

哈尔滨工业大学控制科学与工程学科考研复习资料

控制原理

<<2005-2014 年考研试题>>



2014 年 9 月 25 日

起点考研：专注专业课辅导霸主地位

自动化考研分部 QQ: ~~2854~~ 2768010764

目 录

(2005 年----2014 年)试题

2005 年-----	02
2006 年-----	09
2007 年-----	14
2008 年-----	18
2009 年-----	24
2010 年-----	32
2011 年-----	37
2012 年-----	41
2013 年-----	46
2014 年-----	51

哈尔滨工业大学

二〇〇五年硕士研究生考试试题

第 1 页
共 7 页

考试科目: 控制原理

考试科目代码: [401]

适用专业: 081100 控制科学与工程

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				总 分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15				150分

注意: 统一考生答 1 至 10 题;

单独考生答八道题, 其中 1 至 7 题为必答题, 8 至 10 题中任选一题(分值另定)

1、(15 分) 控制系统如图 1 所示,

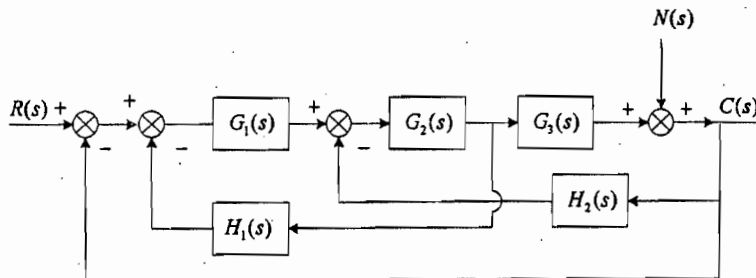


图 1

- 1) (8 分) $N(s)=0$ 时, 求闭环传递函数 $\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$;
- 2) (7 分) $R(s)=0$ 时, 求闭环传递函数 $\Phi_N(s) = \frac{C(s)}{N(s)}$ 。

2、(15 分) 某二阶系统的脉冲响应 $k(t)$ 和单位阶跃响应 $c(t)$ 如图 2 所示, 试证明:

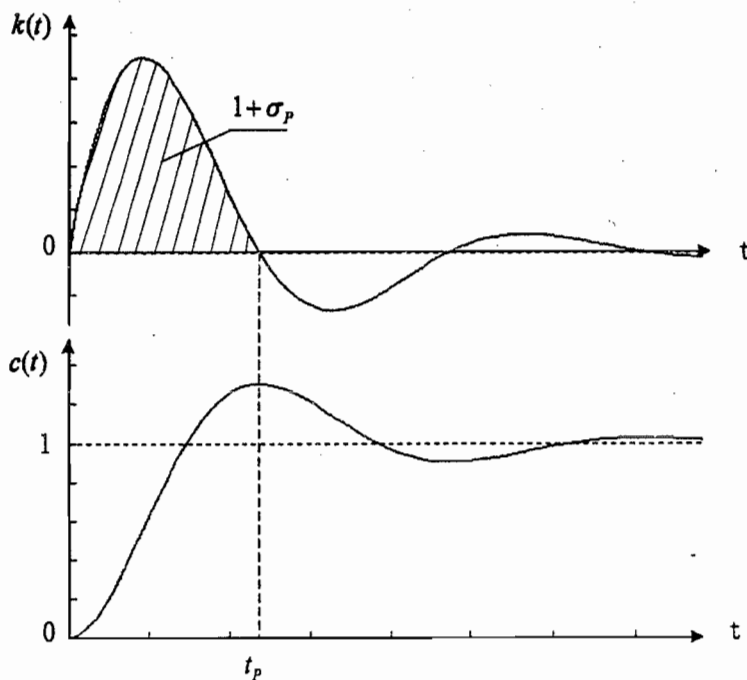


图 2

- 1) (7 分) 脉冲响应 $k(t)$ 第一次过 0 的时刻与单位阶跃响应 $c(t)$ 到达峰值的时刻 t_p 相同;
- 2) (8 分) 图中阴影部分的面积为 $\int_0^{t_p} k(t) dt = 1 + \sigma_p$, 其中 σ_p 是单位阶跃响应的超调量。

3、(15 分) 控制系统如图 3 所示, 其中 $G_C(s) = k \frac{s+z_c}{s+p_c}$, $p_c = 15$ 。

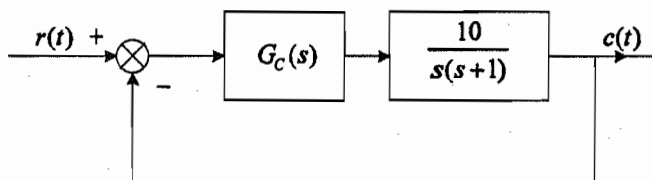


图 3

试用根轨迹法确定相位超前校正装置 $G_C(s)$ 的其它两个参数 k 和 z_c , 使校正后的系统具有以下性能指标:

◆ 阻尼比 $\zeta = 0.5$

◆ 调整时间 $t_s = 2\text{s}$ ($\Delta = 0.02$)

要求: 列出用根轨迹法确定 k 和 z_c 的整个过程。

4、(15 分) 离散系统如图 4 所示,

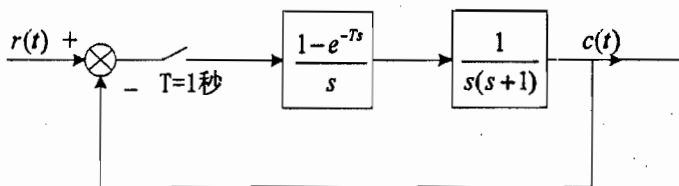


图 4

试求单位阶跃响应前四个采样时刻的值 $c(0)$, $c(T)$, $c(2T)$, $c(3T)$ (已知 $Z\left(\frac{1}{s}\right) = \frac{z}{z-1}$,

$$Z\left(\frac{1}{s^2}\right) = \frac{Tz}{(z-1)^2}, \quad Z\left(\frac{1}{s+a}\right) = \frac{z}{z-e^{-aT}}).$$

5、(15 分) 三个单位反馈最小相位系统 A, B, C 的开环对数幅频特性如图 5 所示。

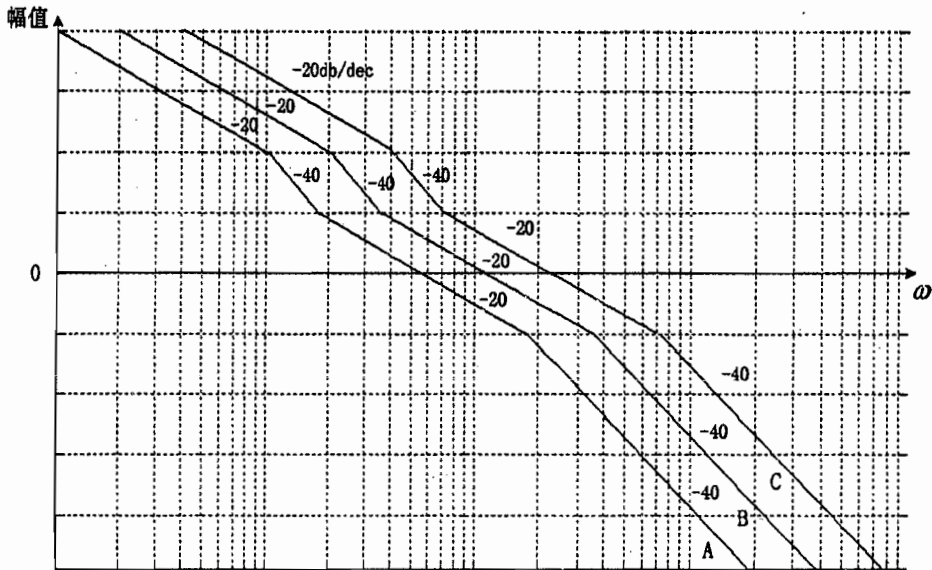


图 5

- 1) (2 分) 在单位阶跃信号作用下, 试比较三个闭环系统的稳态误差 e_{ssA} , e_{ssB} , e_{ssC} 的大小;
- 2) (3 分) 试比较三个系统的开环增益 K_A , K_B , K_C 的大小;
- 3) (5 分) 在单位阶跃信号作用下, 试比较三个闭环系统的超调量 σ_{pA} , σ_{pB} , σ_{pC} ;
- 4) (5 分) 在单位阶跃信号作用下, 试比较三个闭环系统的调整时间 t_{sA} , t_{sB} , t_{sC} 。

(比较以上性能指标时, 用 “>”, “<”, “=” 符号表示)

6、(15 分) 某最小相位系统的开环频率特性如图 6 所示，

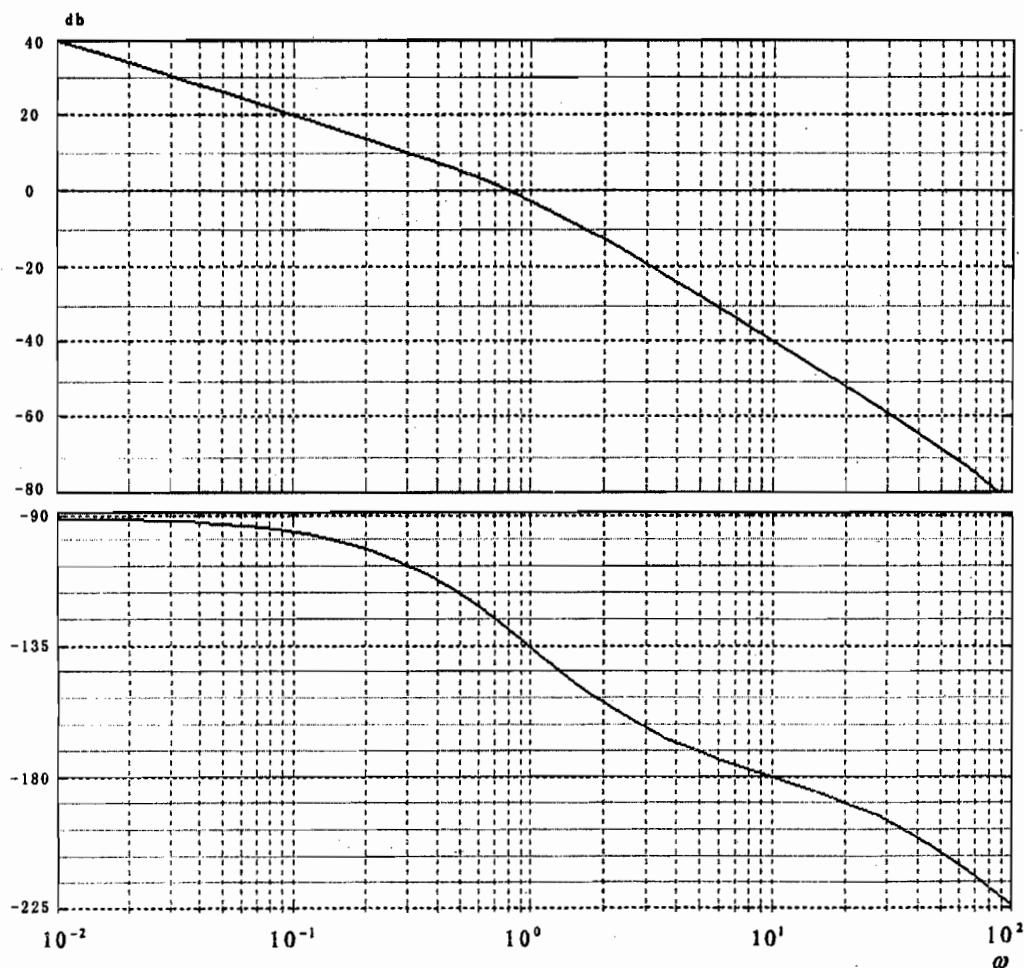


图 6

试从图 6 上读取 (或用解析法求取):

- 1) (3 分) 系统的开环增益 K ;
- 2) (3 分) 系统的相角裕度和幅值裕度;
- 3) (3 分) 开环增益增大到原来的 10 倍时的相角裕度和幅值裕度;
- 4) (3 分) 使幅值裕度 $K_g = 20\text{db}$ 的开环增益 K ;
- 5) (3 分) 若在原系统中串联一个滞后环节 $e^{-0.1s}$, 求相角裕度和幅值裕度。

