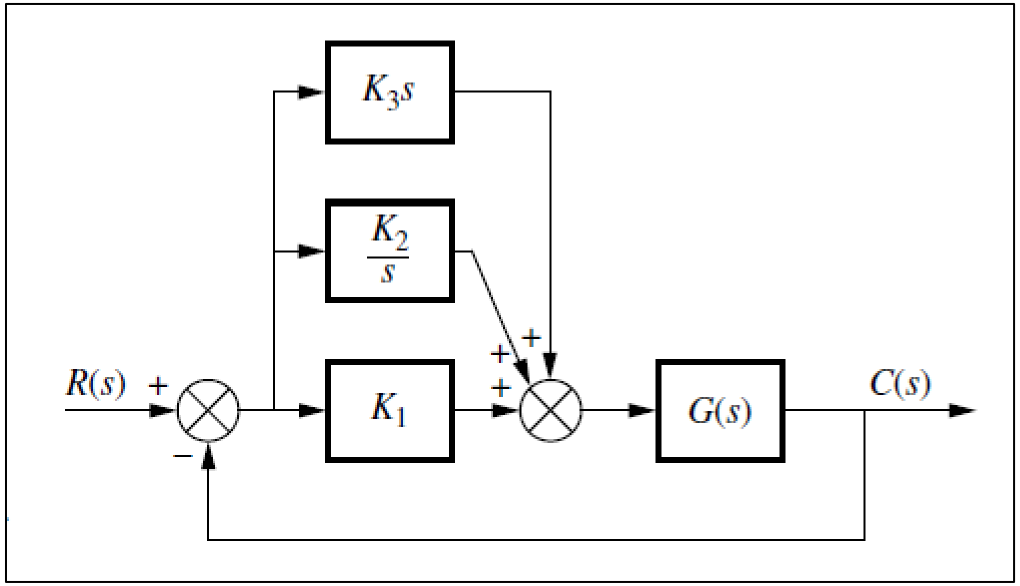
Diseño de in controlador PID

En la figura se ilustra un controlador PID y su función de transferencia es:

$$G_c(s) = K_1 + \frac{K_2}{s} + K_3 s = \frac{K_1 s + K_2 + K_3 s^2}{s} = \frac{K_3\left(s^2 + \frac{K_1}{K_3}s + \frac{K_2}{K_3}\right)}{s}$$



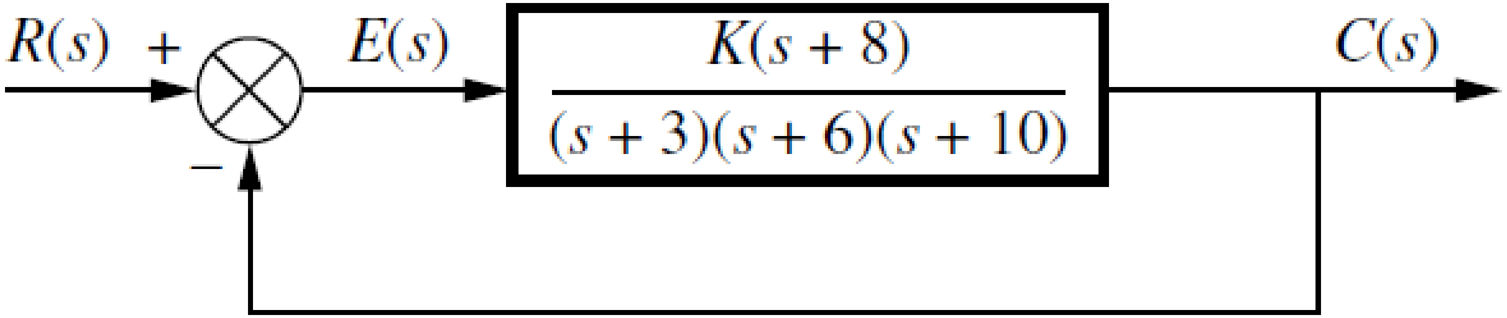
Diseño de in controlador PID

La técnica de diseño de un controlador PID consta de los siguientes pasos:

1. *Evaluación del desempeño del sistema no compensado para determinar cuanta mejoría se necesita en respuesta transitoria.*
2. *Diseño del **controlador PD** para satisfacer las especificaciones de respuesta transitoria. El diseño incluye la ubicación del cero y la ganancia de lazo.*
3. *Simulación del sistema para estar seguros que todos los requerimientos se hayan satisfecho.*
4. *Rediseño si la simulación demuestra que los requerimientos no se han satisfecho.*
5. *Diseño del **controlador PI** para obtener el error necesario en estado estable.*
6. *Determinación de las ganancias* $\boldsymbol{K_1}$, $\boldsymbol{K_2}$, $\boldsymbol{K_3}$.
7. *Simulación del sistema para estar seguros que todos los requerimientos se hayan satisfecho*
8. *Rediseño si la simulación demuestra que los requerimientos no se han satisfecho.*

Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Dado el sistema de la figura, diseñar un controlador PID para que el sistema pueda operar con un tiempo pico que es dos tercios del tiempo pico de un sistema no compensado a 20% de sobreimpulso y con error en estado estable cero para una entrada escalón.



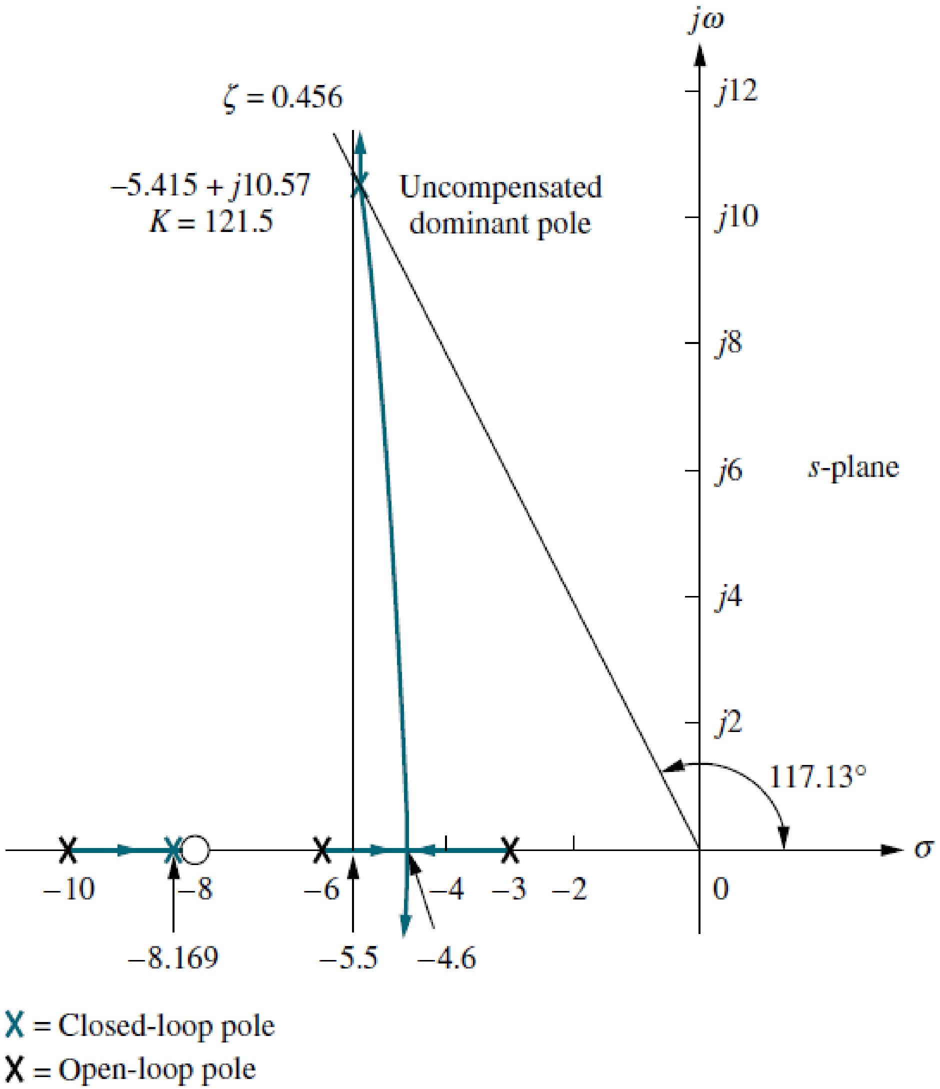
Ejercicio: Diseño de in controlador PID

$$G(s) = \frac{K(s+8)}{(s+3)(s+6)(s+10)}$$

Solución:

Paso 1: Evaluar el sistema no compensado.

