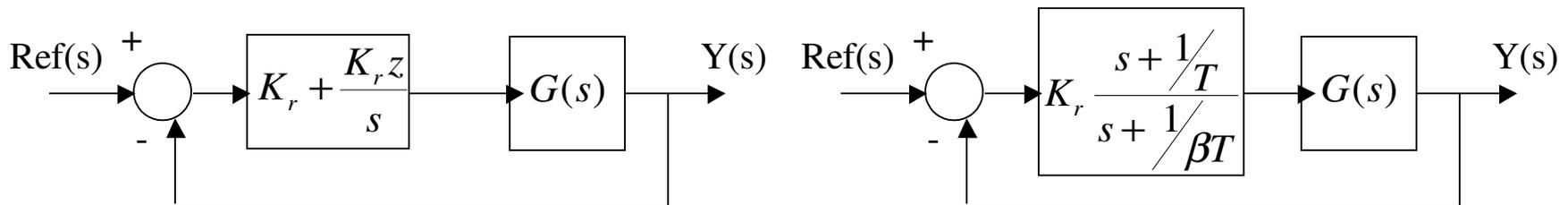


8.2 Acción Integral: Reguladores Tipo PI

- Mejoran respuesta en régimen permanente sin modificar la de régimen transitorio
- Tipos:

Ideal
$$R(s) = K_r \frac{s + z}{s} = K_r + \frac{K_r z}{s}$$

Real
$$R(s) = K_r \frac{s + 1/T}{s + 1/\beta T}; \beta > 1$$



8.2 Acción Integral: Reguladores Tipo PI (cont) Regulación Automática

- Reglas para el proceso de diseño:
 - Trazar lugar de las raíces sin compensar
 - A partir de las especificaciones calcular K para que los polos dominantes en lazo cerrado estén en la región de interés
 - Determinar el comportamiento en régimen permanente para esa K
 - Si el comportamiento no es bueno, dar valor a β para corregir.
 - Situar el par polo-cero de modo que no modifiquen el L.D.R
 - Trazar el L.D.R compensado
 - Comprobar si la respuesta transitoria sigue siendo satisfactoria. Si no, modificar el valor de la ganancia.

- Criterios de diseño del par polo-cero (regla 5)
 - Cero situado al 10% de la parte real del polo dominante en lazo abierto, excluyendo los polos en el origen
 - Situar el par polo-cero de forma que la diferencia entre el ángulo del polo y del cero al unirlos con el polo dominante en lazo abierto sea menor que 2°
 - Cero situado al 10% de la parte real del polo dominante en lazo CERRADO, excluyendo los polos en el origen

- Sirven para regular el régimen transitorio, cuando no se consigue por medio de uno tipo P
- Se debe modificar el L.D.R para que este pase por las especificaciones.

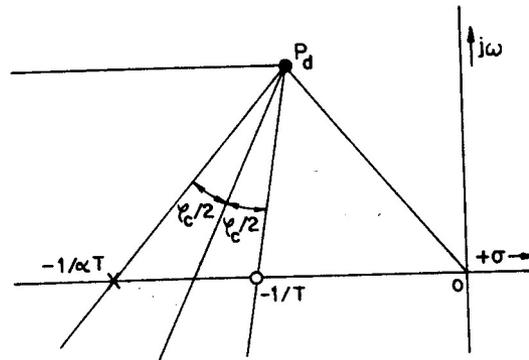
➤ Tipos:

$$\text{Ideal : } R(s) = K_r (s + z) = K_r s + K_r z$$

$$\text{Real : } R(s) = K_r \frac{s + 1/T}{s + 1/\alpha T}; \alpha < 1$$

- Método de diseño del regular PD
 - 1) Trazar el L.D.R del sistema sin compensar
 - 2) Trazar la región donde se cumplen las especificaciones
 - 3) Elegir el par de polos dominantes sobre la zona de especificaciones
 - 4) Si fuese necesario introducir un compensador, determinar el ángulo φ_c que aporta
 - 5) Situar el par polo-cero de forma que sea visto desde p1 con un ángulo φ_c
 - 6) Calcular la ganancia total del sistema compensado con polos dominantes p1 y p2 determinando la ganancia K_r del regulador
 - 7) Comprobar si la respuesta transitoria es la adecuada (efecto despreciable de polos no dominantes) si no es así volver al punto 5 e iterar
 - 8) Analizar el error en régimen permanente, si no es aceptable volver al punto 5.

- Criterios de posicionamiento del cero (punto 5)
- Situar el cero de modo que coincida con el polo dominante en cadena abierta.
Hace más sencillo el LDR ya que el polo y el cero se cancelan.
 - Situar el cero directamente en el punto de corte de la vertical que pasa por el polo dominante en cadena cerrada
 - Procedimiento de la bisectriz: Maximiza α , esto reduce la ganancia del regulador al límite



8.3 Reguladores P.I.D

- Utilizan las acciones de control de los reguladores PI y PD para obtener un resultado aceptable (en régimen permanente y en transitorio)
- Se podría conseguir un P.I.D poniendo en cascada un PI y un PD pero por motivos económicos conviene un único regulador.

- Tipos:

Ideal:
$$R(s) = K_p + K_D s + \frac{K_I}{s}$$

Real:
$$R(s) = K_r \frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{\beta}{T_1}} \frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{\beta T_2}}; \beta > 1$$

- Procedimiento:

- o Ajustar el régimen transitorio (cálculo del regulador PD)
- o Ajustar el régimen permanente (cálculo del regulador PI)