一 学年第 一 学期
考 试 试 卷

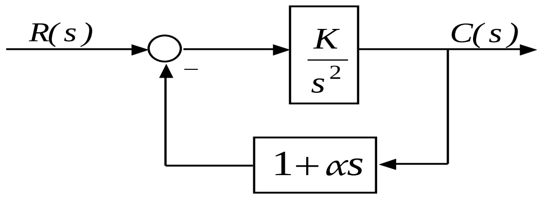
课程编号：______________ 课程名称：________自动控制原理________

试卷类型：A$\boxed{\surd}$、B□卷 考试形式：开□、闭$\boxed{\surd}$卷 考试时间：__120__分钟

题 号	一	二	三	四	五	六	总分	总分人
得 分								

得分	评分人

一、如图所示控制系统，为使其闭环极点$s_{1,2}=-1+j$，试确定K和α的值，并确定这时系统的超调量。（本题 10 分）



得分	评分人

二、求图 2. 所示系统传递函数。（本题 15 分）

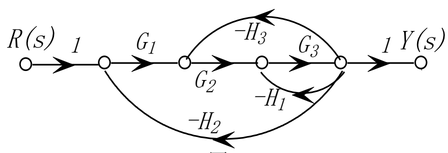
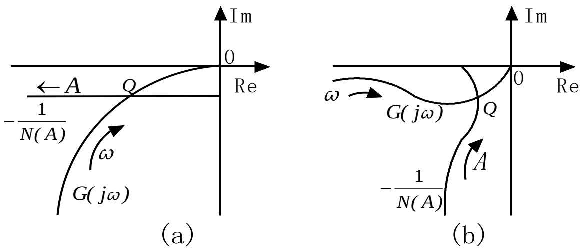


图2.

得分	评分人

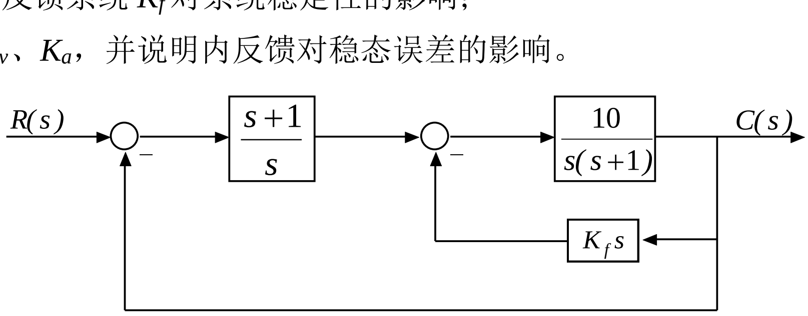
三、非线性系统线性部分的极坐标图、非线性部分的负倒特性如下图所示。试判断系统是否稳定，是否存在自振荡。（本题 15 分）



得分	评分人

四、系统如图所示。（本题 20 分）

1. 试分析速度反馈系统 K_f 对系统稳定性的影响；
2. 试求 K_p、K_v、K_a，并说明内反馈对稳态误差的影响。

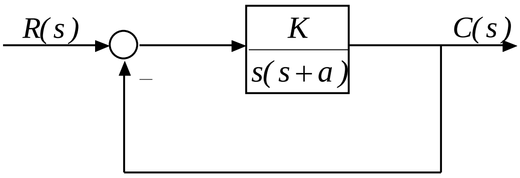


得分	评分人

五、系统如方框图所示。（本题 20 分）

1. 绘制 $a=2$ 时，K 由 0 ~ ∞变化时的根轨迹
2. 并确定阻尼比 $\zeta=0.707$ 时的 K 值；
3. 绘制 $K=4$ 时，a 由 0 ~ ∞变化时的根轨迹