7、(15 分) 具有非线性反馈的控制系统如图 7 所示，

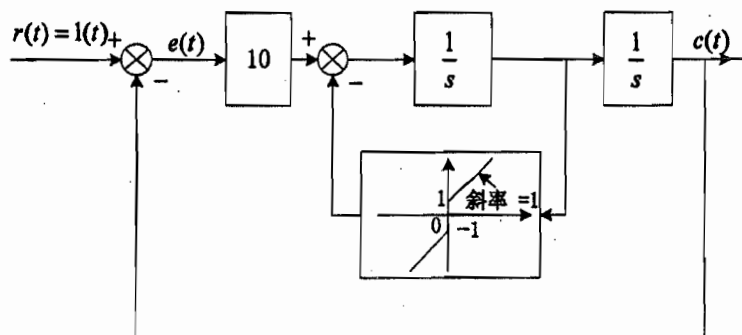


图 7

- 1) (5 分) 试在 $e(t) - \dot{e}(t)$ 平面中绘制无非线性反馈时的相轨迹图；
- 2) (5 分) 试在 $e(t) - \dot{e}(t)$ 平面中绘制有非线性反馈时的相轨迹图；
- 3) (5 分) 分析本题中非线性反馈在改善系统性能方面的作用。

8、(15 分) 设系统 1 和系统 2 的状态空间表达式分别为：

系统 1: $\dot{\xi} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -4 \end{bmatrix} \xi + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u_1$ $y_1 = \begin{bmatrix} -2 & 1 \end{bmatrix} \xi$

系统 2: $\dot{\eta} = 2\eta + u_2$ $y_2 = \eta$

- 1) (8 分) 以 $y_2 = u_1$ 的形式把系统 1 和系统 2 串联起来，求串联后系统的状态空间表达式，其中状态变量选为: $X = \begin{bmatrix} \xi^T & \eta \end{bmatrix}^T$;
- 2) (7 分) 判断串联后系统的能控性、能观性。

$$\dot{X} = \begin{bmatrix} 1^T & \eta^T \end{bmatrix}^T$$

9、(15 分) 系统的传递函数为

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

- 1) (10 分) 试确定状态反馈矩阵 F , 要求将系统的极点配置在 $s_1 = -2$, $s_{2,3} = -1 \pm j1$ 位置上。
- 2) (5 分) 画出具有状态反馈的系统的状态变量图。

10、(15 分) 设 n 阶线性定常系统为:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{aligned}$$

其中: $x \in R^n$, $u \in R^r$, $y \in R^m$ 。试证明: 若存在标量 λ 及不为零的列向量 $p \neq 0$, 满足

$$\begin{aligned} Ap &= \lambda p \\ Cp &= 0 \end{aligned}$$

则系统不是状态完全可观测的。

二〇〇 六 年硕士研究生考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [401]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

统一考生答 1-10 题; 单独考生答 1-7 题 (分值另定)。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			150 分

1、(15 分) 控制系统如图 1 所示, 其中 $N(s)$ 为扰动信号, K_1 为常数。试问:

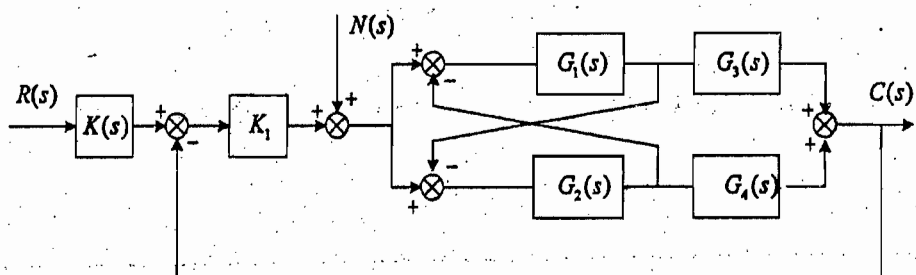


图 1

- 1) 能否通过选取合适的 $K(s)$ 使扰动信号 $N(s)$ 不对输出 $C(s)$ 产生影响, 若能, 求出 $K(s)$; 若不能, 简述理由; (8 分)
- 2) 如果闭环系统不稳定, 能否选取合适的 $K(s)$ 使系统是稳定的? 若能, 给出使系统稳定的 $K(s)$ 的条件; 若不能, 简述理由; (7 分)

2、(15 分) 单位负反馈控制系统的开环传递函数为:

$$G(s) = \frac{a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3}{s^3 + 8s^2 + 15s + 12}$$

- 1) 当 $a_0 = a_1 = a_2 = 0$, $a_3 = 1$ 时, 判断该系统极点的实部是否均小于 -1; (7 分)
- 2) 系数 a_0 , a_1 , a_2 , a_3 满足什么关系式时, 该系统为最小相位系统。(8 分)

3、(15 分) 控制系统如图 2 所示

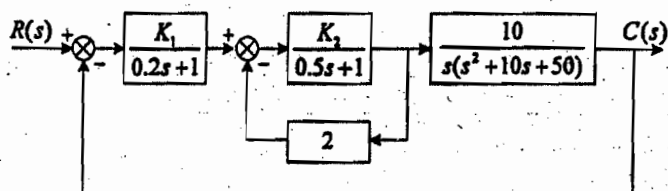


图 2

- 1) 取 $K_2 = 0.5$, 绘制 $0 \leq K_1 < \infty$ 的根轨迹大致图形; (8 分)
- 2) 欲使系统闭环主导极点在 $-1 \pm j2$, 求 K_1 、 K_2 的值。(7 分)

4、(15 分) 控制系统如图 3 所示, 其中 n 为正整数。

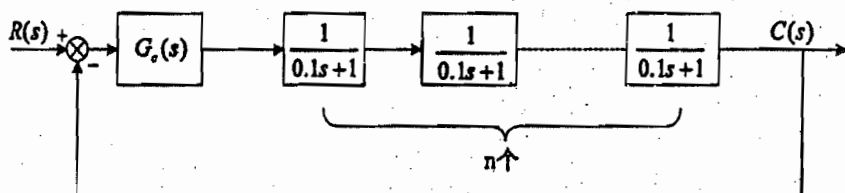


图 3

- 1) 若 $G_c(s) = K$, $K > 1$, 求系统的剪切频率 ω_c 与 K 和 n 的关系式; (5 分)

2) 若 $G_c(s) = K$, 求使系统稳定的 K 的取值范围; (5 分)

3) 若 $G_c(s) = \frac{K}{s}$, 与 1) 相比, 系统的剪切频率 ω_c 增加还是减小, 为什么? (5 分)

5. (15 分) 单位负反馈最小相位系统开环频率响应的 Nyquist 图如图 4 所示。

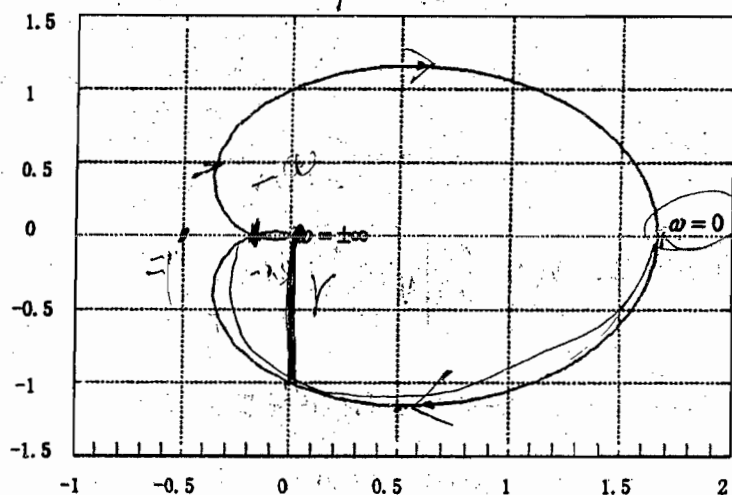


图 4

$$Z = P - 2(N^+ - N^-)$$

判断或计算 (数据可由图 4 读出) 如下问题:

1) 判断系统是 0 型系统、I 型系统还是 II 型系统; (3 分)

2) 求系统的开环增益 K ; (3 分)

3) 求系统的相角裕度 γ ; (3 分)

4) 求系统的幅值裕度; (3 分)

5) 求使系统临界稳定的开环增益 K 的值。 (3 分)

Handwritten notes for questions 2-5:
 Question 2: K
 Question 3: γ
 Question 4: 2γ
 Question 5: K

6、(15 分) 非线性系统如图 5 所示。

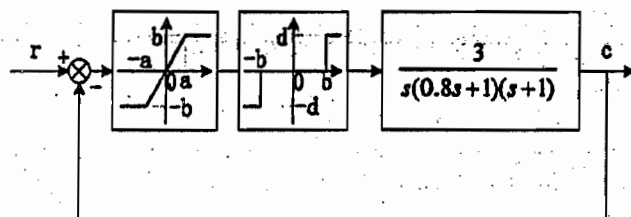


图 5

要使系统不产生自持振荡，试用描述函数法确定参数 a , b 和 d 应满足的条件。

(饱和特性的描述函数: $N(A) = \frac{2b}{a\pi} \left[\arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \left(\frac{a}{A}\right)^2} \right]$)

(继电特性的描述函数: $N(A) = \frac{4d}{\pi A} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{b}{A}\right)^2} \right]$)

7、(15 分) 控制系统如图 6 所示，其中 $G_c(s)$ 为校正环节。

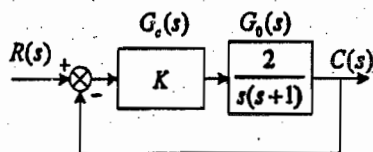


图 6

1) 若用计算机实现校正环节 $G_c(s)$ ，试画出采样系统的方框图；(5 分)

2) 若采样周期 $T=1$ 秒，求使采样系统稳定的 K 的取值范围；(10 分)

(已知: $Z\left(\frac{1}{s^2}\right) = \frac{Tz}{(z-1)^2}$, $Z\left(\frac{1}{s}\right) = \frac{z}{z-1}$, $Z\left(\frac{1}{s+a}\right) = \frac{z}{z-e^{-aT}}$)

8、(15分) 控制系统如图7所示, 其中 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 为状态反馈系数。

第 5 页
共 5 页

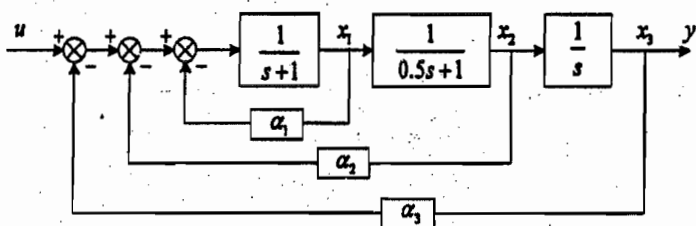


图 7

- 1) 写出对象的状态方程; (8分)
- 2) 若要求闭环系统的极点为-1, -2, -3, 求 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. (7分)

9、(15分) 控制系统 A 如图 8 所示, 控制系统 B 如图 9 所示。

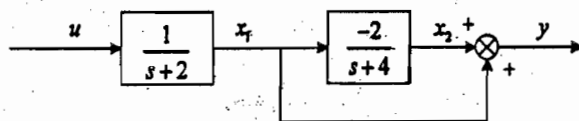


图 8

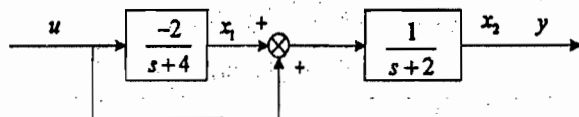


图 9

- 1) 分别求系统 A、系统 B 的 u 到 y 的传递函数; (7分)
- 2) 判断系统 A 和系统 B 的能控性和能观性(列出判断过程), 并对判断结果进行比较和解释。(8分)

10、(15分) n 阶线性定常系统的状态方程和输出方程为:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

若用 $x = Pz$ 对系统进行线性变换, 试对下面两个问题进行分析(要求给出分析过程)。

- 1) 线性变换是否改变 u 到 y 的传递函数矩阵? (7分)
- 2) 线性变换是否改变系统的可控性? (8分)

二〇〇 七 年硕士研究生考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [401]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

统一考生答 1-10 题; 单独考生答 1-8 题 (分值另定)。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			总分
分数	15	15	15	10	25	15	10	15	15	15			150 分

需用计算器

1. (15 分) 一电机伺服系统的方框图如图 1 所示。求使闭环极点为: $s_1, s_2 = -2 \pm j2$,

$s_3 = -10$ 时的反馈系数 α, β 和放大器增益 K_1 。

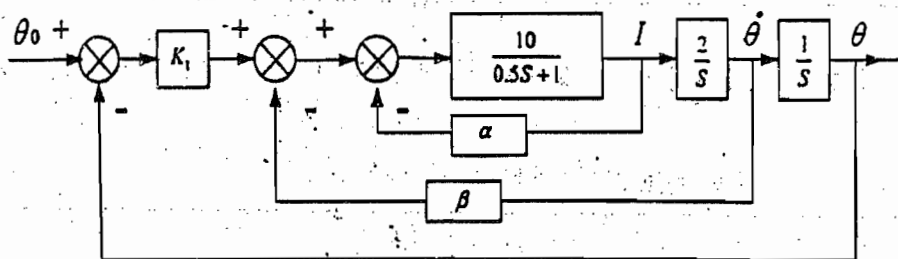


图 1

2、(15 分) 控制系统的方框图如图 2 所示, 其中 $\frac{K_p}{K_D} = 0.4$ 。

- 1) 绘制根轨迹的大致图形 (求出必要的数据); (10 分)
- 2) 证明在这组参数下, 有三条根轨迹汇合、分离于同一点, 并求出这一汇合、分离点。(5 分)

