

Ch-7: Đáp ứng tần số của hệ thống LTI và thiết kế bộ lọc tương tự

Lecture-13

7.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI: biểu đồ Bode

7.2. Thiết kế bộ lọc tương tự

7.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI: biểu đồ Bode

7.1.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI

7.1.2. Biểu đồ Bode

7.1.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI

- Đáp ứng của hệ thống LTI có hàm truyền $H(s)$ với tín hiệu e^{st}

$$f(t)=e^{st} \rightarrow y(t)=H(s)e^{st}, \text{ với } H(s) \text{ là biến đổi Laplace của } h(t)$$

- Khi hệ thống ổn định và ROC chứa trục ảo thì ta có thể thay s bởi $j\omega$ để có được $H(j\omega)=H(\omega) \rightarrow$ Đáp ứng tần số, và ta có:

$$f(t)=e^{j\omega t} \rightarrow y(t)=H(j\omega)e^{j\omega t}$$

$$\text{Ví dụ: } f(t)=\cos\omega t \rightarrow y(t)=\frac{1}{2}H(j\omega)e^{j\omega t} + \frac{1}{2}H(-j\omega)e^{-j\omega t}$$

$$\Rightarrow f(t)=\cos\omega t \rightarrow y(t)=\text{Re}[H(j\omega)e^{j\omega t}]$$

$$\Rightarrow f(t)=\cos\omega t \rightarrow y(t)=|H(j\omega)|\cos[\omega t + \angle H(j\omega)]$$

$$\text{Tổng quát: } f(t)=\cos(\omega t + \theta) \rightarrow y(t)=|H(j\omega)|\cos[\omega t + \theta + \angle H(j\omega)]$$

7.1.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI

- ❑ $|H(j\omega)|$ là tỷ số biên độ của ngõ ra với ngõ vào $\rightarrow$ độ lợi của hệ thống. Mặt khác $|H(j\omega)|$ có giá trị khác nhau ở các tần số khác nhau $\rightarrow$ đáp ứng biên độ của hệ thống
- ❑ $\angle H(j\omega)$ là sai pha của ngõ ra với ngõ vào và $\angle H(j\omega)$ có giá trị khác nhau ở các tần số khác nhau $\rightarrow$ đáp ứng pha của hệ thống

Việc vẽ đồ thị của đáp ứng tần số là cần thiết trong kỹ thuật!!!

7.1.2. Biểu đồ Bode

□ Xét hệ thống với hàm truyền: $H(s) = \frac{K(s+a_1)(s+a_2)}{s(s+b_1)(s^2+b_2s+b_3)}$

$$\Rightarrow H(s) = \frac{Ka_1a_2}{b_1b_3} \frac{(s/a_1+1)(s/a_2+1)}{s(s/b_1+1)(s^2/b_3+b_2s/b_3+1)}$$

$$\Rightarrow H(j\omega) = \frac{Ka_1a_2}{b_1b_3} \frac{(j\omega/a_1+1)(j\omega/a_2+1)}{j\omega(j\omega/b_1+1)[(j\omega)^2/b_3+j\omega(b_2/b_3)+1]}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} |H(j\omega)| = \frac{Ka_1a_2}{b_1b_3} \frac{|j\omega/a_1+1||j\omega/a_2+1|}{|j\omega||j\omega/b_1+1|[(j\omega)^2/b_3+j\omega(b_2/b_3)+1]} \\ \angle H(j\omega) = \angle(j\frac{\omega}{a_1}+1) + \angle(j\frac{\omega}{a_2}+1) - \angle j\omega - \angle(j\frac{\omega}{b_1}+1) - \angle[\frac{(j\omega)^2}{b_3} + j\frac{\omega b_2}{b_3} + 1] \end{array} \right.$$

7.1.2. Biểu đồ Bode

- Biểu diễn đáp ứng biên độ theo thang Logarit:

$$20\log|H(j\omega)| = 20\log \frac{Ka_1a_2}{b_1b_3} + 20\log|j\frac{\omega}{a_1} + 1| + 20\log|j\frac{\omega}{a_2} + 1| \\ - 20\log|j\omega| - 20\log|j\frac{\omega}{b_1} + 1| - 20\log|\frac{(j\omega)^2}{b_3} + j\frac{\omega b_2}{b_3} + 1|$$

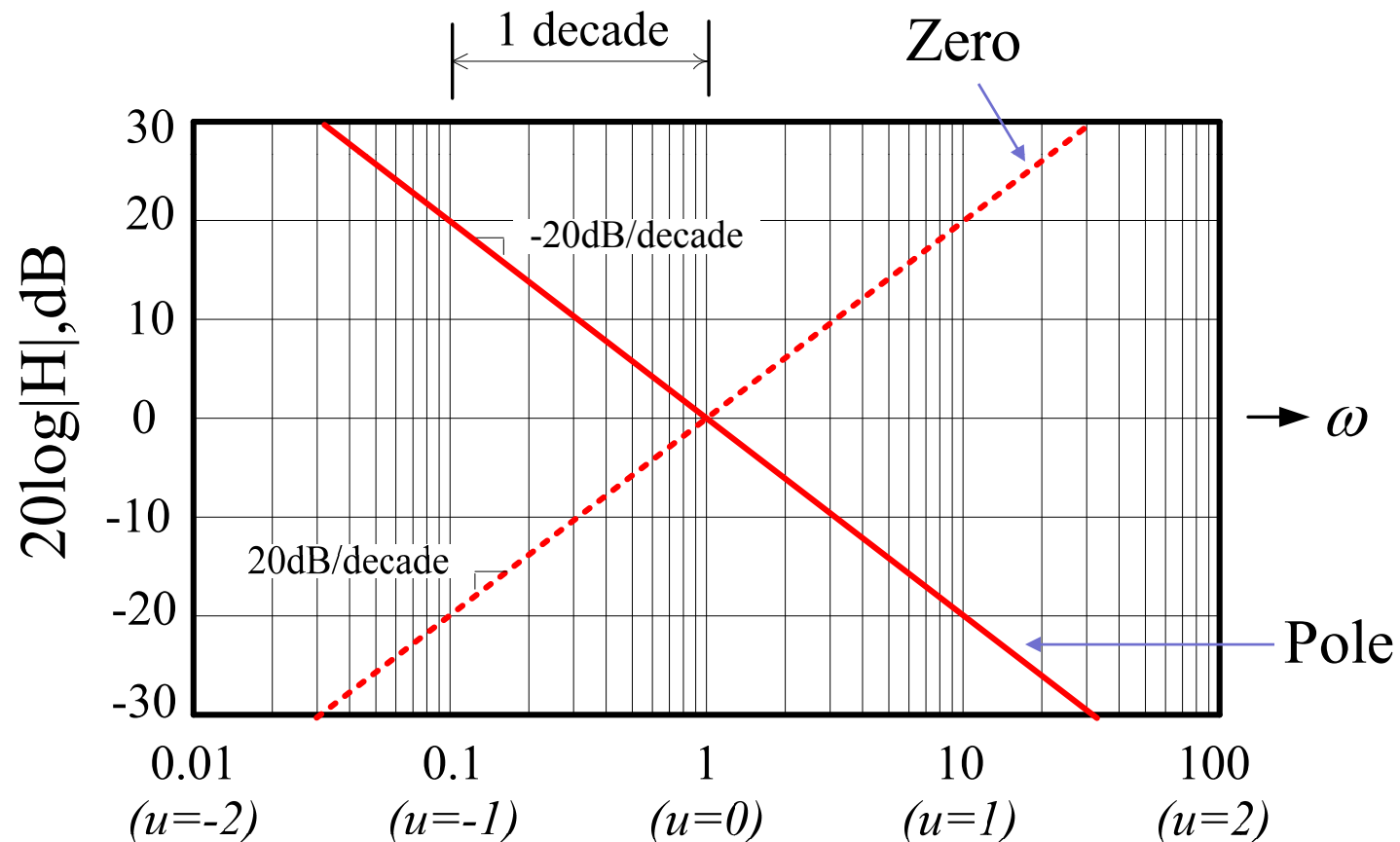
Thứ nguyên của đáp ứng biên độ theo thang Logarit là **dB**

- Hằng số: Ka_1a_2/b_1b_2 : $\rightarrow 20\log [Ka_1a_2/b_1b_2]$: hằng, không dịch pha
- Pole (hoặc zero) tại gốc: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pole: } -20\log|j\omega| = -20\log\omega = -20u \\ \text{Zero: } 20\log|j\omega| = 20\log\omega = 20u \\ u = \log\omega \end{array} \right.$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pole: } \angle -j\omega = -90^\circ \\ \text{zero: } \angle j\omega = 90^\circ \end{array} \right.$

⇒ Cần biểu diễn trên thang tần số Logarit!!!

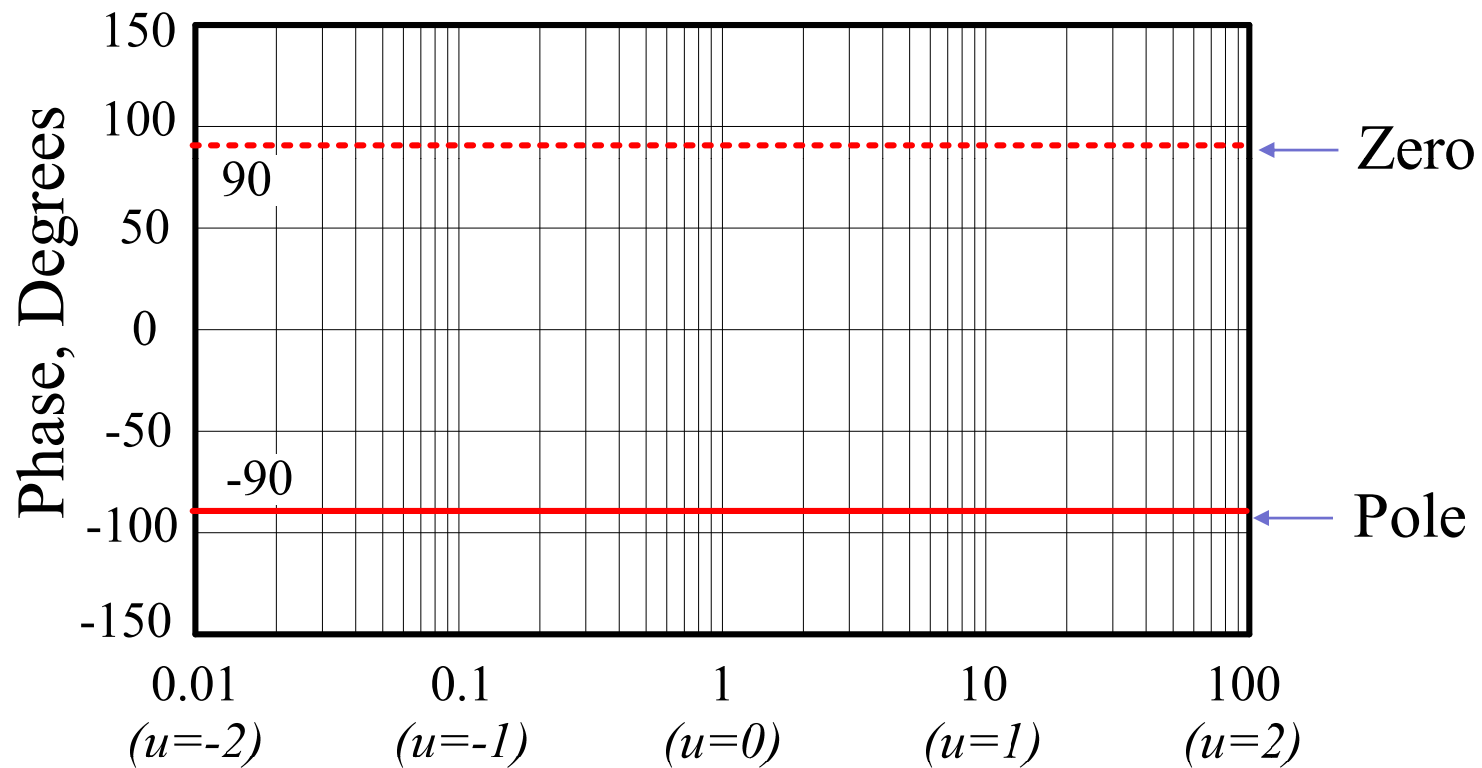
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) tại gốc:
$$\begin{cases} \text{Pole: } -20\log|j\omega| = -20\log\omega = -20u \\ \text{Zero: } 20\log|j\omega| = 20\log\omega = 20u \\ u = \log\omega \end{cases}$$



