哈尔滨工业大学2005年控制原理研究生入学考题

1.（15分）控制系统如图1所示，

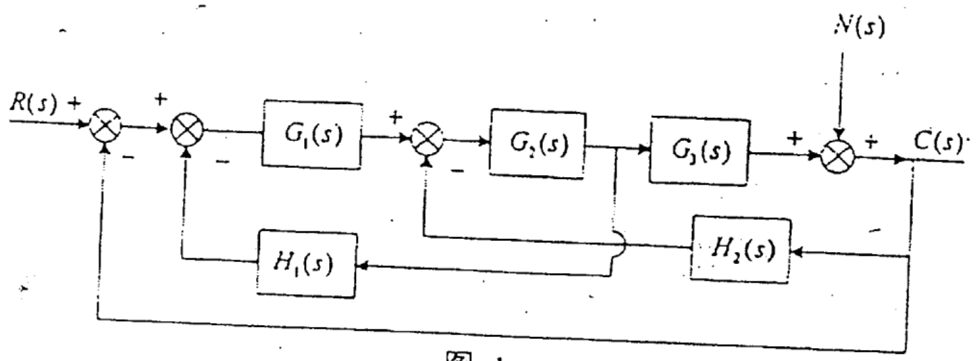


图 1

1)（8分）$N(s)=0$时，求闭环传递函数$\Phi(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}$；$=\dfrac{G_1G_2G_3}{1+G_1G_2G_3+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2}$

2)（7分）$R(s)=0$时，求闭环传递函数$\Phi_N(s)=\dfrac{C(s)}{N(s)}$。$=\dfrac{1+G_1G_2H_1}{1+G_1G_2H_1+G_1G_2G_3+G_2G_3H_2}$

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：

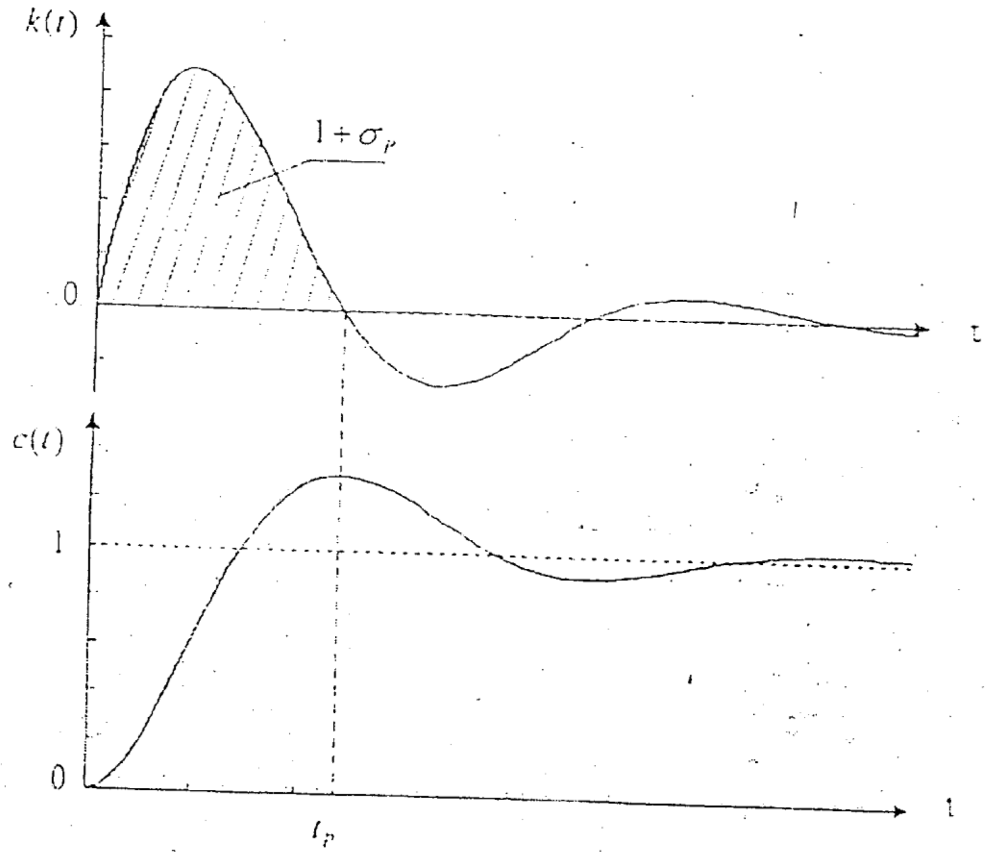


图 2

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 $G_C(s) = k\dfrac{s+z_C}{s+p_C}, p_C = 15$ 。