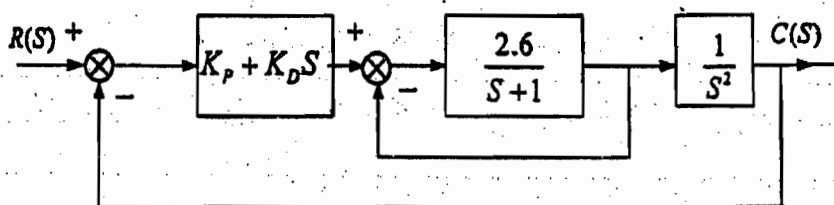


图 2

3、(15 分) 带有前馈的单位负反馈控制系统如图 3 所示, 其中 $G_1(s) = \frac{K_1}{T_1 s + 1}$,

$$G_2(s) = \frac{K_2}{s(T_2 s + 1)}, \quad K_1, K_2, T_1, T_2 \text{ 均为已知常数。}$$

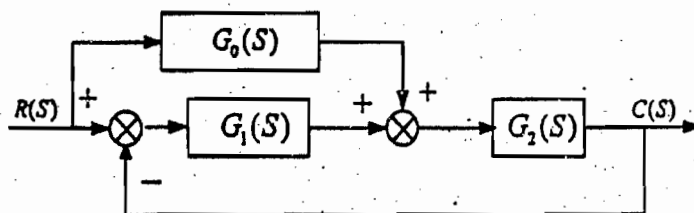


图 3

若要求该系统对于 $r(t) = t$ 时的稳态误差为零, 求前馈环节的传递函数 $G_0(s)$ 。

4、(10 分) 单位负反馈控制系统的开环传递函数为:

$$G(s) = \frac{K e^{-\tau s}}{s(s+1)}$$

其中 $K=10$ 。为保证闭环系统稳定, 求 τ 的取值范围。

5、(25 分) 单位负反馈系统的开环传递函数为:

第 3 页
共 4 页

$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)(0.1s+1)}$$

- 1) 求使闭环系统稳定的 K 的取值范围; (5 分)
- 2) 若要求系统的剪切频率 $\omega_c = 3 \text{ rad/s}$, 相角裕度 $\gamma = 45^\circ$, 求串联校正装置 $G_{c1}(s)$; (10 分)
- 3) 在 2) 校正的基础上, 若要求系统在 $r(t) = t$ 的作用下, 稳态误差减小为原来的 $1/10$, 而动态性能指标不变, 求第二个串联校正装置 $G_{c2}(s)$ 。 (10 分)

6、(15 分) 图 4 (a) 是一个连续系统的 PID 控制器。如果采用离散形式的 PID 控制, 如图 4 (b) 所示。求图 4 (b) 中的 $G_p(z)$, $G_i(z)$, $G_d(z)$ 。

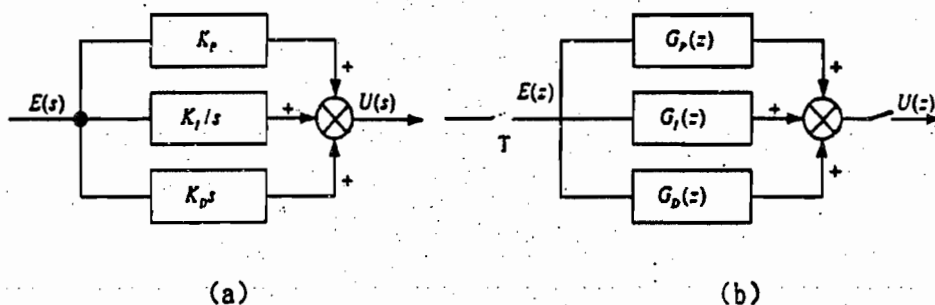


图 4

7、(10 分) 描述非线性系统的微分方程是:

$$\ddot{x} + 0.2(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0$$

求该系统在 (x, \dot{x}) 平面上相轨迹的奇点, 并说明理由。

8、(15 分) 控制系统的状态空间描述为:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = (1 \ 1)x$$

若系统的初始状态为 $x(0) = 0$, 求在单位阶跃信号作用下的系统输出 $y(t)$ 。

9、(15 分) 时间离散系统的方框图如图 5 所示。其中, 采样周期 $T = 1s$, H_0 是零阶保持器。求该系统的时间离散状态方程。

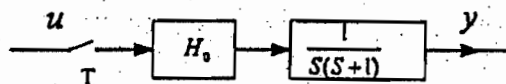


图 5

10、(15 分) 两个子系统 Σ_1 和 Σ_2 串联, 如图 6 所示。

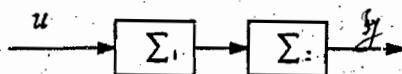


图 6

Σ_1 和 Σ_2 的系统矩阵、输入矩阵和输出矩阵分别为:

$$\Sigma_1: A_1 = -2, B_1 = 1, C_1 = 1$$

$$\Sigma_2: A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -4 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, C_2 = (2 \ 1)$$

1) 求串联后的状态空间描述; (5 分)

2) 判断 Σ_1 和 Σ_2 串联后的状态能控性和能观性; (5 分)

3) 求串联后的传递函数; (5 分)

哈尔滨工业大学

第 1 页
共 6 页

二〇〇八年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [801] 是否允许使用计算器: [是]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

统一考生答 1-10 题; 单独考生答 1-7 题 (分值另定)。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			150 分

1、(15 分) 判断或简答题 (共 5 道小题, 每小题 3 分)

(1) 系统的微分方程为 $y^{(3)} + 3y^{(2)} + 8y^{(1)} + 2y = 10u^{(2)} + 5u^{(1)} + 5u$, 写出系统的传递函数。

(2) I 型系统在输入单位阶跃信号时的稳态误差值 $e_{ss}(\infty)$ 为多少?

(3) 已知系统状态空间实现为 $\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = [1 \ 0] x \end{cases}$, 求系统的传递函数。

(4) 判断线性定常系统 $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & -2 \\ 1 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} u$ 的状态转移矩阵 $\Phi(t)$ 是下列三个式子中的哪一个。

(a) $\begin{bmatrix} (2e^{-t} - e^{-2t}) & (-2e^{-t} + 2e^{-2t}) \\ (e^{-t} - e^{-2t}) & (-e^{-t} + 2e^{-2t}) \end{bmatrix}$ (b) $\begin{bmatrix} (2e^t - e^{-2t}) & (-2e^t + 2e^{-2t}) \\ (e^t - e^{-2t}) & (-e^t + 2e^{-2t}) \end{bmatrix}$

(c) $\begin{bmatrix} (2e^t - e^{-3t}) & (-2e^t + 2e^{-3t}) \\ (e^t - e^{-3t}) & (-e^t + 2e^{-3t}) \end{bmatrix}$

(5) 单位负反馈开环传递函数 $G(s)$ 的 Nyquist 图如图 1 所示, $G(s)$ 不含正实部开环极点, 判断闭环系统的稳定性。

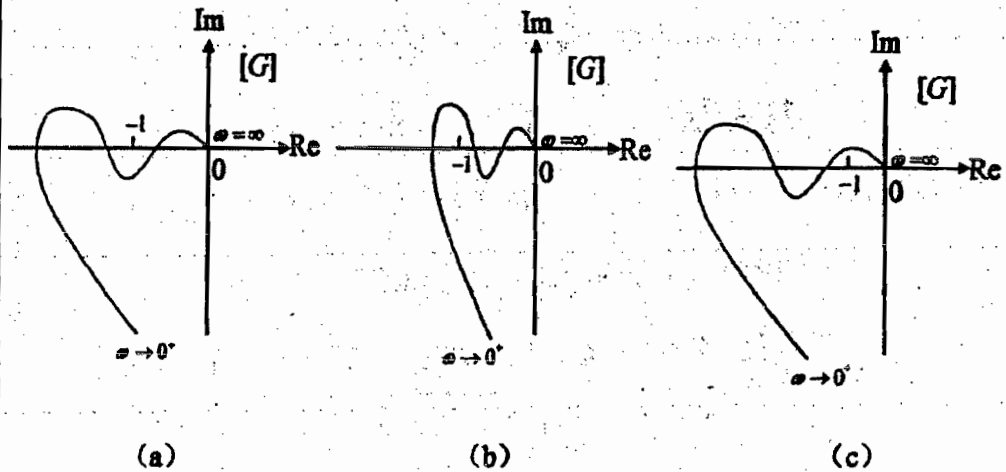


图 1 开环传递函数 $G(s)$ 的 Nyquist 图

2、(15 分) 控制系统方框图如图 2 所示, 试化简方块图, 并求 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 。

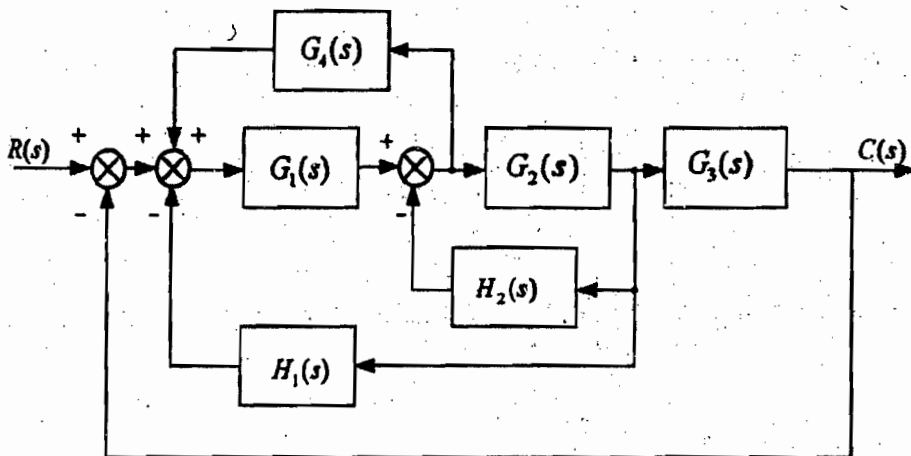


图 2 控制系统方框图

3、(15分) 设某二阶单位负反馈闭环系统的单位阶跃响应为

第 3 页
共 6 页

$$c(t) = 1 + e^{-2t} - e^{-4t}$$

(1) 求此系统的开环传递函数；(10分)

(2) 求此系统的单位脉冲响应。(5分)

4、(15分) 设一单位负反馈最小相位系统校正前的开环频率特性如图3中曲线1所示，采用三种不同的校正装置，校正后的开环频率特性分别如图3的A、B、C所示。

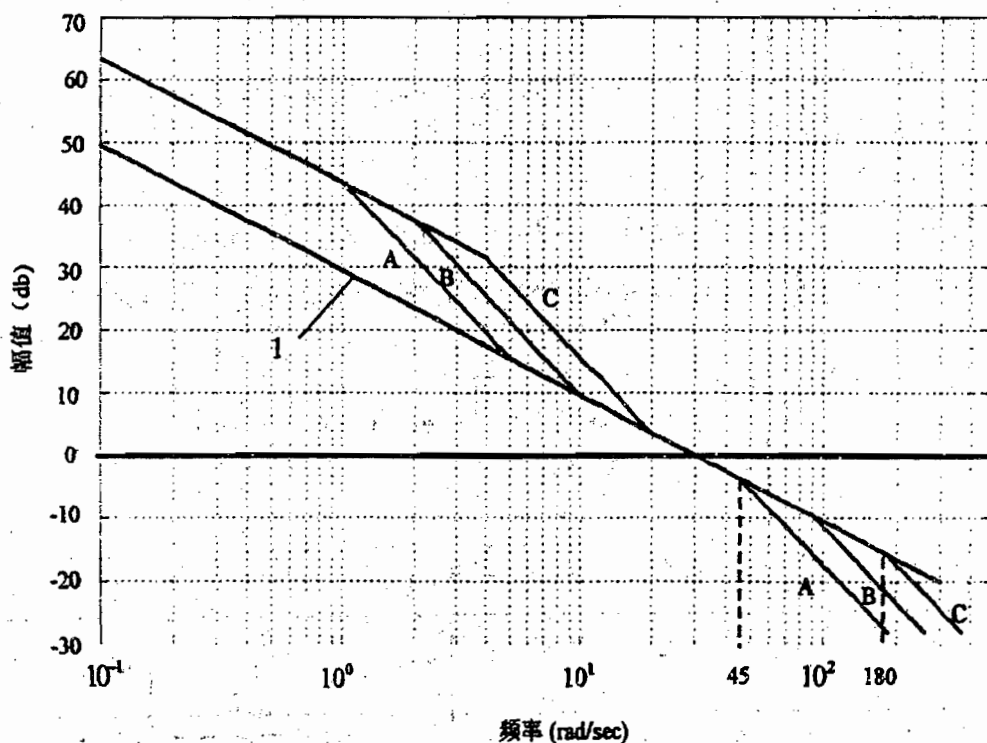


图3 校正前和校正后的开环频率特性

(1) 分别写出 A、B、C 三种校正装置的传递函数；(6分)