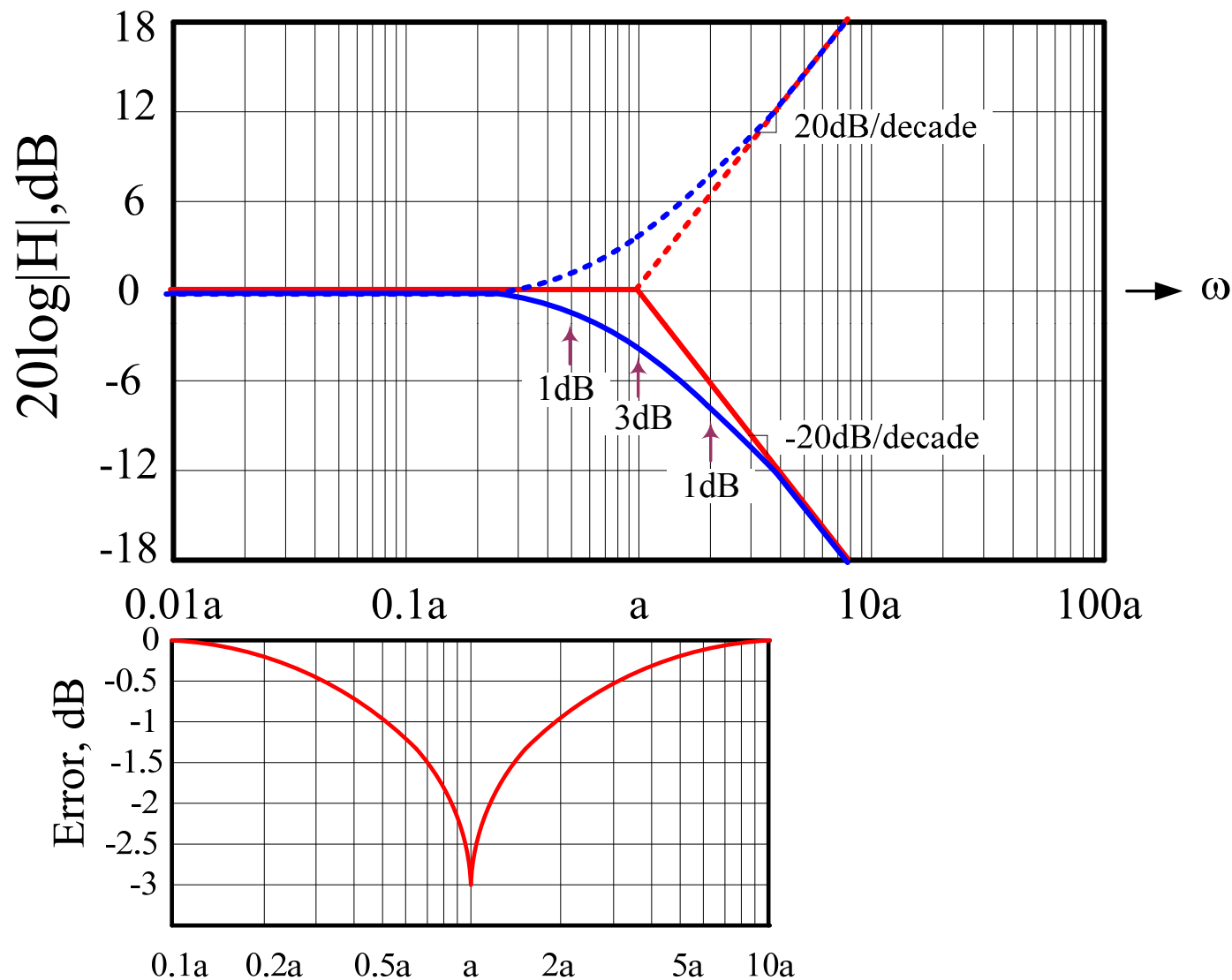
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) tại gốc: $\begin{cases} \text{Pole: } \angle -j\omega = -90^\circ \\ \text{zero: } \angle j\omega = 90^\circ \end{cases}$



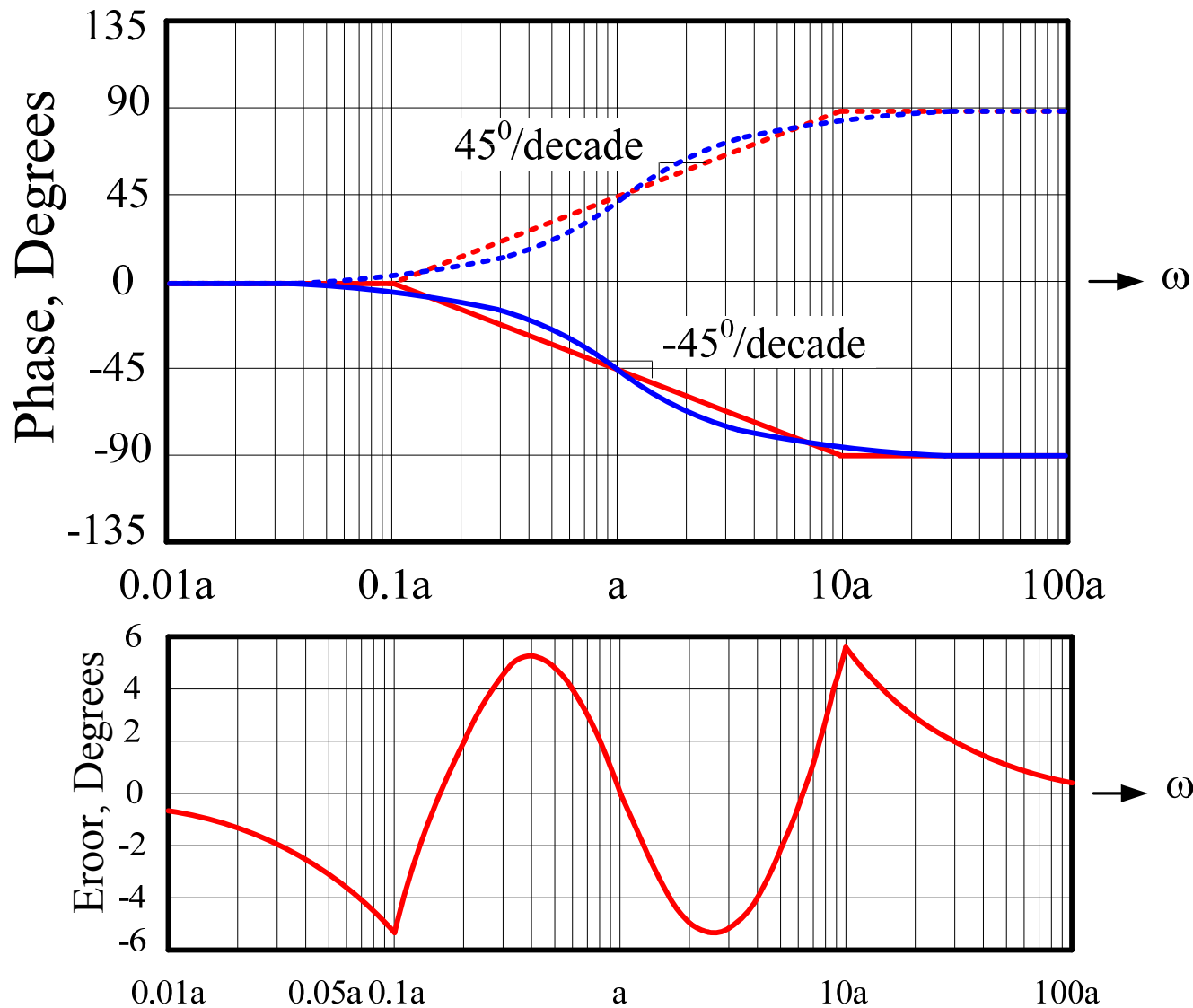
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) bậc 1: Pole: $-20\log|1+\frac{j\omega}{a}|$; zero: $20\log|1+\frac{j\omega}{a}|$



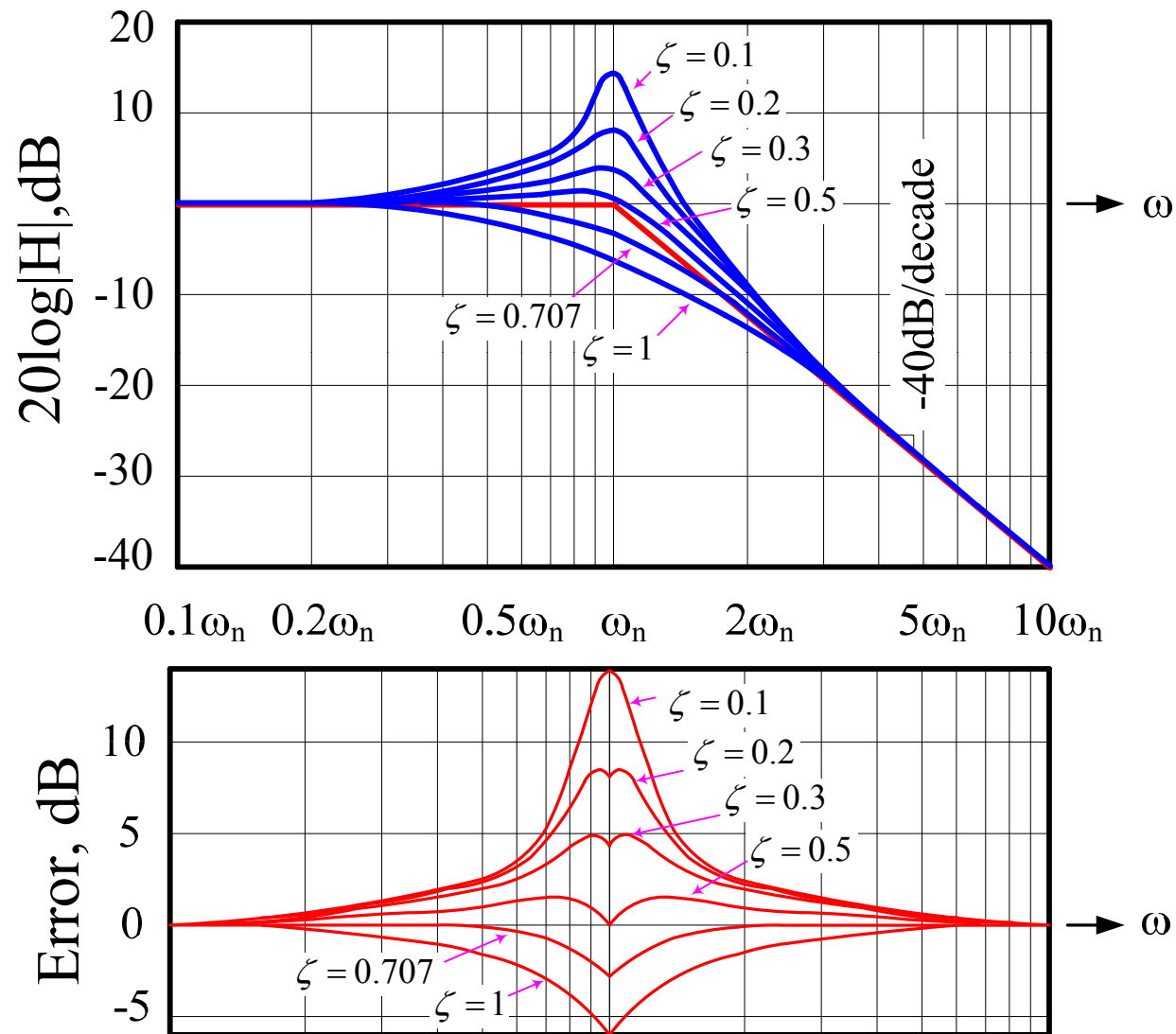
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) bậc 1: Pole: $-\angle(1+\frac{j\omega}{a})$; zero: $\angle(1+\frac{j\omega}{a})$