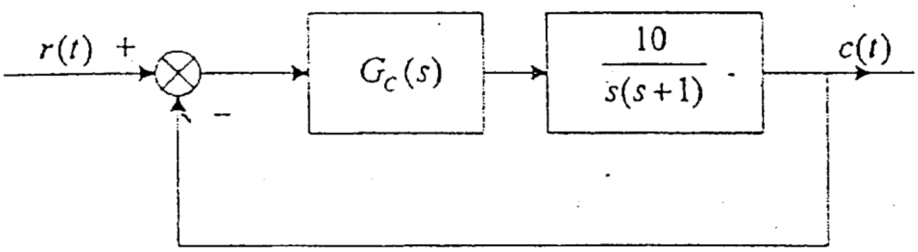


图 3

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：

$k\frac{s+4}{s+13.84} \Rightarrow 4.79\frac{s+4}{s+13.84}$

阻尼比 $\varsigma = 0.5$

调整时间 $t_s = 2s \quad (\Delta - 0.02)$

要求：列出根轨迹法确定 k 和 z_C 的整个过程。

4、（15 分）离散系统如图 4 所示，

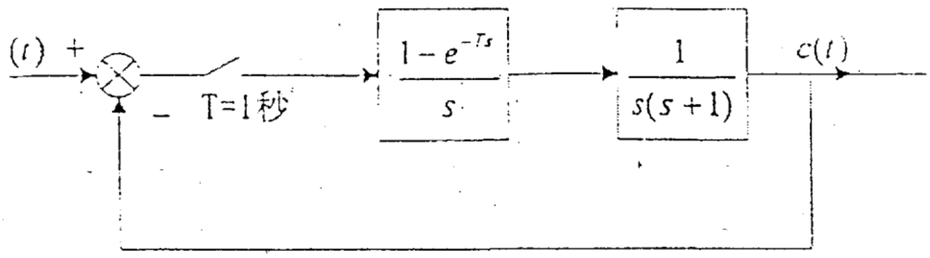


图 4

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 $Z\left(\dfrac{1}{s}\right) = \dfrac{z}{z-1}$，

0 1.368 0.632 0.368

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

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。

解：所

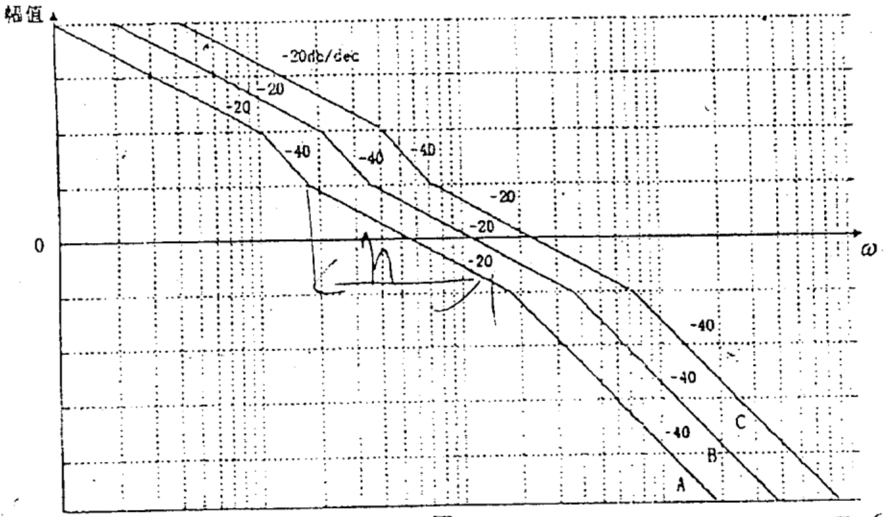


图 5

$e_{ssA}=e_{ssB}=e_{ssC}$

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 $K_A \overset{<}{,} K_B \overset{<}{,} K_C$ 的大小；

$\sigma_{pA}=\sigma_{pB}=\sigma_{pC}$

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 $\sigma_{pA}, \sigma_{pB}, \sigma_{pC}$；

