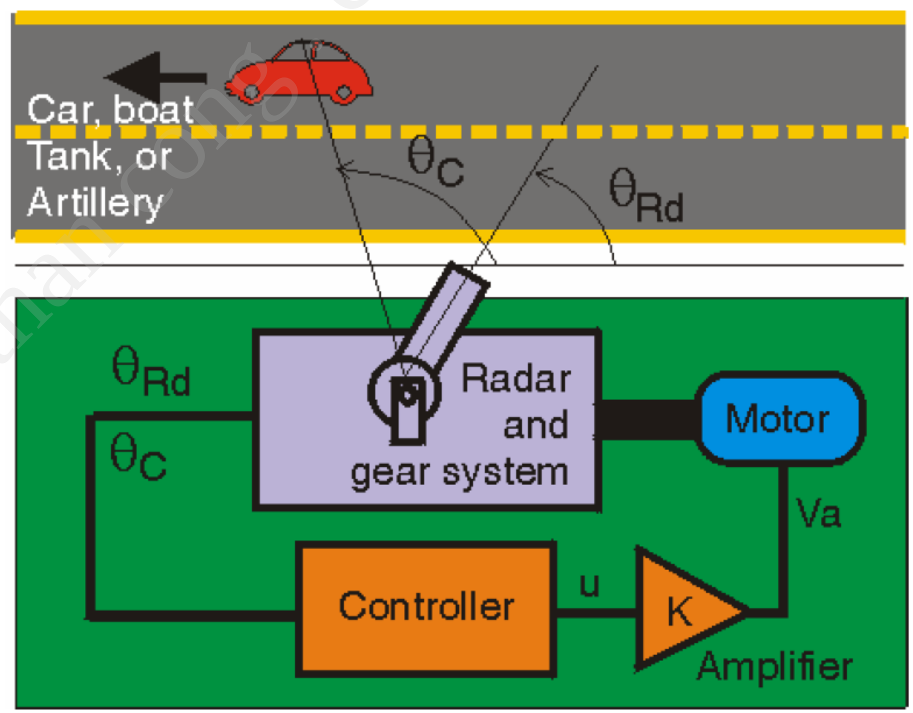
Lý thuyết Điều khiển tự động 1



Phân tích hệ thống trên miền tần số

ThS. Đỗ Tú Anh

Bộ môn Điều khiển tự động

Khoa Điện, Trường ĐHBK HN

Đáp ứng tần số

• Xét đáp ứng của một hệ thống, *G(s)* khi được kích thích bởi tín hiệu vào hình sin, *u(t)=Asin(ωt)*. Khi đó đầu ra sẽ là

$$C(s) = G(s)\cdot U(s) = G(s)\frac{A\omega}{s^2+\omega^2}$$

• Giải tìm *c(t)* bằng cách phân tích *C(s)* thành tổng các phân thức tối giản

$$C(s) = \frac{b_1}{s-j\omega} + \frac{\overline{b}_1}{s+j\omega} + \frac{k_1}{s+p_1} + \frac{k_2}{s+p_2} + \dots$$

$$\Rightarrow c(t) = b_1 e^{j\omega t} + \overline{b}_1 e^{-j\omega t} + k_1 e^{-p_1 t} + k_2 e^{-p_2 t} + \dots$$

• Giả thiết hệ ổn định, các thành phần đáp ứng cơ sở suy giảm khi *t* tiến đến vô cùng, đáp ứng của hệ thống ở chế độ xác lập sẽ là

$$c_{ss}(t) = b_1 e^{j\omega t} + \overline{b}_1 e^{-j\omega t}$$

$$b_1 = (s-j\omega)\left.\frac{A\omega G(s)}{s^2+\omega^2}\right|_{s=j\omega} = \frac{AG(j\omega)}{2j} = \frac{A|G(j\omega)|e^{j\theta}}{2j}$$

Đáp ứng tần số (tiếp)