(2) 哪一种校正装置使系统的相角裕度最大，其值为多少？(4分)

(3) 校正后的系统在单位速度信号作用下的稳态误差分别是多少？(5分)

5、(15 分) 某闭环系统的特征多项式为 $s^5 + s^4 + 4s^3 + 24s^2 + 3s + 63$ ，判断此系统的稳定性（要求说明所使用的判据，并列出判断的依据）。

6、(15 分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{k(-s+1)}{(s+1)(s+2)}$$

(1) 绘制 $0 \leq k < \infty$ 的根轨迹大致图形（要求在图上标出各特征数据）：(7 分)

(2) 求使闭环系统稳定的 k 的取值范围：(3 分)

(3) 欲使系统的阻尼比为 $\zeta = 0.5$ ，试确定此时的 k 值和闭环极点，并将极点标在根轨迹图上。(5 分)

7、(15 分) 三个非线性控制系统的方框图相同，如图 4 所示。其中非线性部分的负倒描述函数分别如图 5 的 (a)，(b) 和 (c) 所示，线性部分具有相同的传递函数。

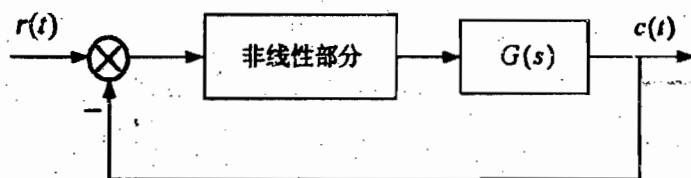


图 4 非线性控制系统的方框图

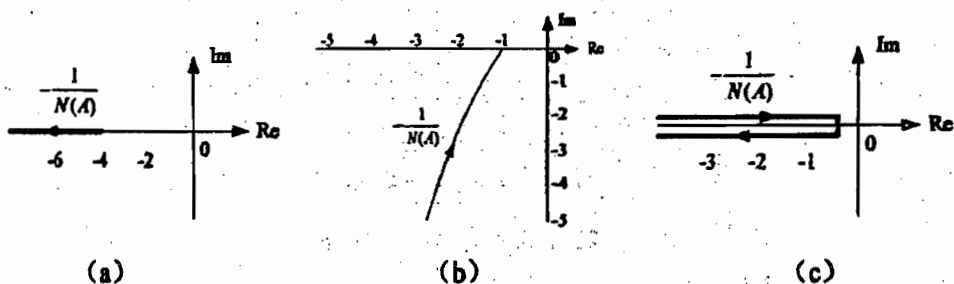


图 5 非线性部分的负倒描述函数

(1) 说明图 5 中 (a), (b), (c) 各代表哪种非线性? (3 分)

(2) 若线性部分的传递函数为 $G(s) = \frac{8}{s(s+1)}$, 分析哪一个系统是闭环稳定的, 哪一个系统存在自持振荡: (6 分)

(3) 若线性部分的传递函数为 $G(s) = \frac{2(s+3)}{s(s-1)}$, 分析哪一个系统是闭环稳定的, 哪一个系统存在自持振荡: (6 分)

8. (15 分) 设采样系统的方框图如图 6 所示, 采样时间 $T = 0.5 \text{ sec}$ 。

(1) 求此对象的离散状态方程 $x(k+1) = A_d x(k) + B_d u(k)$: (6 分)

(2) 求离散状态反馈矩阵 $K_d = [k_1 \ k_2]$, 使闭环极点配置为 $z_{1,2} = 0.5 \pm 0.2i$: (9 分)

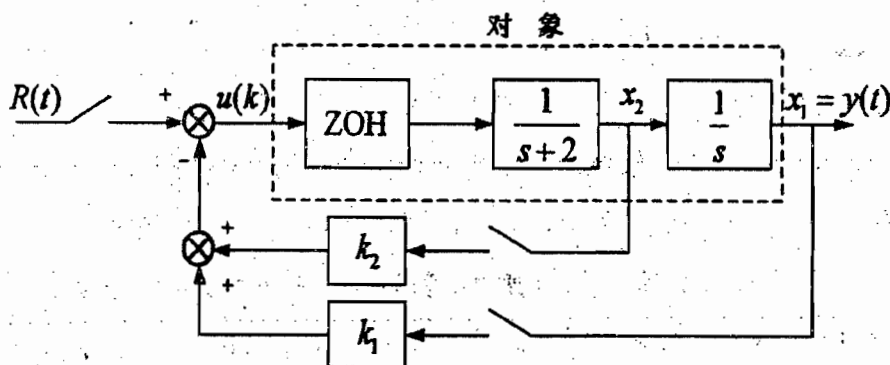


图 6 采样系统的方框图

9. (15 分) 设控制系统的状态空间表达式为:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} w$$

$$y = [6 \ 3] x$$

其中 w 为外部扰动。若取状态反馈 $u = -Kx$,

- (1) 能否选取合适的 K , 使输出 y 不受外部扰动 w 的影响? 若能, 求 K 的表达式; 若不能, 试求使输出 y 受外部扰动 w 影响最小的 K 的表达式。(5 分)
- (2) 根据 (1) 选取的 K , 求闭环系统的极点。(5 分)
- (3) 画出闭环系统的状态变量图。(5 分)

10、(15 分) 设控制系统的状态空间表达式为:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 5 & 7 \\ 4 & 3 \\ 0 & 0 \\ 1 & 6 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0 & 5 & 0 & 3 \\ 1 & 4 & 0 & 2 & 0 & 7 \end{bmatrix} x$$

- (1) 判别系统的能控性。若系统不是状态完全能控的, 指出不能控的状态。(3 分)
- (2) 判别系统的能观性。若系统不是状态完全能观的, 指出不能观的状态。(3 分)
- (3) 若 $u=0$, 判别自治系统的稳定性。(5 分)
- (4) 若取 $u=-Kx$, 能否找到一个 K 使闭环系统稳定。若能, 求一个使闭环系统稳定的 K ; 若不能, 说明理由。(4 分)

哈尔滨工业大学

第 1 页
共 8 页

二〇〇九年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [801] 是否允许使用计算器: [是]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

统一考生答 1-10 题; 单独考生答 1-8 题 (分值另定)。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总分
分数	20	10	15	15	15	15	15	15	15	15	150

1. (20 分) 判断、分析、计算下列各题 (共 5 小题, 每小题 4 分)

1) 有源网络如图 1 所示, 试求输入 $u_1(t)$ 到输出 $u_2(t)$ 的传递函数 $G(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)}$ 。

