

BODE, 2 KOMPLEXVÄRDA POLER, $p_{1,2} = -\lambda \pm j\omega_0$

$$H(s) = \frac{1}{(s + \lambda + j\omega_0)(s + \lambda - j\omega_0)}, \quad \lambda > 0$$

$$20 \log_{10} |H(\omega)| \approx \begin{cases} -40 \log_{10}(|p_1|) = -20 \log_{10}(\lambda^2 + \omega_0^2) & \omega \ll |p_1| \\ -40 \log_{10}(\omega) & \omega \gg |p_1| \end{cases}$$

$$\angle\{H(\omega)\} \approx \begin{cases} 0 & \omega \ll |p_1| \\ -\pi/2 & \omega = |p_1| \\ -\pi & \omega \gg |p_1| \end{cases}$$

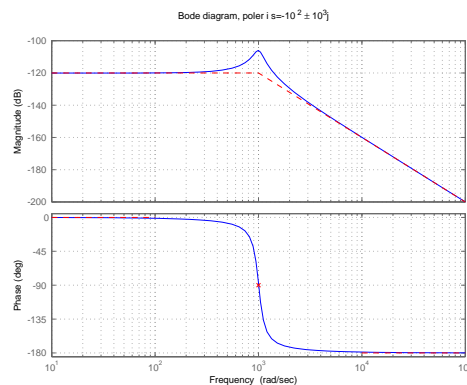
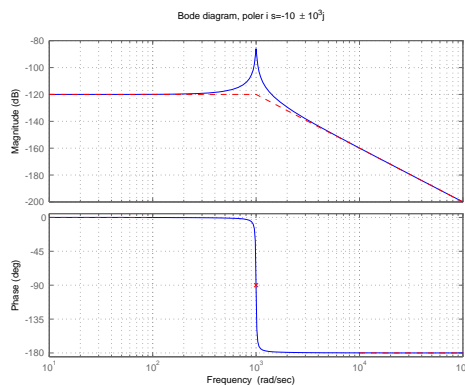


- Topp vid $\omega \approx \omega_0$!
- Höjd och bredd på toppen beror på λ !
- Lutningen för höga frekvenser motsvarar -20dB/dekad per pol!

2 KOMPLEXVÄRDA POLER, $p_{1,2} = -\lambda \pm j\omega_0$

Exempel, poler i $-10 \pm 1000j$

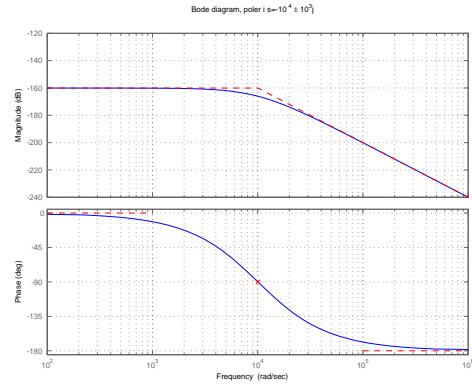
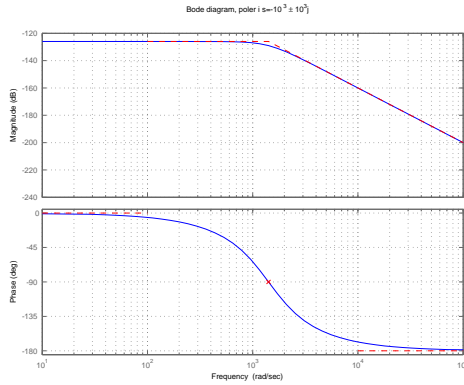
Exempel, poler i $-100 \pm 1000j$



2 KOMPLEXVÄRDA POLER, $p_{1,2} = -\lambda \pm j\omega_0$

Exempel, poler i $-1000 \pm 1000j$

Exempel, poler i $-10000 \pm 1000j$



HUR SKISSA FASKURVAN?

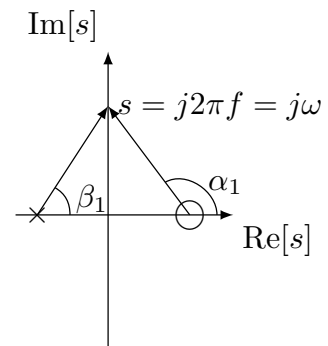
$$H(s) = C \frac{(s - n_1)(s - n_2) \dots (s - n_N)}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_M)}$$

Nollställen: n_1, n_2, \dots, n_N .

Poler: p_1, p_2, \dots, p_M .



$$\begin{aligned} \angle[H(\omega)] &= \angle[C] + \underbrace{\angle[j\omega - n_1]}_{\alpha_1} + \dots + \underbrace{\angle[j\omega - n_N]}_{\alpha_N} \\ &\quad - \underbrace{\angle[j\omega - p_1]}_{\beta_1} - \dots - \underbrace{\angle[j\omega - p_M]}_{\beta_M} \\ &= \angle[C] + \alpha_1 + \dots + \alpha_N \\ &\quad - \beta_1 - \dots - \beta_M \end{aligned}$$



FASKARAKTÄRISTIK



- Filter med **linjär fas**, $\angle\{H(f)\} = -Kf$ ger samma tidsfördröjning $T = K/(2\pi)$ för alla frekvenskomponenter.
- **Grupplöptid** $\tau(f) = -\frac{1}{2\pi} \frac{\partial}{\partial f} \angle\{H(f)\} = -\frac{\partial}{\partial \omega} \angle\{H(\omega)\}$ anger tidsfördröjningen för frekvenskomponenter med frekvens f .

HÖGRE ORDNINGENS SYSTEM

- Faktorisera i 1:a och 2:a ordningens system. $H(s) = H_1(s)H_2(s)H_3(s) \dots$
- Skissa amplitud- och faskurvor enligt ovan.
- Nollställena ger liknande bidrag som poler, men med omvänt tecken.
- Summera bidragen.



$$20 \log_{10} |H(f)| = 20 \log_{10} |H_1(f)| + 20 \log_{10} |H_2(f)| + \dots$$
$$\angle\{H(f)\} = \angle\{H_1(f)\} + \angle\{H_2(f)\} + \dots$$

DESIGNPRINCIPER, ANALOGA FILTER



KTH Electrical Engineering

- Poler i vänster halvplan, för stabilitet (för kausala filter).
- Poler nära imaginära axeln för frekvenser som ska förstärkas.
- Nollställen nära (eller på) imaginära axeln för frekvenser som ska undertryckas.
- Minst lika många poler som nollställen (för kausala och stabila filter)