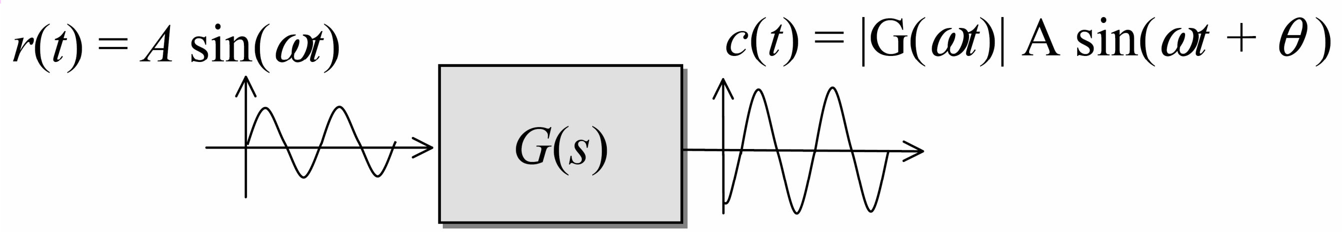
$$\overline{b_1} = (s + j\omega)\frac{A\omega G(s)}{s^2 + \omega^2}\Bigg|_{s=-j\omega} = \frac{AG(-j\omega)}{-2j} = \frac{A|G(j\omega)|e^{-j\theta}}{-2j}$$

trong đó $|G(j\omega)|$ và $\theta = \angle G(j\omega)$ là biên độ và góc pha của $G(j\omega)$

Vậy

$$c_{ss} = A|G(j\omega)|\left[\frac{e^{j\theta}e^{j\omega t}}{2j} + \frac{e^{-j\theta}e^{-j\omega t}}{-2j}\right] = A|G(j\omega)|\sin(\omega t + \theta)$$

- Nếu hệ ổn định, đầu vào là tín hiệu dao động điều hòa thì đầu ra của hệ thống ở chế độ xác lập cũng là tín hiệu dao động điều hòa
- Biên độ của tín hiệu ra bằng biên độ của tín hiệu vào nhân với $|G(j\omega)|$, với góc pha bằng góc pha của tín hiệu vào dịch đi $\theta(\omega)$
- $c_{ss}(t)$ đgl đáp ứng tần số của hệ thống, $G(j\omega)=G(s)|_{s=j\omega}$ đgl hàm đặc tính tần số



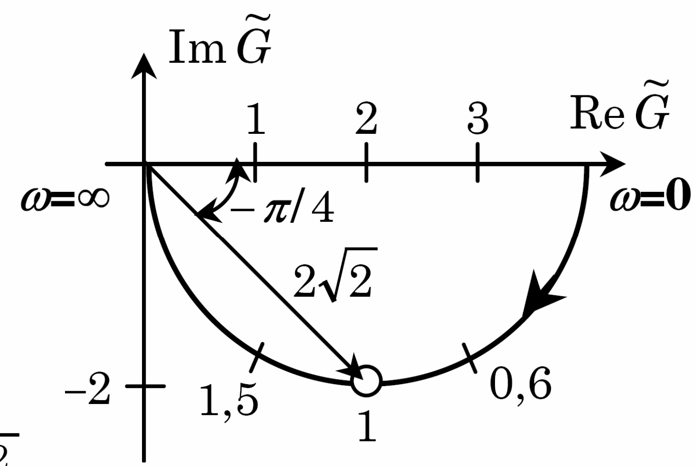
Đường đặc tính tần

Đường biểu diễn hàm $\widetilde{G}(j\omega)$ dưới dạng đồ thị theo tham số ω khi ω chạy từ 0 đến ∞ trong hệ trục tọa độ có trục tung $\mathrm{Im}\,\widetilde{G}(j\omega)$ và trục hoành $\mathrm{Re}\,\widetilde{G}(j\omega)$ được gọi là *đường đặc tính tần biên–pha*.