Si el sistema opera con 20% de sobreimpulso tenemos que $\zeta = 0.456$. Buscando a lo largo de la línea tenemos que los polos dominantes son $-5.415 \pm j10.57$ con ganancia de $K = 121.5$. Además se tiene que el tiempo pico es de $0.297s$



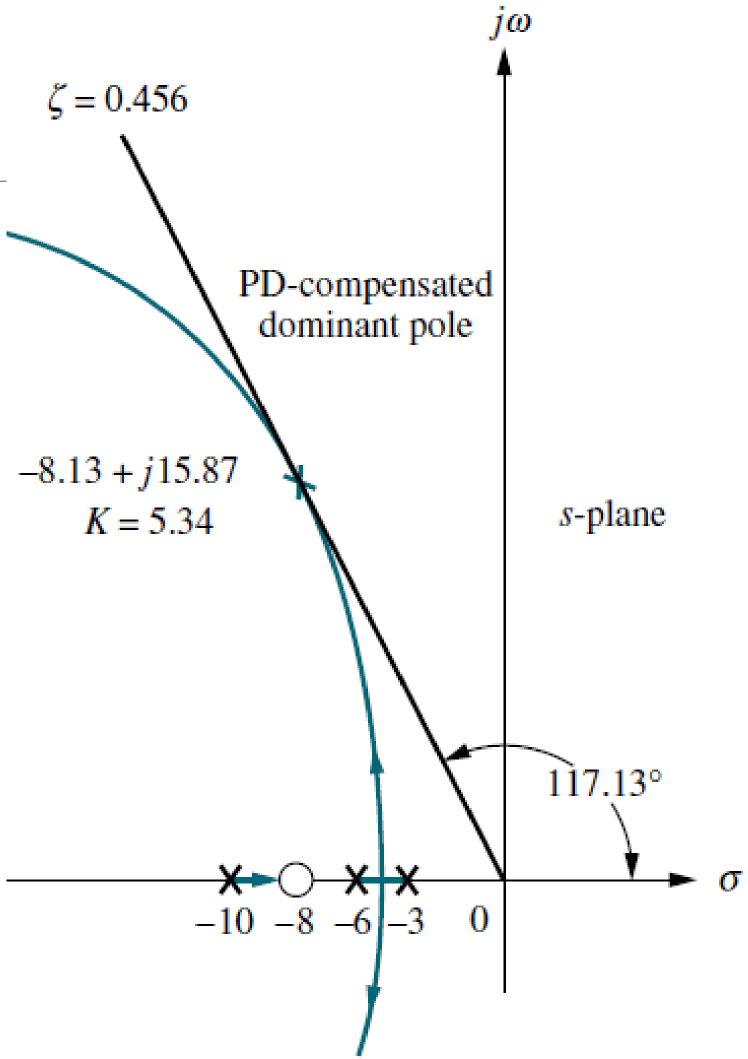
Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 2: Diseño de PD.

Reducir el tiempo pico dos tercios del tiempo no compensado.

Luego hallar la ubicación del polo dominante.

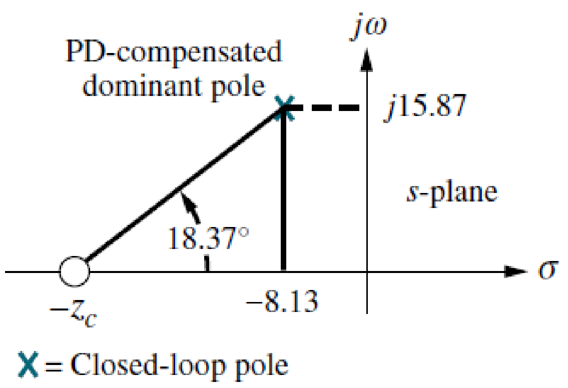


Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 2: Diseño de PD.

