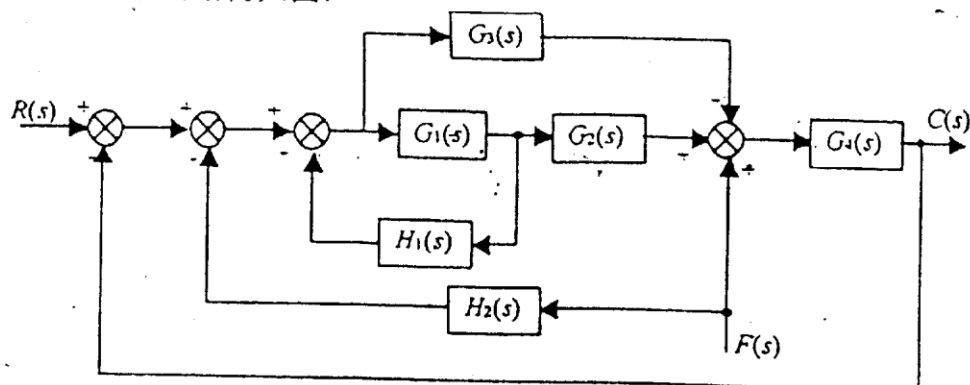


哈尔滨工业大学 1997 年控制原理研究生入学考题

一、(10 分) 控制系统的结构如图，



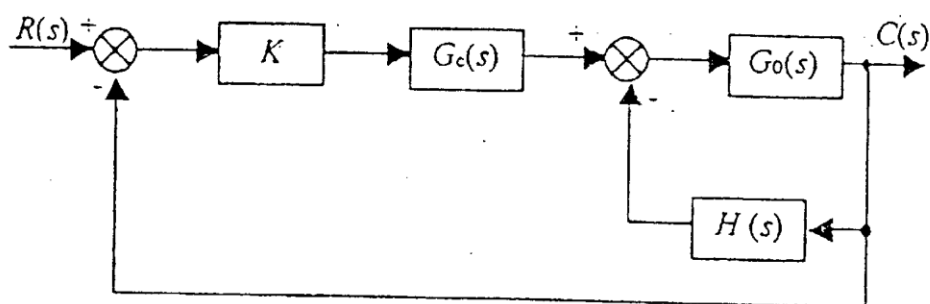
1. 当 $F(s)=0$ 时，求系统的闭环传递函数 $\phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ 。
2. 系统中的 $H_2(s)$ 应满足什么关系，能使干扰 $F(s)$ 对输出 $C(s)$ 没有影响？

二、(10 分) 一单位负反馈闭环控制系统，其开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{k}{s(Ts+1)(2s+1)} \quad k > 0, T < 0$$

1. 为使闭环系统稳定， k 和 T 应满足什么关系？试画出中使闭环系统稳定的参数 $k-T$ 区域。
2. 若闭环系统处于临界稳定，持续振荡频率为： $\omega = 1$ 1/秒，求 T 和 k 的值。