4. 并确定阻尼比 $\zeta=0.707$ 时的 a 值；



得分	评分人

六、某单位反馈控制系统之开环传递函数为

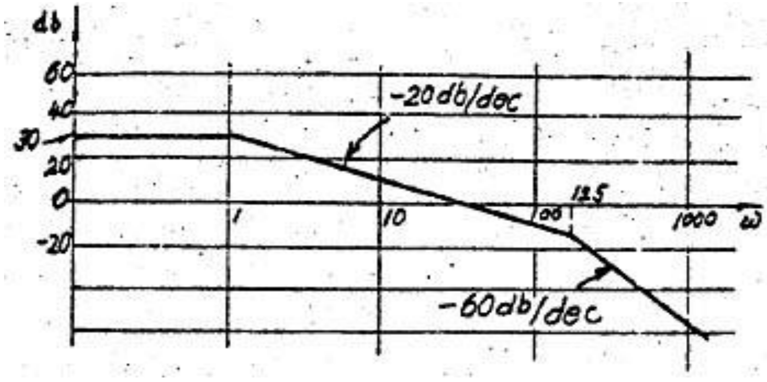
$$\frac{1}{(0.1s+1)^2(0.008s+1)}$$

今希望校正后的系统能具有图所示之开环频率特性。（本题 20 分）

1. 试求校正后系统的相位裕量；

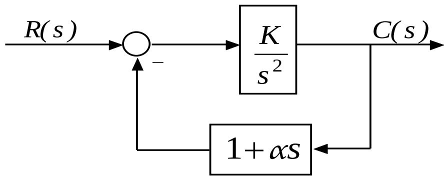
2. 确定其校正装置的传递函数；

3. 采用的是何校正环节，并说明校正目的。



参考答案

一、(10 分)如图所示控制系统，为使其闭环极点$s_{1,2}=-1+j$，试确定K和α的值，并确定这时系统的超调量。



解：① 系统闭环传递函数为

$$\Phi(s)=\frac{\dfrac{K}{s^2}}{1+\dfrac{K(1+\alpha s)}{s^2}}=\frac{K}{s^2+K\alpha s+K}$$

$\because\quad s=-1+j=-\zeta\omega_n+j\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$

解得 $\omega_n^2=K$， $2\zeta\omega_n=K\alpha=2\times1$， $\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}=1$

$\zeta=1/\sqrt{2}$， $\omega_n=\sqrt{2}$， $K=2$， $\alpha=1$

② 系统超调量为 $\sigma\%=\exp(-\dfrac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}})\times100\%=4.32\%$

二、(15 分)求图 2. 所示系统传递函数。

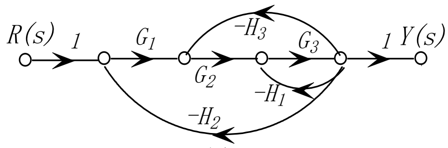


图2.

解：利用 *Mason* 公式求

$P_1=G_1G_2G_3$

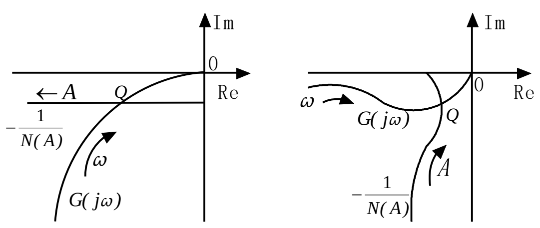
$L_1=-G_1G_2G_3H_2$，

$L_2=-G_3H_1$， $L_3=-G_2G_3H_3$

$\Delta=1-L_1L_2L_3$， $\Delta_1=1$ ，

$$\therefore\quad G(s)=\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{G_1G_2G_3}{1+G_1G_2G_3H_2+G_3H_1+G_2G_3H_3}$$

三、(15 分)非线性系统线性部分的极坐标图、非线性部分的负倒特性如下图所示。试判断系统是否稳定，是否存在自振荡。



(a) (b)

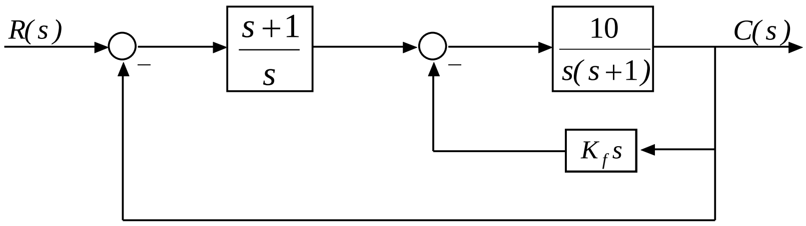
解：(a) 当非线性环节的输入幅值大于Q点的幅值时，系统是稳定的，其幅值逐渐减小；当非线性环节的输入幅值小于Q点 的幅值时，系统是

不稳定的，其幅值逐渐增大；系统最终只能工作在 Q 点，因此该点为稳定的自振荡点。

（b）当非线性环节的输入幅值大于 Q 点的幅值时，系统工作于不稳定状态，其幅值逐渐增加至无穷或饱和点；当非线性环节的输入幅值小于 Q 点的幅值时，系统是稳定的，其幅值逐渐减小至平衡状态；系统不可能工作在 Q 点，因此该点为不稳定的自振荡点。

四、系统如图所示。（20 分）

3. 试分析速度反馈系统 K_f 对系统稳定性的影响；
4. 试求 K_p、K_v、K_a，并说明内反馈对稳态误差的影响。



解：1. 系统开环传递函数为

$$G(s)H(s)=\frac{s+1}{s}\cdot\frac{\dfrac{10}{s(s+1)}}{1+\dfrac{10K_f s}{s(s+1)}}=\frac{10(s+1)}{s^2[s+(1+10K_f)]}$$