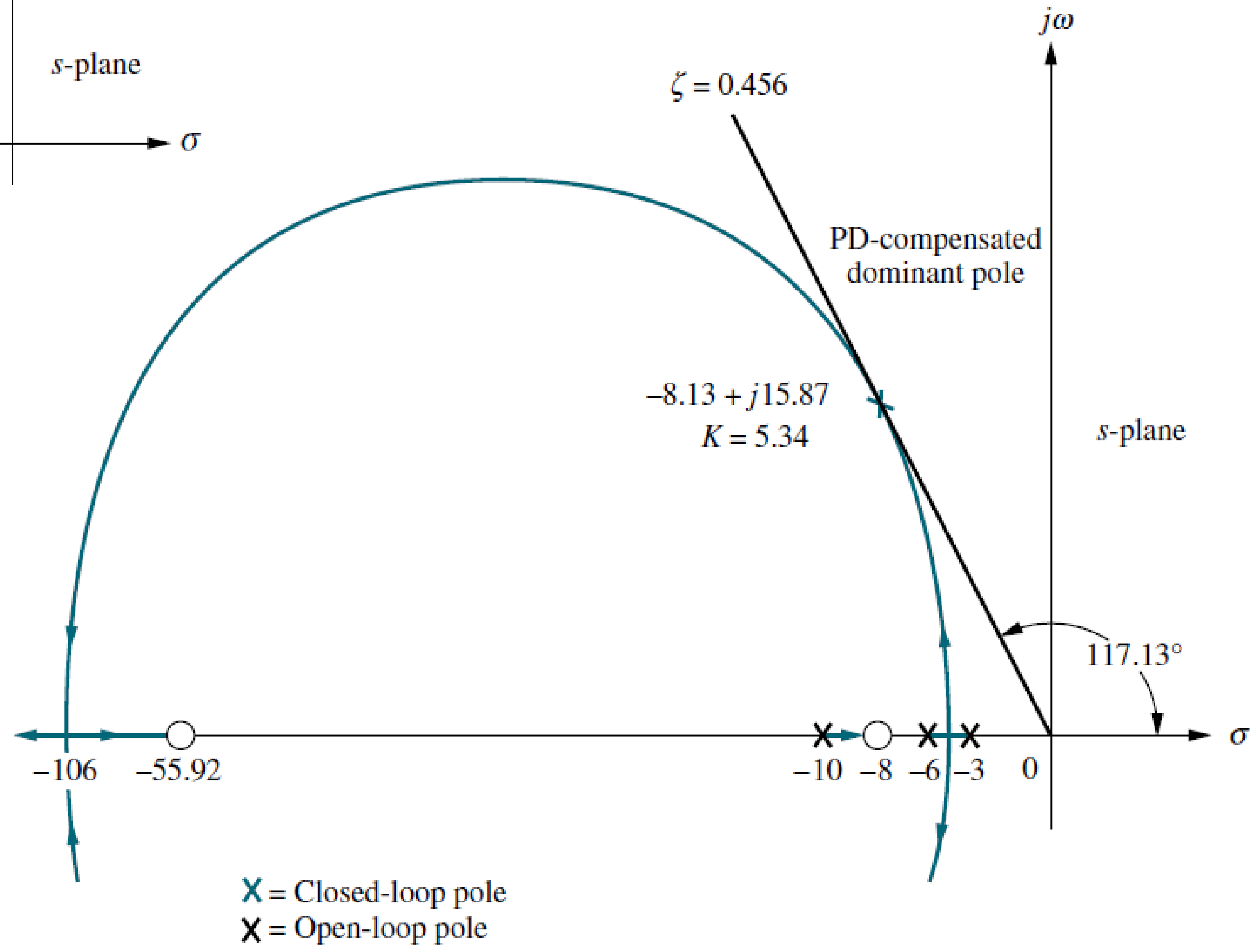
Diseñar el compensador PD.



