

...


Esercitazione: Diagrammi di Bode, Nyquist, Nichols

...

Riccardo Santini

riccardo.santini@uniroma3.it

University of "Roma TRE"



Overview

- Esercizio 1: Bode + Nyquist + Nichols
- Esercizio 2: Esercizio 2 Compito + Nichols
- Esercizio 3: Bode + Nyquist

Esercizio 1

- Data la seguente Funzione $F(s)$ ricavare i diagrammi di Bode e Nyquist e Nichols

$$F(s) = \frac{15(s + 100)}{s(s + 1)(s + 10)(s + 20)}$$

- Eseguiamo i passi necessari al diagramma di Bode

Esercizio 1

- Calcolo del Guadagno Statico:

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \cdot F(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{15(s+100)}{(s+1)(s+10)(s+20)} = \frac{1500}{200} = 7.5 = K_P$$

- Trasformazione in DB:

$$K_{Db} = 20 \log_{10} K_P = 17.50$$

Esercizio 1

- Numeratore:

$$(s + 100) \rightarrow \tau = \frac{1}{100}; \frac{1}{\tau} = 100 \begin{cases} \text{Modulo} : +20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : +90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

- Denominatore:

$$s = \begin{cases} \text{Modulo} : -20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -90^\circ \text{ fissa} \end{cases}$$

$$(s + 1) \rightarrow \tau = 1; \frac{1}{\tau} = 1 \begin{cases} \text{Modulo} : -20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

Esercizio 1

- Denominatore:

$$(s + 10) \rightarrow \tau = \frac{1}{10}; \frac{1}{\tau} = 10 \begin{cases} \text{Modulo} : -20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

$$(s + 20) \rightarrow \tau = \frac{1}{20}; \frac{1}{\tau} = 20 \begin{cases} \text{Modulo} : -20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

MATLAB DEMO



Esercizio 1

- Punti per disegnare il diagramma di Nichols:

$$40db \rightarrow -90^\circ$$

$$30db \rightarrow -107^\circ$$

$$20db \rightarrow -129^\circ$$

$$10db \rightarrow -151^\circ$$

$$0db \rightarrow -180^\circ$$

$$-10db \rightarrow -215.5^\circ$$

$$-20db \rightarrow -249^\circ$$

$$-30db \rightarrow -262.5^\circ$$

$$-40db \rightarrow -270^\circ$$

Esercizio 1

- Modulo di Risonanza e banda passante $W(s)$:

$M_r = \text{Modulo Risonanza}$

$\omega_{-3} = \text{Banda Passante}$

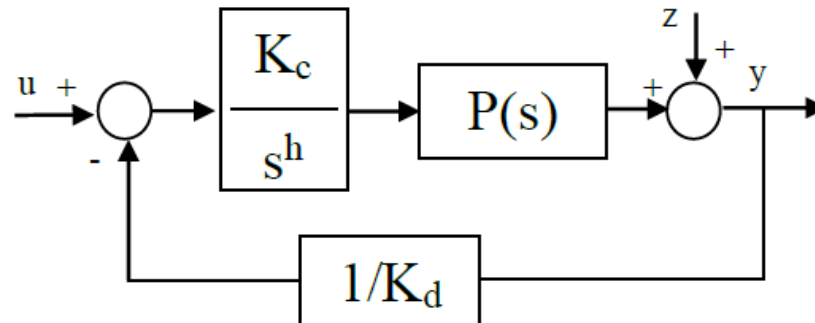
$$M_r \simeq 25dB$$

$$\omega_{-3} \simeq 3.87 \text{ rad / sec}$$

Esercizio 2

- Sia dato un processo $P(s)$ e lo schema di controllo:

$$P(s) = \frac{3 \left(\frac{s}{3} + 1 \right) \left(\frac{s}{200} + 1 \right)}{s \left(\frac{s}{50} + 1 \right)^2 \left(\frac{s}{900} + 1 \right)}$$



Esercizio 2

- Sintetizzare il sistema di controllo determinando:
 - h
 - K_c
- Con $K_d = 2$ in modo tale che l'errore per ingresso a rampa $u(t) = 9t$ sia minore o uguale a 0.4
- Scelto il valore minimo di K_c compatibile con le specifiche tracciare della funzione a ciclo aperto:
 - Diagramma di Bode
 - Diagramma di Nyquist
 - Pulsazione di attraversamento ω_t
- In caso di sistema stabile a ciclo chiuso:
 - Margini di stabilità (m_g, m_ϕ)

Esercizio 2

- Calcolo dell'errore

$\Sigma \backslash u$	0	1	2
0	$\frac{kd^2}{k_d + k_G}$	∞	∞
1	0	$\frac{kd^2}{k_G}$	∞
2	0	0	$\frac{kd^2}{k_G}$

- Sistema di tipo 1, ingresso di tipo 1:

$$e(\infty) = \frac{kd^2}{k_G} \cdot |u| \leq 0.4$$

$$C(s) = Kc$$

Esercizio 2

- Calcolo di K_c :

$$e(\infty) = \frac{kd^2}{k_G} \cdot |u| \leq 0.4 \Rightarrow \frac{4}{K_c \cdot K_p} \cdot 9 \leq 0.4$$

