

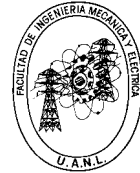


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

INGENIERÍA DE CONTROL

PRACTICA N°7



ERROR EN ESTADO ESTACIONARIO

OBJETIVO

Hacer uso de los comandos de *matlab* y *simulink* para analizar el error de un sistema de control en estado estacionario.

INTRODUCCIÓN

El error en estado estacionario es una medida de la exactitud de un sistema de control para seguir una entrada dada, después de desaparecer la respuesta transitoria.

El que un sistema dado presente o no un error en estado estacionario ante determinado tipo de señal de entrada, depende del tipo de función de transferencia de lazo abierto del sistema.

Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se clasifican de acuerdo con su capacidad de seguir entradas escalón, rampa, parábola, etc. Considere el sistema de control con realimentación unitaria con la siguiente función de transferencia en lazo abierto $G(s)$:

$$G(s) = \frac{K(T_a s + 1)(T_b s + 1) \cdots (T_m s + 1)}{s^N (T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \cdots (T_p s + 1)}$$

Este sistema contiene el término s^N en el denominador, que representa un polo de multiplicidad N en el origen. El esquema de clasificación se basa en la cantidad de integraciones (términos $1/s$) indicadas por la función de transferencia en lazo abierto. Un sistema se denomina de tipo 0, de tipo 1, de tipo 2, ..., si $N = 0$, $N = 1$, $N = 2$, ..., respectivamente.

Ejemplo:

Sistema tipo 0

$$\frac{1}{s+1}$$

Sistema tipo 1

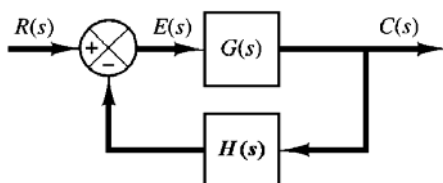
$$\frac{1}{s(s+1)}$$

Sistema tipo 2

$$\frac{1}{s^2(s+1)}$$

Error en estado estacionario

Para el siguiente sistema de control, la función de transferencia de lazo cerrado es



$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

La función de transferencia del error $E(s)$ con respecto a la entrada $R(s)$

$$\frac{E(s)}{R(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)} \quad E(s) = \frac{R(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

El error en estado estacionario es

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Error en estado estable para una entrada escalón de magnitud R_1 , $R(s) = R_1/s$

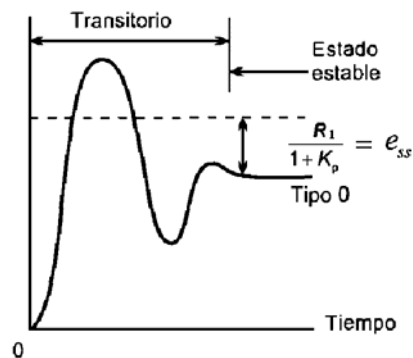
$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)H(s)} \frac{R_1}{s} = \frac{R_1}{1 + \lim_{s \rightarrow 0} G(s)H(s)}$$

La constante estática de error de posición K_p se define como

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)H(s)$$

$$e_{ss} = \frac{R_1}{1 + K_p}$$

Tipo de sistema	K_p	e_{ss}
0	finito	$\frac{R_1}{1 + K_p}$
1	∞	0
2	∞	0



Error en estado estable para una entrada rampa de magnitud R_2 , $R(s) = R_2/s^2$

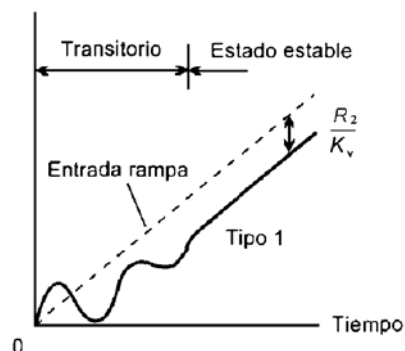
$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)H(s)} \frac{R_2}{s^2} = \frac{R_2}{\lim_{s \rightarrow 0} sG(s)H(s)}$$

La constante estática de error de velocidad K_v se define como

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)H(s)$$

$$e_{ss} = \frac{R_2}{K_v}$$

Tipo de sistema	K_v	e_{ss}
0	0	∞
1	finito	$\frac{R_2}{K_v}$
2	∞	0



Error en estado estable para una entrada parábola de magnitud R_3 , $R(s) = R_3/s^3$

