

1.11)  $G(s)H(s) = \frac{10}{s^2(1+0.25s)(1+0.5s)}$ , 绘制Bode图.

解: ①  $K=10$ ,  $20\lg K = 20\lg 10 = 20$

② 转折角频率: 对  $\frac{1}{1+0.25s}$ :  $\omega = 4 \text{ rad/s}$

对  $\frac{1}{1+0.5s}$ :  $\omega = 2 \text{ rad/s}$

③ 幅频曲线  $L(\omega)$ :

$\omega \in (0, 2]$  斜率为  $-40\text{dB/dec}$  且  $L(1) = 20$

$\omega \in (2, 4]$  斜率为  $-60\text{dB/dec}$  且  $\omega_c = 2.72$

$\omega \in [4, \infty)$  斜率为  $-80\text{dB/dec}$

相频曲线  $\phi(\omega)$ :

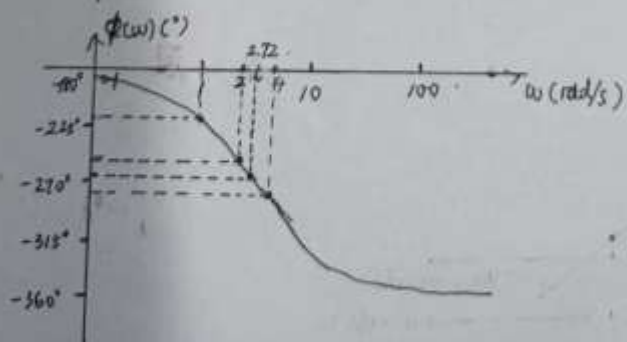
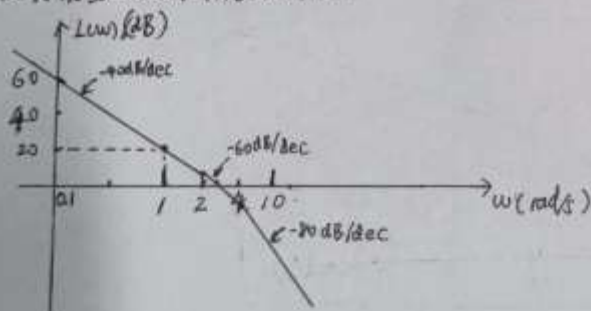
$\omega \rightarrow 0+$  时,  $\phi(\omega) \rightarrow -180^\circ$

$\omega \rightarrow +\infty$  时,  $\phi(\omega) \rightarrow -360^\circ$

$\omega = 1$  时,  $\phi(\omega) = -220^\circ$ ;  $\omega = 2$  时,  $\phi(\omega) = -251^\circ$ ;  $\omega = 4$  时,  $\phi(\omega) = -288^\circ$ ;  $\omega = \omega_c = 2.72$

④ 绘制幅频曲线和相频曲线:

$\phi(\omega) = -267.5^\circ$



1(2)  $G(s)H(s) = \frac{100(1+s)}{s(1+0.5s)(1+0.55s)(1+0.85s)}$ , 画 Bode 图

解: ①  $k=100$ ,  $20\lg k=40$

② 折角频率:  $1+s$ :  $\omega=1$

对  $\frac{1}{1+0.5s}$ :  $\omega=2$

对  $\frac{1}{1+0.55s}$ :  $\omega=2.5$

对  $\frac{1}{1+0.85s}$ :  $\omega=1.25$

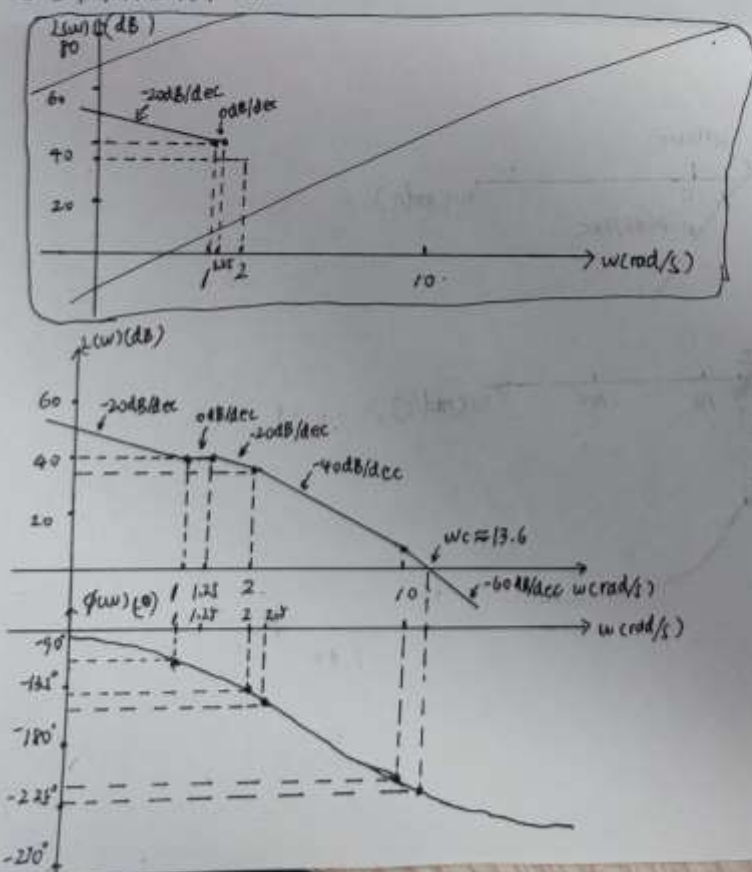
③ 幅频曲线  $L(\omega)$ :  $\omega \in (0, 1]$ ,  $-20\text{dB/dec}$ ;  $\omega \in [1, 1.25]$ ,  $0\text{dB/dec}$ ;  
 $\omega \in [1.25, 2]$ ,  $-20\text{dB/dec}$ ;  $\omega \in [2, 10]$ ,  $-40\text{dB/dec}$ ;  
 $\omega \in [10, +\infty)$ ,  $-60\text{dB/dec}$ ;  $\omega_c=13.6$

相频曲线  $\phi(\omega)$ :  $\omega \rightarrow 0+$ ,  $\phi(\omega) \rightarrow -90^\circ$ ;  $\omega \rightarrow +\infty$ ,  $\phi(\omega) \rightarrow -270^\circ$ ;

$\phi(1) = -116^\circ$ ;  $\phi(2.5) = -141^\circ$ ;  $\phi(2.57) = -151^\circ$ ;

$\phi(10) = -212^\circ$ ;  $\phi(100) = -263^\circ$ ;  $\phi(\omega_c) = -224^\circ$

④ 画幅频曲线和相频曲线:



1.3)  $G(s)H(s) = \frac{5(1-0.5s)}{s(1+0.1s)(1+0.25s)}$   $G(s)H(s) = \frac{5(1-0.5s)}{s(1+0.1s)(1-0.25s)}$

解：本题中包含两个非最小相位环节。这两个环节与对应的最小相位环节在幅频曲线上一致，但在相频曲线上略有不同。

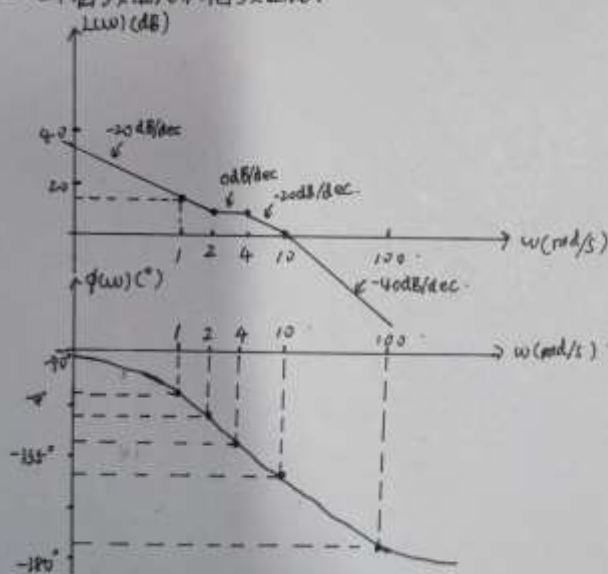
①  $20 \lg K = 13.98$

② 转折频率：对  $(1-0.5s)$ ： $\omega = 2$ ；对  $(1-0.25s)$ ： $\omega = 4$ ；对  $\frac{1}{1+0.1s}$ ： $\omega = 10$ 。

③ 幅频曲线： $L(\omega)$ ： $\omega \in (0, 2]$ ， $-20\text{dB/dec}$ ； $\omega \in (2, 4]$ ， $0\text{dB/dec}$ ； $\omega \in (4, 10]$ ， $-20\text{dB/dec}$ ； $\omega \in (10, \infty)$ ， $-40\text{dB/dec}$ 。

④ 相频曲线： $\omega \phi(1) = -108^\circ$ ； $\phi(2) = -119^\circ$ ； $\phi(4) = -130^\circ$ ； $\phi(10) = -145^\circ$ ； $\phi(100) = -178^\circ$   
 $\omega \rightarrow 0+$ ， $\phi(\omega) \rightarrow -90^\circ$ ； $\omega \rightarrow \infty$ ， $\phi(\omega) \rightarrow -180^\circ$ 。