$$\frac{15.87}{z_c - 8.13} = \tan 18.37°$$

$$z_c = 55.92$$

$$\boxed{G_{PD}(s) = (s + 55.92)}$$

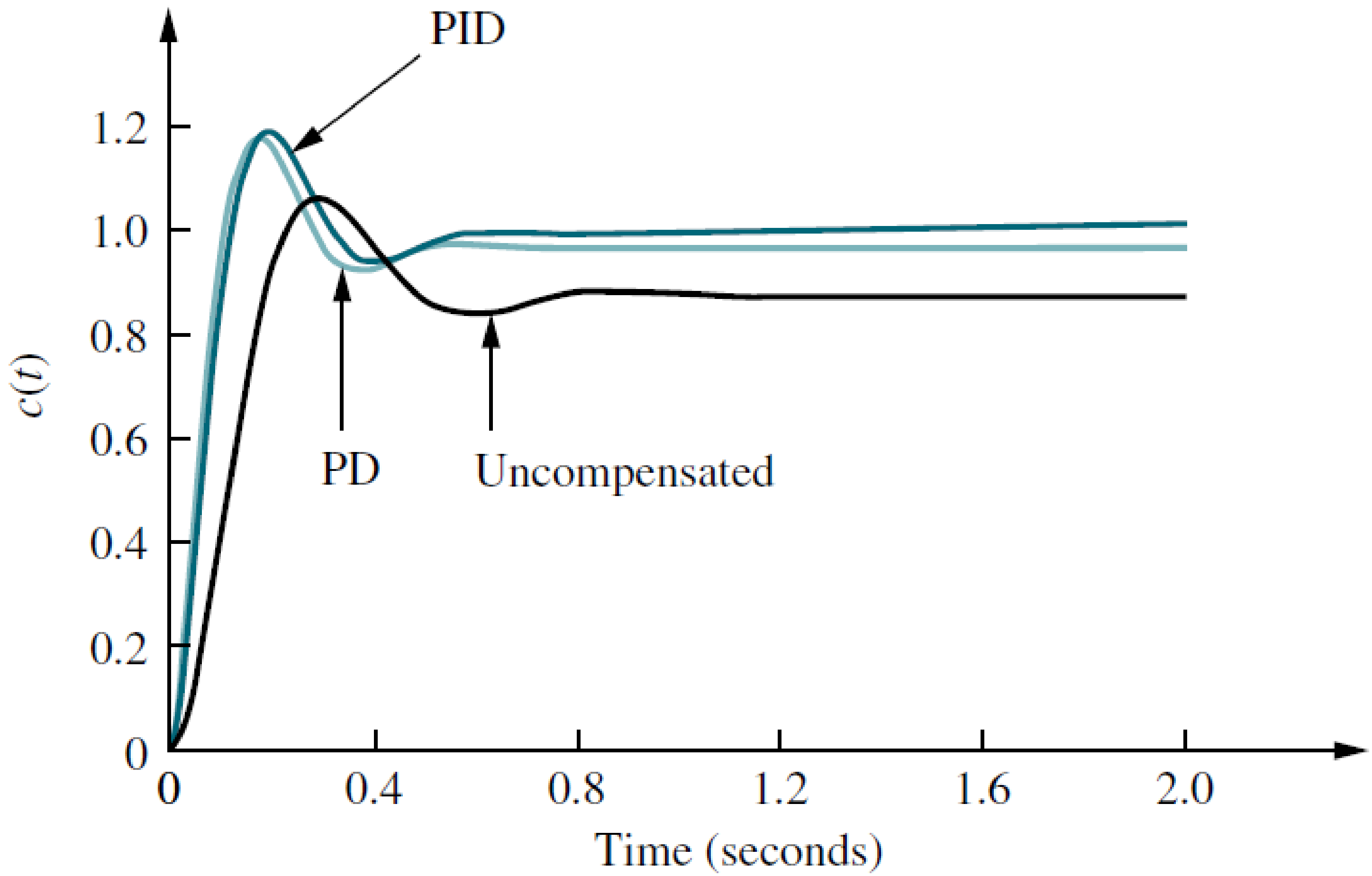


Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 3 y 4:

Se simula el sistema compensado PD, y se verifica que se presente la reducción del tiempo pico.