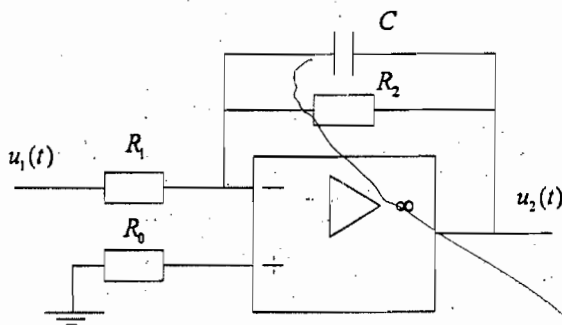


图 1

2) 三个二阶系统闭环极点的分布如图 2 所示, 其中 s_{11}, s_{12} 为系统 1 的闭环极点,

s_{21}, s_{22} 为系统 2 的闭环极点, s_{31}, s_{32} 为系统 3 的闭环极点。

- (1) 试比较三个系统超调量的大小;
- (2) 试比较三个系统调整时间的长短。

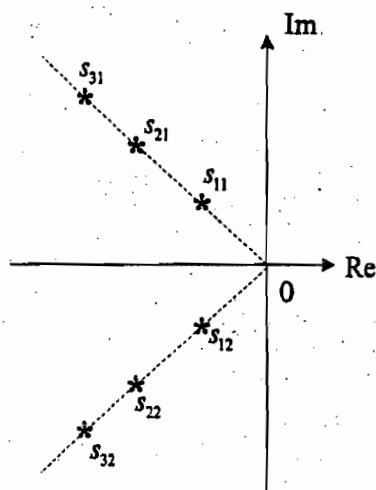


图 2

- 3) 设单位负反馈最小相位系统开环增益 $K=6$ 时的开环传递函数 Nyquist 图如图 3 所示, 试求使闭环系统稳定的 K 的取值范围。

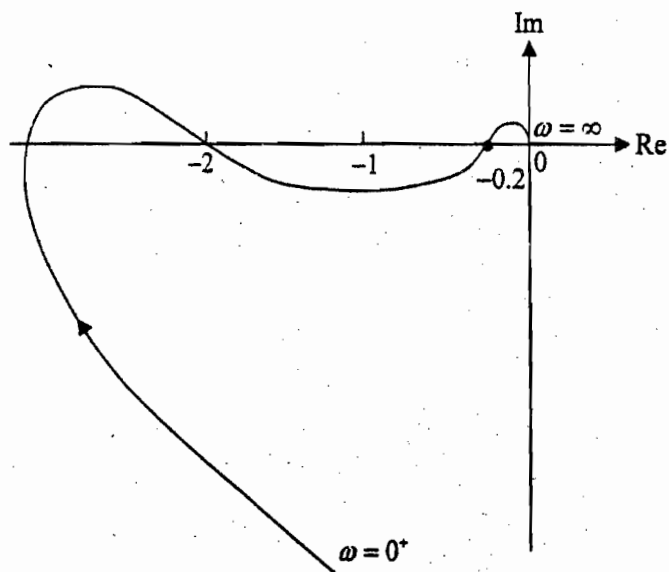


图 3

- 4) 设单位负反馈系统的 Bode 图如图 4 所示, 试根据图确定系统的剪切频率 ω_c 、相角裕度 γ 和幅值裕度 K_g (正值的幅值裕度 K_g)。

第 3 页
共 8 页

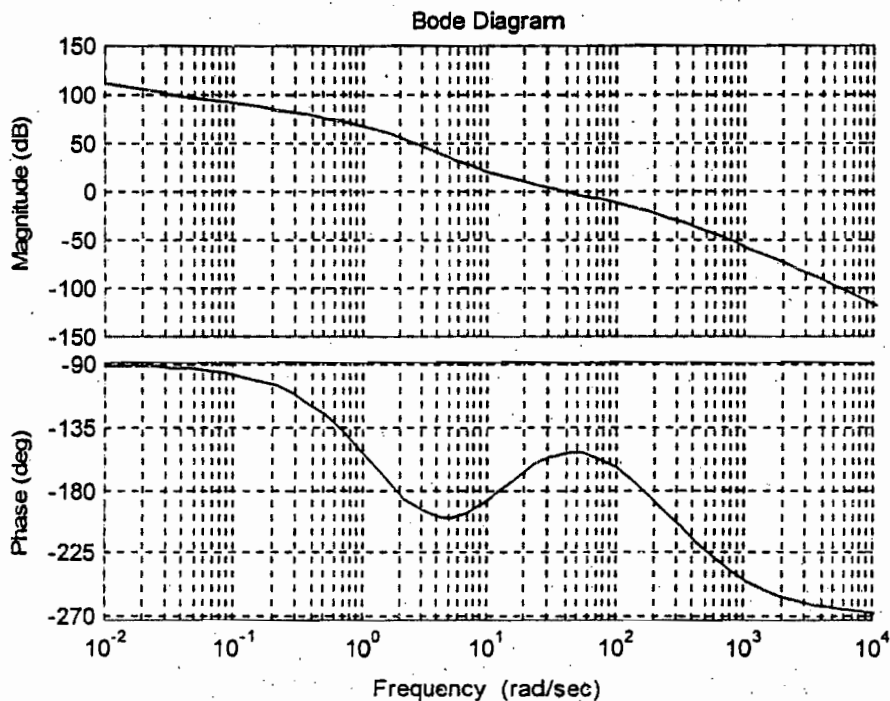


图 4

- 5) 离散系统的方框图如图 5 所示, 试求输出信号 z 变换函数 $C(z)$ 的表达式。

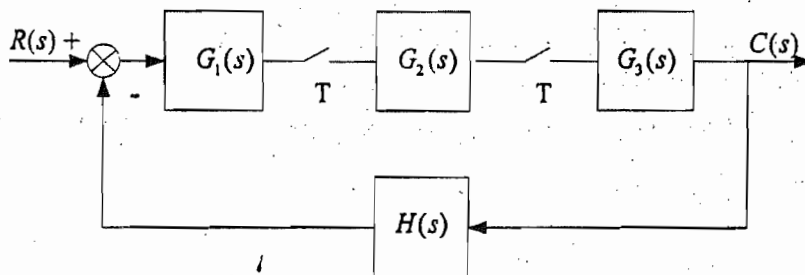


图 5

2. (10 分) 控制系统如图 6 所示。要求干扰信号 $F(s)$ 对系统的输出

没有影响, 试确定 $G_b(s)$ 的表达式。

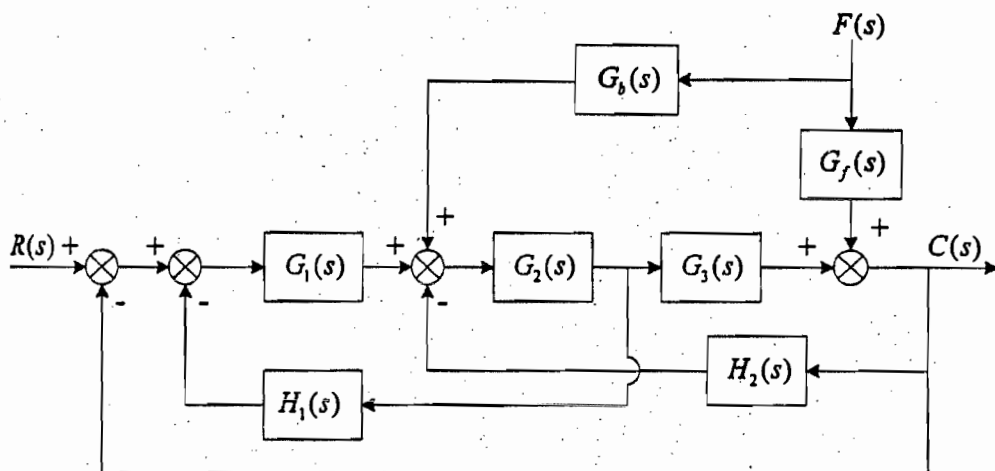


图 6

3. (15 分) 设控制系统如图 7 所示。

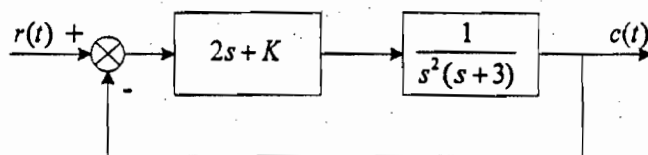


图 7

- 1) (10 分) 试绘制 $0 \leq K < \infty$ 的根轨迹的大致图形。(要求在图上标出根轨迹图的各特征点的值)
- 2) (5 分) 若希望闭环系统的一对极点为 $s_{1,2} = -0.35 \pm j0.5$, 试用根轨迹的条件确定 K 值;

4. (15 分) 单位负反馈系统的开环传递函数的 Nichols 图如图 8 所示。第 5 页
共 8 页

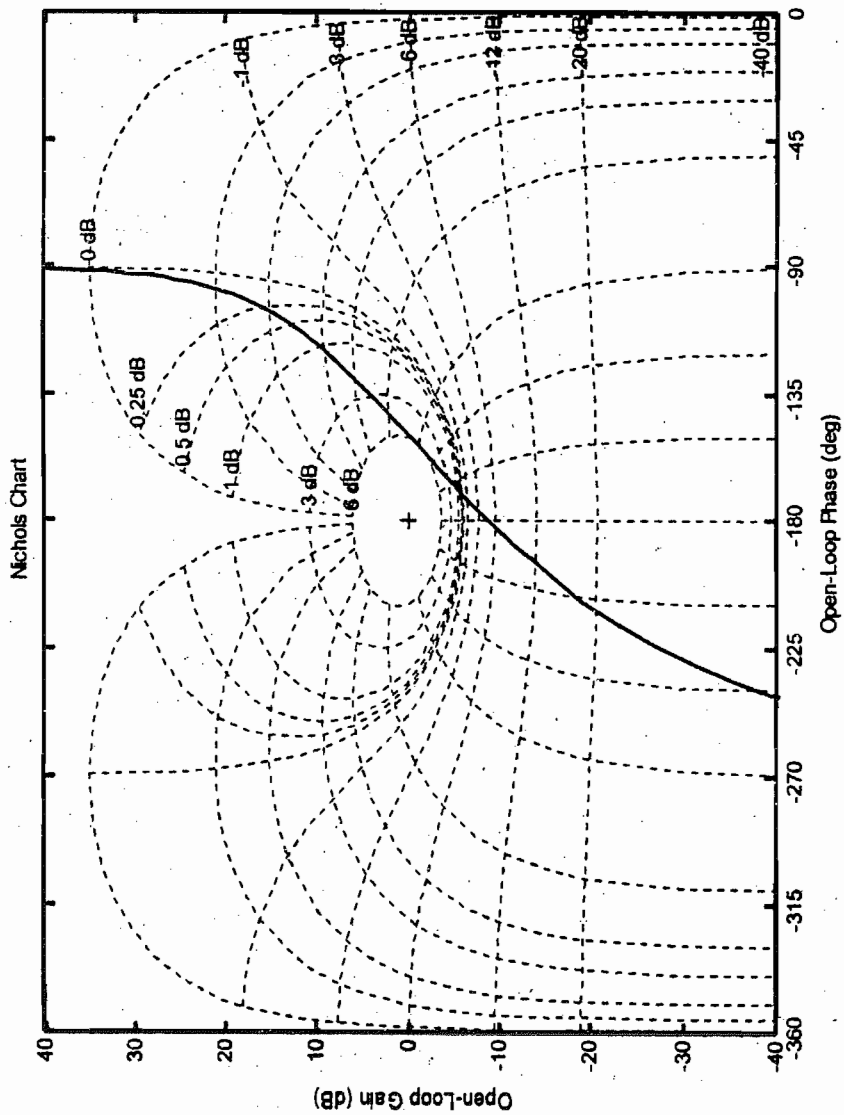


图 8

- 1) (5 分) 判断闭环系统的稳定性;
- 2) (5 分) 试说明如何从图中读取系统的相角裕度和幅值裕度, 并给出此系统的相角裕度和幅值裕度的值(从图 8 中读取即可);
- 3) (5 分) 试给出此系统的闭环谐振峰值。

5. (15 分) 控制系统如图 9 所示。其中 $G_c(s) = k_c \left(\frac{\tau s + 1}{a\tau s + 1} \right)$ 为串联校正装置, 要求系统满足:

- 1) 速度误差系数 $k_v = 20 \text{ s}^{-1}$;
- 2) 相角裕度 $\gamma \geq 45^\circ$;
- 3) 剪切频率 $\omega_c \geq 6 \text{ rad/s}$ 。

试求串联校正装置的参数 k_c , τ 和 a 。

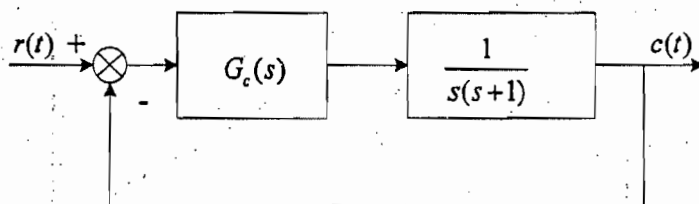


图 9

6. (15 分) 已知采样系统的方框图如图 10 所示。试确定能使闭环系统稳定的 K

的取值范围。已知: $Z\left(\frac{1}{s+a}\right) = \frac{z}{z - e^{-aT}}$, $Z\left(\frac{1}{(s+a)^2}\right) = \frac{Tze^{-aT}}{(z - e^{-aT})^2}$ 。

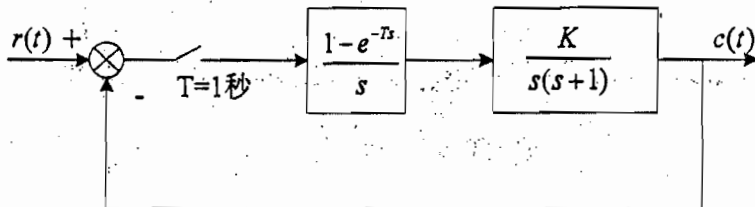


图 10

7. (15 分) 非线性系统的方框图如图 11 所示, 其中 $M=1$, $e_0=1$, $m=-1$, c 和 k 为正常数。

第 7 页
共 8 页

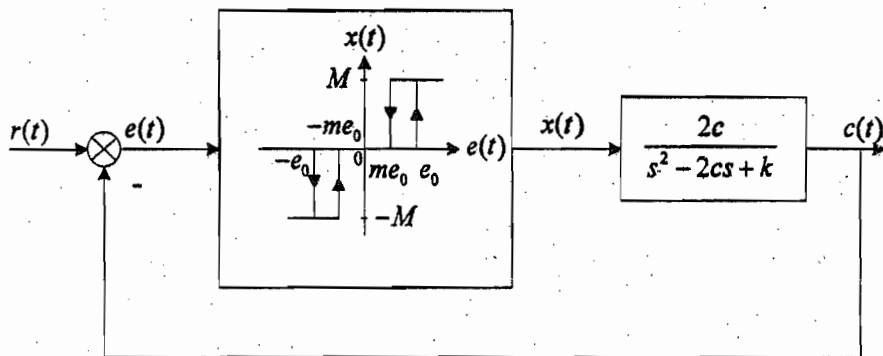


图 11

- 1) (10 分) 试用描述函数法分析此系统的稳定性;
- 2) (5 分) 判断系统是否存在自持振荡, 若存在试计算振幅及振荡频率。

已知: 继电器特性的描述函数为

$$N(A) = \frac{2M}{\pi A} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{me_0}{A}\right)^2} + \sqrt{1 - \left(\frac{e_0}{A}\right)^2} \right] + j \frac{2Me_0}{\pi A^2} (m-1), \quad A \geq e_0$$

8. (15 分) 设线性定常系统为

$$\dot{x} = Ax + bu$$

其中 $A = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 1 \\ 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix}$, $\lambda \neq 0$. 试问能否取合适的 $b \in R^3$, 使系统是状态完全

能控的。若能控, 给出 b 的选取方法, 若不能控, 说明理由。

9. (15 分) 设系统的状态空间表达式为

第 8 页
共 8 页

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [1 \ 0] x$$

试计算此系统的状态转移矩阵;

10. (15 分) 设被控对象由如下微分方程描述

$$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \theta = u$$

其中 ω_0 为常数, u 为控制输入, θ 为输出。

- 1) (5 分) 给出此对象的状态方程;
- 2) (10 分) 采用状态反馈使系统的闭环极点为: $-2 \pm j3$, 试计算状态反馈增益阵。

$$\dot{\Theta} = X,$$

$$\Theta = X_v$$

二〇一〇年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [801] 是否允许使用计算器: [是]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

单独考试的考生, 只答一至八题, 分值另定。

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150 分

一、(15 分)设有图 1 所示的系统, m_1 和 m_2 为质量, f 为粘性阻尼系数, k 为弹性系数, 摩擦可忽略不计, x_1 是 m_1 的位移, x_2 是 m_2 的位移, $u(t)$ 为外作用力, $y(t)$ 为输出量。试列写系统的运动微分方程式, 并求系统的传递函数 $Y(s)/U(s)$ 。

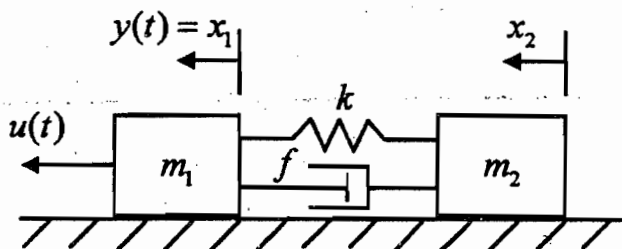


图 1

二、(15 分)已知图 2 所示随动系统的输入 $r(t) = 2 \sin t$, 扰动 $f(t) = 1(t)$, 试求系统的稳态误差(表达式)。

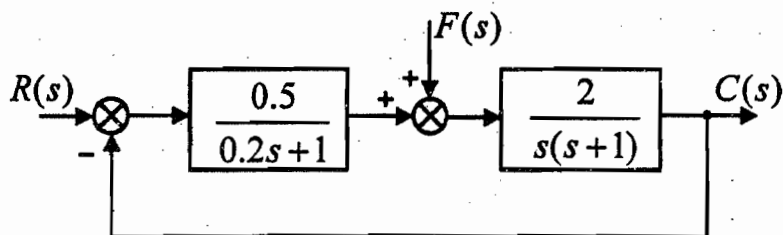


图 2

三、(15分)已知某单位负反馈线性定常系统的开环传递函数为

第 2 页
共 5 页

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^3 + as^2 + 2s + 1}$$

若系统以 $\omega_n = 3 \text{ rad/s}$ 的角频率作等幅振荡, 试确定在这种情况下参数 K 与 a 的值。

四、(15分)给定如图 3 所示的系统; 为使其闭环主导极点为 $s_{1,2} = -3 \pm j3$, 求增益 K_1 及反馈系数 α 的值。(提示: 可利用根轨迹法的条件求解)