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，

由 0.01 → 40dB ⇒ 0.1 ⇒ 20dB

⇒ 1 ⇒ 0dB

∴ K = 1

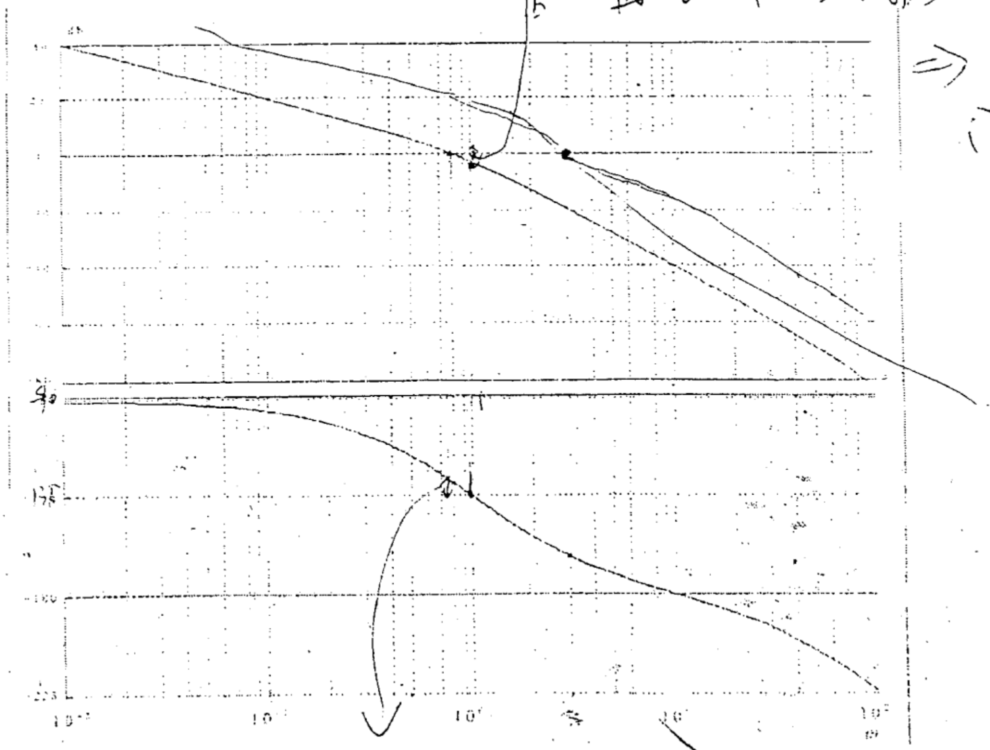


图 6

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；100

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 $K_g = 20db$ 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。$\gamma - 0.1\omega_c \times 57.3^{\circ}$

7、（15 分）具有非线性反馈的控制系统如图 7 所示，

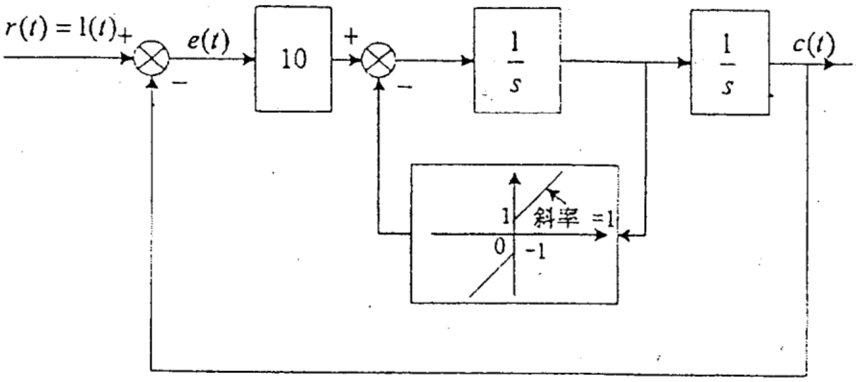


图 7

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 状态空间表达式分别为：

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

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

$$\begin{bmatrix} \dot{\xi}_1 \\ \dot{\xi}_2 \\ \dot{\eta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -3 & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}u_2$$

$$y_1 = [-2 \;\; 1 \;\; 0]\begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \eta \end{bmatrix}$$

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：$X\left[\xi^T \quad \eta\right]^T$；

2）（7 分）判断串联后系统的能控性、能观性。

9、（15 分）系统的传递函数为

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

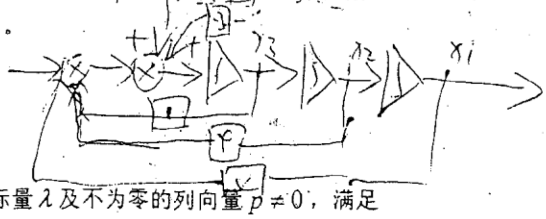
$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2 & -3 \end{bmatrix}x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}u$$

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

$$[4 \quad 4 \quad 1]$$

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：

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

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

$$Ap = \lambda p$$
$$Cp = 0$$

则系统不是状态完全可观测的。

证明：假设是完全可观测的 则 $\mathrm{rank}\begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix} = n$ 而 $CP = 0$ $CAP = \lambda CP = 0$ …… $CA^{n-1}P = \lambda^{n-1}CP = 0$

所以 $\begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}P = \begin{bmatrix} CP \\ CAP \\ \vdots \\ CA^{n-1}P \end{bmatrix} = 0$ 与假设矛盾，所以完全不可观测