三、(10 分) 下图所示的控制系统中，



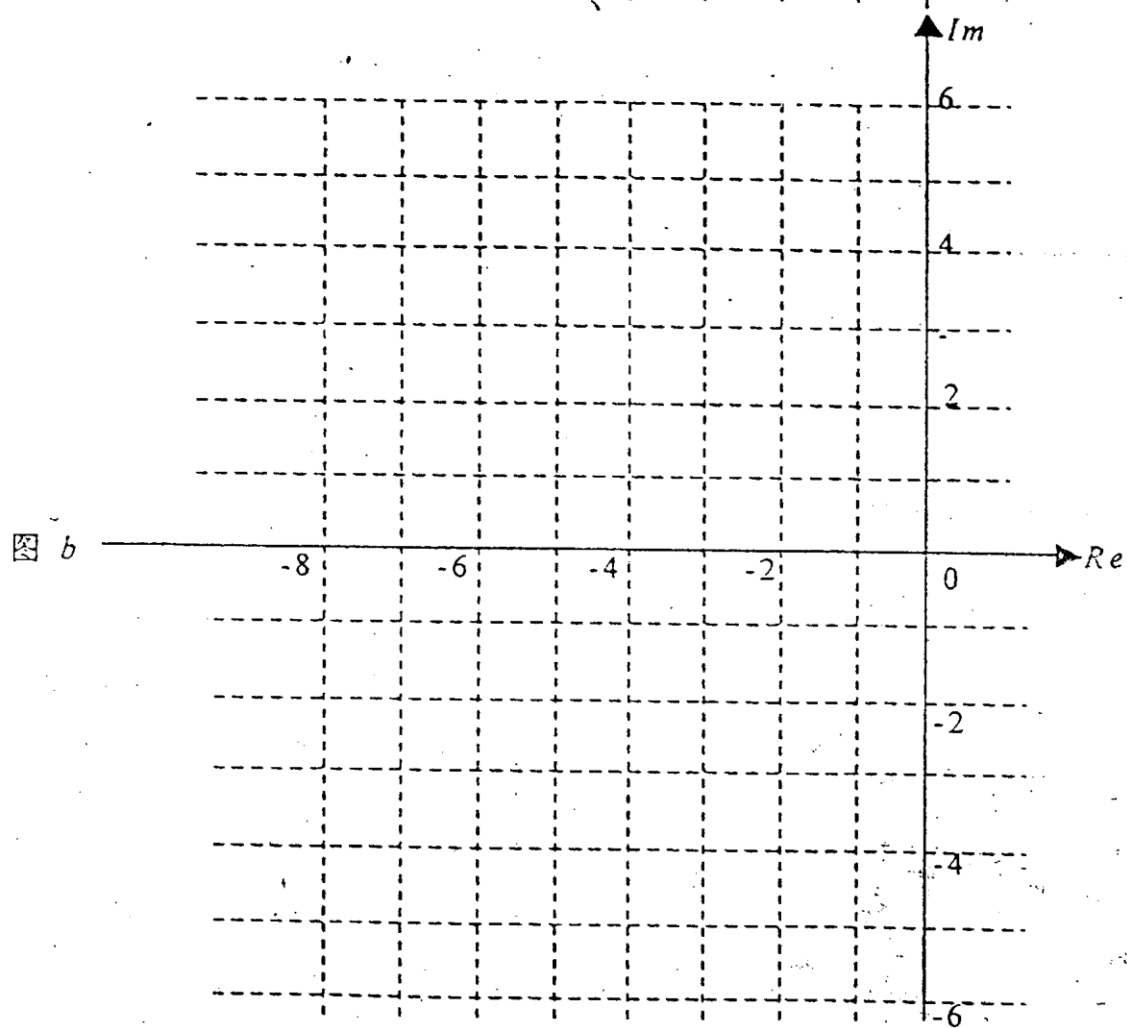
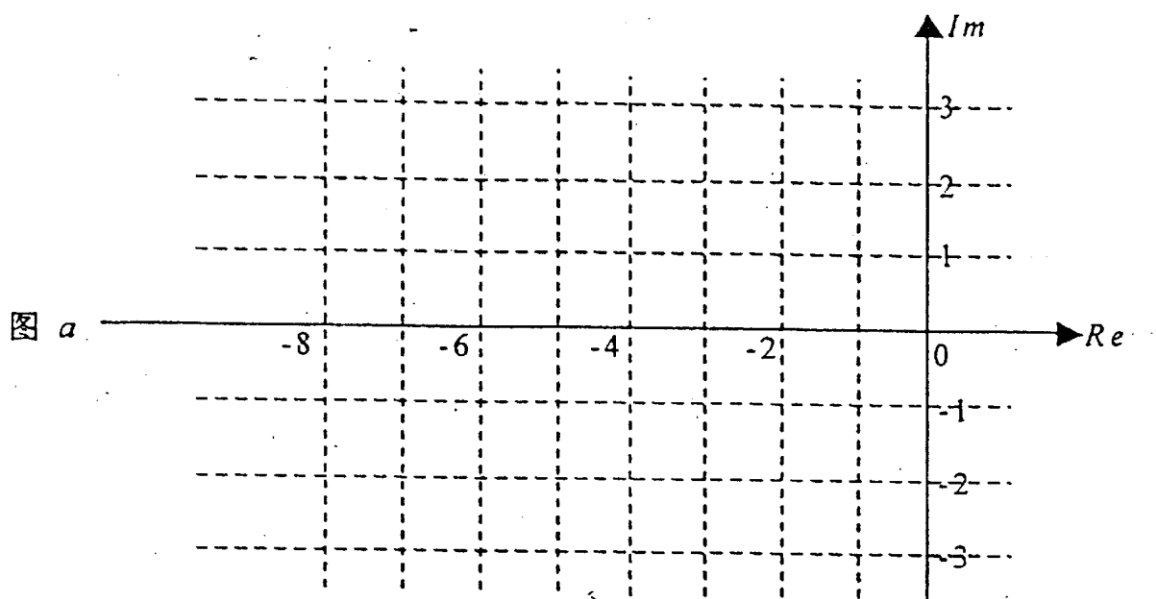
$$G_o(s) = \frac{1}{s(s+6)}$$