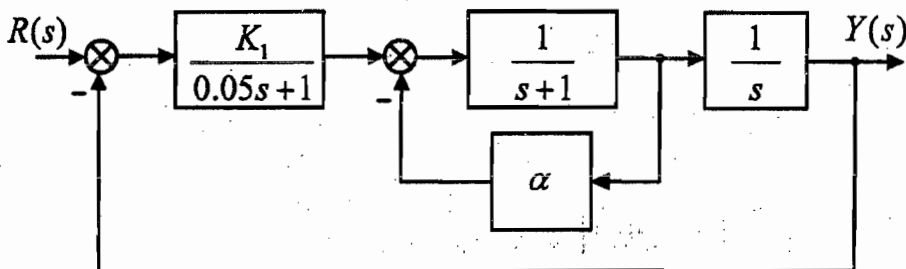


图 3

五、(15分)某系统如图 4 所示, 其中 $H(s)$ 为反馈校正环节, 未校正前的开环传递函数 $25G_0(s)$ 为稳定的最小相位系统, 其渐近对数幅频特性如图 5 所示。现希望通过反馈校正, 使校正后系统开环渐近对数幅频特性的低、高频段和校正前的重合, 而中频段渐近对数幅频特性的斜率为 -20dB/dec , 开环剪切频率为 $\omega_c = 10 \text{ rad/s}$, 中频段宽度为 100 倍频程。试回答:

- (1) (7分)在答题纸上绘制出满足上述要求的校正后的开环渐近对数幅频特性大致图形, 并标注上有关特征点的数据;
- (2) (8分)求取满足上述要求的反馈校正环节的传递函数 $H(s)$ 。

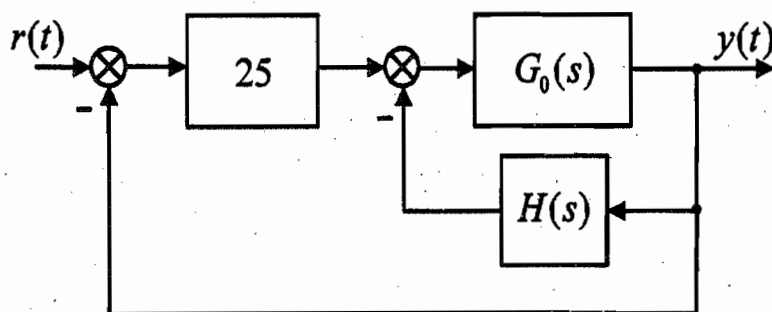


图 4

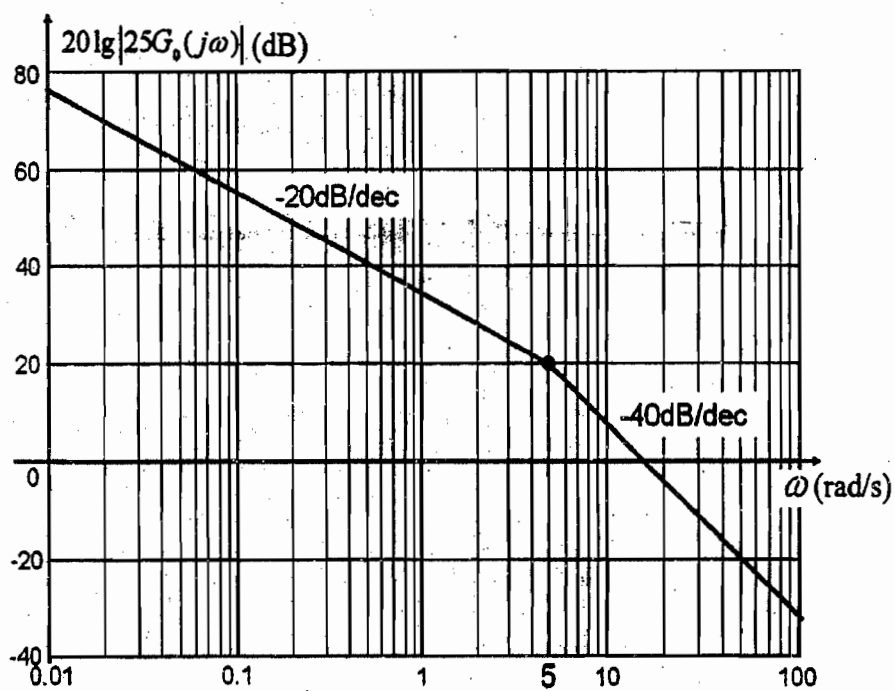


图 5

六、(15 分)求图 6 所示系统稳定所容许的最大延迟时间 τ 。

第 4 页
共 5 页

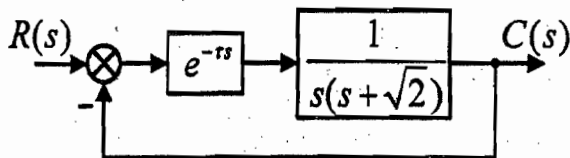


图 6

七、(15 分)某离散系统如图 7 所示, 求该系统从输入到输出的闭环脉冲传递函数。

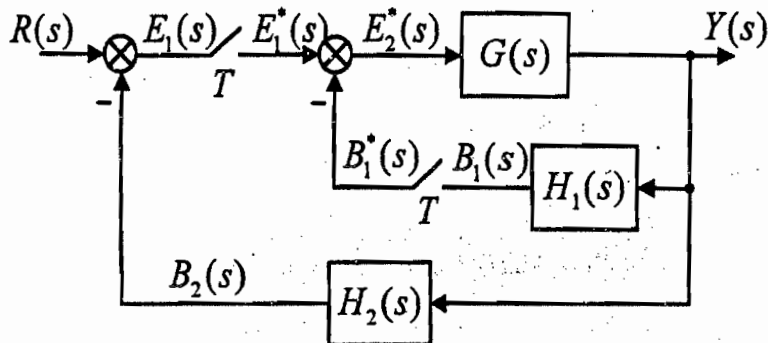


图 7

八、(15 分)某非线性系统如图 8 所示。试判断系统是否产生自持振荡? 若产生自持振荡, 需写出判断的依据, 并确定其振荡的角频率和幅值; 若不产生自持振荡, 说明理由。

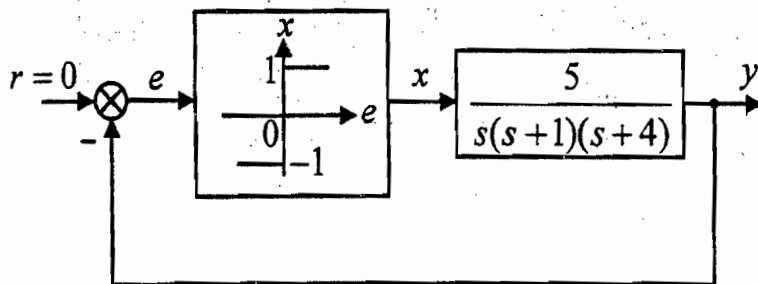


图 8

九、(15 分)控制系统的框图如图 9 所示, 写出以 $r_1(t)$ 、 $r_2(t)$ 为输入, $y(t)$ 为输出的系统状态空间表达式。(要求: 状态变量的编号按图中从左到右顺序排列, 图中标有“D”点处为最后一个状态变量)

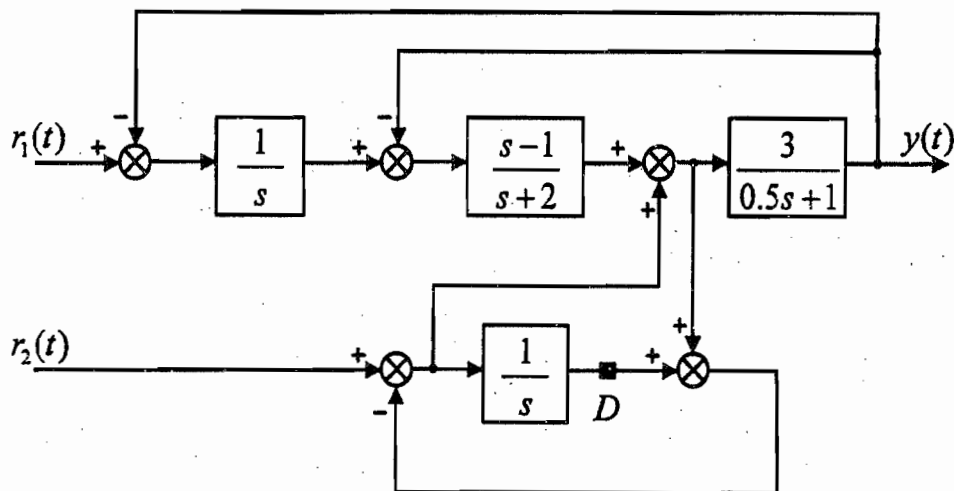


图 9

十、(15 分)已知某线性定常系统的传递函数为

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

试设计一个带有全维状态观测器的反馈系统, 使系统的闭环极点为:

$$s_1 = -2, \quad s_2 = -1 + j, \quad s_3 = -1 - j$$

状态观测器的特征值均为 -5 。

要求: 给出状态反馈增益矩阵及状态观测器的方程。

二〇一一年硕士研究生入学考试试题

考试科目： 控制原理

报考专业： 控制科学与工程

考试科目代码： [801]

是否允许使用计算器： [是]

考生注意：答案务必写在答题纸上，并标明题号。答在试题上无效。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150

1. (15 分) 求如图 1 所示电路的传递函数 $\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$ 。

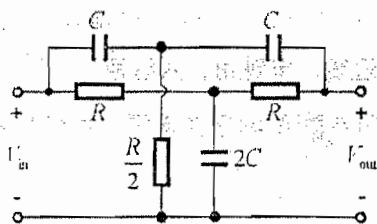


图 1

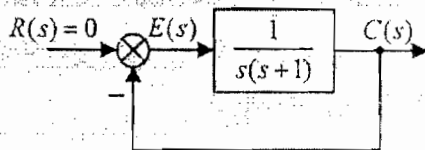


图 2

2. (15 分) 设图 2 所示单位负反馈系统的开环传递函数为

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

已知系统误差信号的初始条件为 $e(0) = -1$, $\dot{e}(0) = 0$, 试求此系统在此非零初始条件下的输出响应 $c(t)$ 的表达式。

3. (15分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为

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

第 2 页

共 4 页

试求闭环系统在输入信号 $r(t) = \sin(t + 30^\circ) - 2\cos(2t - 45^\circ)$ 作用下稳态误差的解析表达式。

4. (15分) 设系统如图 3 所示。其中 $N(s)$ 表示干扰信号, $R(s)$ 表示输入信号, $C(s)$ 表示输出信号。

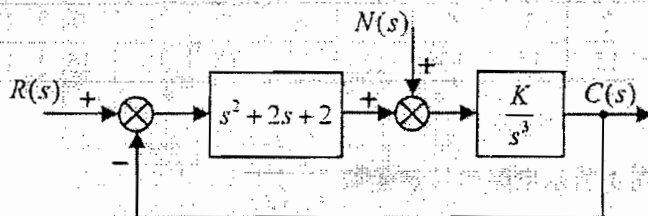


图 3

- (1) 画出闭环系统根轨迹的大致图形, 标出渐近线、出射角、入射角;
- (2) 根据虚轴上的交点, 确定使闭环系统稳定的参数 K 的取值范围, 并用劳斯稳定判据进行检验。

5. (15分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{2}{s(s+1)(0.02s+1)}$$

设计一个串联校正装置, 使得系统满足下列指标:

- (1) 跟踪单位斜坡输入信号时的稳态误差为 0.01;
- (2) 开环剪切频率为 $0.6 \leq \omega_c \leq 1$ rad/s;
- (3) 开环相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$ 。

要求写出校正装置的传递函数, 并检验设计结果是否满足上述指标。

6. (15 分) 已知单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{1}{s(T_1s+1)(T_2s+1)}$$

其中 $T_1 > 0$, $T_2 > 0$, 回答下列问题:

- (1) 画出开环频率特性 Nyquist 曲线的概略图形;
- (2) 依据 Nyquist 判据确定使闭环系统临界稳定的参数 T_1 , T_2 应满足的条件。

7. (15 分) 求 $r(t) = 1(t)$ 时, 图 4 所示系统输出响应 $c^*(kT)$ 序列的表达式, 并画出 $kT \leq 5T$ 的时间响应曲线。(保留小数点后两位有效数字)

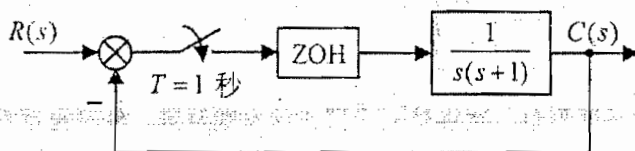


图 4

注: $\frac{1}{s+a}$ 的 z 变换式为 $\frac{z}{z-e^{-aT}}$, $\frac{1}{s^2}$ 的 z 变换式为 $\frac{Tz}{(z-1)^2}$ 。

