

CONTROLE E SERVOMECANISMOS

Engenharia da Computação

Aula 20 - “Resposta em Frequência III”

Prof. Dr. Victor Leonardo Yoshimura

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Faculdade de Computação

10 de julho de 2017

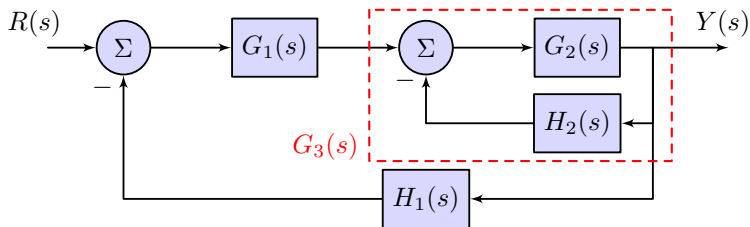


- 1 Sistemas Multiloop
- 2 Estabilidade Relativa
- 3 Parâmetros de Desempenho no Domínio da Frequência

- 1 Sistemas Multiloop
- 2 Estabilidade Relativa
- 3 Parâmetros de Desempenho no Domínio da Frequência

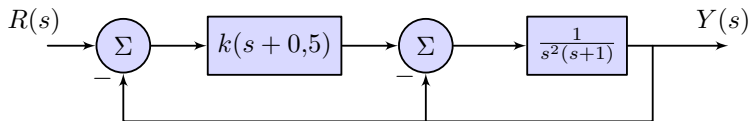
Estabilidade de Sistemas Multiloop

Considere o sistema:



- Se $G_3(s)$ for instável, as malhas externas poderão mascarar este fato;
- Assim, é necessário verificar a existência de polos internos instáveis.

Exemplo: Sistemas Multiloop



A FTMF do laço interno é:

$$G_{int}(s) = \frac{1}{s^3 + s^2 + 1}$$

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 0 \\ s^2 & 1 & 1 \\ s^1 & -1 & \\ s^0 & 1 & \end{array}$$

Observação

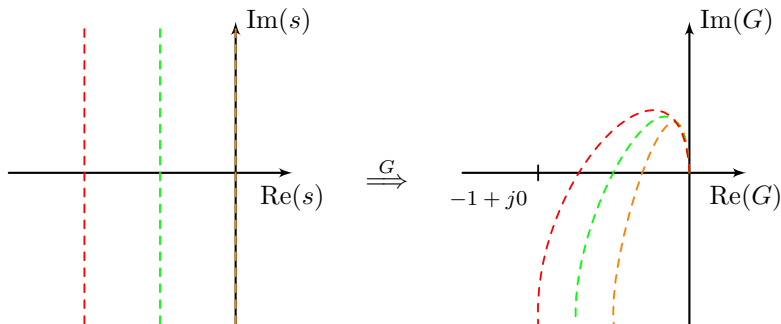
Neste caso, é possível detectar o número de polos instáveis no laço interno. Porém, note que, se algum zero de laço externo coincidissem com um polo de malha fechada do laço interno, haveria um “mascaramento” de polo instável.

Plote o diagrama de Nyquist.

- 1 Sistemas Multiloop
- 2 Estabilidade Relativa**
- 3 Parâmetros de Desempenho no Domínio da Frequência

Estabilidade Relativa

- Pode ser realizada com a mudança de variável proposta em (13.12);
- Para **realimentação unitária** tome a FTMA estável $G(s)$;
- Considere o mapeamento:



Importante!

O diagrama de Nyquist não pode abraçar o ponto $-1 + j0$!

Margens de Fase e de Ganho

Com a finalidade de verificar a estabilidade relativa, define-se:

- **Margem de Fase (MF):** É o avanço de fase necessário, na frequência de cruzamento do ganho ($\|G(j\omega_g)\| = 0\text{dB}$), que leva o sistema à estabilidade marginal.
- **Margem de Ganho (MG):** É o inverso da magnitude na frequência em que a fase torna-se $\arg(G(j\omega_f)) = 180^\circ$.

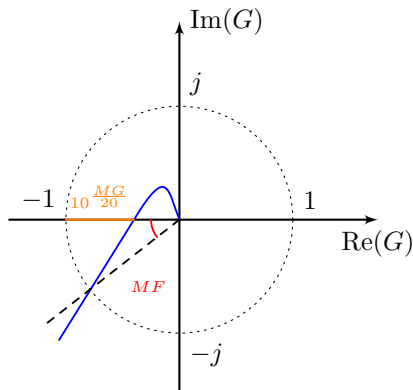
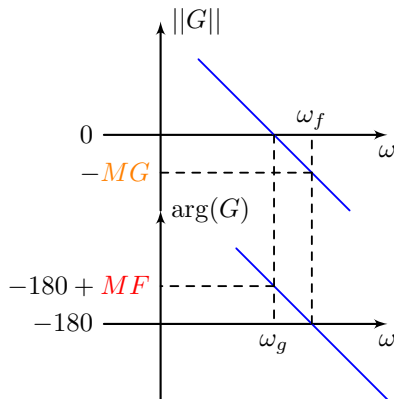
$$MF = 180^\circ + \arg(G(j\omega_g)) \quad (20.1a)$$

$$MG = -20 \log |G(j\omega_f)| \quad (20.1b)$$

Observação

Para estabilidade absoluta, deve-se ter $MF, MG > 0$.

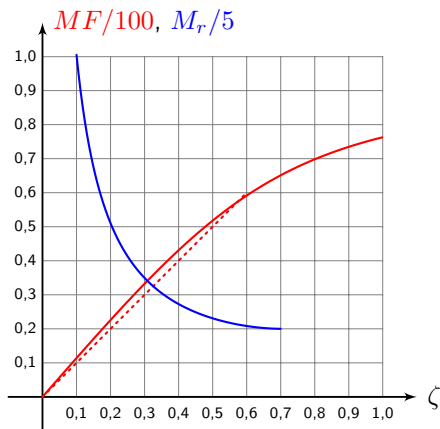
Margens de Fase e de Ganho



Observação

O critério de estabilidade com MF e MG supõe sistema de fase mínima!

- 1 Sistemas Multiloop
- 2 Estabilidade Relativa
- 3 Parâmetros de Desempenho no Domínio da Frequência**

Correlação entre MF , M_r e ζ 

Relação entre MF e ζ (sistema de 2ª ordem):

$$MF = \arctg \frac{2\zeta}{\sqrt{\sqrt{1+4\zeta^4} - 2\zeta^2}} \quad (20.2)$$

Para $0 \leq \zeta \leq 0,6$, vale:

$$MF \approx 100\zeta \quad (20.3)$$

Observação

Também para 2ª ordem, tem-se (18.12b). Bons resultados se obtém para $0,4 \leq \zeta \leq 0,7$.

Frequência de Corte, Banda Passante e Dinâmica

- A **frequência de corte** é a frequência ω_b , tal que se $\omega < \omega_b$, então:

$$||G(j\omega)|| - ||G(j0)|| \leq -3\text{dB} \quad (20.4)$$

- O intervalo $[0, \omega_b]$ é chamado **banda passante** e indica:

- i) Velocidade de resposta: alto ω_b , pequeno t_r ;
- ii) Características de filtragem de ruídos de alta frequência.

Exemplo

Faça a análise da planta em realimentação unitária

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

para $k = 10$ e $k = 100$.