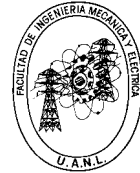


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

INGENIERÍA DE CONTROL

PRACTICA N°11



ANÁLISIS DE SISTEMAS DE CONTROL POR RESPUESTA EN FRECUENCIA

OBJETIVO

Utilizar el comando *rltool* del *matlab* en el análisis de un sistema de control por respuesta en frecuencia.

INTRODUCCIÓN:

Utilizaremos el comando *rltool* (*P,K*) para obtener la ganancia *K* tal que el sistema cumpla con un margen de fase deseado.

Sistema original

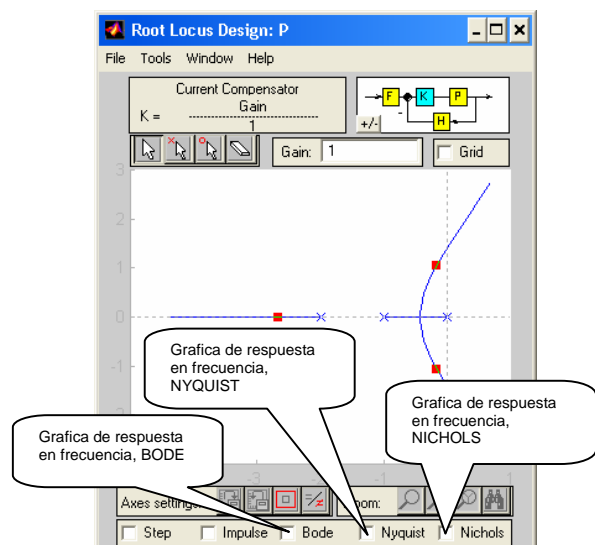
Crear la siguiente la función de transferencia de lazo abierto.

$$P = \frac{3}{s(s+1)(s+2)}$$

Esta función no tiene ceros, tiene 3 polos en 0, -1 y -2, y la ganancia es de 3.

$$P = zp_k([], [0 \ -1 \ -2], 3)$$

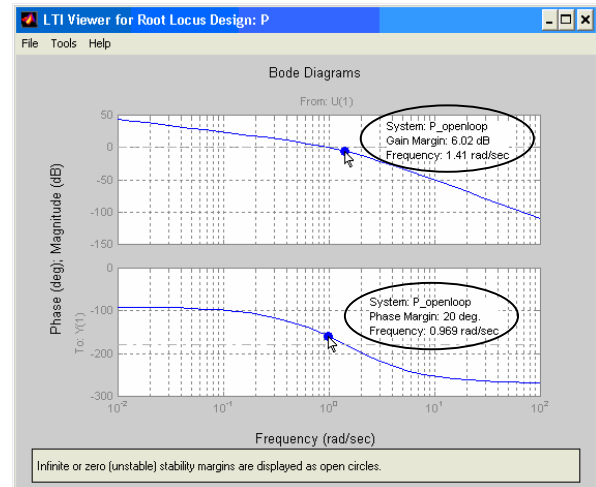
Ejecutamos el comando *rltool(P)* para obtener el lugar de las raíces.



Para la ganancia $K = 1$ seleccionada, el Margen de Fase, la Frecuencia de Transición de Ganancia, el Margen de Ganancia y la Frecuencia de Transición de Fase.

De la grafica obtenemos los siguientes valores:

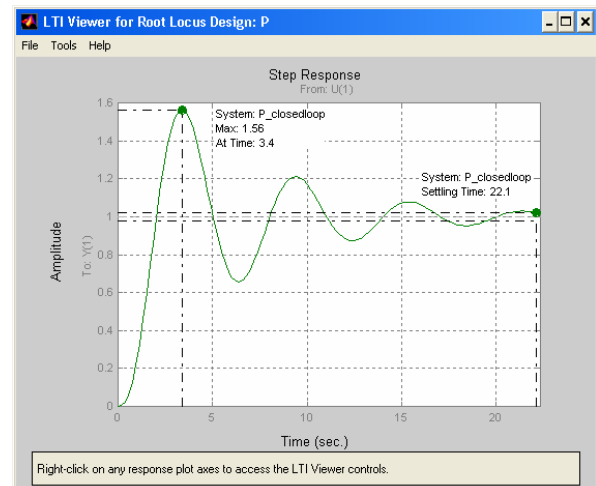
Margen de Ganancia	6.02 dB
Margen de Fase	20°
Frec. de transición de Ganancia.	0.969 rad/seg
Frec. de transición de fase	1.41 rad/seg



La respuesta en el tiempo para una entrada escalón unitario para esta ganancia $K = 1$.