Ví dụ

Cho một hệ thống có hàm truyền đạt

$$G(s) = \frac{4}{1+s}$$



Hàm đặc tính tần của hệ là

$$G(j\omega) = G(s)\big|_{s=j\omega} = \frac{4}{1+j\omega} = \underbrace{\frac{4}{1+\omega^2}}_{\mathrm{Re}\,G(j\omega)} - j\underbrace{\frac{4\omega}{1+\omega^2}}_{\mathrm{Im}\,G(j\omega)}$$

Do có

$$[\mathrm{Re}\,G(j\omega) - 2]^2 + [\mathrm{Im}\,G(j\omega)]^2 = 4$$

Đường đặc tính tần (tiếp)

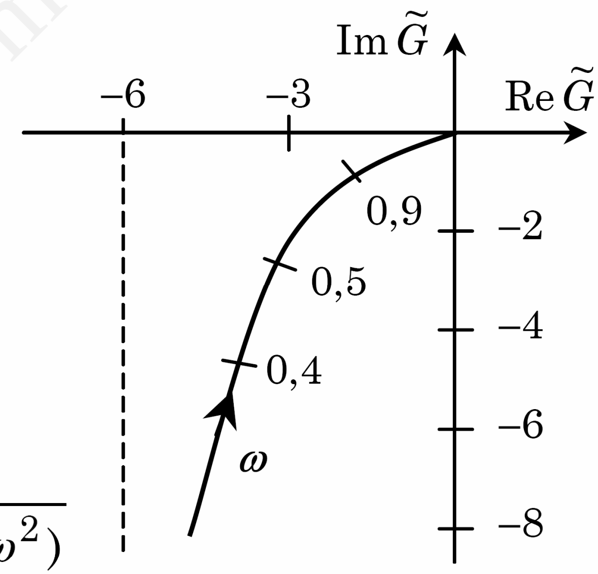
Ví dụ

Xét hệ với hàm truyền đạt

$$G(s)=\frac{3}{s(1+2s)}.$$

Hệ có hàm đặc tính tần

$$\widetilde{G}(j\omega)=G(s)\big|_{s=j\omega}=\frac{3}{j\omega(1+j\omega)}=\underbrace{-\frac{6}{1+4\omega^2}}_{\mathrm{Re}\,\widetilde{G}(j\omega)}\;-j\underbrace{\frac{3}{\omega(1+4\omega^2)}}_{\mathrm{Im}\,\widetilde{G}(j\omega)}$$



Đường đặc tính tần có một đường tiệm cận là

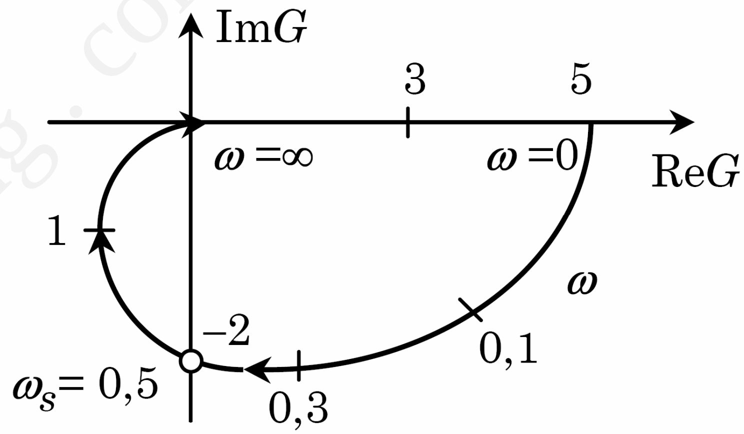
Re G = −6

Đường đặc tính tần (tiếp)