- Calcolo K_p :

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \cdot P(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{3 \left(\frac{s}{3} + 1 \right) \left(\frac{s}{200} + 1 \right)}{\left(\frac{s}{50} + 1 \right)^2 \left(\frac{s}{900} + 1 \right)} = 3 = K_p \Rightarrow K_c \geq 30$$

Esercizio 2

- Calcolo della Funzione a ciclo aperto:

$$F(s) = P(s) \cdot C(s) \cdot H(s) = \frac{45 \cdot \left(\frac{s}{3} + 1\right) \cdot \left(\frac{s}{200} + 1\right)}{s \left(\frac{s}{50} + 1\right)^2 \cdot \left(\frac{s}{900} + 1\right)}$$

- Calcolo del guadagno statico:

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \cdot F(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{45 \cdot \left(\frac{s}{3} + 1\right) \cdot \left(\frac{s}{200} + 1\right)}{\left(\frac{s}{50} + 1\right)^2 \cdot \left(\frac{s}{900} + 1\right)} = 45 = K_p$$

$$K_{Db} = 20 \cdot \log_{10}(45) \simeq 33 \text{ Db}$$

Esercizio 2

- Numeratore:

$$\left(\frac{s}{3} + 1\right) \rightarrow \tau = \frac{1}{3}; \frac{1}{\tau} = 3 \begin{cases} \text{Modulo : } +20\text{db} / \text{Decade} \\ \text{Fase : } +90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

$$\left(\frac{s}{200} + 1\right) \rightarrow \tau = \frac{1}{200}; \frac{1}{\tau} = 200 \begin{cases} \text{Modulo : } +20\text{db} / \text{Decade} \\ \text{Fase : } +90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

Esercizio 2

- Denominatore:

$$\left(\frac{s}{50} + 1\right)^2 \rightarrow \tau = \frac{1}{50}; \frac{1}{\tau} = 50 \begin{cases} \text{Modulo} : -40\text{db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -180^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

Esercizio 2

- Denominatore:

$$\left(\frac{s}{900} + 1\right) \rightarrow \tau = \frac{1}{900}; \frac{1}{\tau} = 900 \begin{cases} \text{Modulo : } -20\text{db} / \text{Decade} \\ \text{Fase : } -90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

$$\frac{1}{s} = \begin{cases} \text{Modulo : } -20\text{db} / \text{Decade} \\ \text{Fase : } -90^\circ \text{ fissa} \end{cases}$$

Esercizio 2

MATLAB DEMO

Esercizio 2

- Punti per disegnare il diagramma di Nichols:

$$40db \rightarrow -82^\circ$$

$$30db \rightarrow -60^\circ$$

$$20db \rightarrow -75^\circ$$

$$10db \rightarrow -90^\circ$$

$$5db \rightarrow -100^\circ$$

$$0db \rightarrow -113^\circ$$

$$-4db \rightarrow -130^\circ$$

$$-6db \rightarrow -140^\circ$$

$$-8db \rightarrow -148^\circ$$

$$-10db \rightarrow -150^\circ$$

$$-20db \rightarrow -150^\circ$$

$$-30db \rightarrow -155^\circ$$

$$-40db \rightarrow -165^\circ$$

Esercizio 2

- Modulo di Risonanza e banda passante $W(s)$:

$M_r = \text{Modulo Risonanza}$

$\omega_{-3} = \text{Banda Passante}$

$$M_r \simeq 1dB$$

$$\omega_{-3} \simeq 374 \text{ rad / sec}$$

Esercizio 3

- Data la seguente Funzione $F(s)$ ricavare i diagrammi di Bode e Nyquist

$$F(s) = \frac{s+1}{(s+2)(s^2+4s+5)}$$

- Eseguiamo i passi necessari al diagramma di Bode

Esercizio 3

- Calcolo del Guadagno Statico:

$$\lim_{s \rightarrow 0} F(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s+1}{(s+2)(s^2+4s+5)} = \frac{1}{10} = 0.1 = K_P$$

- Trasformazione in DB:

$$K_{Db} = 20 \log_{10} K_P \simeq -20$$

Esercizio 3

- Numeratore:

$$(s+1) \rightarrow \tau = 1, \frac{1}{\tau} = 1 \Rightarrow \begin{cases} \text{Modulo} : +20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : +90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

- Denominatore:

$$(s+2) = \left(\frac{s}{2} + 1 \right) \rightarrow \tau = \frac{1}{2}; \frac{1}{\tau} = 2 \Rightarrow \begin{cases} \text{Modulo} : -20\text{Db} / \text{Decade} \\ \text{Fase} : -90^\circ / 2\text{Decadi} \end{cases}$$

Esercizio 3

- Denominatore: Verifico il pox trinomio

$$(s^2 + 4s + 5) \rightarrow (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)$$

$$\omega_n = 2.23$$

$$\zeta = \frac{4}{2 \cdot 2.23} = 0.89$$

$$\begin{cases} \textit{Modulo} : -40db / \textit{Decade} \\ \textit{Fase} : -180^\circ / 2 \textit{Decadi} \end{cases}$$

MATLAB DEMO

