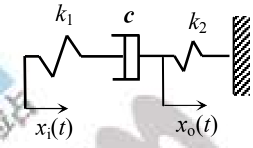
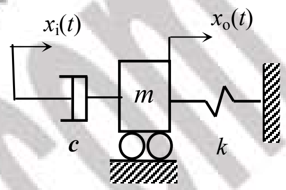
武汉科技大学

2009 年硕士研究生入学考试试题答案及评分标准

考试科目及代码： 控制原理 828

1.（本题 20 分）





解：1) $k_1(x_i-x)=c(\dot{x}-\dot{x}_o)=k_2x_o$

$$x=\frac{k_1x_i-k_2x_o}{k_1}\Rightarrow c(\frac{k_1\dot{x}_i-k_2\dot{x}_o}{k_1}-\dot{x}_o)=k_2x_o$$ （6 分）

$$c(k_1+k_2)\dot{x}_o+k_1k_2x_o=ck_1\dot{x}_i$$

2) $c(\dot{x}_i-\dot{x}_o)-kx_o=m\ddot{x}_o$ （6 分）

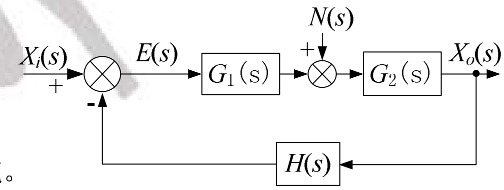
$$m\ddot{x}_o+c\dot{x}_o+kx_o=c\dot{x}_i$$

3）系统 2 可能产生振荡，其传递函数为

$$\frac{X_o(s)}{X_i(s)}=\frac{cs}{ms^2+cs+k}=\frac{cs/m}{s^2+\frac{c}{m}s+\frac{k}{m}}$$ （8 分）

$$\therefore \omega_n=\sqrt{\frac{k}{m}},0<\xi=\frac{c}{2\sqrt{mk}}<1,\omega_d=\omega_n\sqrt{1-\xi^2}$$

2.（本题 25 分）



解：1) $\dfrac{E_i(s)}{X_i(s)}=\dfrac{1}{1+G_1(s)G_2(s)H(s)}$ （9 分）

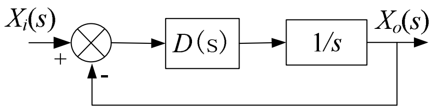
2) $\dfrac{E_N(s)}{N(s)}=\dfrac{-G_2(s)H(s)}{1+G_1(s)G_2(s)H(s)}$ （9 分）

3)设 $G_1(s)=G_{10}(s)/s$，其中 $G_{10}(s)$为 0 型系统。

$$\because E_1(s)=\frac{1}{1+G_1(s)G_2(s)}X_i(s)-\frac{G_2(s)}{1+G_1(s)G_2(s)}N(s)$$ （7 分）

$$\therefore e_{ss}=\lim_{s\to0}sE_1(s)=\lim_{s\to0}\left(\frac{s}{s+G_{10}(s)G_2(s)}-\frac{sG_2(s)}{s+G_{10}(s)G_2(s)}\right)=0$$

3.（本题 20 分）



解：系统开环传递函数（5 分）

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

由系统稳态误差求 K（7 分）

$$e_{ss}=\lim_{s\to0}s\cdot\frac{1}{1+G_k(s)}\cdot\frac{1}{s^3}=\lim_{s\to0}\frac{1}{s^2+K(Ts+1)}=\frac{1}{K}=0.1\Rightarrow K=10$$

由相位裕度求 T（8 分）

$$\Theta\ \varphi(\omega)=-180^0+\arctan T\omega,\left|G_k(j\omega_c)\right|=\frac{10\sqrt{1+(T\omega_c)^2}}{\omega_c^2}=1$$

$$\therefore \arctan T\omega_c=45^0\rightarrow T\omega_c=1\rightarrow \omega_c=\sqrt{10\sqrt{2}}\ (s^{-1})\Rightarrow\quad T=1\Big/\sqrt{10\sqrt{2}}=0.266\quad(s)$$

4.（本题 10 分）

解：（1）系统开环传递函数（6 分）

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

$$=\frac{0.5s+1}{(\frac{1}{3}s+1)(0.5s^2+s+1)}$$

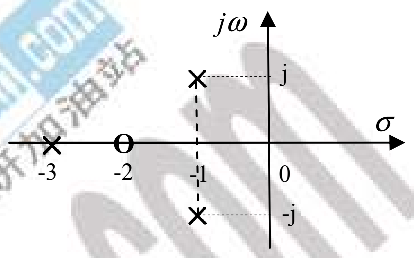


图 5

（2）闭环传递函数（4 分）

$$G_B(s)=\frac{G(s)}{1+G(s)}=\frac{0.5s+1}{\frac{0.5}{3}s^3+\frac{2.5}{3}s^2+\frac{4}{3}s+1}=\frac{3s+6}{s^3+5s^2+8s+6}$$