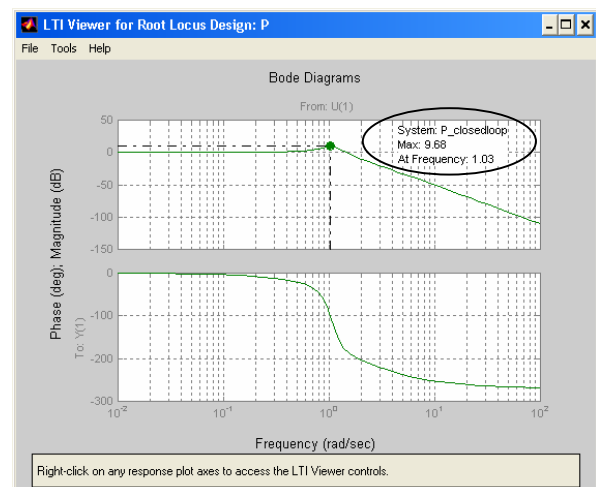
Las características de respuesta son:

Máximo sobrepaso	$\%M_p = 56\%$
Tiempo pico	$t_p = 3.4$
Tiempo de estabilización	$t_s = 22.1$



Para la ganancia $K = 1$ seleccionada, la magnitud de resonancia M_r , y la frecuencia de resonancia ω_r son.

Magnitud de Resonancia	9.68 dB
Frecuencia de Resonancia	1.03 rad/seg



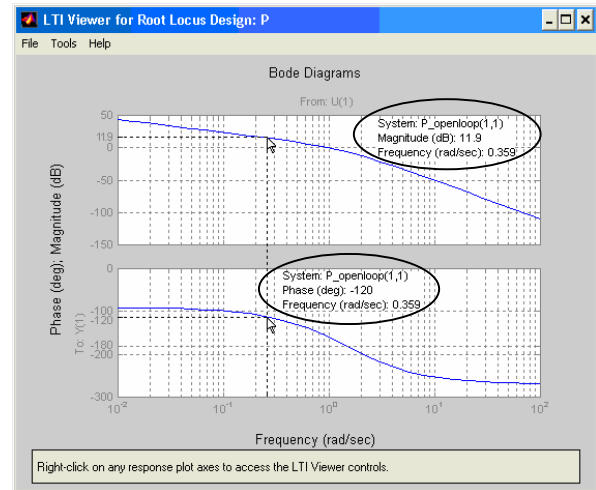
Cálculo de ganancia para un margen de fase deseado

Si se desea calcular la ganancia adicional que hay que agregarle al sistema para que cumpla con un margen de fase deseado, primeramente hay que determinar la frecuencia donde se cumple con el defasamiento según el margen de fase deseado. Esto es, para un margen de fase deseado de 60° , el defasamiento sería de $-180^\circ + 60^\circ = -120^\circ$.

De la grafica de Bode, la frecuencia donde tenemos el defasamiento de -120° es de 0.359 rad/seg . La magnitud a esta frecuencia es de 11.9 dB , entonces para tener un margen de fase de 60° , necesitamos que en la frecuencia de 0.359 rad/seg tengamos 0 dB de magnitud, por lo que necesitamos agregar una ganancia que aporte -11.9 dB . Esto es.

$$20 \log K = -11.9 \quad K = 10^{(-11.9/20)} = 0.254$$

Por lo que la ganancia necesaria para tener un margen de fase de 60° , sería $K = 0.254$



Agregando la ganancia $K = 0.254$ al sistema original, nos quedaría.