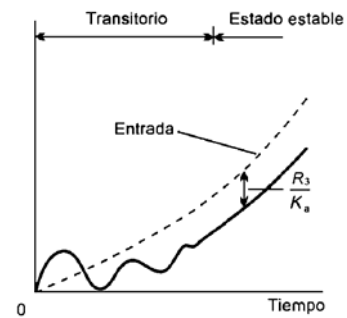
$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)H(s)} \frac{R_3}{s^3} = \frac{R_3}{\lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)H(s)}$$

La constante estática de error de aceleración K_a se define como

$$K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)H(s)$$

$$e_{ss} = \frac{R_3}{K_a}$$

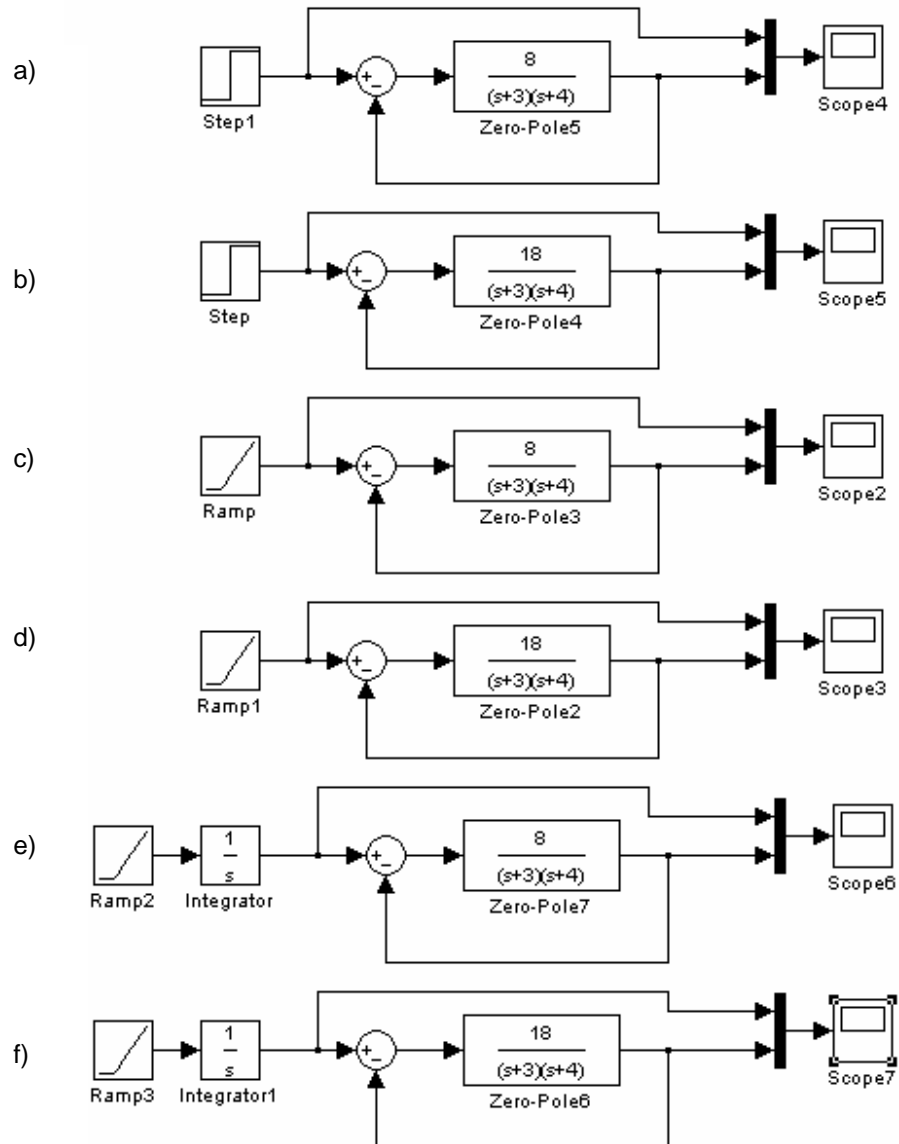
Tipo de sistema	K_a	e_{ss}
0	0	∞
1	0	∞
2	finito	$\frac{R_3}{K_a}$



REPORTE

Modele los siguientes sistemas de control utilizando el simulink.

