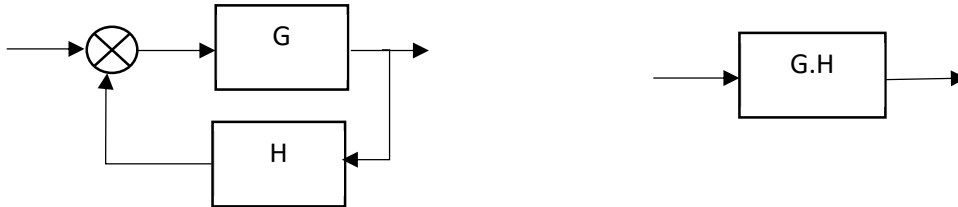


ANÁLISE EM FREQUENCIA - DIAGRAMA DE BODE

Diagrama de Bode usa a função de transferência em malha aberta obtido pelos blocos do sistema em malha fechada. Assim, evita calcular a função de transferência da malha fechada para análise de estabilidade. Desta forma é possível fazer a análise do sistema em malha fechada, verificando apenas a função de transferência em malha aberta.



A vantagem de se utilizar o diagrama de bode é que se pode analisar os polos e zeros do sistema, que na FT estão em multiplicação, por meio de um somatório de termos que compõem a FT, conforme a posição em que ocorrem os polos e zeros.

São termos que compõem o diagrama: o ganho e as curvas de cada polo e zero.

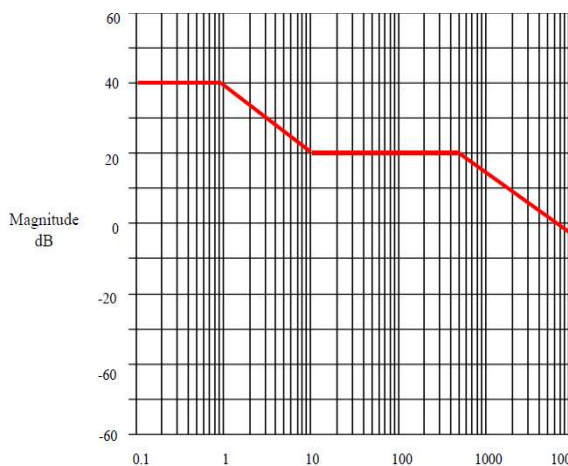
Ganho K : $K[\text{dB}] = 20 \log K = -20 \log |G(j\omega)|$, não provocam alterações na defasagem pois sua contribuição é nula.

Polos: Cada polo contribui com uma declividade de -20dB por década. E com defasagem de -90° .

Zeros: Cada zero contribui com uma declividade de $+20\text{dB}$ por década. E com defasagem de $+90^\circ$.

O diagrama de bode é composto por um par de parcelas correspondente a magnitude (ganho) e a fase. Por meio das análises de ganho e de fase, podemos determinar uma estabilidade relativa, que nos dá ideia de quão perto ou longe está o sistema do limite de estabilidade. Ou seja, quanto maiores as margens, mais o sistema é flexível em relação aos seus ganhos. Sistemas com margens de ganho grande podem suportar grandes mudanças nos parâmetros do sistema antes de atingir a instabilidade em malha fechada. O ganho é unitário em 0 dB .

Observe o gráfico, $G(s)H(s) = \frac{100 \cdot (\frac{s}{10} + 1)}{(s+1) \cdot (\frac{s}{500} + 1)}$



O ganho em decibéis é dado por $K[\text{dB}]$, e representa a parte reta inicial do gráfico. O ganho $K[\text{dB}] = 20 \log K = -20 \log |G(j\omega)|$, então se $K=100$, o ganho em decibéis é 40.

A curva se inclina conforme a posição dos polos e zeros. Temos o primeiro polo em 1, depois em 10, depois em 500. O zero está em 10.

Sendo assim, em s igual a 1 há um polo, portanto, a inclinação é -20dB/dec .

A partir de s igual a 10 há um zero, o que indica inclinação positiva de $+20\text{dB/dec}$. O

que indica que a inclinação será 0 dB quando s é maior que 10.

No entanto, a partir de 500 há um outro polo. Então a inclinação a partir desse polo será de -20db/dec.

Margem de Ganho

A margem de ganho é o recíproco de $|G(j\omega)|$ na frequência onde o ângulo de fase é -180° . Se define a frequência de oscilação como a frequência na qual o ângulo de fase da função na malha aberta é igual a -180° .

Margem de fase

A margem de fase é a diferença entre -180° e o ângulo de fase função de transferência de malha aberta na frequência de cruzamento cujo módulo tem o valor unitário (ou seja, 0 dB). A margem de fase é medida na frequência em que o ganho equivale a 0 dB. Margens de ganho e de fase representam a distância entre os pontos em que a instabilidade pode ocorrer.

Atividade

Plote os diagramas de Bode e indique as margens de fase e de ganho e os termos que compõem a FT em malha aberta:

$$G(s)H(s) = \frac{100 \cdot (s + 10)}{(s^2 + 10s)}$$

$$G(s)H(s) = \frac{1}{s(s + 5)(s + 8)}$$

$$G(s)H(s) = \frac{16}{(s + 2)(s + 4)}$$