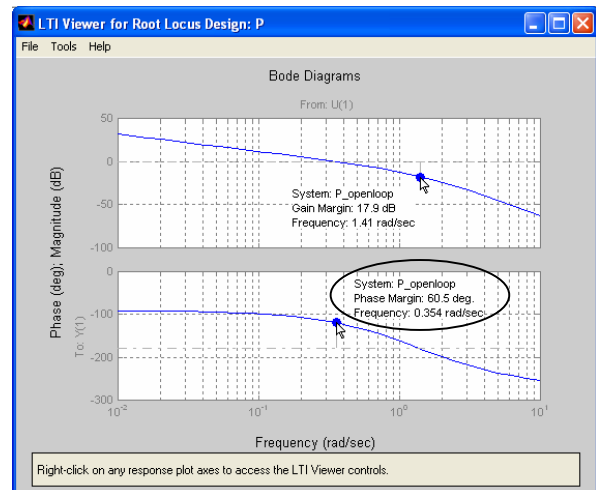
$$P = \frac{3 * 0.254}{s(s+1)(s+2)}$$

Con esta función la grafica de Bode quedaría como se muestra.

De la grafica obtenemos los siguientes valores:

Margen de Ganancia	17.9 dB
Margen de Fase	60.5°
Frec. de transición de Ganancia.	0.354 rad/seg
Frec. de transición de fase	1.41 rad/seg

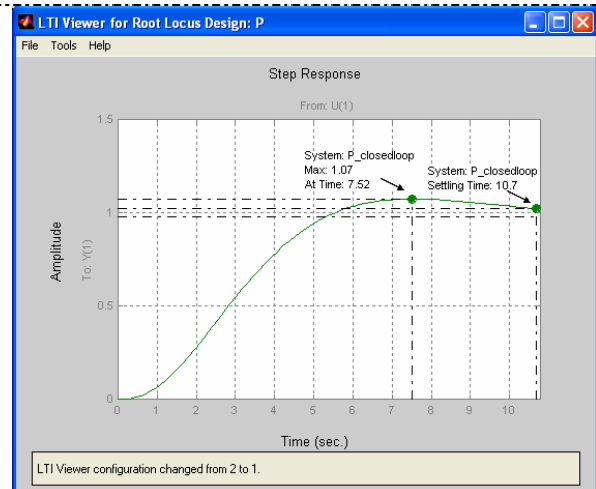
Con lo cual cumplimos con el margen de fase deseado.



La respuesta en el tiempo para una entrada escalón unitario para la ganancia seleccionada $K = 0.254$ es como se muestra.

Las características de respuesta son:

Máximo sobrepaso	$\%M_p = 7\%$
Tiempo pico	$t_p = 7.52$
Tiempo de estabilización	$t_s = 10.7$



Ganancia Crítica

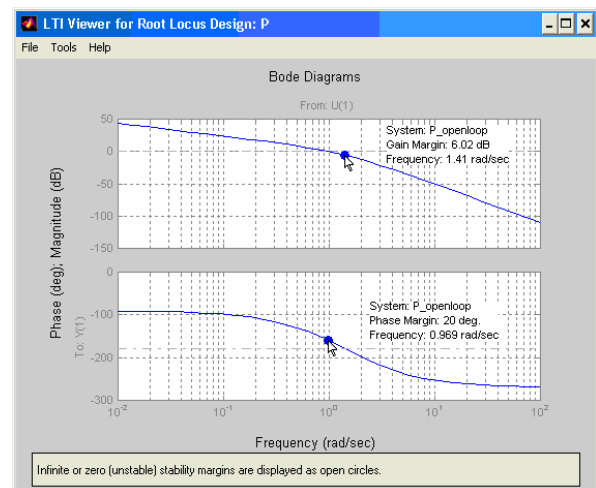
Para calcular la ganancia crítica procedemos como sigue.

Considerando el sistema original

$$P = \frac{3}{s(s+1)(s+2)}$$

Las características del sistema son:

Margen de Ganancia	6.02 dB
Margen de Fase	20°
Frec. de transición de Ganancia.	0.969 rad/seg
Frec. de transición de fase	1.41 rad/seg



La ganancia crítica K_c es la ganancia donde el margen de fase y el margen de ganancia son cero. Para cumplir con esto, de la gráfica original observamos que debemos de subir la gráfica de magnitud 6.02 dB o sea el equivalente al Margen de ganancia. Esto es