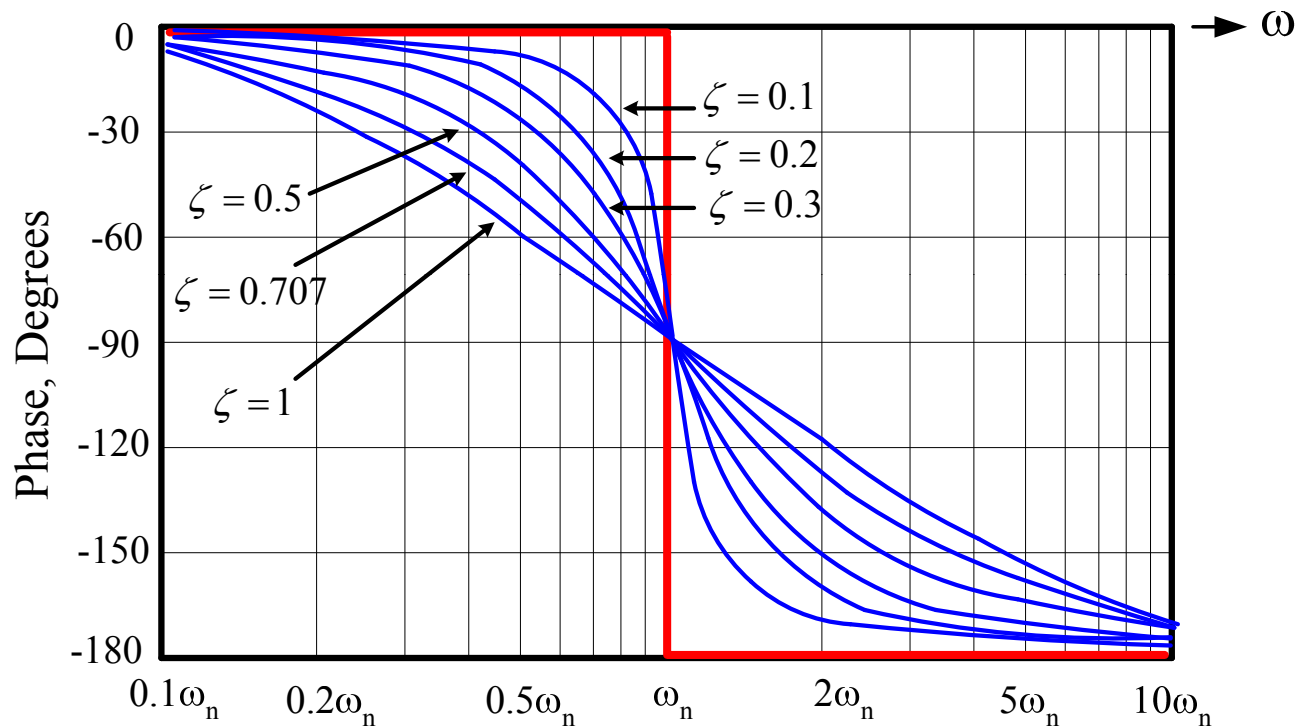
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) bậc 2: $-20\log|1+j2\zeta\frac{\omega}{\omega_n}+(\frac{j\omega}{\omega_n})^2|$



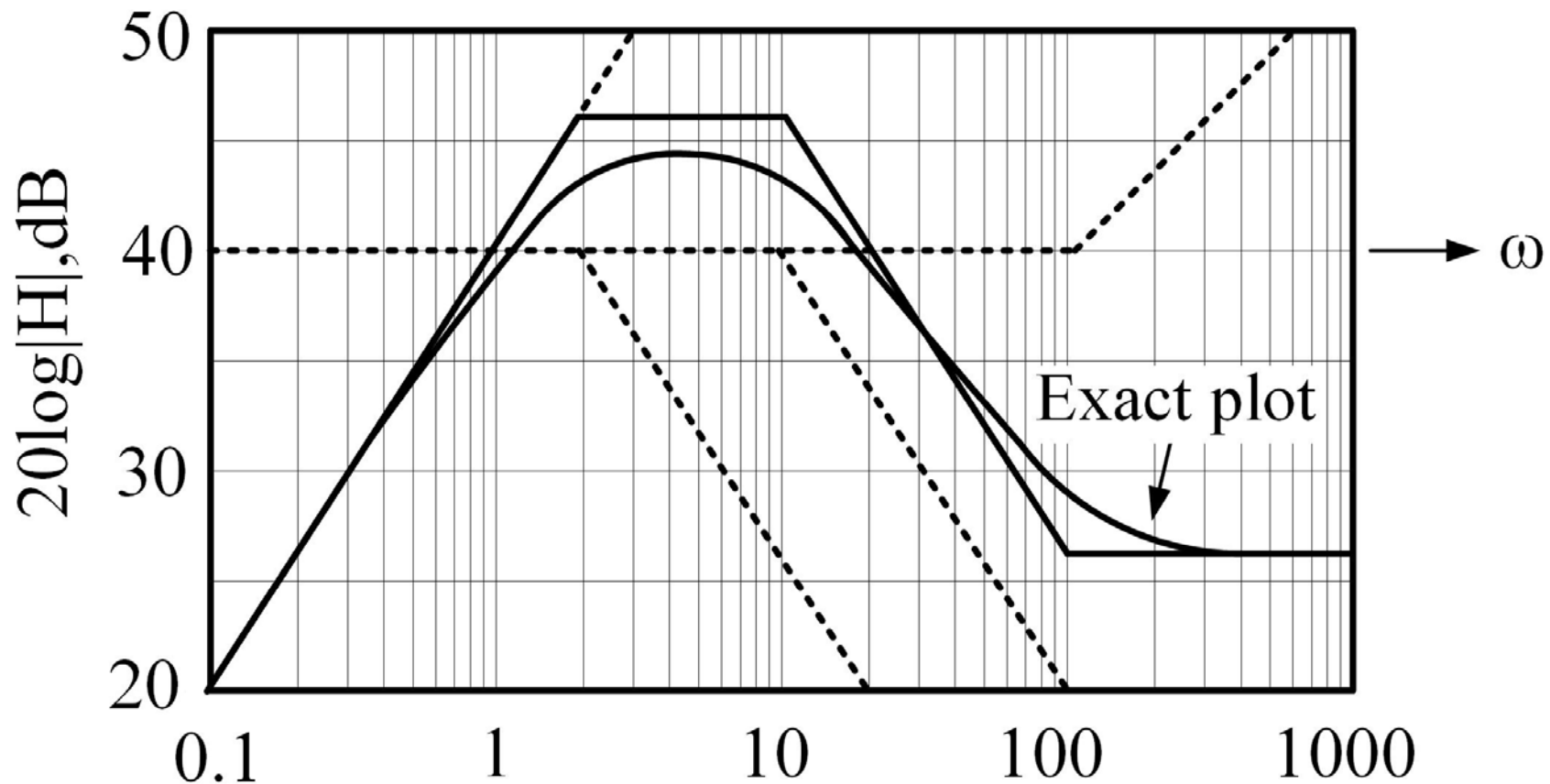
7.1.2. Biểu đồ Bode

- Pole (hoặc zero) bậc 2: $\angle[1+j2\zeta\frac{\omega}{\omega_n}+(\frac{j\omega}{\omega_n})^2]$



