

— 学年第 一 学期 考 试 试 卷

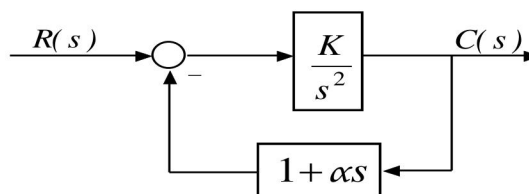
课程编号：_____ 课程名称：_____ 自动控制原理

试卷类型：A ☒、B ☐ 卷 考试形式：开 ☐、闭 ☒ 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）

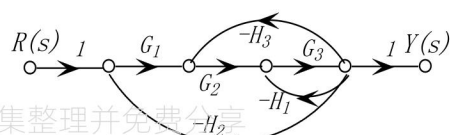
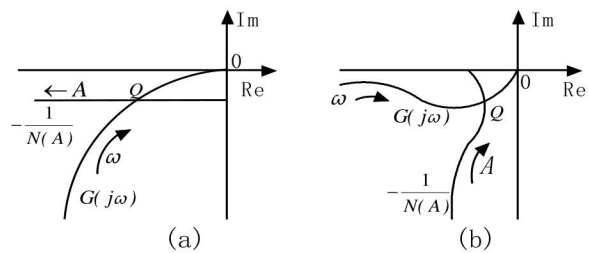


图2.

得分	评分人

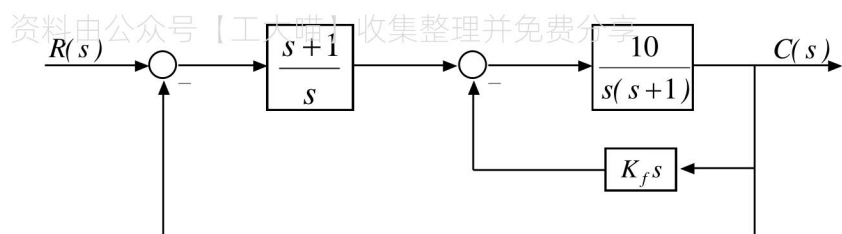
三、非线性系统线性部分的极坐标图、非线性部分的负倒特性如下图所示。试判断系统是否稳定，是否存在自振荡。（本题 15 分）



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。

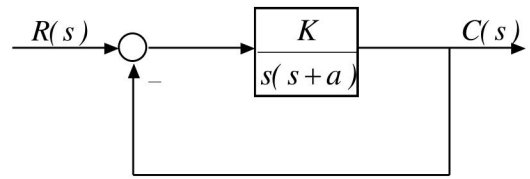


得分	评分人

五、系统如方框图所示。（本题 20 分）

1. 绘制 $a = 2$ 时， K 由 $0 \sim \infty$ 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 $0 \sim \infty$ 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

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

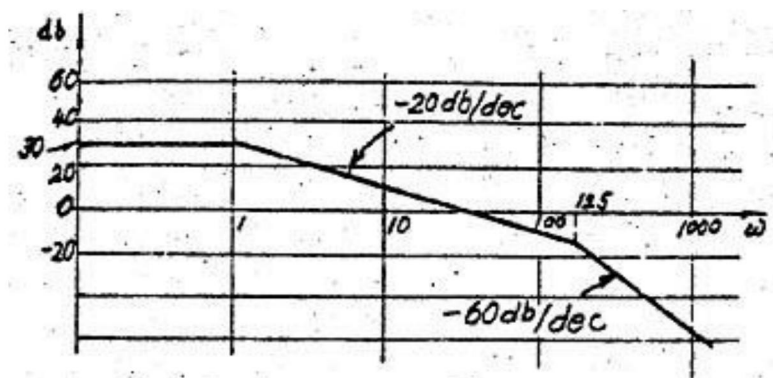
今希望校正后的系统能具有图所示之开环频率特性。

(本题 20 分)

1. 试求校正后系统的相位裕量;

【收集整理并免费分享

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

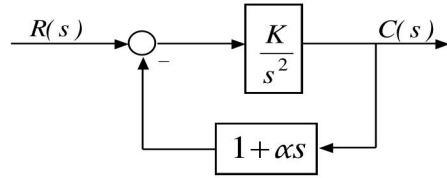
$$\Phi(s) = \frac{\frac{K}{s^2}}{1 + \frac{K(1+\alpha s)}{s^2}} = \frac{K}{s^2 + K\alpha s + K}$$

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

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

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

$$\text{② 系统超调量为 } \sigma\% = \exp\left(-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right) \times 100\% = 4.32\%$$



二、(15 分) 求图 2. 所示系统传递函数。

解: 利用 Mason 公式求

$$P_1 = G_1 G_2 G_3$$

$$L_1 = -G_1 G_2 G_3 H_2,$$

$$L_2 = -G_3 H_1, \quad L_3 = -G_2 G_3 H_3$$

$$\Delta = 1 - L_1 L_2 L_3, \quad \Delta_1 = 1,$$

$$\therefore G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 H_2 + G_3 H_1 + G_2 G_3 H_3}$$