Ví dụ

Cho hệ với hàm truyền đạt

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

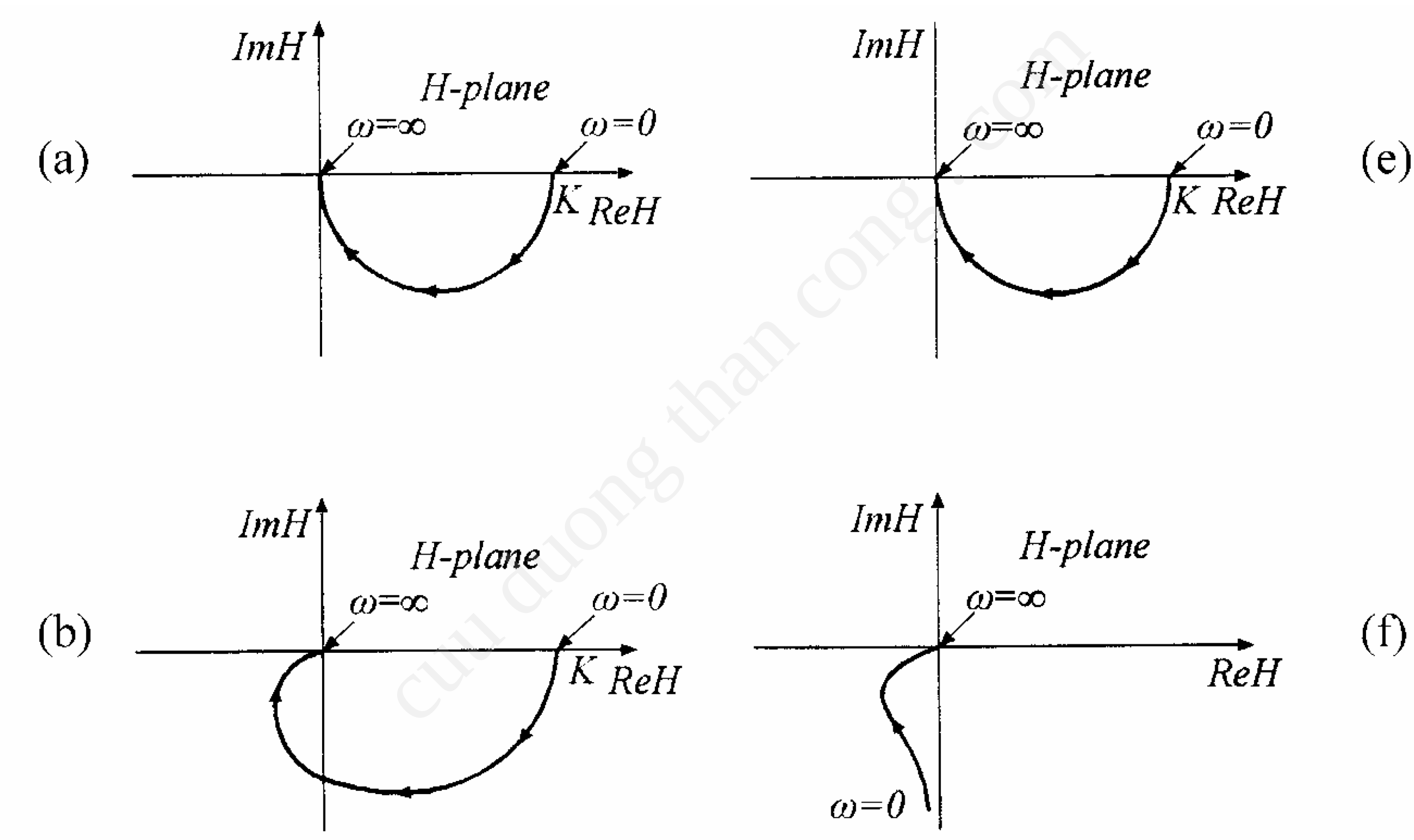


Hệ có hàm đặc tính tần

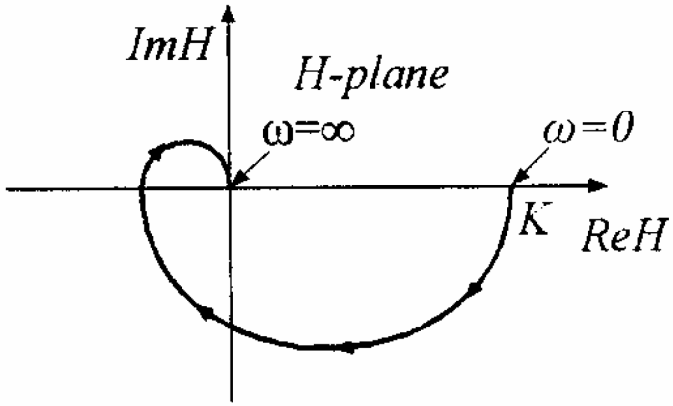
$$G(j\omega) = G(s)\big|_{s=j\omega} = \frac{5}{1+5j\omega+4(j\omega)^2}$$

$$= \frac{5-20\omega^2}{1+17\omega^2+16\omega^4} - j\,\frac{25\omega}{1+17\omega^2+16\omega^4}.$$