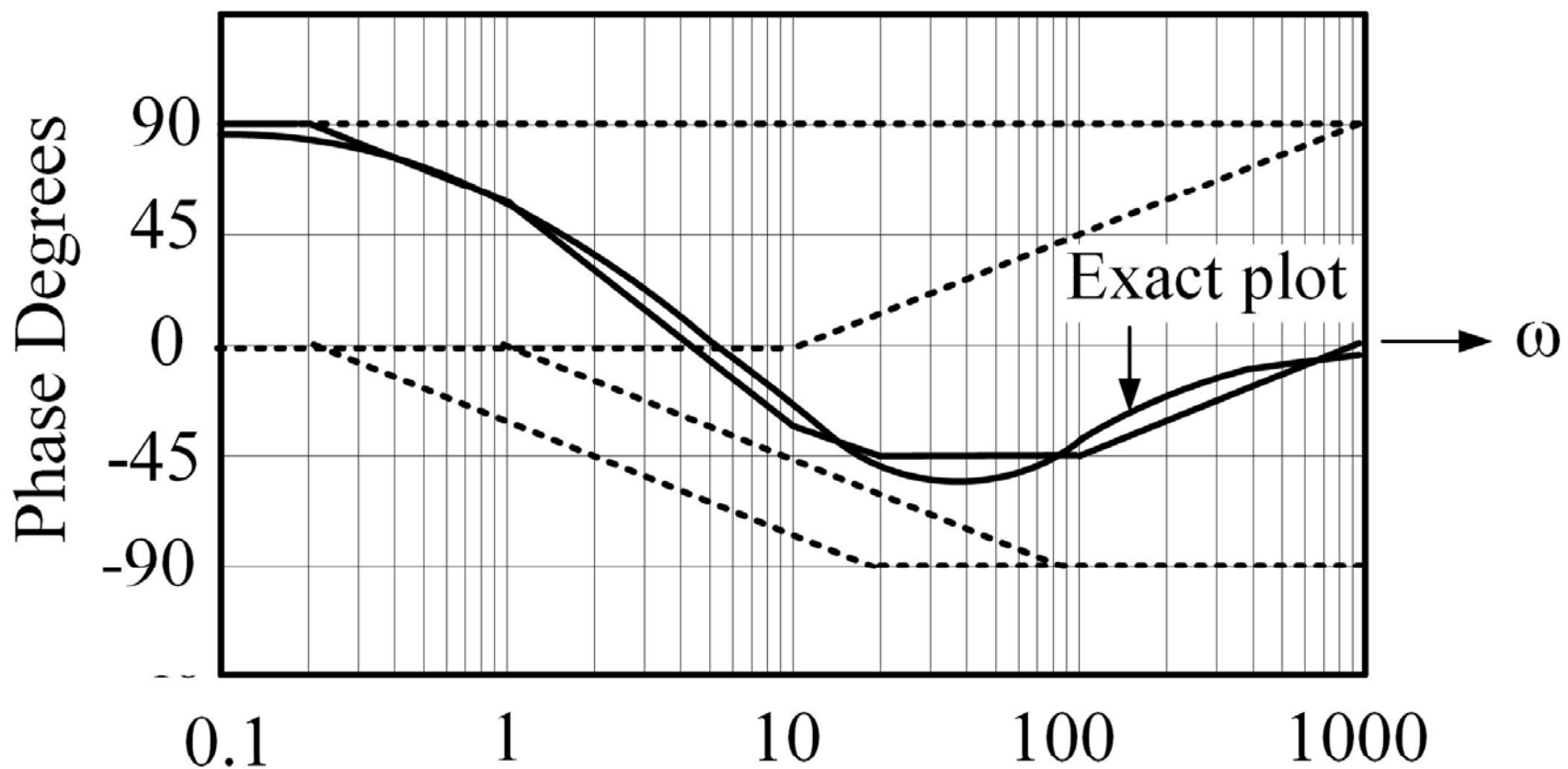
7.1.2. Biểu đồ Bode

□ Ví dụ 1: $H(s) = \frac{20s(s+100)}{(s+2)(s+10)}$



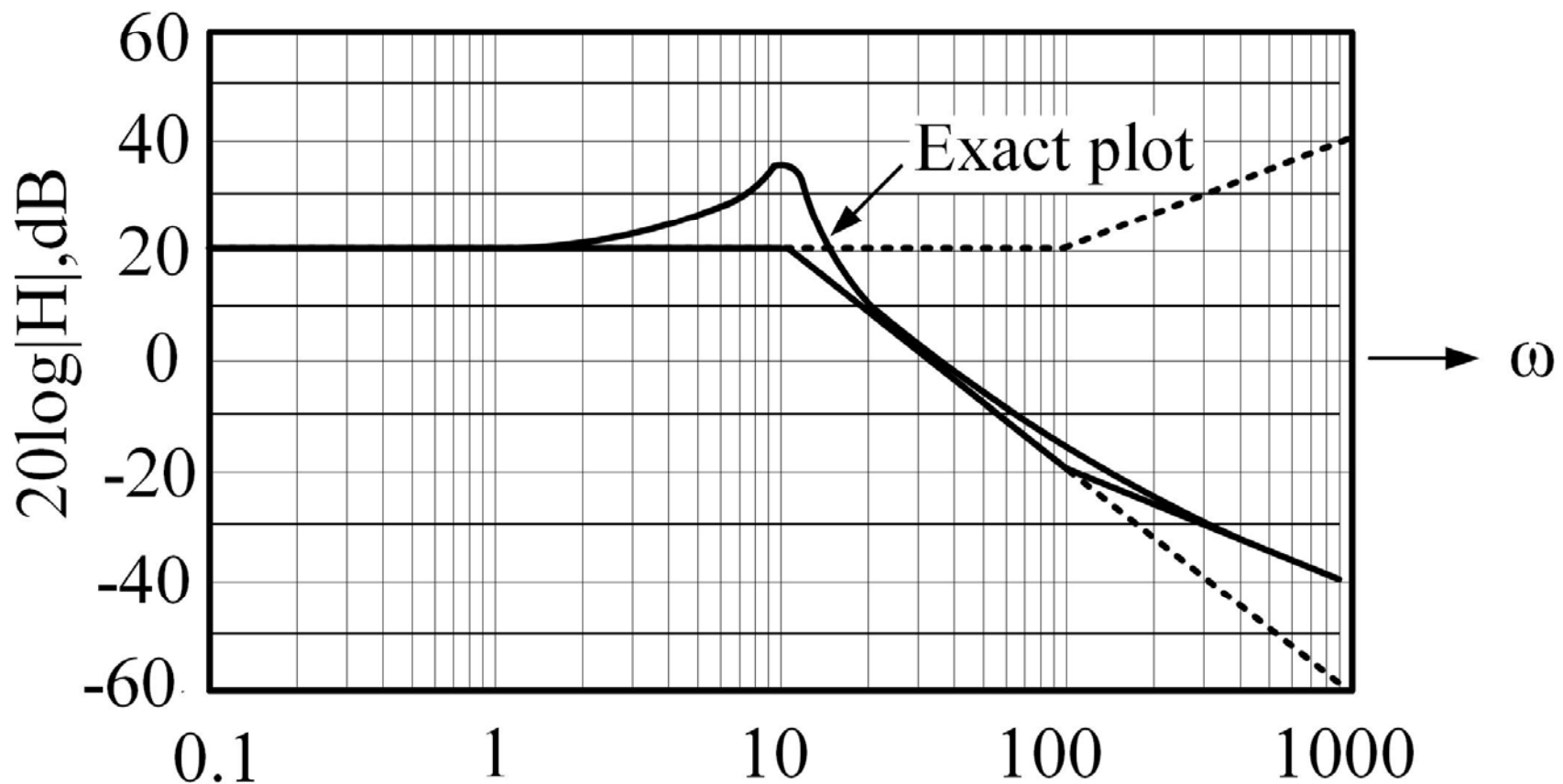
7.1.2. Biểu đồ Bode

□ Ví dụ 1: $H(s) = \frac{20s(s+100)}{(s+2)(s+10)}$



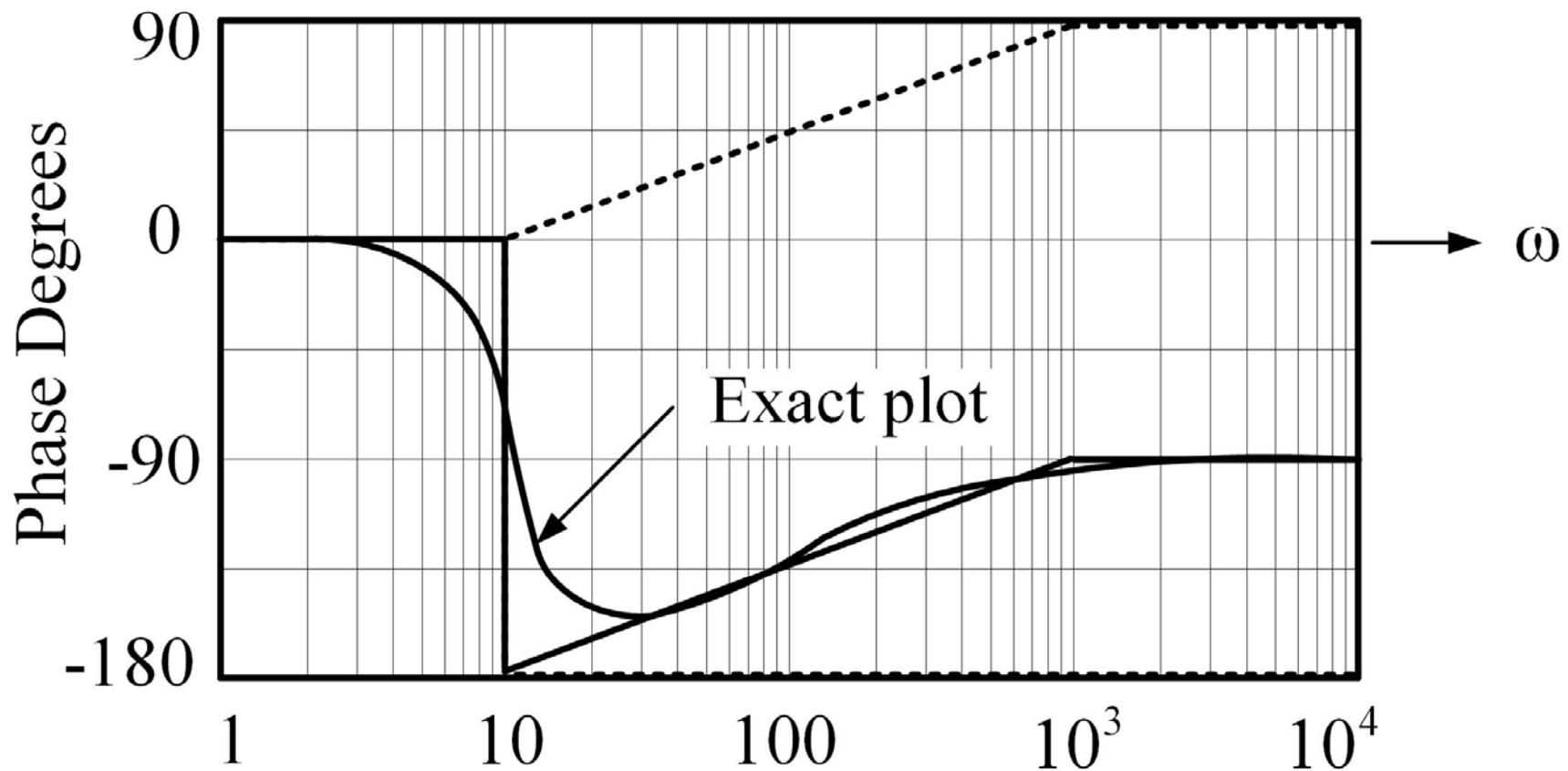
7.1.2. Biểu đồ Bode

□ Ví dụ 2: $H(s) = \frac{10(s+100)}{(s^2+2s+100)}$



7.1.2. Biểu đồ Bode

□ Ví dụ 2: $H(s) = \frac{10(s+100)}{(s^2+2s+100)}$

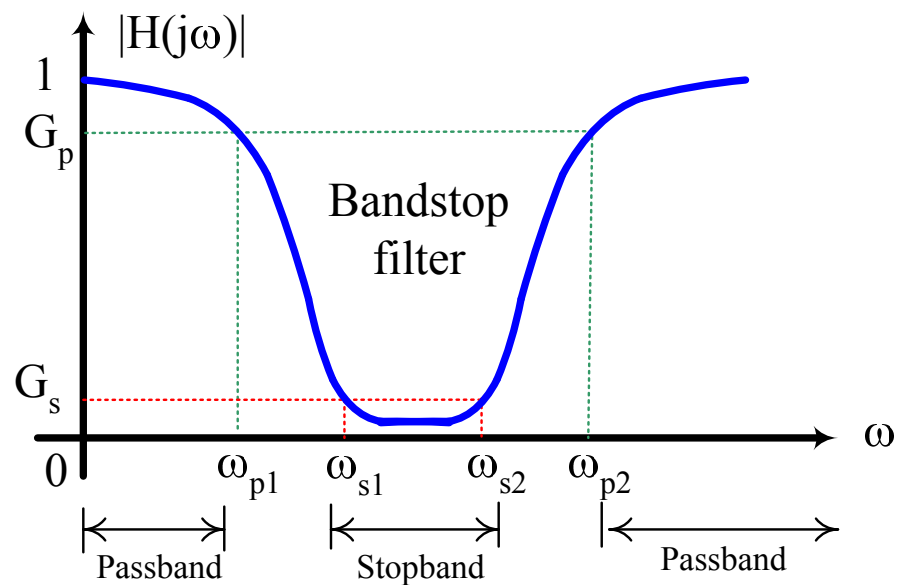
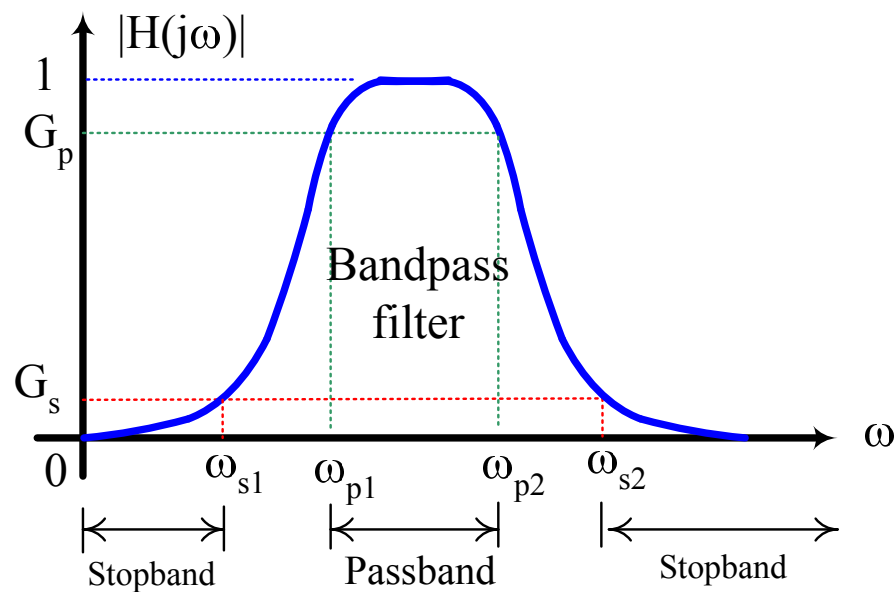
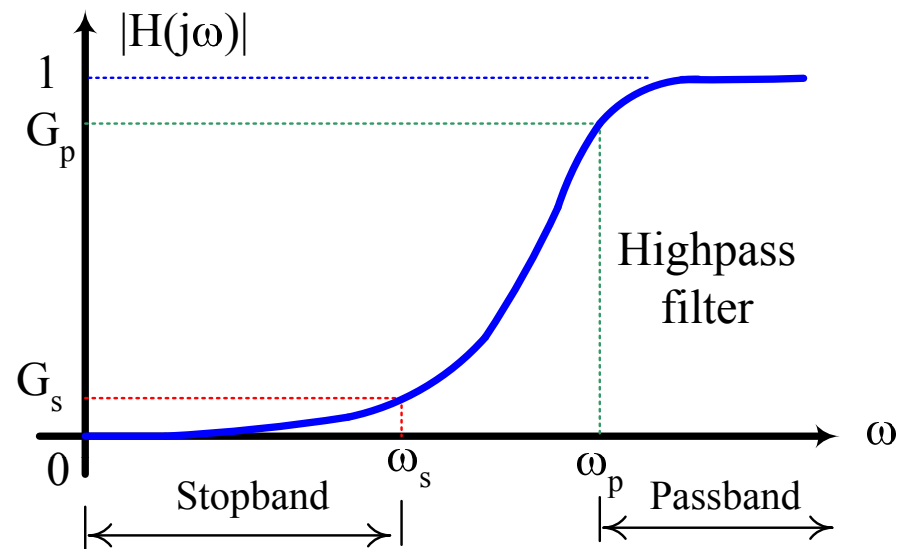
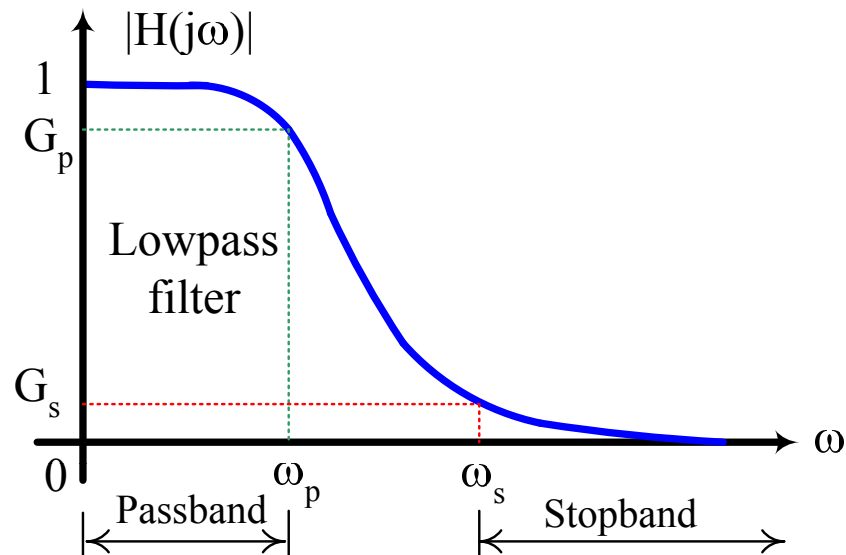