系统特征方程为 $\qquad s^3+(1+10K_f)s^2+10s+10=0$

由 $Routh$ 判据的必要条件 $\qquad 1+10K_f>0$

由 $Routh$ 判据的充分条件 $\qquad 10(1+10K_f)>10$

得 $\qquad K_f>0$

2. 由静态误差系数定义可得

$$K_p=\lim_{s\to 0}G(s)H(s)=\infty,$$

$$K_v=\lim_{s\to 0}sG(s)H(s)=\infty,$$

$$K_a=\lim_{s\to 0}s^2G(s)H(s)=\frac{10}{1+10K_f}$$

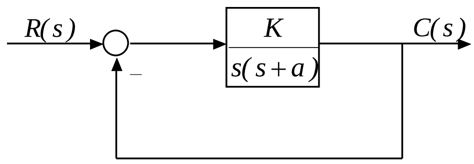
∴ 内反馈不改变系统型号，当输入为加速度信号时，由

$$e_{ss}=1/K_a=(1+10K_f)/10$$

可知内反馈系数使稳态误差增大

五、系统如方框图所示。（20 分）

1. 绘制 $a=2$ 时，K 由 0~∞变化时的根轨迹并确定阻尼比 $\zeta=0.707$ 时的 K 值；
2. 绘制 $K=4$ 时，a 由 0~∞变化时的根轨迹并确定阻尼比 $\zeta=0.707$ 时的 a 值；



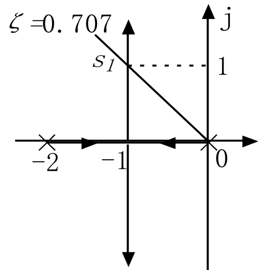


图1

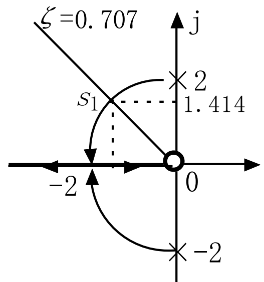


图2

解：a） $a=$ 2 时根轨迹方程为 $\dfrac{K}{s(s+2)}=-1$

开环极点　　$p_1=0$，$p_1=-2$

其根轨迹如图 1 所示。由图可得：

$$s_1=-1+j,$$

对应　　$K=|s_1|\cdot|s_1+2|=2$

b）$K=$ 4 时根轨迹方程为 $\dfrac{as}{s^2+4}=-1$

开环零、极点　$z_1=0$，$p_{1,2}=\pm j2$

其根轨迹如图 1 所示。由图可得：$s_1=-\sqrt{2}+j\sqrt{2}$，

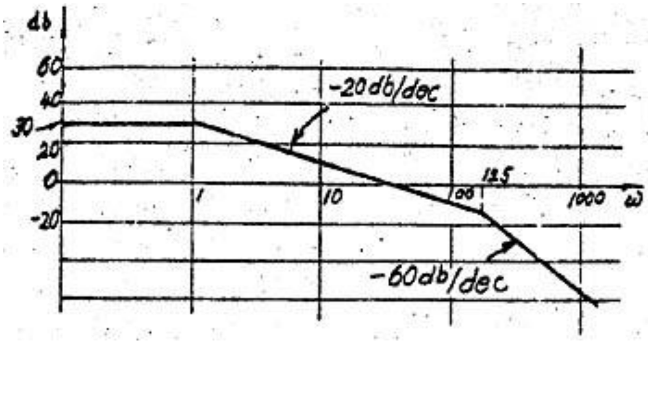
对应　　$a=|s_1^2+4|/|s_1|=4$

六、（20 分）某单位反馈控制系统之开环传递函数为

$$\frac{1}{(0.1s+1)^2(0.008s+1)}$$

今希望校正后的系统能具有图所示之开环频率特性。

1. 试求校正后系统的相位裕量；
2. 确定其校正装置的传递函数；
3. 采用的是何校正环节，并说明校正目的。



解：

1. 由图有 $20\log\frac{\omega_C}{1}=30dB$， 得 $\omega_C=31.6r/s$

$$\gamma=180°-\arctan\omega_C-2\arctan 0.008\omega_C=63.27°$$

2. 已校正系统开环传递函数：

低频段斜率 $0dB/dec$， $20\,lg\,K=30dB$， $K=31.6$

$\omega_1=1r/s$ ， 斜率为 $-20dB/dec$， 贯性环节 $(s+1)^{-1}$

$\omega_1=125r/s$，斜率为 $-60dB/dec$，贯性环节

$$(\frac{s}{125}+1)^{-2}=(0.008s+1)^{-2}$$

∴ 对应已校正开环传递函数为 $G'(s)=\dfrac{31.6}{(s+1)(0.008s+1)^2}$

由图可知 $20\lg\frac{\omega_c''}{1}=30dB$， 算得 $\omega_c''=31.6r/s$

∴ $\gamma''=180°-arctg31.6-2arctg0.008\times31.6=90.9°$

3. 其校正环节传递函数

$$G_c(s)=G'(s)/G(s)=\frac{31.6(0.1s+1)(0.1s+1)}{(s+1)(0.008s+1)}$$

为滞后—超前校正环节。其校正目的是全面提高系统性能，即既提高稳态性能，又提高了系统稳定性和动态性能。