⑤ 画幅频曲线和相频曲线：



1(d)  $G(s)H(s) = \frac{2.5(1+0.2s)}{1+2s+s^2}$

解:  $G(s)H(s)$  分母分解, 得:  $G(s)H(s) = \frac{2.5(1+0.2s)}{(s+0.455)(s^2-0.454s+2.21)}$   
 $= \frac{2.5(1+0.2s)}{(1+2.2s)(1-0.205s+0.435s^2)}$

① 转折频率: 1) 对  $\frac{1}{1+2.2s}$ :  $\omega = 0.45 \text{ rad/s}$   
 2) 对  $\frac{1}{s^2-0.454s+2.21}$ :  $\omega = 1.49 \text{ rad/s}$   
 3) 对  $1+0.2s$ :  $\omega = 5 \text{ rad/s}$

② 幅频曲线  $L(\omega)$ :

$\omega \in [0, 0.45]$ :  $0 \text{ dB/dec}$ ,  $L(0.1) = 20 \lg k = 7.96 \text{ dB}$

$\omega \in [0.45, 1.49]$ :  $-20 \text{ dB/dec}$

$\omega \in [1.49, 5]$ :  $-60 \text{ dB/dec}$

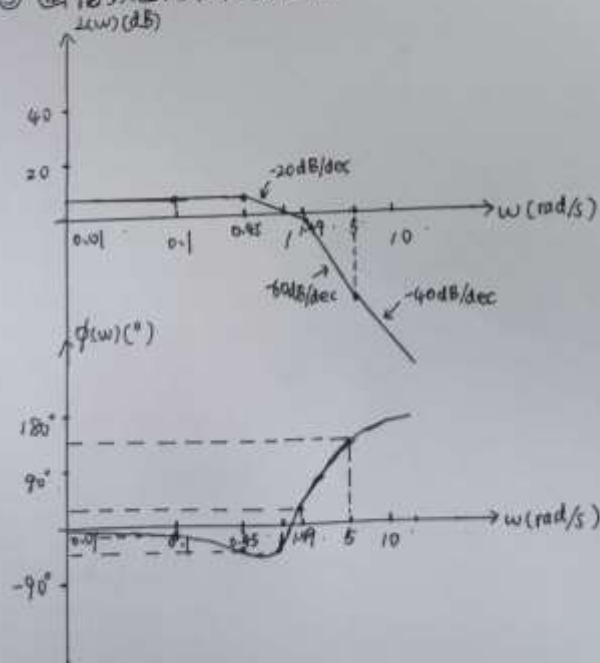
$\omega \in [5, +\infty)$ :  $-40 \text{ dB/dec}$

相频曲线  $\phi(\omega)$ :

$\omega \rightarrow 0+$ ,  $\phi(\omega) = 0^\circ$ ;  $\omega \rightarrow +\infty$ ,  $\phi(\omega) = +180^\circ$ ;

$\phi(0.1) = -9.51^\circ$ ;  $\phi(0.45) = -34.06^\circ$ ;  $\phi(1.49) = -5.35^\circ$ ;  $\phi(1.49) = 34.46^\circ$ ;  $\phi(5) = 134.55^\circ$ ;  $\phi(10) = 153.79^\circ$

③ 画幅频曲线和相频曲线:



2 系统开环增益变化时,奈氏曲线成比例地放大或缩小。

①  $(-1, j0) \in (-\infty, C)$  时,  $N_1=0$ , 故  $Z_1=N_1+P_1=0$ , 系统闭环稳定。

②  $(-1, j0) \in (C, B)$  时,  $N_1=2$ , 故  $Z_1=N_1+P_1=2$ , 系统闭环不稳定。

③  $(-1, j0) \in (A, 0)$  时,  $N_1=2$ , 故  $Z_1=N_1+P_1=2$ , 系统闭环不稳定。

④  $(-1, j0) \in (B, A)$  时,  $N_1=0$ , 故  $Z_1=N_1+P_1=0$ , 系统闭环稳定。

所以, 当  $(-1, j0)$  在  $(-\infty, C)$  和  $(B, A)$  区间时, 系统闭环稳定。

$$\frac{-j\omega}{j\omega} K_1 = -1, K_1 \neq 0$$

$$\frac{-2\omega}{j\omega} K_2 = -1, K_2 = 25$$

$$\frac{-0.05}{j\omega} K_3 = -1, K_3 = 10^4$$

所以, 当  $0 < K < 10$  或  $25 < K < 10000$  时, 系统闭环稳定。