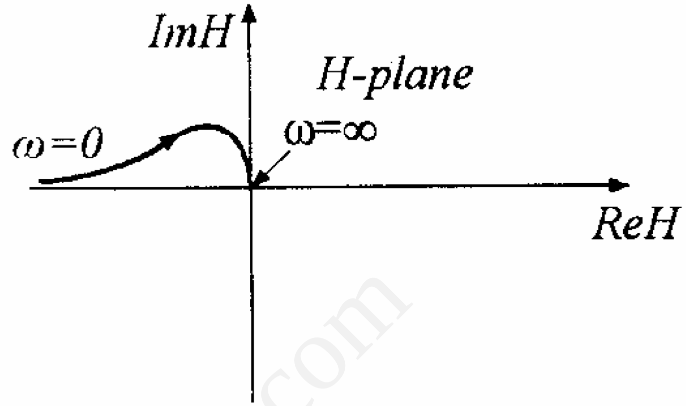
Đường đặc tính tần của một số khâu động học



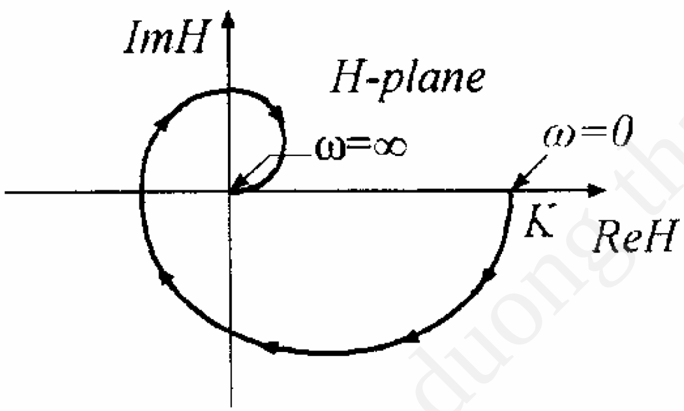
(c)



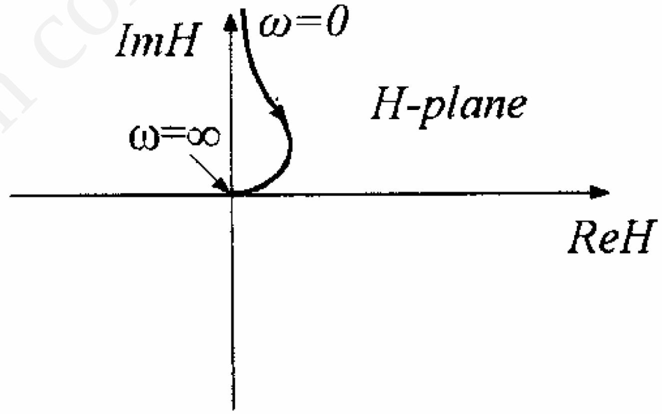
(g)



(d)



(h)