8. (15 分) 设当图 5 所示系统的初始条件分别为

- (1) $e(0) = -0.5$, $\dot{e}(0) = -0.1$;
- (2) $e(0) = 5$, $\dot{e}(0) = 0$

时, 在 $e-\dot{e}$ 平面上绘制相轨迹图, 并根据所得的相轨迹图对系统的性能进行讨论。

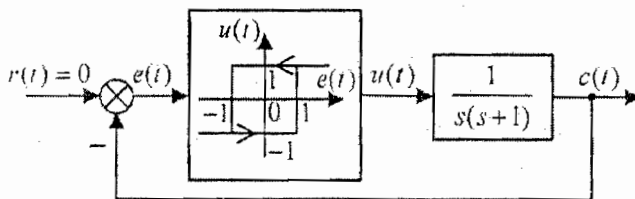


图 5

9. (15分) 已知系统的传递函数矩阵为

第 4 页
共 4 页

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{1}{s+1} & \frac{1}{s+2} & \frac{1}{s+3} \end{bmatrix}^T$$

试求系统的能控规范型实现。

10. (15分) 设系统的状态空间表达式为

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -5 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 100 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x$$

其中

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

若该系统的状态 x_2 不可测量，试设计一个降维状态观测器，使降维观测器的极

点为 -10，要求写出降维观测器动态方程，并写出状态 x_2 的估计方程。

哈尔滨工业大学

第 1 页
共 5 页

二〇一二年硕士研究生入学考试试题

考试科目: 控制原理 报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [801] 是否允许使用计算器: [是]

考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150

1、(15 分)系统结构如图 1 所示, 直接用梅森公式求系统的传递函数 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 。

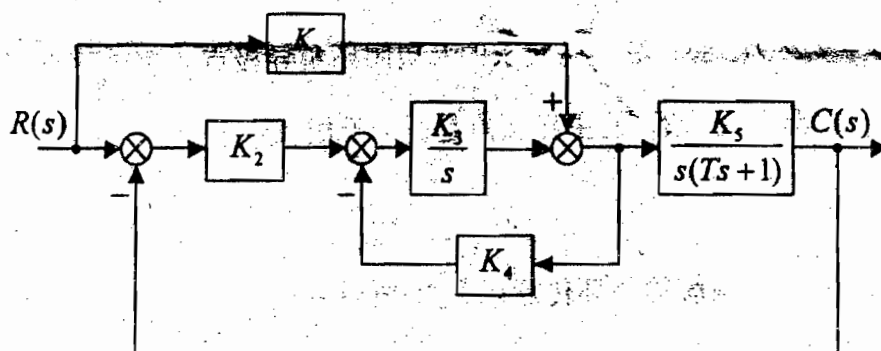


图 1

2、(15 分)单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^3 + 0.75s^2 + 2s + 1}$$

试用 Routh 稳定判据来确定此系统产生振荡时的 K 值。

3、(15 分) 某单位负反馈系统前向通道的固有传递函数为

$$G_0(s) = \frac{k}{s(s+1)(s+6)}$$

回答下列问题:

(1) 画出以开环增益为参数的闭环系统根轨迹略图。(要求: 画出相应的根轨迹渐近线、标注根轨迹与虚轴的交点坐标、标注根轨迹的汇合点分离点坐标)

(2) 若要求闭环系统单位阶跃响应的超调量为 10%, 过渡过程时间为 9 秒 ($\Delta = 2\%$), 求满足上述要求的希望闭环主导极点。

(3) 试验算上述 (2) 的主导极点是否位于根轨迹上。

4、(15 分) 设某系统的闭环传递函数为 $\Phi(s) = \frac{1}{s^2 + 2\zeta s + 1}$, 当输入信号为 $r(t) = 5\sin t$ 时, 系统输出稳态分量的幅值为 10。试确定输入信号为 $r(t) = A\sin \omega t$ 时, 系统输出稳态分量幅值大于 A 的频率范围。

5、(15 分) 某负反馈系统的开环频率特性 $G(j\omega)$ 的 Nyquist

第 3 页
共 5 页

曲线如图 2 所示, 已知该系统没有正实部开环极点, 图中

$$G(j5) = -j1.4, \quad G(j10) = -1.3, \quad G(j250) = j0.7.$$

(1) 试判断该闭环系统的稳定性。

(2) 若在前向通道再串入一个积分环节 $\frac{1}{s}$, 试判断闭环系统的稳定性。

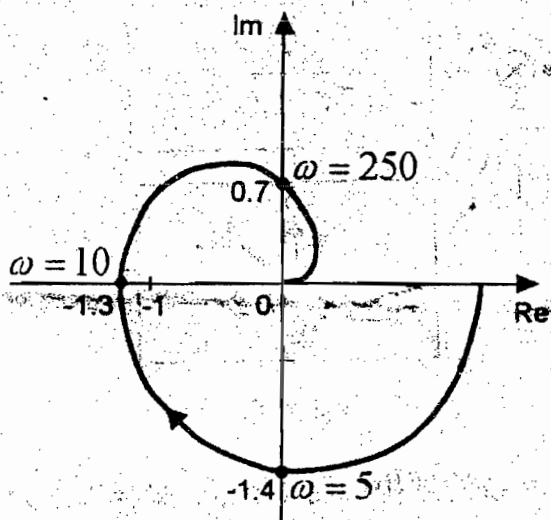


图 2

6、(15 分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{200}{s(0.1s+1)(0.02s+1)(0.01s+1)}$$

要求系统的性能指标为:

(1) 单位阶跃响应的调整时间 $t_s \leq 0.7 \text{ sec}$;

(2) 单位阶跃响应超调量 $\sigma_p \leq 30\%$ 。

试设计一个串联校正环节 $G_c(s)$ 满足上述性能指标。

7、(15 分) 某系统的结构如图 3 所示，反馈通道的测量元件具有饱和特性，试确定使闭环系统稳定的前向通道增益 K 的取值范围。注：饱和特性的描述函数为

$$N(A) = \frac{2k}{\pi} \left[\arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \left(\frac{a}{A} \right)^2} \right], \quad A \geq a, \quad k \text{ 为线性段的斜率。}$$

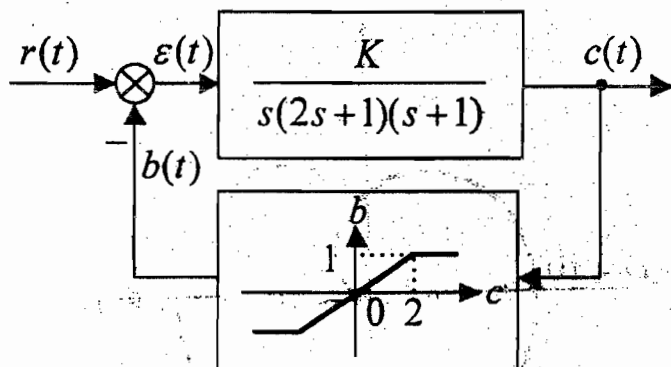


图 3

8、(15 分) 一个采样系统的结构如图 4 所示，采样周期为 $T = 1$ 秒，回答下列问题：

- (1) 求使闭环系统稳定的放大系数 K 的取值范围；
- (2) 若输入信号为 $r(t) = t$ ，求此采样系统稳态误差的表达式。

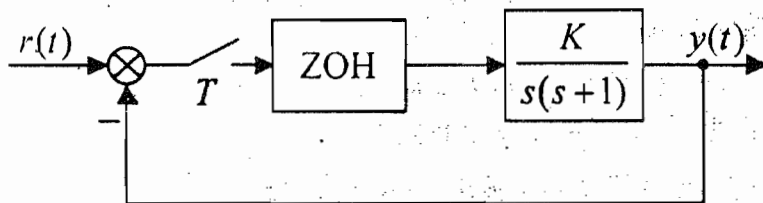


图 4

9、(15 分)已知系统的传递函数为

第 5 页
共 5 页

$$G(s) = \frac{2s + 8}{2s^3 + 12s^2 + 22s + 12}$$

试求系统的能控规范型实现。

10、(15 分) 设系统的状态空间表达式为

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -6 & -5 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = [1 \ 0 \ 0] x$$

试设计一个全维状态观测器，使其极点为 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = -3$ ，要求写出观测器动态方程。

2013 哈尔滨工业大学

第 1 页
共 5 页

硕士研究生入学考试试题

考试科目: 控制原理

报考专业: 控制科学与工程

考试科目代码: [801]

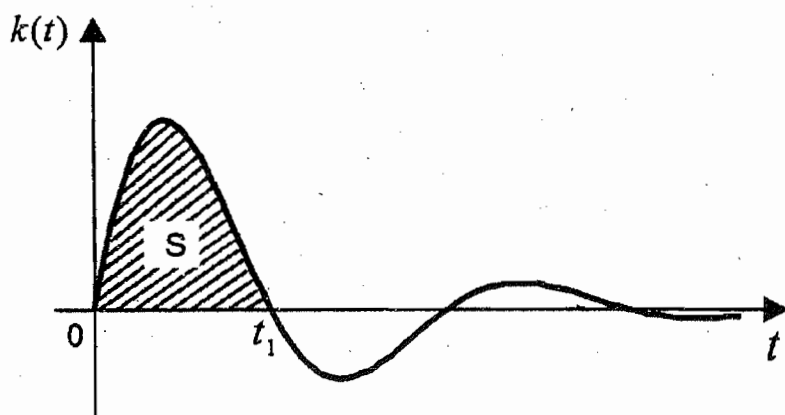
考生注意: 答案务必写在答题纸上, 并标明题号。答在试题上无效。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150

1、(15 分)二阶定常系统 $\Phi(s) = \frac{m}{s^2 + ns + m}$ 的单位脉冲响应如图所示, 其中 m 、

n 为大于零的实常数, 图中阴影部分 S 的面积为 1.163, 时刻 $t_1 = 0.7255$ 秒。

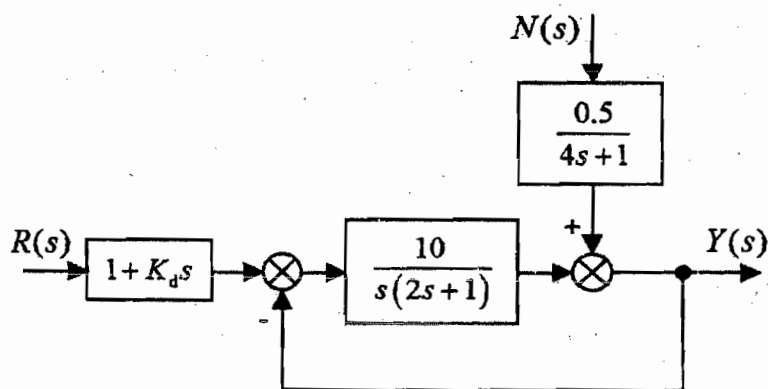
求该系统在输入信号 $r(t) = 20 \sin(3t + 30^\circ)$ 作用下稳态输出的表达式。



第 1 题图

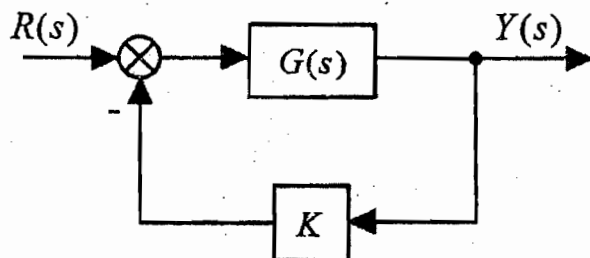
2、(15 分) 控制系统如图所示, 定义误差 $e(t) = r(t) - y(t)$, 设输入信号 $r(t)$ 和扰动信号 $n(t)$ 均为单位斜坡函数。求使系统稳态误差为零的 K_d 的值。

第 2 页
共 5 页

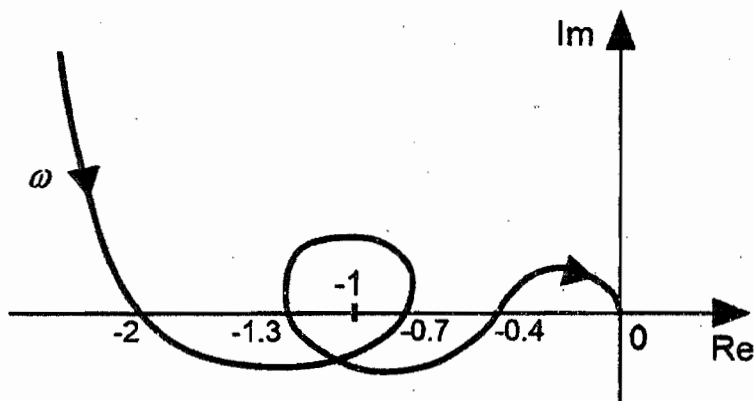


第 2 题图

3、(15 分) 设系统结构如图 (a) 所示, 其中 $G(s) = \frac{G_0(s)}{s^3}$, $G_0(s)$ 有两个正实部的极点, 且满足 $\lim_{s \rightarrow 0} G_0(s) = 1$ 。当 $K = 10$ 时, 系统开环频率特性的 Nyquist 曲线如图 (b) 所示。求使闭环系统稳定的 K 值的范围。



