自动控制原理答案十九

一、　解　系统的开环传递函数为

$$G(z)=Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\cdot\frac{10(1+0.5s)}{s^2}\right]=(1-z^{-1})Z\left[\frac{10(1+0.5s)}{s^3}\right]=$$

$$10(1-z^{-1})\left[\frac{5T^2(z+1)}{(z-1)^3}+\frac{5Tz}{(z-1)^3}\right]$$

……………………………………………………… 5 分

把 $T=0.2$ 代入得

$$G(z)=\frac{1.2z-0.8}{(z-1)^2}$$

可以求出：位置误差系数

$$K_p=\lim_{z\to 1}[1+G(z)]=\lim_{z\to 1}\left[1+\frac{1.2z-0.8}{(z-1)^2}\right]=\infty$$

速度误差系数

$$K_v=\lim_{z\to 1}(z-1)G(z)=\lim_{z\to 1}(z-1)\frac{1.2z-0.8}{(z-1)^2}=\infty$$

加速度误差系数

$$K_a=\lim_{z\to 1}(z-1)^2G(z)=\lim_{z\to 1}(z-1)^2\frac{1.2z-0.8}{(z-1)^2}=0.4$$

……………………………………………………… 10 分

二、　见下表

组别	系统 \ 比较项目	振荡频率（高、低）	阻尼系数（大、中、小）	衰减速度（快、慢）
I	1	低	中	慢
	2	高	小	慢
II	1	低	中	慢
	3	高	中	快
III	1	低	中	慢
	4	低	大	快

……………………………………………… 15 分

三、

解　$$G(j\omega)=\frac{E}{(j\omega)^2+Aj\omega+B}=\frac{E}{-\omega^2+jA\omega+B}=\frac{E}{(B-\omega^2)+jA\omega}=$$

$$\frac{E(B-\omega^2)}{(B-\omega^2)^2+(A\omega)^2}-j\frac{AE\omega}{(B-\omega^2)^2+(A\omega)^2}=X(\omega)+jY(\omega)$$

……………………………………………………… 3 分

(1) 首先取 $\omega=0$，则

$$X(\omega)=X(0)=\frac{EB}{B^2}=\frac{E}{B}$$

$$Y(\omega)=Y(0)=0$$

(2) 与虚轴交点，这时 $X(\omega)=0$，即

$$X(\omega)=\frac{E(B-\omega^2)}{(B-\omega^2)^2+A^2\omega^2}=0$$

$$\omega^2=B \qquad \omega=\sqrt{B}$$

这时与虚轴相交

$$Y(\sqrt{B})=-\frac{AE\sqrt{B}}{[B-(\sqrt{B})^2]^2+A^2(\sqrt{B})^2}=-\frac{AE\sqrt{B}}{A^2B}=-\frac{E}{A\sqrt{B}}$$

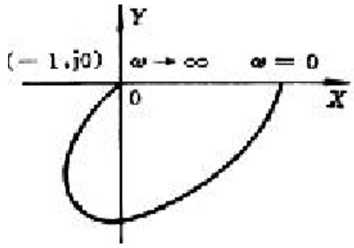
(3) 当 $\omega\to\infty$ 时，

$$\lim_{\omega\to\infty}X(\omega)=\lim_{\omega\to\infty}\frac{E(B-\omega^2)}{(B-\omega^2)^2+A^2\omega^2}=0$$

$$\lim_{\omega\to\infty}Y(\omega)=\lim_{\omega\to\infty}\frac{AE\omega}{(B-\omega^2)^2+A^2\omega^2}=0$$

…………………………………………………………… **5** 分

根据以上分析,作出大致图形



……………………………………………………………. **5** 分

由于曲线不包围**(-1,0)**点,故系统稳定. ……………………………………………………… **2** 分

四

解 系统为 I 型系统，若要求在单位斜坡输入下稳态误差小于 0.05，则 $K\geqslant 20$，取 $K=20$. ……………………………………………………………….. 3 分

$$G(s)=\frac{20e^{-0.01s}}{s(0.5s+1)(0.2s+1)}$$

$$L(\omega)=\begin{cases}20\lg\frac{20}{\omega} & \omega<2\\ 20\lg\frac{40}{\omega^2} & 2\leqslant\omega<5\\ 20\lg\frac{200}{\omega^3} & \omega\geqslant 5\end{cases}$$

$$\omega_c=5.85$$

$$\varphi(\omega)=-0.573\,\omega-90^\circ-\mathrm{arctg}(0.5\omega)-\mathrm{arctg}(0.2\omega)$$

$$\varphi(\omega_c)=-213.94^\circ$$

$$\gamma=180^\circ+\varphi(\omega_c)=-33.94^\circ$$

系统不稳定.先采用滞后-超前网络进行校正 ……………………………. **5** 分

设

$$G_c(s)=\frac{(1+T_1s)(1+T_2s)}{(1+aT_1s)(1+T_2s/a)} \qquad (a>1)$$

$$\begin{cases}\varphi_1(\omega_c)+\varphi_m+\varphi_2(\omega_c)+180^\circ \geqslant \gamma^* \\ a=\dfrac{1+\sin\varphi_m}{1-\sin\varphi_m} \\ |G(j\omega_c)|\dfrac{T_2\omega_c}{a}=|G(j\omega_c)|\dfrac{1}{\sqrt{a}}=1 \\ T_2=\sqrt{a}/\omega_c \\ \varphi_1(\omega_c)=\mathrm{arctg}(\omega_cT_1)-\mathrm{arctg}(a\omega_cT_1)\end{cases}$$