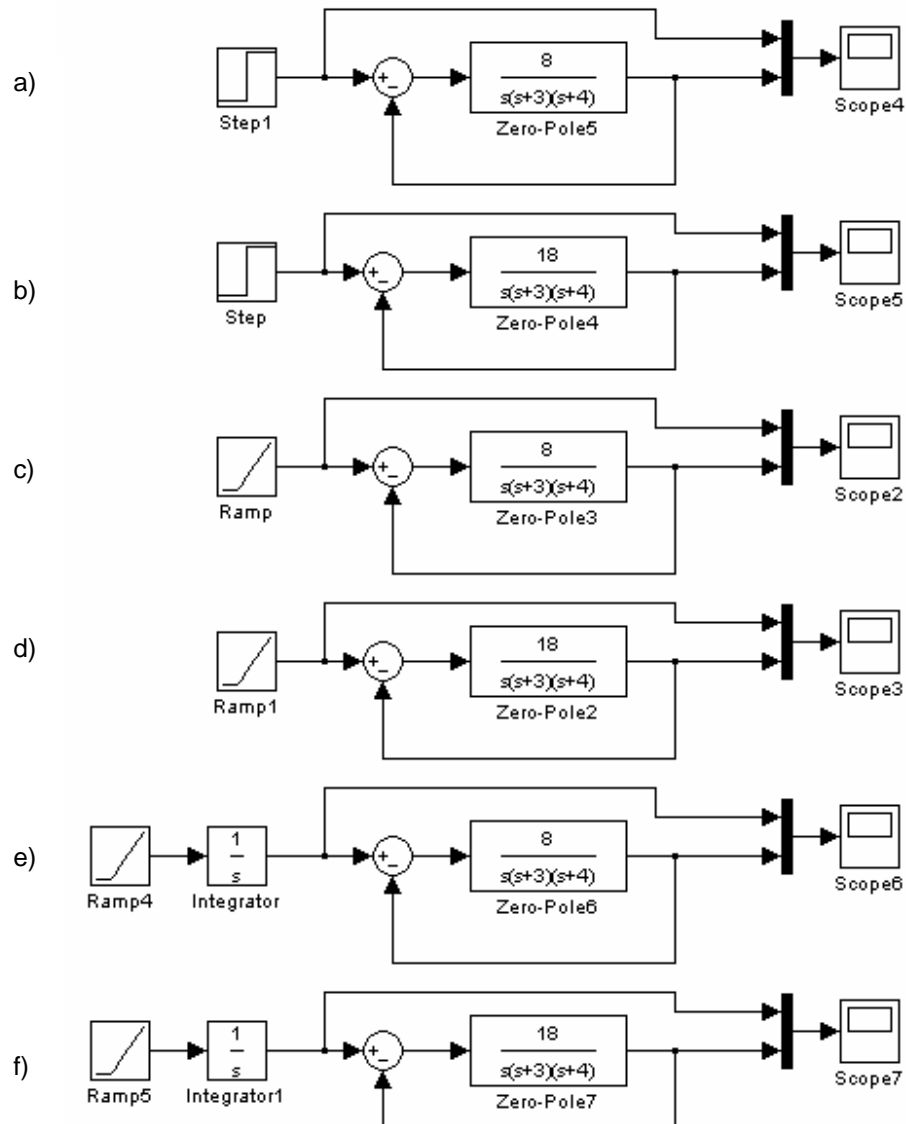
Sistemas tipo 0



Simule los sistemas anteriores, y obtenga su respuesta en el tiempo. De la gráfica indique con una marca y determine la magnitud del error en estado estacionario. Si es necesario haga un zoom sobre la grafica para obtener el valor del error con mayor exactitud, también puede aumentar el tiempo de simulación si es que la grafica de respuesta no a alcanzado a estabilizarse.

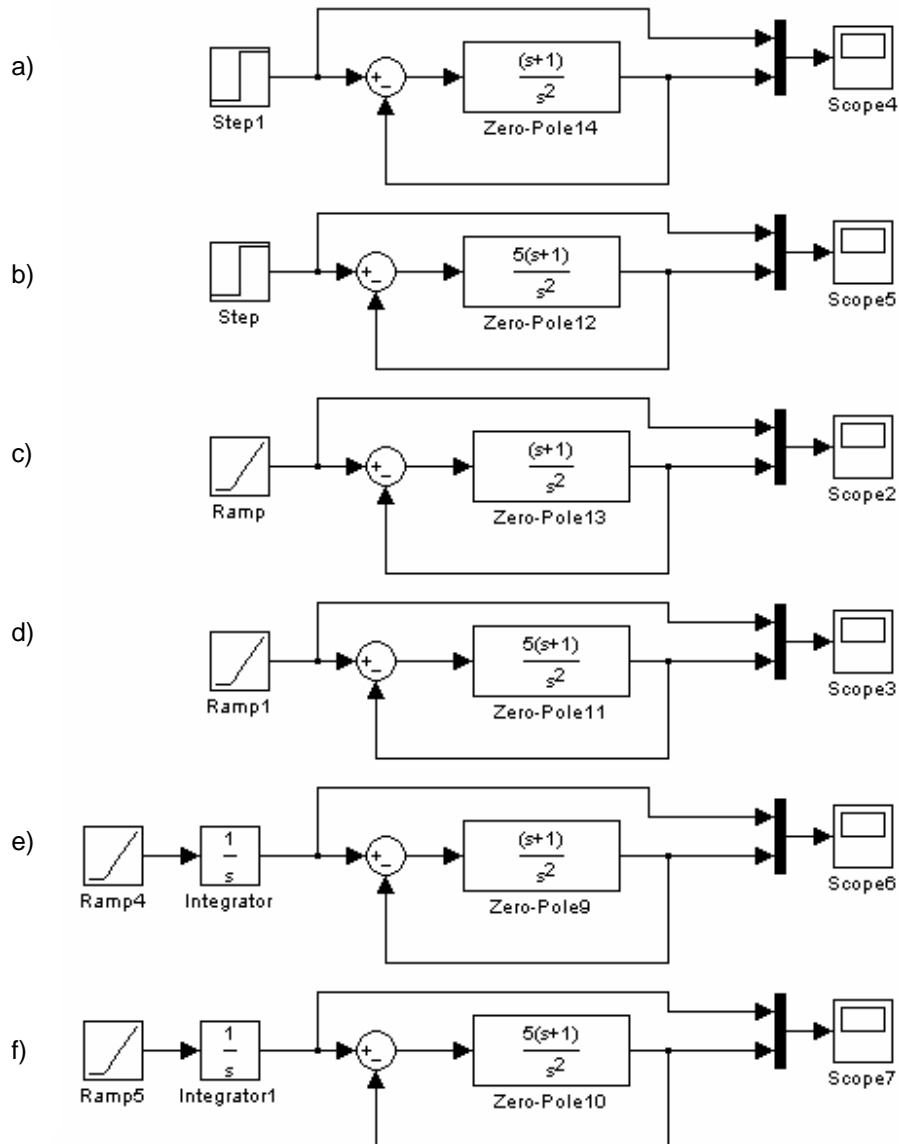
Compare los sistemas a) con b), c) con d) y e) con f) y diga cuál tiene mayor error de estado estacionario.

Sistemas tipo 1



Simule los sistemas anteriores, y obtenga su respuesta en el tiempo. De la gráfica indique con una marca y determine la magnitud del error en estado estacionario. Si es necesario haga un zoom sobre la grafica para obtener el valor del error con mayor exactitud, también puede aumentar el tiempo de simulación si es que la grafica de respuesta no a alcanzado a estabilizarse. Compare los sistemas a) con b), c) con d) y e) con f) y diga cuál tiene mayor error de estado estacionario.

Sistemas tipo 2



Simule los sistemas anteriores, y obtenga su respuesta en el tiempo. De la gráfica indique con una marca y determine la magnitud del error en estado estacionario. Si es necesario haga un zoom sobre la grafica para obtener el valor del error con mayor exactitud, también puede aumentar el tiempo de simulación si es que la grafica de respuesta no a alcanzado a estabilizarse. Compare los sistemas a) con b), c) con d) y e) con f) y diga cuál tiene mayor error de estado estacionario.

Conclusiones.