5.（本题 20 分）

解：（1）动柔度 $H(\mathrm{j}\omega)=\dfrac{2}{1+\mathrm{j}\omega}$ (mm/kg)（4 分）

动刚度 $G(\mathrm{j}\omega)=\dfrac{1+\mathrm{j}\omega}{2}$（kg/mm）（4 分）

静刚度 K =1/2（kg/mm）（4 分）

（2） $x_{os}(t)=\dfrac{2}{\sqrt{1+\omega^2}}\sin(\omega t-\arctan\omega)$（8 分）

6.（本题 20 分）

解：（1）（10 分）

$$D(s)=0\Rightarrow 1+G_k(s)=s^4+20s^3+100s^2+ks+k=0$$

s^4	1	100	k
s^3	20	k	0
s^2	$\frac{2000-k}{20}$	k	0
s^1	$\frac{1600k-k^2}{2000-k}$	0	0
s^0	k		

$\Rightarrow$ $k<2000$

$k(1600-k)>0\Rightarrow 0<k<1600$

$\therefore 0<k<1600$ 时系统稳定

(2) (10 分)

$$\Theta \quad E(s)=\frac{1}{1+G_k(s)}\cdot R(s)=\frac{s^2(s+10)^2}{s^2(s+10)^2+K(s+1)}\cdot\frac{1}{s^3}$$

$$\therefore \quad e_{ss}=\lim_{s\to 0} sE(s)=\frac{100}{K}$$

$$\therefore \quad e_{ss}\ge\frac{100}{1600}=0.0625$$

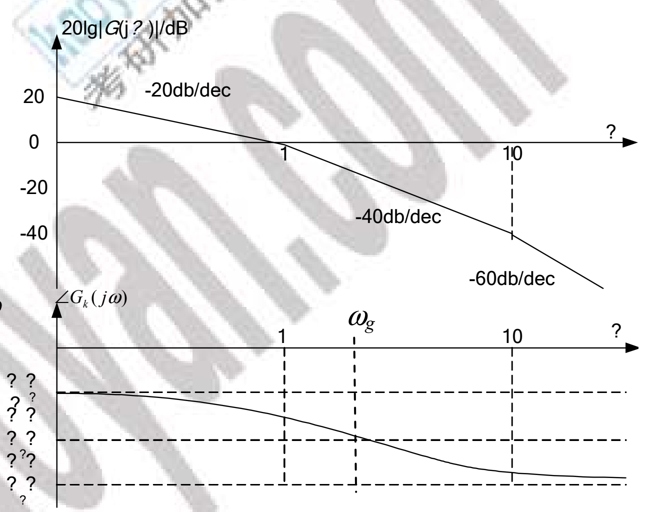
7. (本题 20 分)

解：（1）作 Bode 图(10 分)

频率特性 $G_k(\mathrm{j}\omega)=\dfrac{10}{\mathrm{j}\omega(\mathrm{j}\omega+1)(\mathrm{j}\omega+10)}$

幅频特性 $|G_k(\mathrm{j}\omega)|=\dfrac{10}{\omega\sqrt{(\omega^2+1)(\omega^2+100)}}$

相频特性 $\angle G_k(\mathrm{j}\omega)=-90^0-\arctan\omega-\arctan 0.1\omega$



（2）计算幅值裕度，判断稳定性(10 分)

$\Theta\ \angle G_k(j\omega)=-90-\arctan\omega-\arctan 0.1\omega$

由 $\angle G_k(j\omega_g)=-180^0$

$$\therefore \quad \arctan\omega_g+\arctan 0.1\omega_g=90^0$$

$$\frac{\omega_g+0.1\omega_g}{1-0.1\omega_g^2}=\infty\to\omega_g=\sqrt{10}s^{-1}$$

又

$$|G_k(j\omega_g)|_{\omega_g=\sqrt{10}}=\frac{10}{\sqrt{10}\sqrt{(1+10)(10+100)}}=\frac{1}{11}<1$$

$\therefore Kg=-20\lg|G_k(j\omega_g)|_{\omega_g=\sqrt{10}}=20\lg 11=20.83>0\text{dB}$ 系统闭环稳定

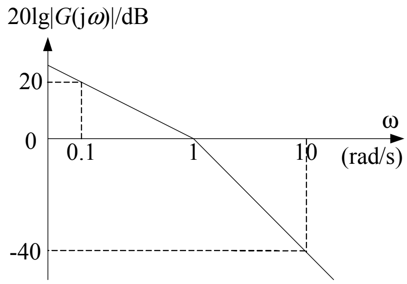
(对于最小相位系统，只要幅值裕度大于 0 即可判断该系统是稳定的。)

（用牢斯判据或用 $\omega_c<\omega_g$ 进行判断也可）

8.（本题 15 分）

解：（1）求开环传递函数(8 分)

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



（2）画 Nyquist 图（7 分）

$$|G(j\omega)| = \frac{1}{\omega\sqrt{1+\omega^2}}$$

$$\angle G(j\omega) = -90^0 - \arctan\omega$$