7.2. Thiết kế bộ lọc tương tự

7.2.1. Bộ lọc thực tế và các yêu cầu thiết kế

7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

7.2.1. Bộ lọc thực tế và các yêu cầu thiết kế

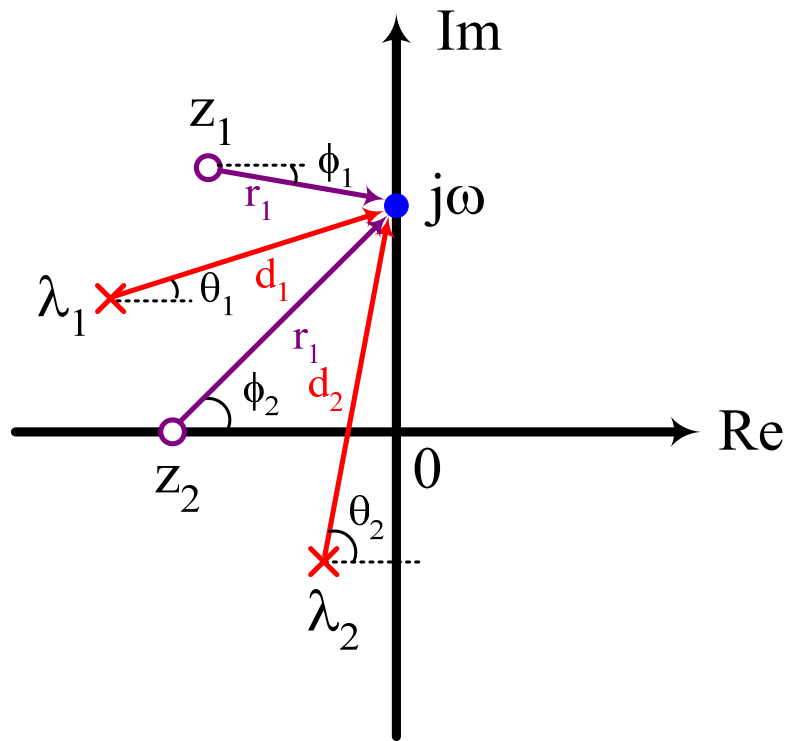


7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Xét hệ thống với hàm truyền $H(s)$:

$$H(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} = b_n \frac{(s-z_1)(s-z_2)\dots(s-z_n)}{(s-\lambda_1)(s-\lambda_2)\dots(s-\lambda_n)}$$

Khảo sát đáp ứng tần số $\rightarrow s=j\omega$:

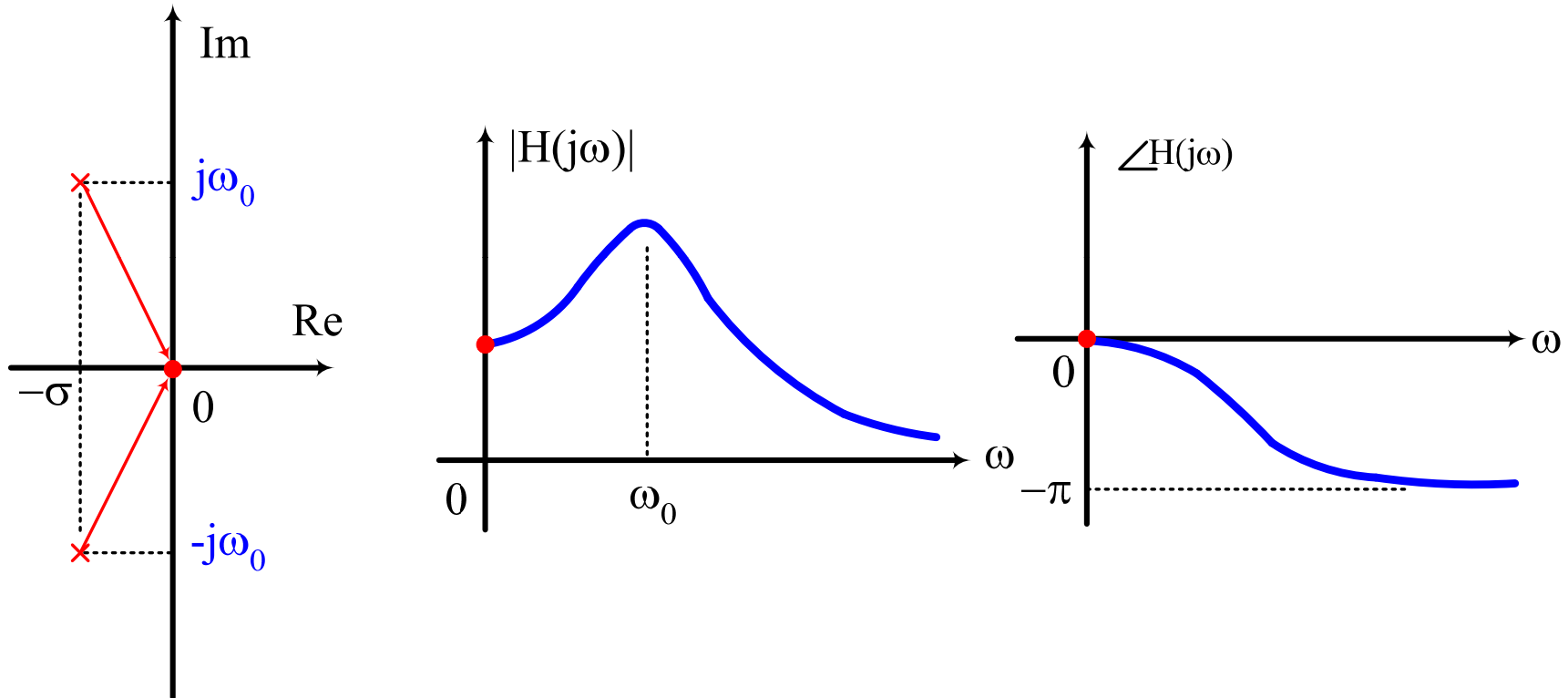


$$|H(j\omega)| = b_n \frac{r_1 r_2 \dots r_n}{d_1 d_2 \dots d_n}$$

$$\angle H(j\omega) = \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_n - \theta_1 - \theta_2 - \dots - \theta_n$$

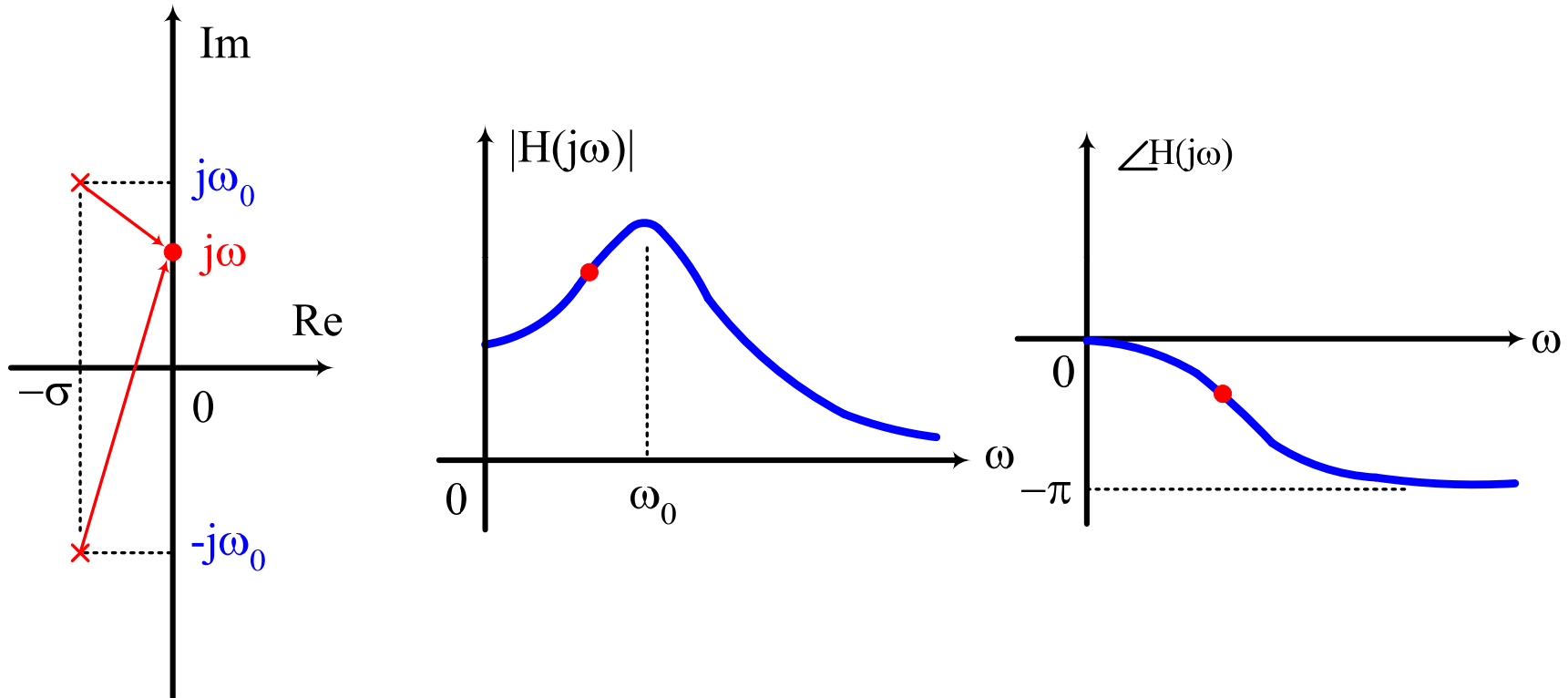
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Tăng độ lợi bằng một pole:



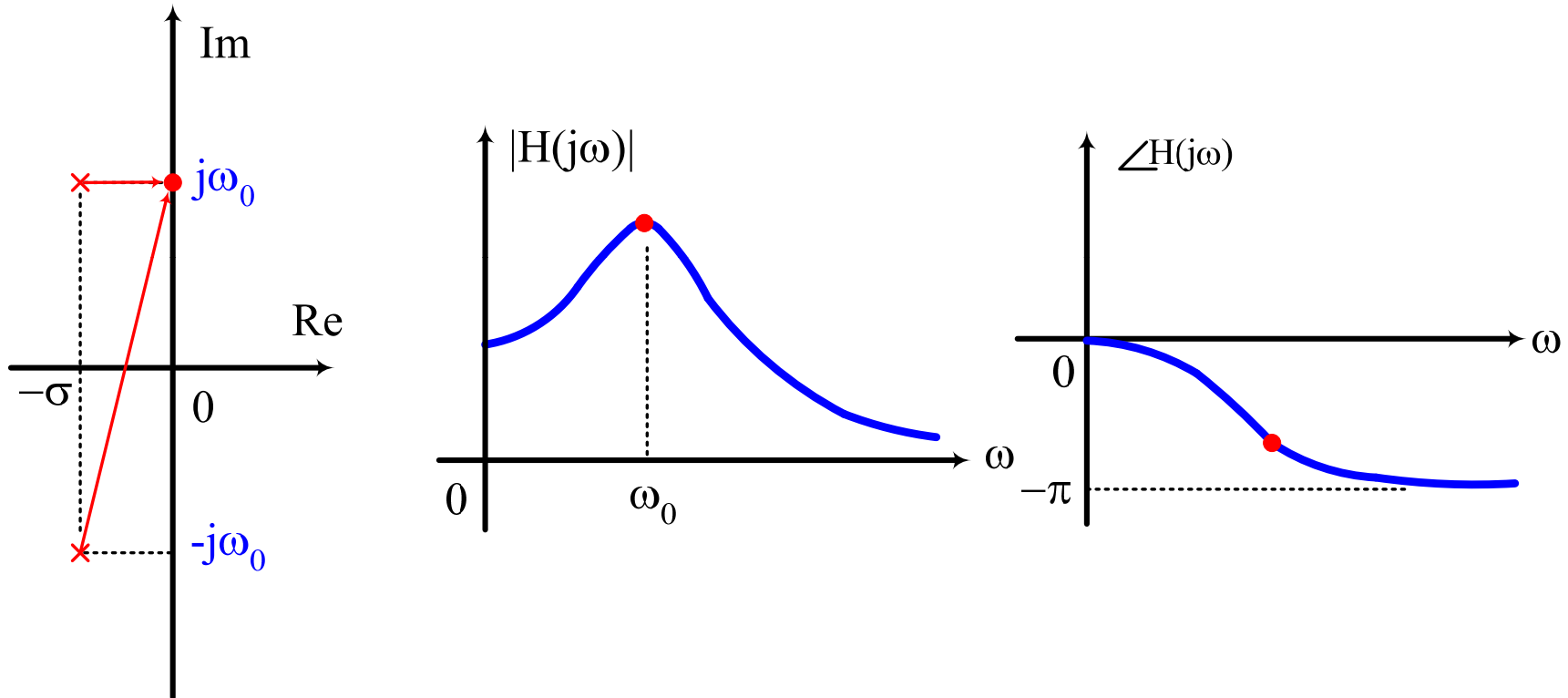
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Tăng độ lợi bằng một pole:



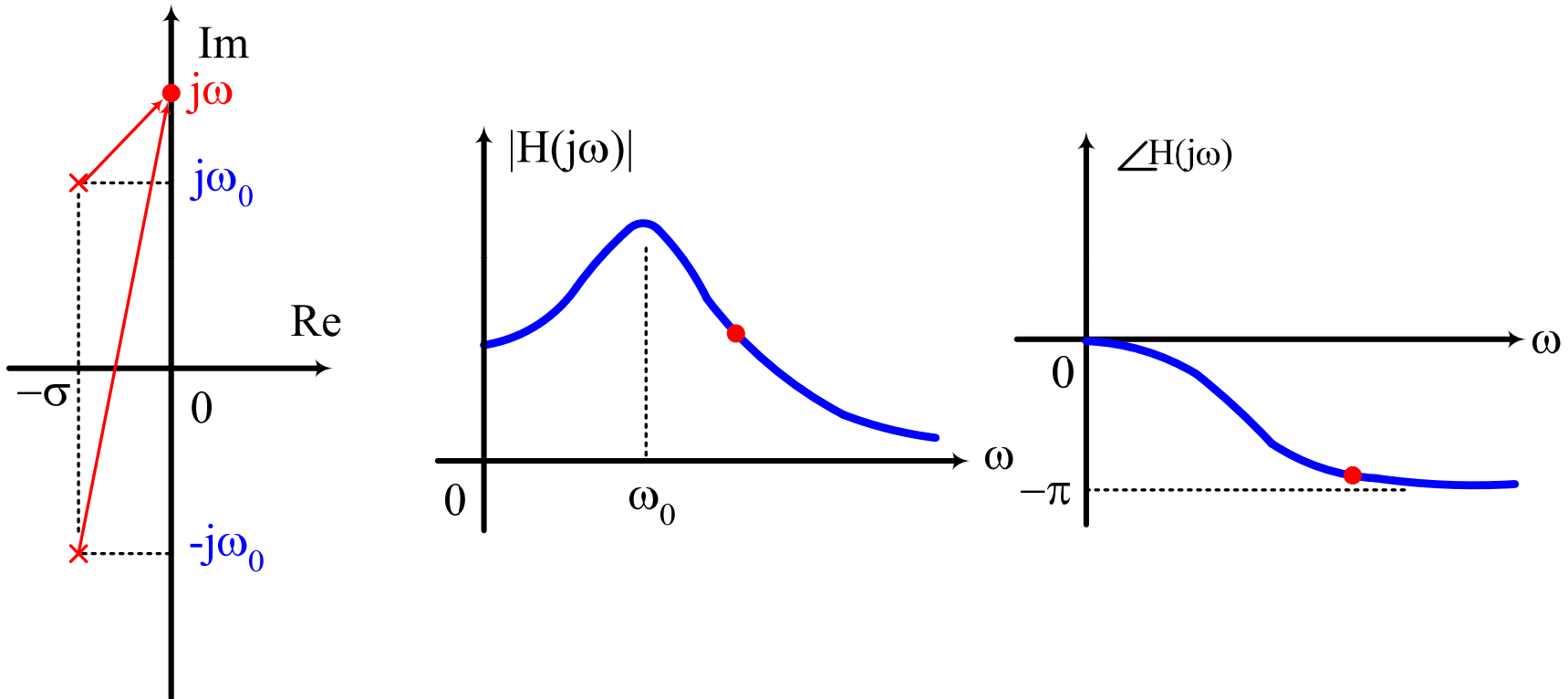
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Tăng độ lợi bằng một pole:



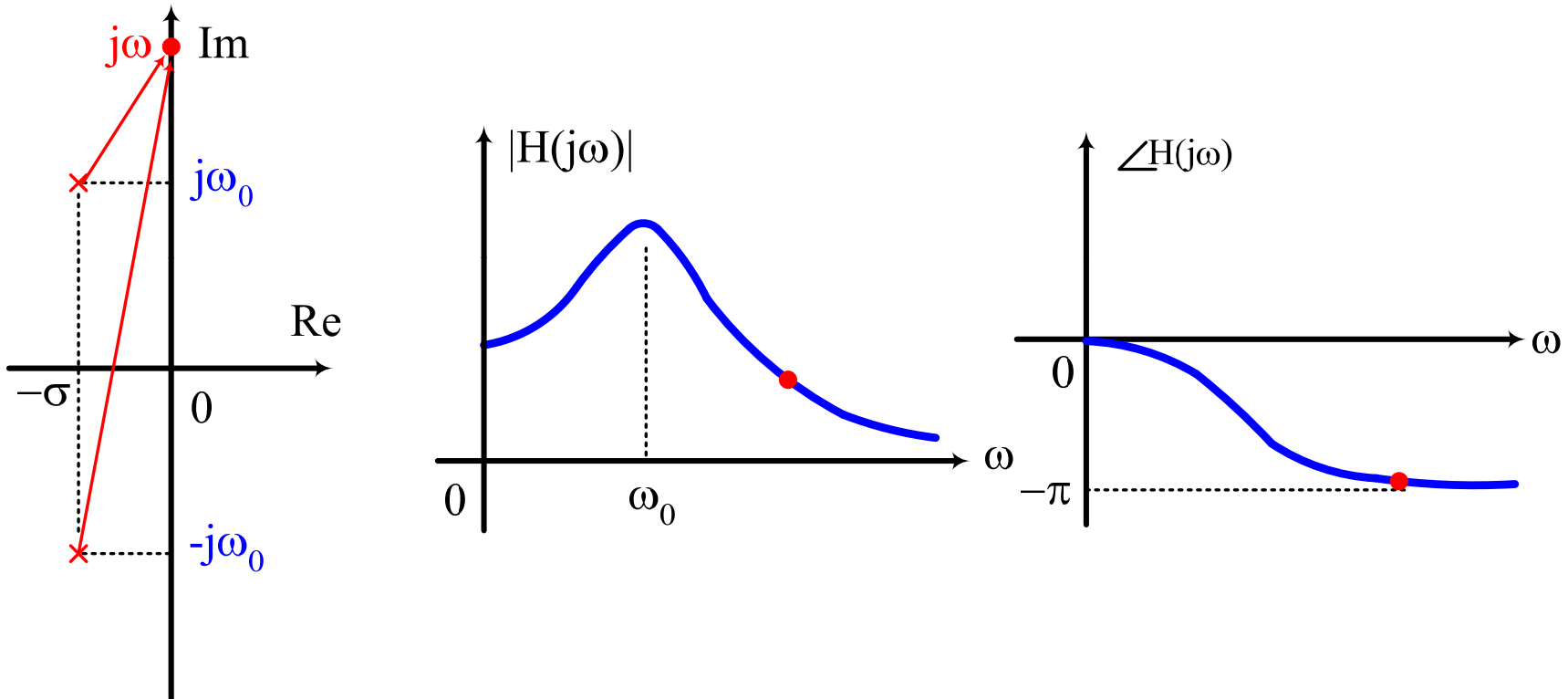
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Tăng độ lợi bằng một pole:



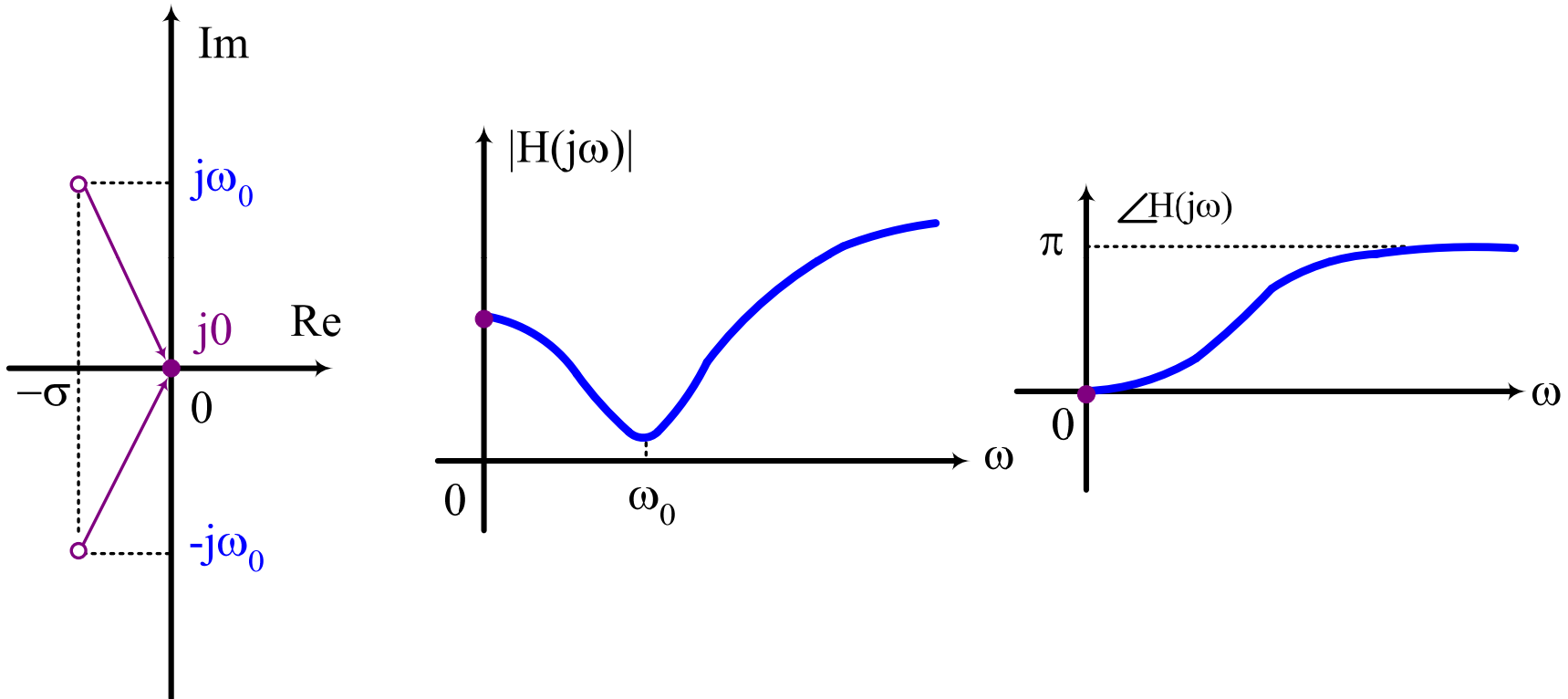
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Tăng độ lợi bằng một pole:



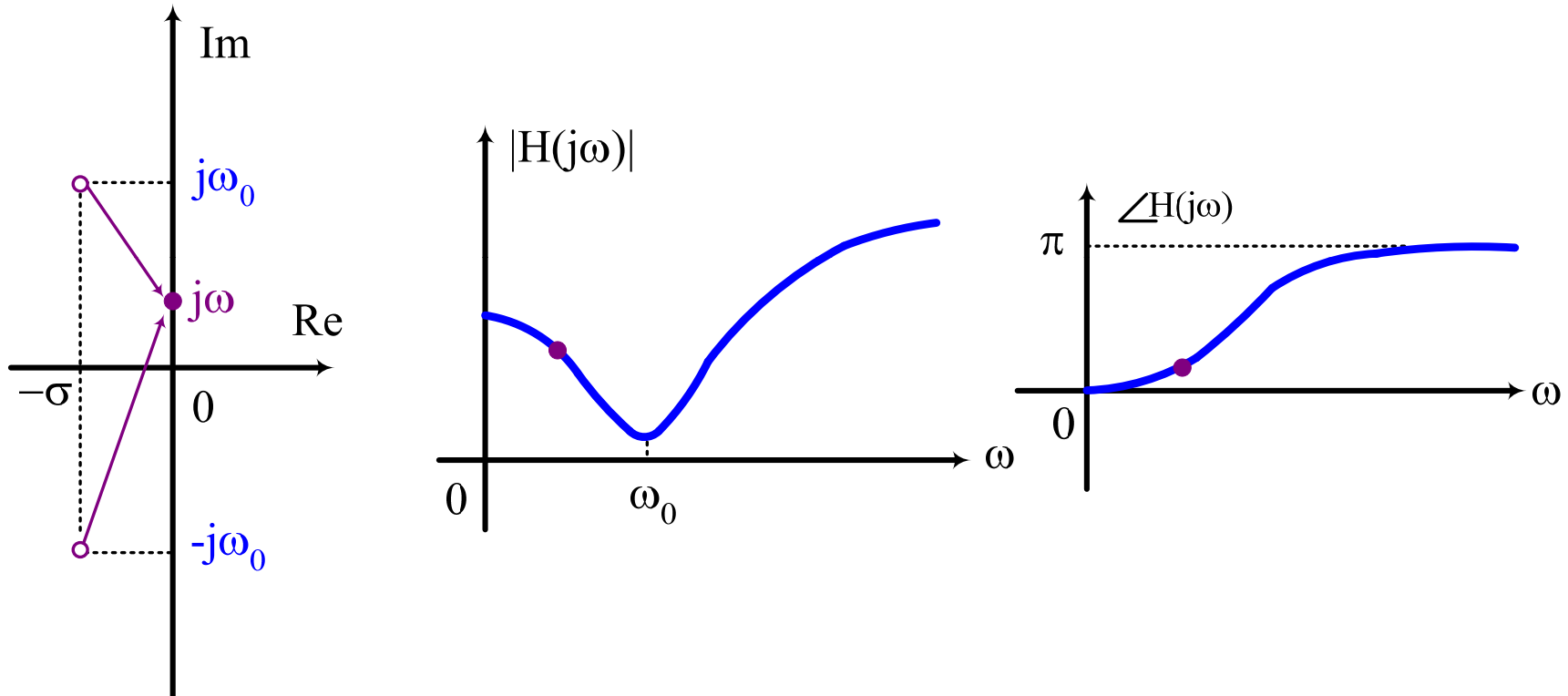
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Giảm độ lợi bằng một zero:



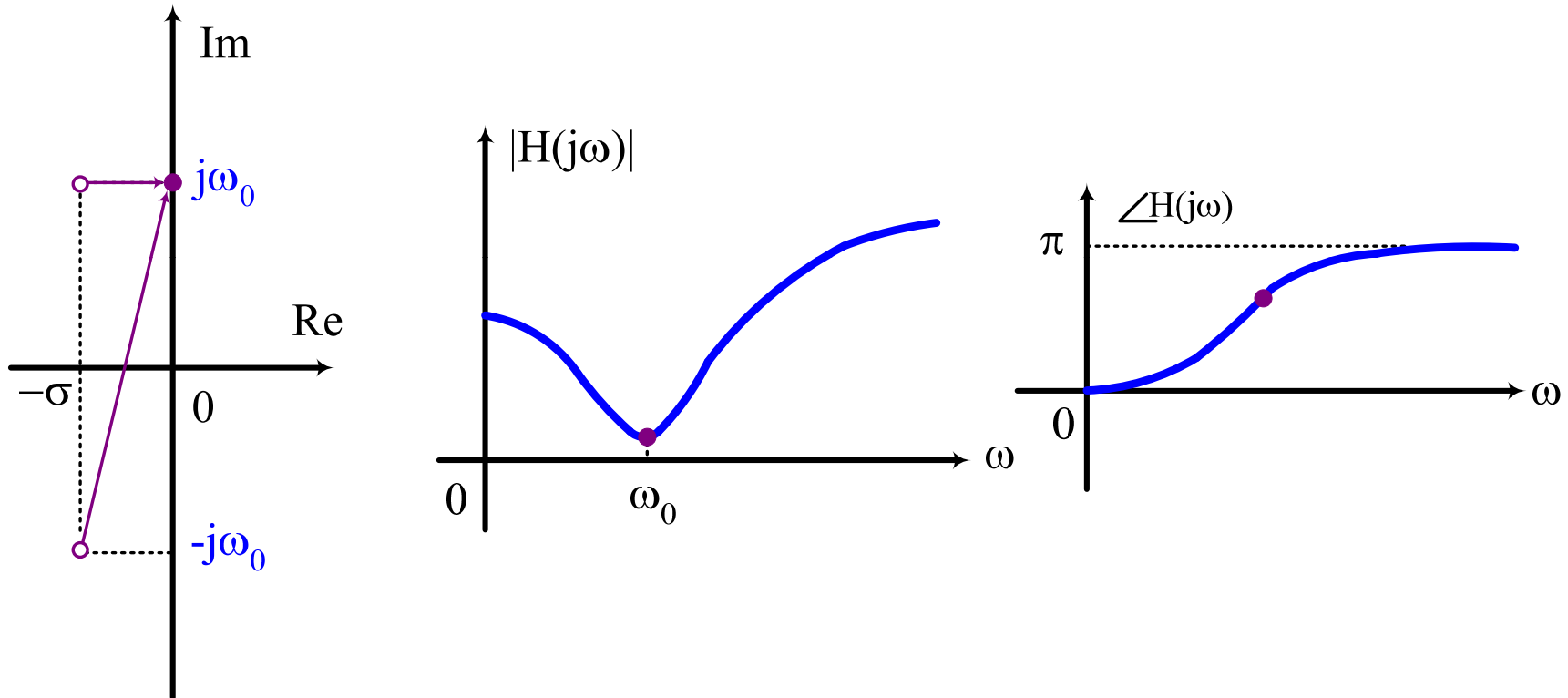
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Giảm độ lợi bằng một zero:



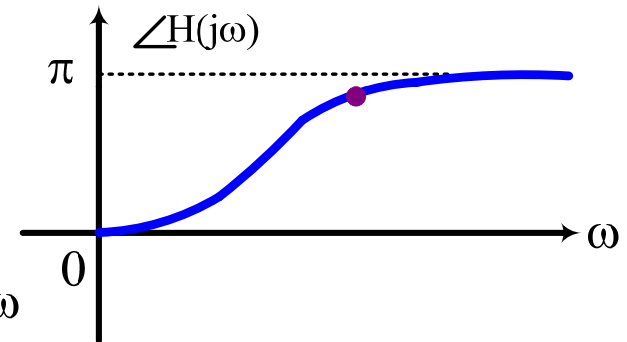
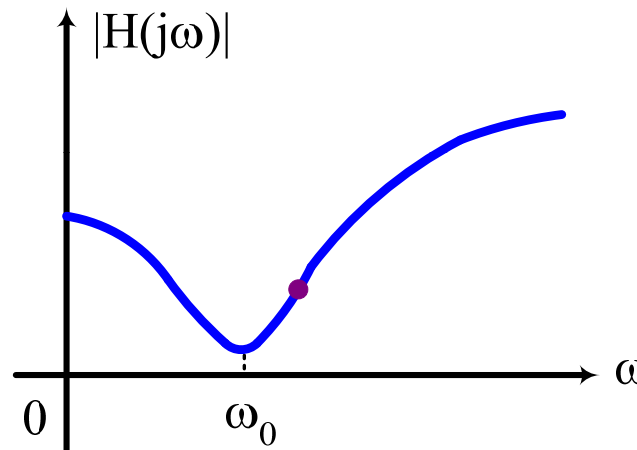
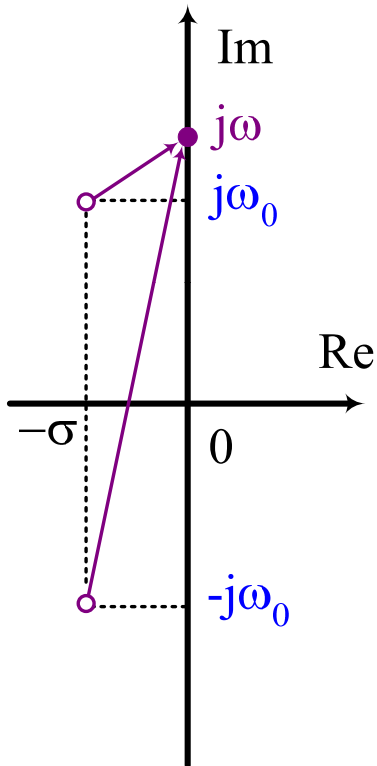
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Giảm độ lợi bằng một zero:



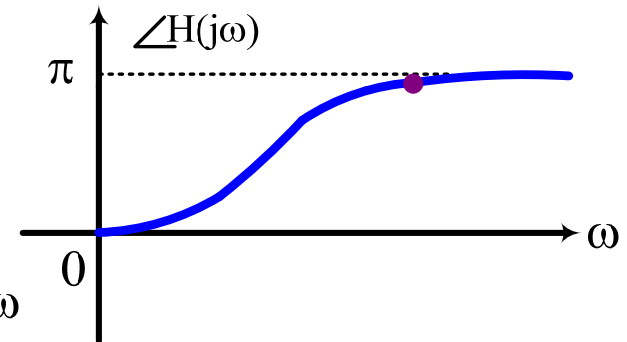
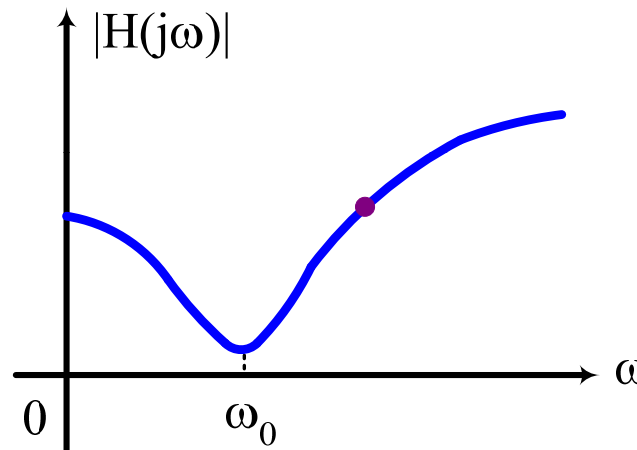
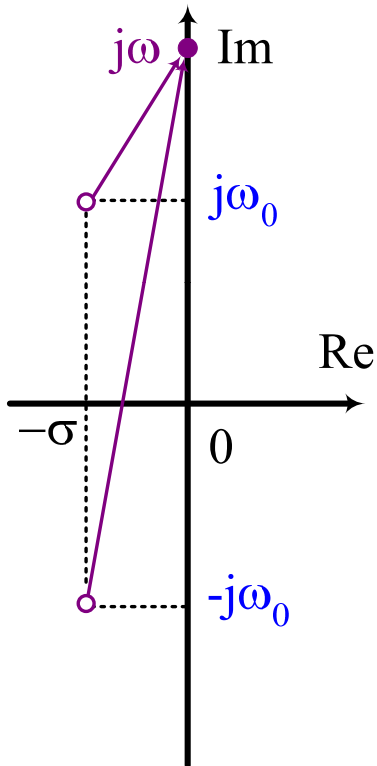
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Giảm độ lợi bằng một zero:



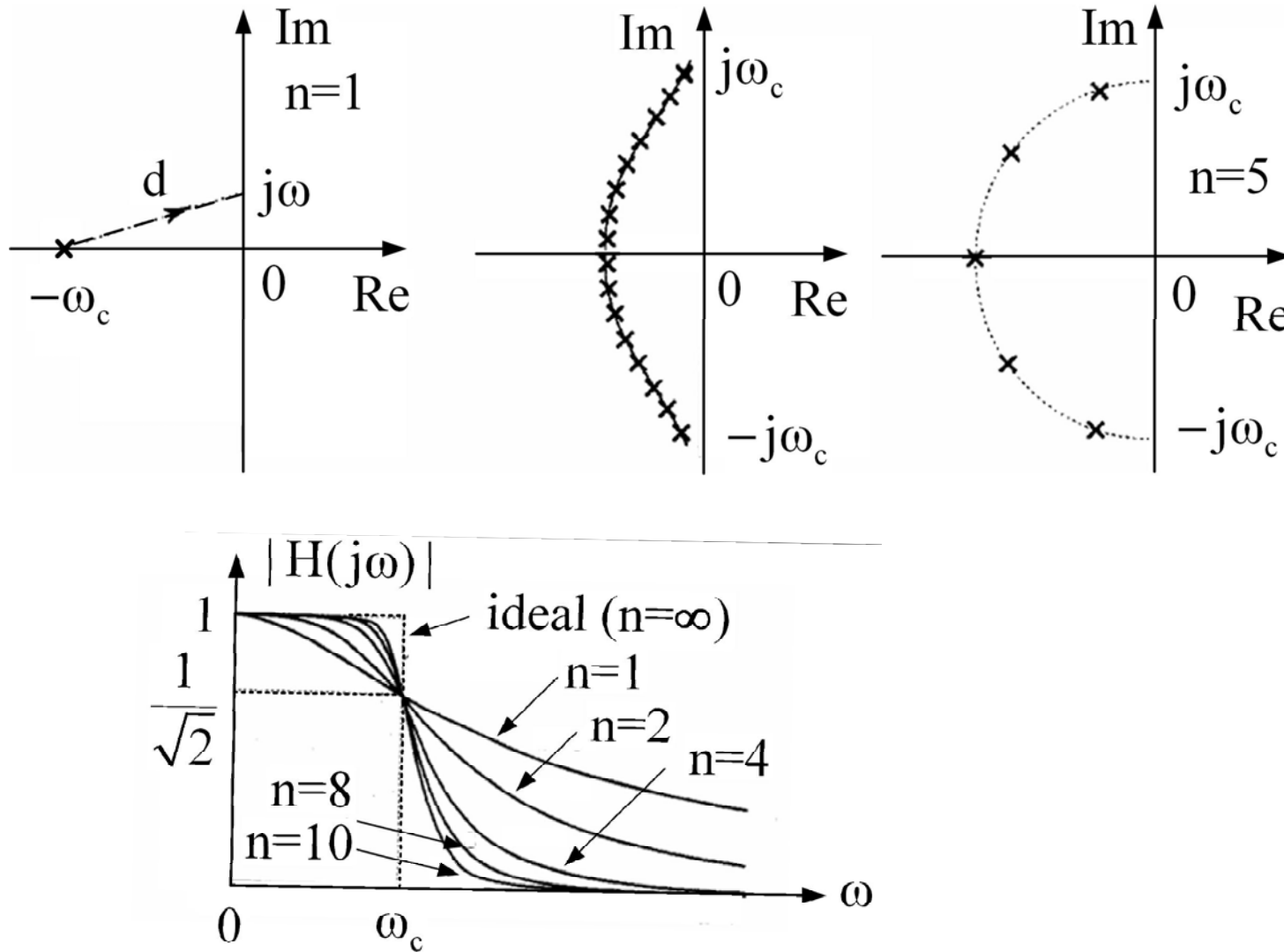
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Giảm độ lợi bằng một zero:



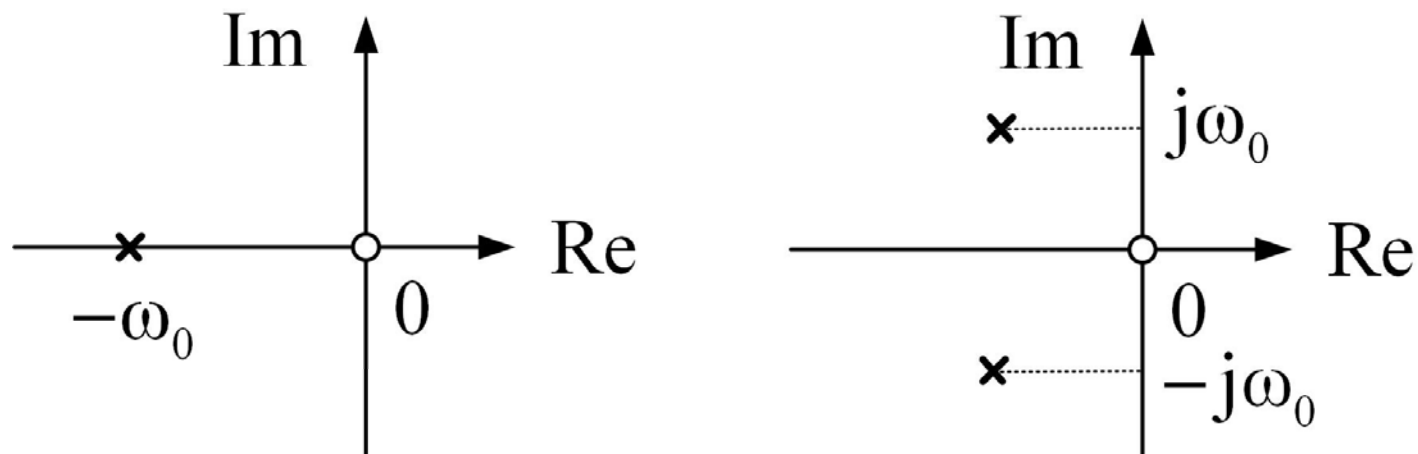
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Bộ lọc thông thấp:



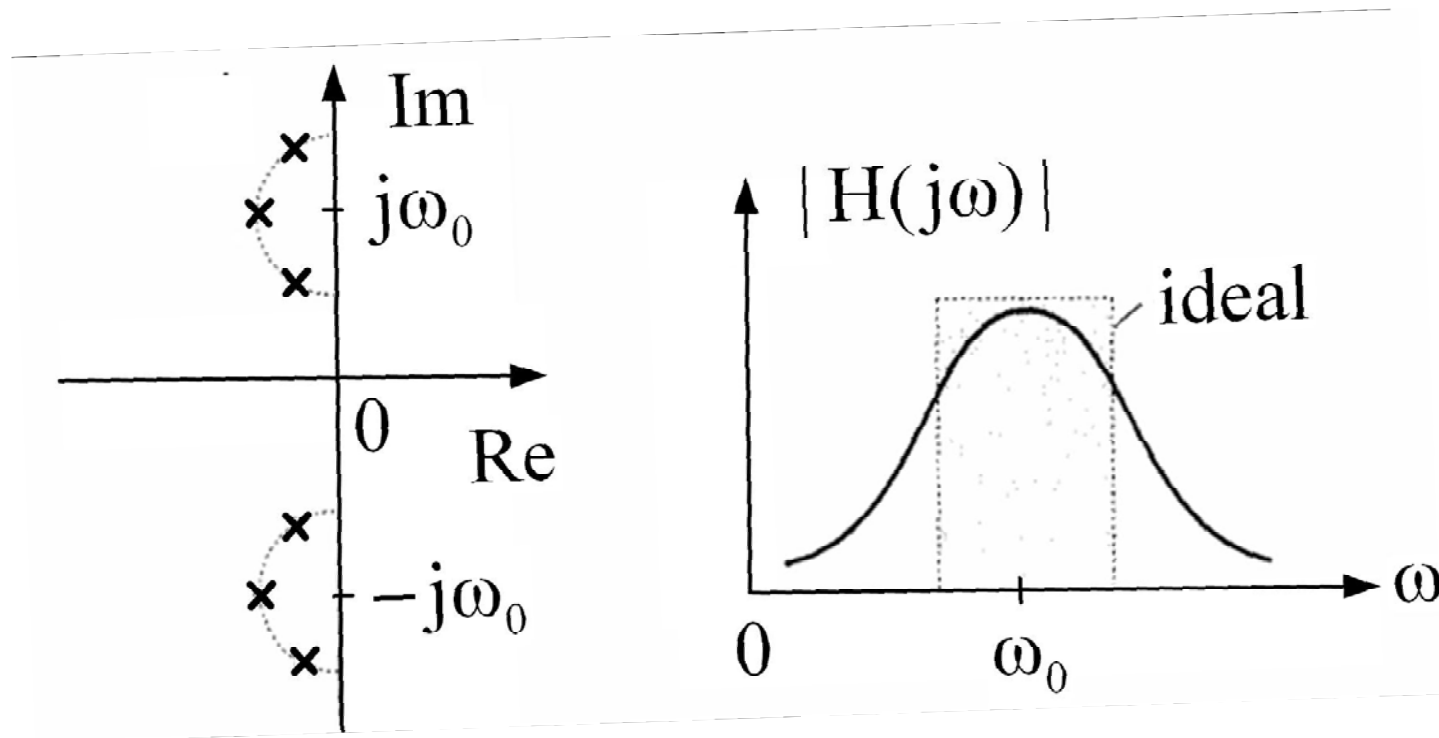
7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Bộ lọc thông cao:



7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Bộ lọc thông dải:



7.2.2. Sự phụ thuộc của đáp ứng tần số theo poles và zeros

□ Bộ lọc chấn dãi:

