南 京 航 空 航 天 大 学

二〇二三 ～ 二〇二四 学年 第1学期

课程名称：**《自动控制原理》参考答案及评分标准**

命题教师：陈复扬 试卷类型： 试卷代号：

一、（16分）

$$\frac{E(s)}{R(s)}=\frac{1+G_2(s)H_2(s)-G_3(s)G_2(s)H_3(s)}{1+G_1(s)H_1(s)+G_2(s)H_2(s)+G_1(s)G_2(s)H_3(s)+G_1(s)H_1(s)G_2(s)H_2(s)}$$

$$C(s)=\frac{[G_1(s)G_2(s)+G_3(s)G_2(s)+G_3(s)G_2(s)G_1(s)H_1(s)]R(s)+[G_2(s)+G_2(s)G_1(s)H_1(s)]N(s)}{1+G_1(s)H_1(s)+G_2(s)H_2(s)+G_1(s)G_2(s)H_3(s)+G_1(s)H_1(s)G_2(s)H_2(s)}$$

二、（18分）

（1）峰值时间：$t_p=\dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}=3.27s$；调节时间：$t_s=\dfrac{3.5}{\zeta\omega_n}=12.5s$。

（2）$c_{ss}=2+\sin(t-90^\circ)$。

三、（18分）

由题意可知$s^2+(\tau+1)s+(3\tau-2)$具有重极点，设等效传递函数

$G'(s)=\dfrac{\tau(s+3)}{s^2+s-2}$，绘制上述等效系统根轨迹，由分离点方程求得分离点为$s=-1$或$s=-5$，由题意取$s=-5$，$a=5$。至此，原系统的开环传递函数为$G'(s)H(s)=\dfrac{K(s+1)(s+2)}{(s+5)^3}$，绘制该系统的根轨迹，由分离点方程求得分离点为$s=2-\sqrt{13}$，由模值条件可知对应的$K=163.74$，

$\Phi(s)=\dfrac{K(s+2)}{(s+5)^3+K(s+2)(s+1)}$。

四、（16 分由 $G_1(s)=\dfrac{k}{s(T_1s+1)}$， $G_1(j\omega)=\dfrac{k}{j\omega(T_1j\omega+1)}=\dfrac{kj(T_1j\omega-1)}{\omega\left(T_1^2\omega^2+1\right)}$，

将 $\omega=2$ 代入上式，由图得：$\left|G(j\omega)\right|=\sqrt{2}$， $\angle G_1(j\omega)=\dfrac{-3\pi}{4}$，从而

$G_1\left(s\right)=\dfrac{4}{s(\frac{s}{2}+1)}$， $G_1(s)e^{-\tau s}=\dfrac{4e^{-\tau s}}{s(\frac{s}{2}+1)}$， 由 $\left|G_1(s)e^{-\tau s}\right|_{s=j\omega}=1$ 得开环截止频率为

$\omega_c=2.5$， $\gamma=180°-90°-\arctan\dfrac{\omega_c}{2}-57.3\tau\omega_c>0\Rightarrow 0<\tau<0.27$ 。

五、（16 分）(1) 闭环特征方程：$D(z)=1+Z\left[\dfrac{k}{s}.\dfrac{1}{s+1}\right]=0$，整理得：

$z^2+(0.632k-1.368)z+0.368=0$

令 $z=\dfrac{\omega+1}{\omega-1}$， 则 $\left(\dfrac{\omega+1}{\omega-1}\right)^2+(0.632k-1.368)\dfrac{\omega+1}{\omega-1}+0.368=0$

$\Rightarrow 0.632k\omega^2+1.264\omega+2.736-0.632k=0$,由劳斯判据得： $0<k<4.33$ 。

(2) $C\left(z\right)=R\left(z\right)\Phi(z)=R(z)\dfrac{2\times0.632z}{z^2-0.140z+0.368}$， $R(z)=\dfrac{z}{z-1}$，

$\therefore c\left(\infty\right)=\lim\limits_{z\to1}(1-z^{-1}).\dfrac{z}{z-1}.\dfrac{2\times0.632}{z^2-0.104z+0.368}=1$ 。

六、（16 分 (1) $-\dfrac{1}{N(A)}=-\dfrac{2\pi A}{\pi A+8}$， 当 $A\to0$ 时， $-\dfrac{1}{N(A)}\to0$， 当 $A\to\infty$，

$-\dfrac{1}{N(A)}\to-2$；把 $s=j\omega$ 代入 $G(s)$ 中，令其虚部为零，可以解得：$\omega=\sqrt{3}$，

$G(j\omega)=-0.5$ 。两者有交点，且随着 A 增大，由不稳定区进入稳定区，所以自振稳定；

(2) 由（1）知：$\omega=\sqrt{3}$；利用 $1+N(A)G(s)=0$，求得：$A=\dfrac{8}{3\pi}$；

$c(t)=-\dfrac{8}{3\pi}\sin\sqrt{3}t$ 。