第 3 题图 (a)



第 3 题图 (b)

4、(15 分) 某负反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{10}{s(s+4)(s+20)}$$

为使闭环系统达到下列性能指标:

- (1) 一对闭环主导极点为 $s_{1,2} = -4 \pm j4$;
- (2) 系统跟踪输入信号 $r(t) = 5t$ 的稳态误差为 0.1。

引入串联校正装置 $G_c(s) = \frac{k_c(s+1)(s+f)}{(s+g)(s+0.005)}$, 试用根轨迹法求该校正装置传递函数的参数 k_c 、 f 和 g 。

5、(15 分) 已知某负反馈系统的开环传递函数为 $G(s)H(s) = \frac{K(s+5)}{s(s-2)}$, $K > 0$ 。

画出系统的开环 Nyquist 曲线 (极坐标图) 的大致形状; 并判断当 $K = 1$ 时闭环系统的稳定性, 若不稳定, 则还需求出正实部闭环极点的个数。

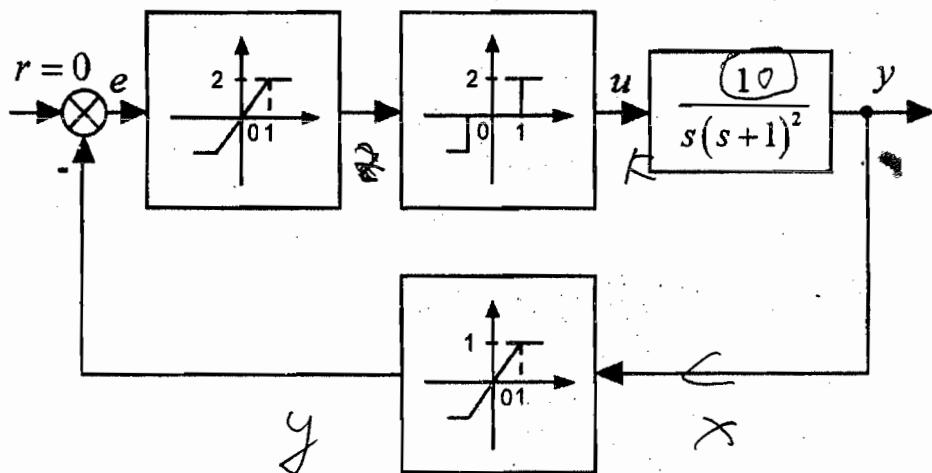
6、(15 分) 设单位负反馈系统的开环传递函数为

第 4 页
共 5 页

$$G_0(s) = \frac{10}{s(s+1)(s+2)}$$

要求设计一个串联校正装置, 使校正后系统的开环增益为 5, 相角裕度不低于 40° , 幅值裕度不小于 10dB。

7、(15 分) 设非线性系统的结构如图所示, 求系统自持振荡的振幅和角频率。



第 7 题图

8、(15 分) 设矩阵 A 为 2×2 的常数矩阵, 系统的状态方程为 $\dot{x} = Ax$, 当

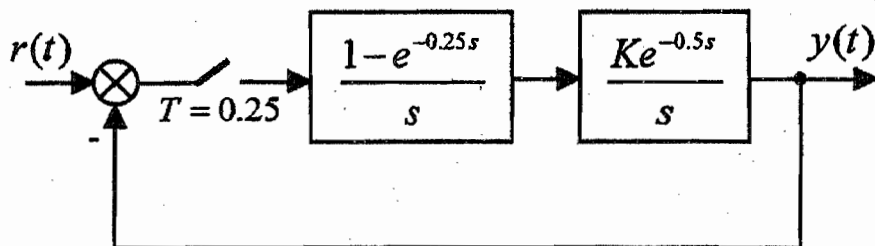
$x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$ 时, $x(t) = \begin{bmatrix} e^{-2t} \\ -e^{-2t} \end{bmatrix}$; 当 $x(0) = \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \end{bmatrix}$ 时, $x(t) = \begin{bmatrix} 2e^{-t} \\ -e^{-t} \end{bmatrix}$ 。试求

矩阵 A 。

$$\begin{aligned} (e^{At})' \big|_{t=0} &= A \\ e^{Ae} \big|_{e=0} &= I \\ (e^{Ae})' &= Ae^{Ae} \end{aligned}$$

9、(15 分) 采样系统的结构如图所示,

第 5 页
共 5 页



第 9 题图

(1) 求使闭环系统的单位阶跃响应呈现过阻尼、欠阻尼和发散时, 各自的 K 的取值范围;

(2) 输入 $r(t) = 2 + t$, 欲使稳态误差小于 0.5, 求 K 的取值范围。

10、(15 分) 某系统的状态空间表达式为

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{cases}$$

试设计一个带全维状态观测器的状态反馈控制系统, 使观测器的极点均为 -3 , 闭环系统的极点为 $-5 \pm j5$, 要求写出观测器方程、状态反馈控制律之表达式, 并画出带观测器闭环系统的系统结构图。

哈尔滨工业大学 2014 年

第 1 页
共 5 页

硕士研究生入学考试试题

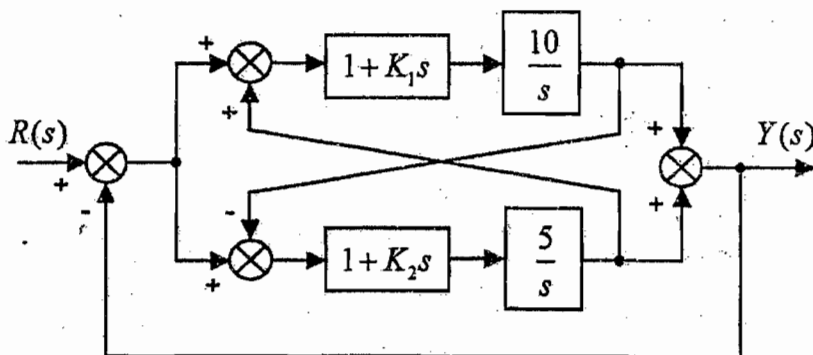
考试科目： 控制原理 报考专业： 控制科学与工程

考试科目代码： [801]

考生注意：答案务必写在答题纸上，并标明题号。答在试题上无效。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总分
分数	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150 分

1、(15 分) 某控制系统的方块图如图 1 所示，试求闭环传递函数 $\frac{Y(s)}{R(s)}$ 。



第 1 题图

2、(15 分) 某单位负反馈系统的闭环传递函数为

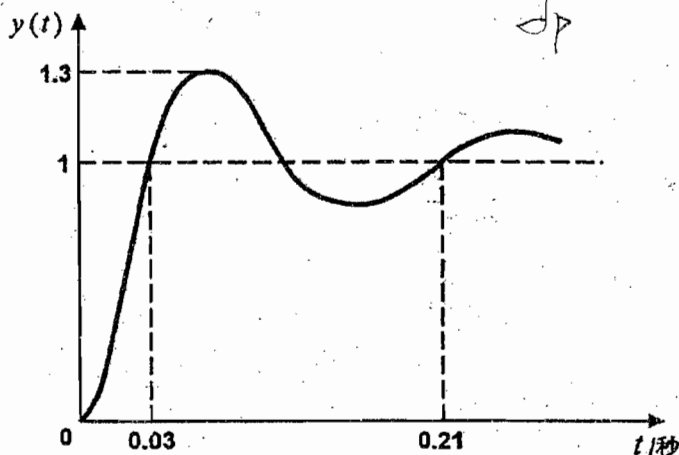
第 2 页
共 5 页

$\Phi(s) = \frac{m}{s^2 + ns + m}$ ，其单位阶跃响应如图 2 所示，其中 m 、 n 为大

于零的实常数，解答下列问题：

(1) 若给该闭环系统输入单位斜坡信号，试求系统的稳态误差；

(2) 若给该闭环系统输入正弦信号 $r(t) = 5\sin\omega t$ ，试求当角频率 ω 为何值时系统的稳态输出幅值最大？并求该最大稳态输出幅值。



第 2 题图

3、(15 分) 设单位负反馈系统的闭环传递函数为

$$\Phi(s) = \frac{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1) \cdots (\tau_m s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \cdots (T_m s + 1)}$$

试求该系统在单位斜坡输入信号作用下的稳态误差。

4、(15 分) 已知某负反馈系统的开环传递函数为

第 3 页
共 5 页

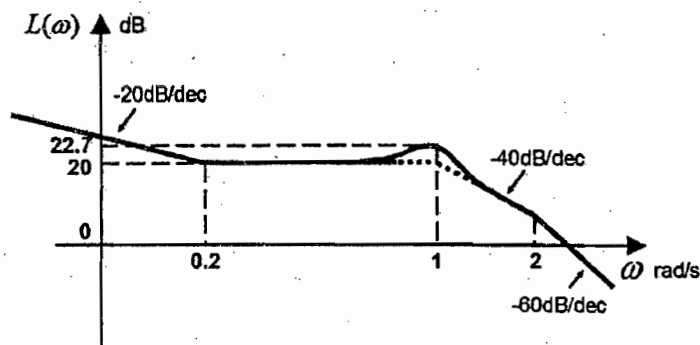
$$G(s)H(s) = \frac{k(s+\tau)(s+2)}{s(s+1)(s^2+2s+2)}$$

(1) 画出当参数 $\tau = 0.2$ 时系统根轨迹的大致图形, 要求标出渐近线的位置、有关的出射角或入射角。

(2) 试求参数 τ 的取值范围, 使得当 k 从 $0 \rightarrow +\infty$ 变化时, 闭环系统恒稳定。

5、(15 分) 某单位反馈最小相位系统的开环对数幅频特性如图 5 所示, 解答下列问题:

- (1) 求开环传递函数;
- (2) 求系统的开环剪切频率和相角裕度。



第 5 题图

6、(15 分) 某单位反馈系统的开环传递函数为 $G_0(s) = \frac{8}{s(s+2)}$, 试设计一个校正环节, 使得系统满足:

- (1) 在信号 $r(t) = t$ 的作用下的稳态误差为 0.05;
- (2) 系统的相角裕度 $\gamma \geq 45^\circ$, 开环剪切频率 $\omega_c \geq 10 \text{ rad/s}$ 。

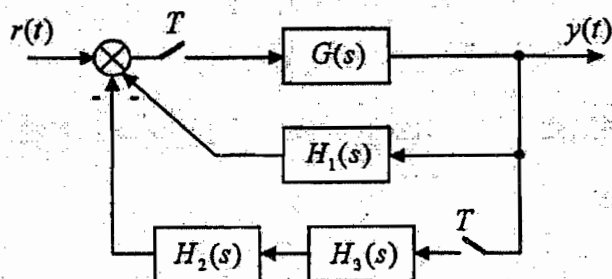
要求写出校正环节的传递函数, 并画出校正后系统的开环对数渐近幅频特性之略图。

173.66
53

-128.66

- [-135 + 90i - 90i]

7、(15 分) 求如图 7 所示采样系统的脉冲传递函数。



第 7 题图

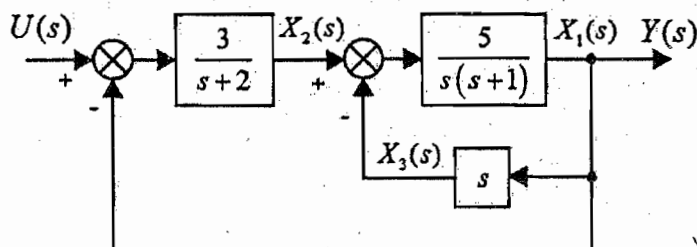
8、(15 分) 已知非线性系统的微分方程为

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1(x_1^2 + x_2^2 - 1)(x_1^2 + x_2^2 - 9) - x_2(x_1^2 + x_2^2 - 4) \\ \dot{x}_2 = x_2(x_1^2 + x_2^2 - 1)(x_1^2 + x_2^2 - 9) + x_1(x_1^2 + x_2^2 - 4) \end{cases}$$

试分析系统奇点的类型，判断系统是否存在极限环。

9、(15 分) 已知系统的方块图如图 9 所示，解答下列问题：

- (1) 按照图示的状态变量建立系统的状态空间表达式；
- (2) 画出系统结构图。



第 9 题图

10、(15 分) 已知系统的状态方程为

第 5 页
共 5 页

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix} u(t), \quad x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

试求系统在单位阶跃输入信号作用下的状态响应解析式。