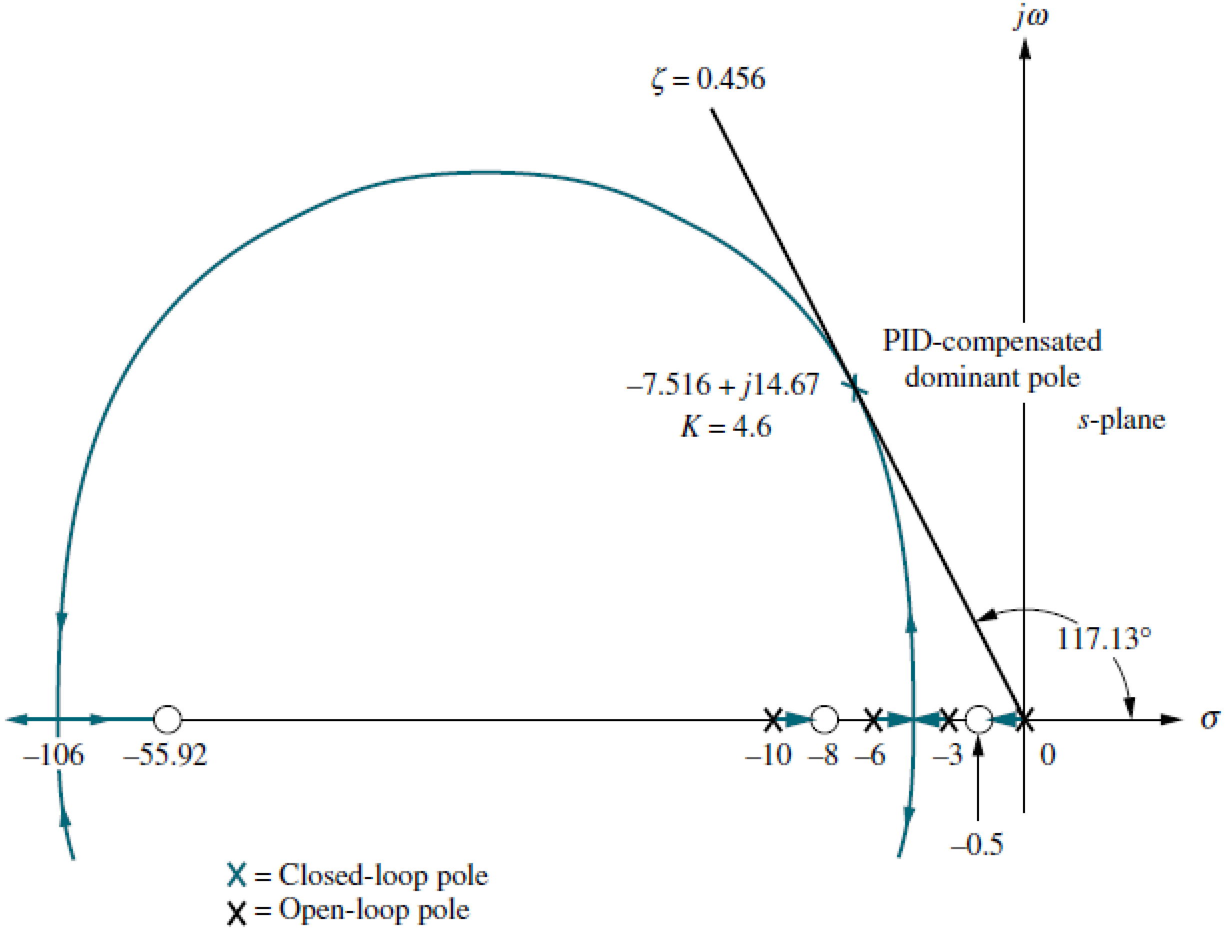
Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 5: Diseño del control PI.

Una vez diseñado el controlador PD, se diseña el compensador integral ideal para reducir a cero el error en estado estable para una entrada escalón. Cualquier compensador integral ideal cero funcionará, mientras el cero se coloque cerca del origen. Seleccionando el compensador como:

$$G_{PI}(s) = \frac{s+0.5}{s}$$



Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 6: Determinar las ganancias de K_1, K_2, K_3.