1. 采用串联 P. I. D. 校正时， $H(s)=0$ ，并有：

$$G_c(s) = 1 + \frac{0.5}{s} + 0.0625s$$

在以下坐标纸图 a 中绘出 $0 \leq k < +\infty$ 的根轨迹大致图形，标出根据法则可以算得的各特征数据；若要求系统的超调量 $\sigma = 16\%$ ，在根轨迹上标出相应的闭环主导极点的位置。

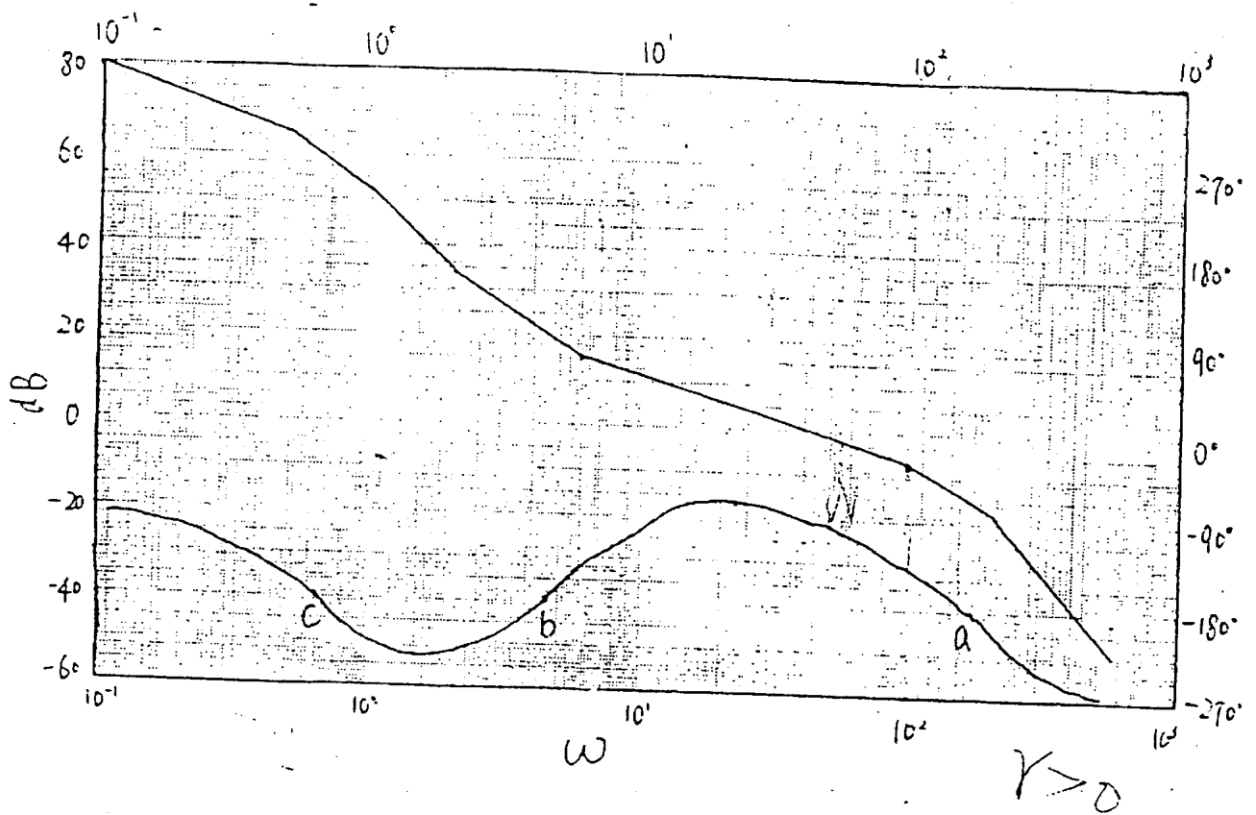
2. 采用反馈校正时， $G_c(s)=1, H(s)=k_1s$ ，并设 $k=50$ 。在以下坐标约图 b 中绘出 $0 \leq k_1 < +\infty$ 的根轨迹的大致图形，标出根据法则可以算得的各特征数据；若要求系统的超调量 $\sigma = 4.3\%$ ，在根轨迹上标出闭环极点的位置，并求出相应的 k_1 值。