(a) $$H(s) = \frac{K}{(\mathrm{T}_1\mathrm{s}+1)}$$

(b) $$H(s) = \frac{K}{(T_2s+1)(T_1s+1)}$$

(c) $$H(s) = \frac{K}{(T_3s+1)(T_2s+1)(T_1s+1)}$$

(d) $$H(s) = \frac{K}{(T_4s+1)(T_3s+1)(T_2s+1)(T_1s+1)}$$

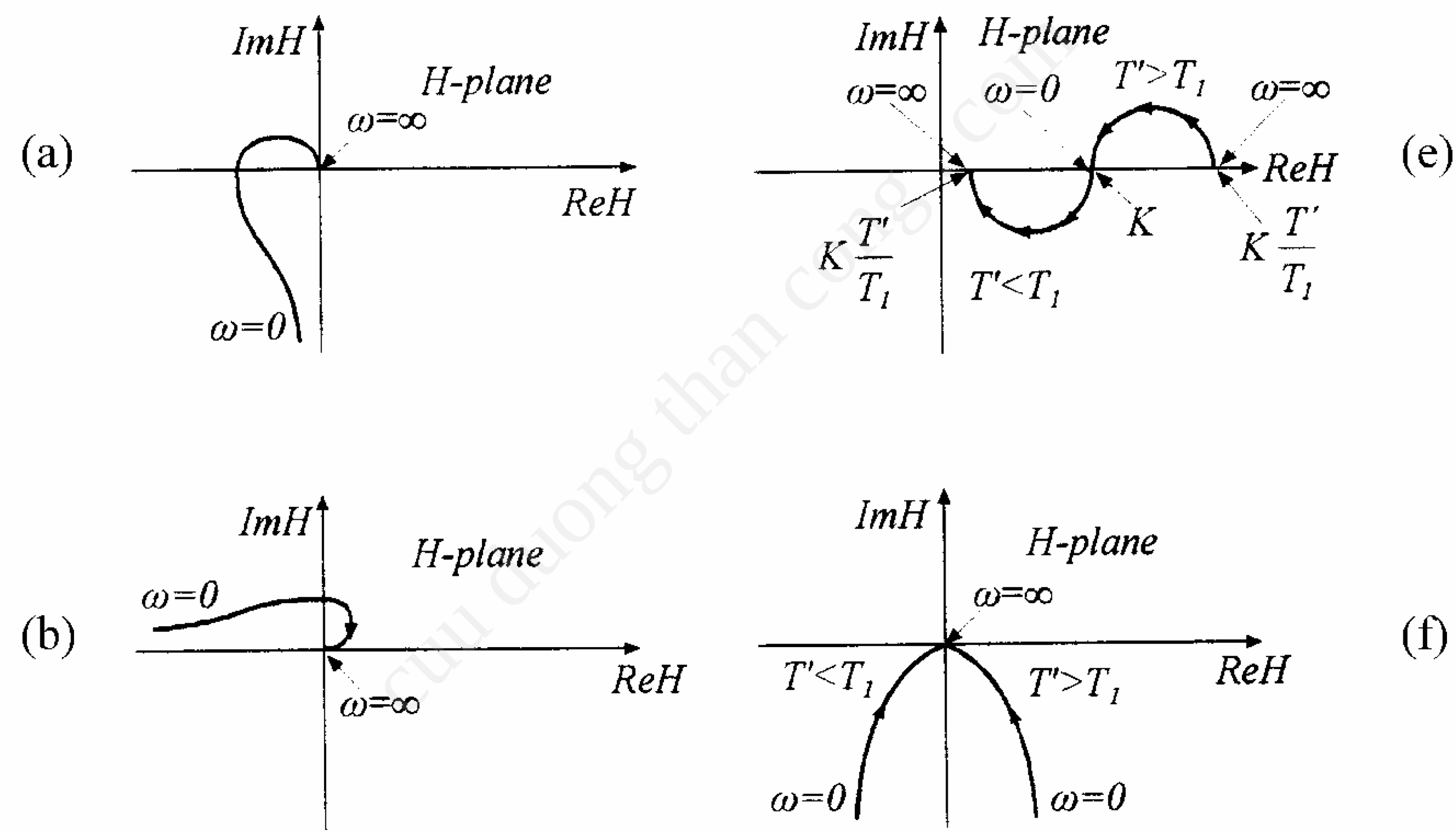
(e) $$H(s) = \frac{K}{(Ts+1)}$$

(f) $$H(s) = \frac{K}{s(Ts+1)}$$

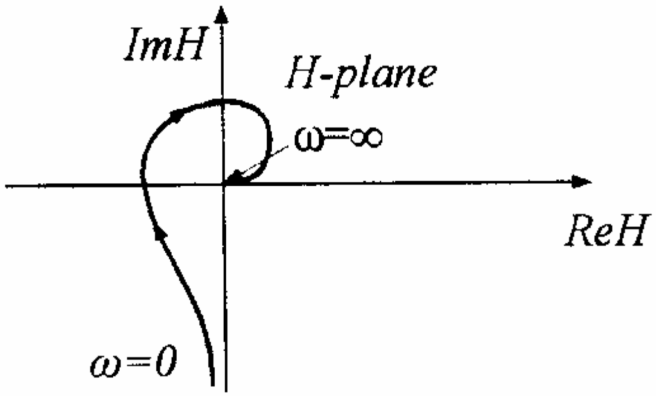
(g) $$H(s) = \frac{K}{s^2(Ts+1)}$$

(h) $$H(s) = \frac{K}{s^3(Ts+1)}$$

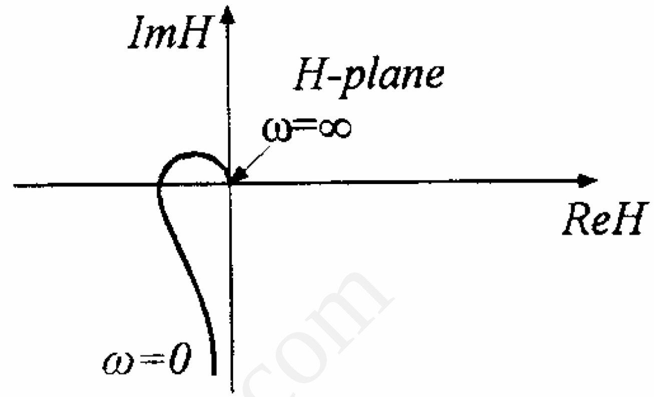
Đường đặc tính tần của một số khâu động học