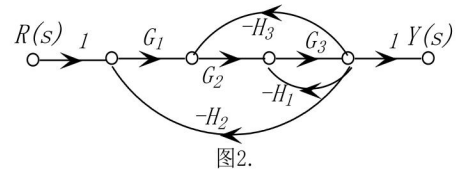
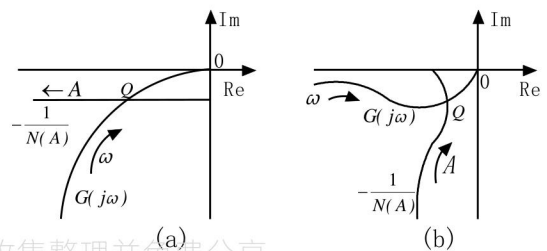


图2.

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。

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

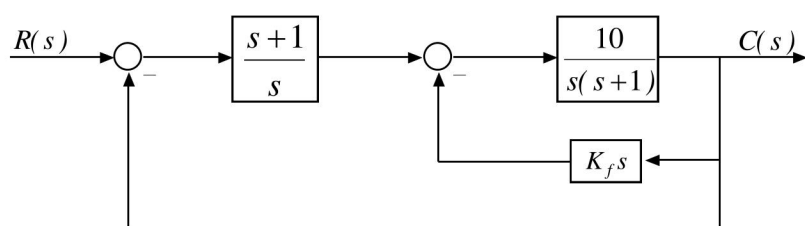


不稳定的，其幅值逐渐增大；系统最终只能工作在 Q 点，因此该点为稳定的自振荡点。

(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

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

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

由 Routh 判据的必要条件 $1+10K_f > 0$

由 Routh 判据的充分条件 $10(1+10K_f) > 10$

得 $K_f > 0$

2. 由静态误差系数定义可得

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

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

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

∴ 内反馈不改变系统型号，当输入为加速度信号时，由

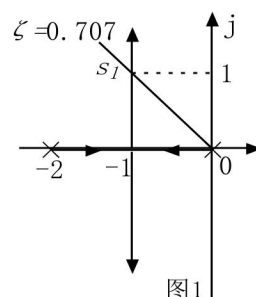
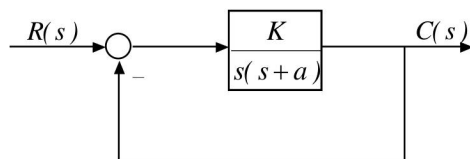
$$e_{ss} = 1/K_a = (1+10K_f)/10$$

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)

【工大喵】收集整理并免费分享

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



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

开环极点 $p_1 = 0, p_2 = -2$

其根轨迹如图 1 所示。由图可得:

$$s_1 = -1 + j,$$

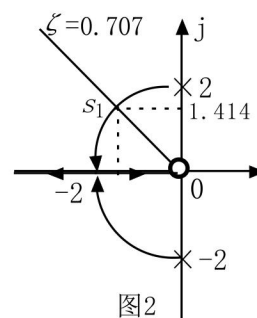
对应 $K = |s_1| \cdot |s_1 + 2| = 2$

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

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 $a = |s_1^2 + 4| / |s_1| = 4$

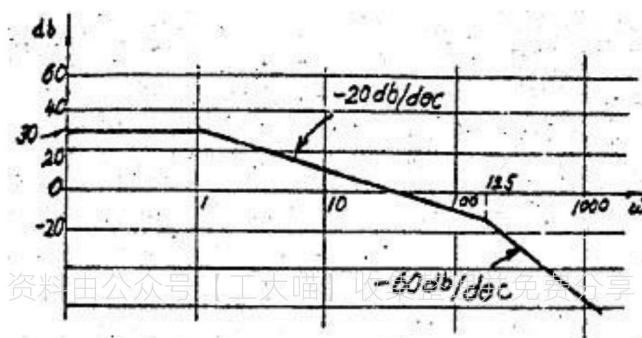


六、(20 分) 某单位反馈控制系统之开环传递函数为

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

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 $20\lg \frac{\omega_c}{1} = 30dB$, 得 $\omega_c = 31.6r/s$

$$\gamma = 180^\circ - \arctan \omega_c - 2 \arctan 0.008 \omega_c = 63.27^\circ$$

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 $-20dB/dec$, 惯性环节 $(s+1)^{-1}$
 $\omega_1 = 125r/s$, 斜率为 $-60dB/dec$, 惯性环节

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

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

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

$$\therefore \gamma'' = 180^\circ - \arctg 31.6 - 2\arctg 0.008 \times 31.6 = 90.9^\circ$$

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。