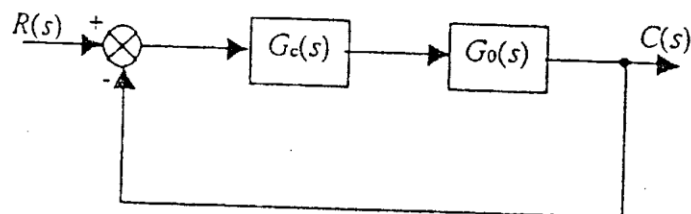
四、(10分) 设一单位负反馈系统的开环传递函数为: $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$

1. 试计算该系统的相角裕度 r 和幅值裕度 k_g 。
2. 在开环传递函数 $G(s)$ 中再串联一个滞后环节 $e^{-\tau s}$ 后, 若要求此时系统的相角裕度 $r \geq 45^\circ$, 试计算出允许的最大 τ 值。

五、(10分) 一闭环系统的开环对数幅频特性 (Bode 图) 如图



六、(10分)



上图所示系统中, $G_0(s) = \frac{k}{s(0.18s+1)(0.1s+1)}$, 设采用串联滞后校正, 校正环节具有如下形式的传递函数:

$$G_c(s) = \frac{\alpha Ts + 1}{Ts + 1} \quad (\alpha < 1)$$

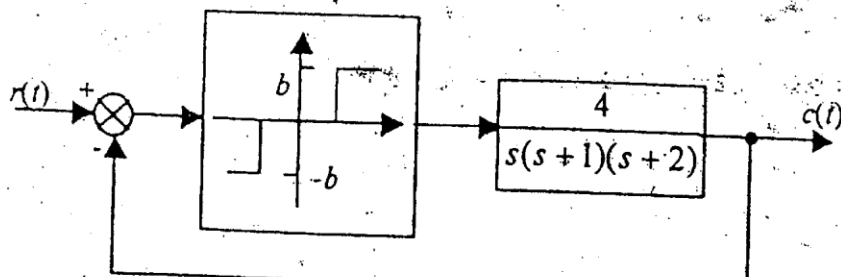
要求校正以后系统具有以下性质:

- (1) 为满足稳态误差的要求, 应有 $k=35$;
- (2) 为使系统有足够的带宽, 又能较好地抑制噪声, 应有剪切频率 $\omega_c = 3$ 1/秒;
- (3) 为使系统能满足动态品质的要求, 应有相角裕度 $r \geq 40^\circ$.

求校正环节的 T 和 α , 并在坐标纸上绘出校正前、后的开环对数幅频特性。

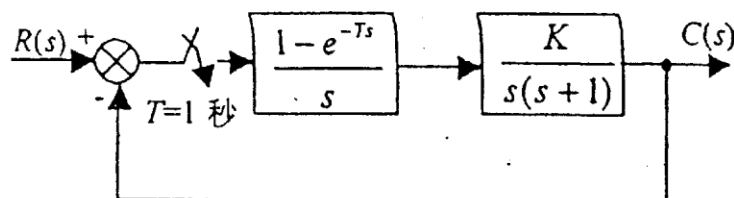
(注: 为简化计算, 本题可以利用对数幅频特性的渐近折线来求取必要的数据)

七、(10分)



$$N(A) = \frac{4b}{\pi A} \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta}{A}\right)^2}$$

八、(10分)



线性离散控制系统如上图所示，试确定使系统稳定的 k 值范围。

注： $Z\left[\frac{1}{s+a}\right] = \frac{z}{z - e^{-aT}}$ ； $Z\left[\frac{1}{s^2}\right] = \frac{Tz}{(z-1)^2}$

九、(10分) 单输入—输出线性定常系统的状态空间表达式为：

$$\dot{X}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$Y(t) = [-5 \quad -3] X(t) + u(t)$$

1. 试将上述模型变换成对角线标准型。

2. 求系统的传递函数。

十、(10分) 两个线性定常系统的状态方程分别为：

$$\text{I. } \dot{X}(t) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$\text{II. } \dot{X}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2 & -3 \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

1. 选出一个可以实施状态反馈的系统，设计状态反馈阵 F ，要求反馈系统的特征值为：

$$\lambda_1 = -5, \lambda_{2,3} = -1 \pm j$$

2. 画出具有状态反馈的闭环系统状态变量图。