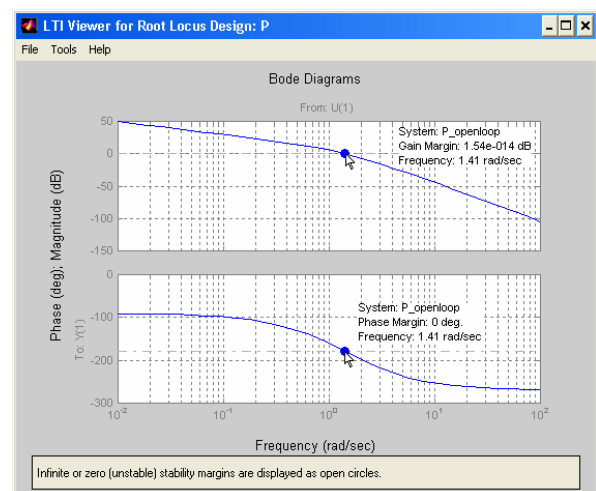
$$20 \log K_c = MG = 6.02$$

$$K_c = 10^{(6.02/20)} = 2$$

Multiplicamos el sistema original por la ganancia crítica

$$P = \frac{3 * 2}{s(s+1)(s+2)}$$

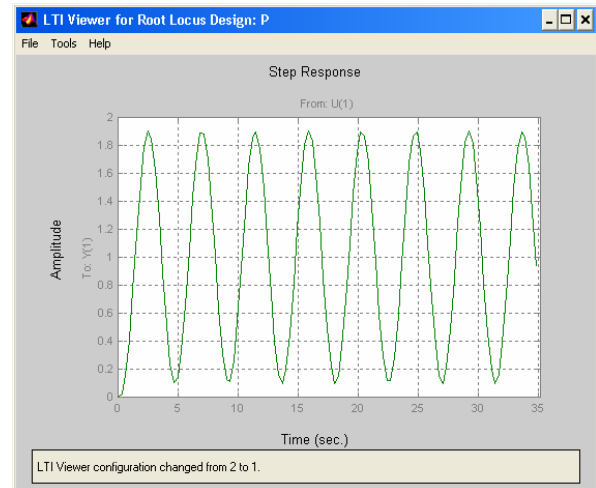
Con esta función la grafica de Bode quedaría como se muestra.



Las características del sistema son:

Margen de Ganancia	0 dB
Margen de Fase	0°
Frec. de transición de Ganancia.	1.41 rad/seg
Frec. de transición de fase	1.41 rad/seg

La grafica de respuesta en el tiempo para este sistema sería.



REPORTE

Considere la siguiente función de transferencia de lazo abierto

$$G(s)H(s) = \frac{500}{(s+2)(s+5)(s+10)}$$

1. Obtenga las gráficas de bode de lazo abierto (magnitud y fase)
2. Determine el Margen de Fase (MF), el Margen de Ganancia (MG), la frecuencia de transición de ganancia (ω_c) y la frecuencia de transición de fase (ω_f), de las gráficas de Bode de lazo abierto.
3. Determine la magnitud de resonancia (M_r) y la frecuencia de resonancia (ω_r), de las gráficas de Bode de lazo cerrado.
4. Obtenga la respuesta en el tiempo de lazo cerrado para una entrada escalón unitario.
5. Determine la ganancia crítica del sistema.
6. Determine la ganancia por la que hay que multiplicar la función de transferencia para que el margen de fase sea de 45° . Considerando esta ganancia cuál es el nuevo margen de ganancia MG ? y cuál es la nueva frecuencia de transición de ganancia ω_c ?
7. Determine la magnitud de resonancia (M_r) y la frecuencia de resonancia (ω_r), de las gráficas de Bode de lazo cerrado para esta nueva ganancia.
8. Obtenga la respuesta en el tiempo de lazo cerrado para una entrada escalón unitario.
9. Determine la ganancia por la que hay que multiplicar la función de transferencia para que el margen de fase sea de 60° . Considerando esta ganancia cuál es el nuevo margen de ganancia MG ? y cuál es la nueva frecuencia de transición de ganancia ω_c ?
10. Determine la magnitud de resonancia (M_r) y la frecuencia de resonancia (ω_r), de las gráficas de Bode de lazo cerrado para esta nueva ganancia.
11. Obtenga la respuesta en el tiempo de lazo cerrado para una entrada escalón unitario.
12. Conclusiones.