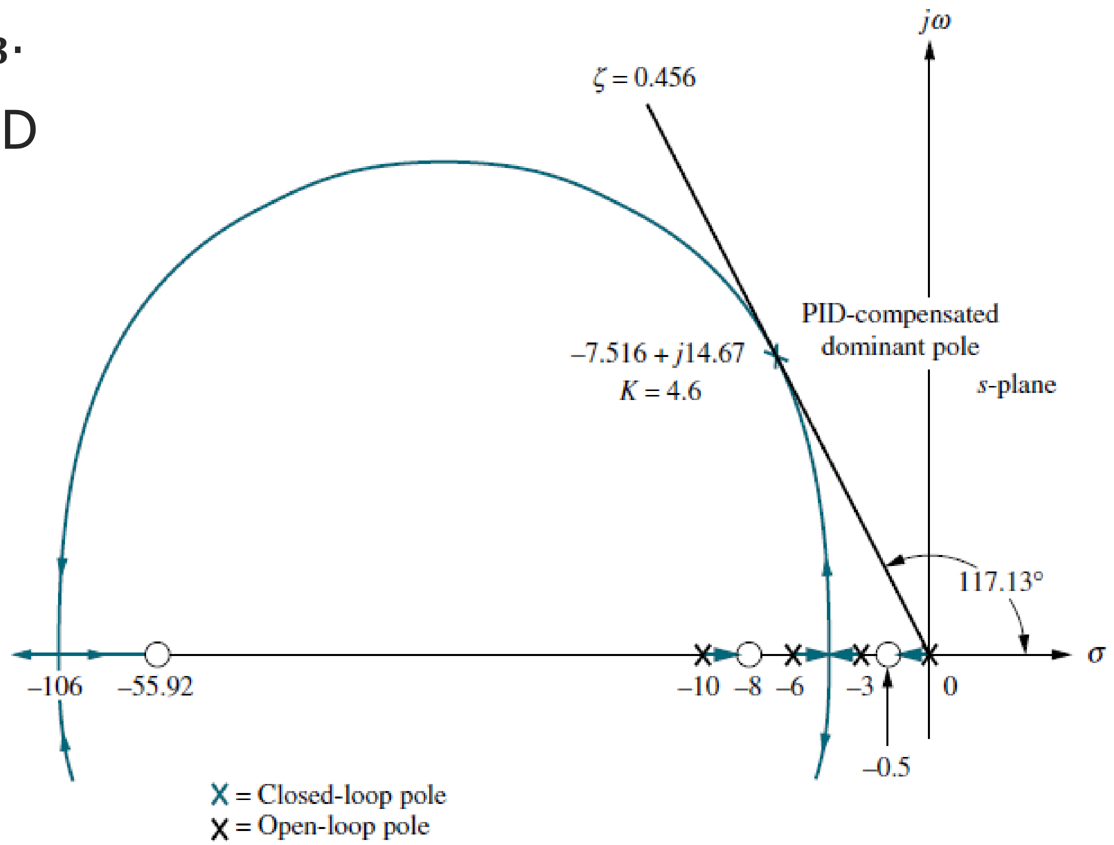
Partimos de la ecuación de la F.T. del controlador PID

$$G_{\mathrm{PID}}(s) = \frac{K(s+55.92)(s+0.5)}{s} = \frac{4.6(s+55.92)(s+0.5)}{s}$$
$$= \frac{4.6(s^2+56.42s+27.96)}{s}$$

Y la comparamos con: $G_c(s) = \dfrac{K_3\left(s^2 + \dfrac{K_1}{K_3}s + \dfrac{K_2}{K_3}\right)}{s}$

Determinamos que:

$$K_1 = 259.5, \qquad K_2 = 128.6, \qquad K_3 = 4.6$$



Ejercicio: Diseño de in controlador PID

Solución:

Paso 7 y 8: Se presenta los resultados en una simulación, como se observa en la figura. La compensación PD mejoró la respuesta transitoria al reducir el tiempo pico, así como una pequeña mejoría en el error de estado estable. El PID mejoró aun mas el error en estado estable.

	Uncompensated	PD-compensated	PID-compensated
Plant and compensator	$\frac{K(s+8)}{(s+3)(s+6)(s+10)}$	$\frac{K(s+8)(s+55.92)}{(s+3)(s+6)(s+10)}$	$\frac{K(s+8)(s+55.92)(s+0.5)}{(s+3)(s+6)(s+10)s}$
Dominant poles	$-5.415 \pm j10.57$	$-8.13 \pm j15.87$	$-7.516 \pm j14.67$
K	121.5	5.34	4.6
ζ	0.456	0.456	0.456
ω_n	11.88	17.83	16.49
$\%OS$	20	20	20
T_s	0.739	0.492	0.532
T_p	0.297	0.198	0.214
K_p	5.4	13.27	∞
$e(\infty)$	0.156	0.070	0
Other poles	-8.169	-8.079	$-8.099, -0.468$
Zeros	-8	$-8, -55.92$	$-8, -55.92, -0.5$
Comments	Second-order approx. OK	Second-order approx. OK	Zeros at -55.92 and -0.5 not canceled