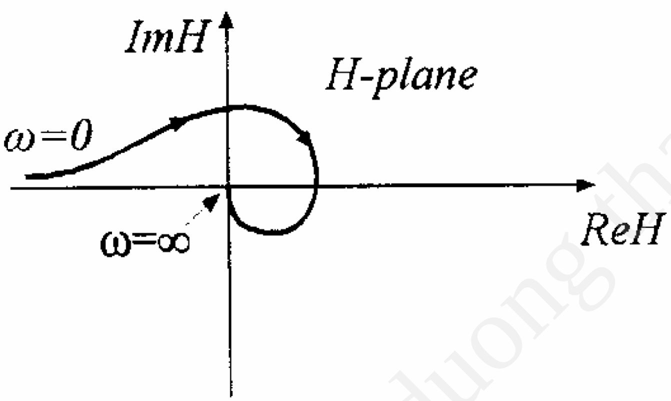
(c)



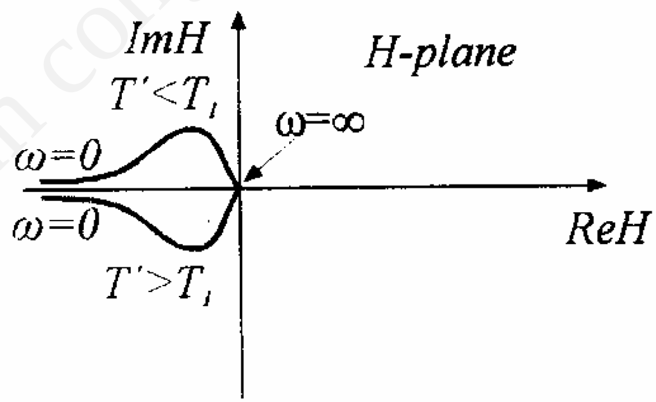
(g)



(d)



(h)



(a) $$H(s) = \frac{K}{\mathrm{s}(\mathrm{T}_2\mathrm{s}+1)(\mathrm{T}_1\mathrm{s}+1)}$$

(b) $$H(s) = \frac{K}{s^2(T_2 s+1)(T_1 s+1)}$$

(c) $$H(s) = \frac{K}{s(T_3 s+1)(T_2 s+1)(T_1 s+1)}$$

(d) $$H(s) = \frac{K}{s^2(T_3 s+1)(T_2 s+1)(T_1 s+1)}$$

(e) $$H(s) = K\frac{T' s+1}{(T_1 s+1)}$$

(f) $$H(s) = K\frac{T' s+1}{s(T_1 s+1)}$$

(g) $$H(s) = K\frac{T' s+1}{s(T_1+s)(T_2 s+1)}$$

(h) $$H(s) = K\frac{T' s+1}{s^2(T_1 s+1)}$$