可解得 $\varphi_m=55^\circ \quad a=10 \quad \omega_c=3.16 \quad T_1=6.3 \quad T_2=0.63$

……………………………………………… **7 分**

经验算可知 $\gamma_{GG_c}(\omega_c)=47.4^\circ>45^\circ$

满足了指标要求.故

$$G_c=\frac{(0.63s+1)(6.3s+1)}{(0.063s+1)(63s+1)}$$

……………………………………………… **5 分**

五 、 解 由图可得

$$\ddot{c}=\begin{cases}M & c+\beta\dot{c}<0 \\ -M & c+\beta\dot{c}>0\end{cases}$$

因此 $c+\beta\dot{c}=0$ 为开关线 ……………………………………………… **3 分**

分别求解 $\ddot{c}=\pm M$ 可得

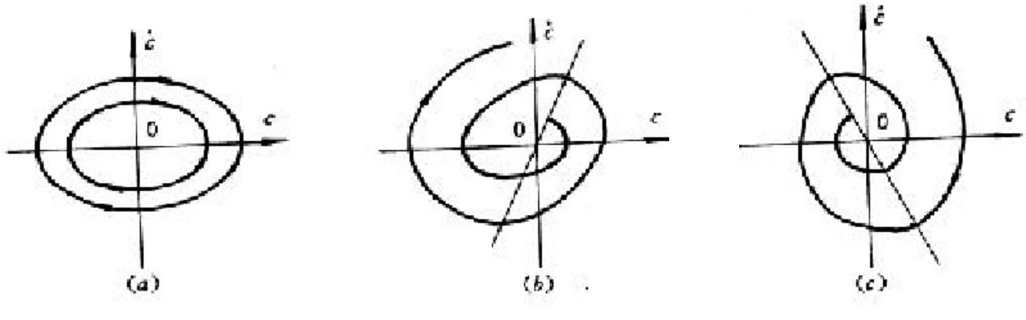
$$\begin{cases}\dot{c}^2=2Mc+A_1 \\ \dot{c}^2=-2Mc+A_2\end{cases}$$

(1) 当 β =**0** 时,开关线为 $\dot{c}$ 轴,相轨迹如图**(a)**所示,奇点在坐标原点.为中心点

(2) 当 β <**0** 时,开关线沿原点向右旋转,相轨迹如图**(b)**所示奇点在坐标原点,为不稳定焦点

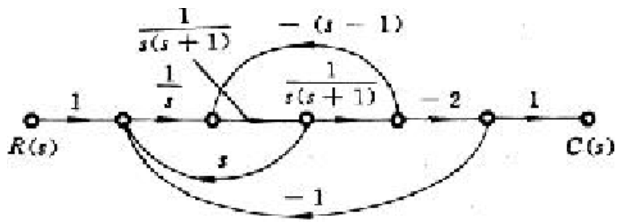
(3) 当 β >**0** 时,开关线沿原点向左旋转,相轨迹如图**(c)**所示奇点在坐标原点,为稳定焦点

……………………………………………… **3 分**



……………………………………………… **9 分**

六、　解 **(1)**画出信号流图



………………………………………………… **5** 分

(2)　用梅逊公式求闭环传递函数$\phi(s)$：

$$\Phi(s)=\frac{\dfrac{-2}{s^3(s+1)^2}}{1-\dfrac{1}{s(s+1)}+\dfrac{s-1}{s^2(s+1)^2}-\dfrac{2}{s^3(s+1)^2}}=\frac{-2}{s^5+2s^4-s-2}$$

………………………………………………… **5** 分

(3) 系统特征多项式为 $D(s)=s^5+2s^4-s-2$，列劳斯表：

s^5	1	0	-1	
s^4	2	0	-2	
s^3	(0) 8	(0) 0		对辅助方程 $2s^4-2=0$ 求导得 $8s^3=0$
s^2	(0) δ	-2		改第一列元素"0"为"δ"继续计算
s^1	$\frac{16}{\delta}$	0		
s^0	-2			

劳斯表第一列元素变号一次，说明系统有一个正根。解辅助方程得

$$s^4-1=(s+1)(s-1)(s+j)(s-j)$$

$$D(s)=s^5+2s^4-s-2=(s+2)(s+1)(s-1)(s+j)(s-j)$$

………………………………………………… **6** 分

可见，系统在右半 s 平面有 1 个根，在虚轴上有 2 个根，左半 s 平面有 2 个根。

………………………………………………… **4** 分