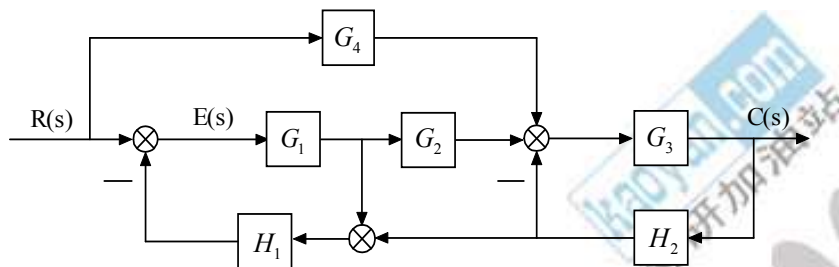


北京航空航天大学 2004 年自动控制原理试题

一、(本题 14 分)系统动态结构图如题一图所示。确定系统的闭环传递函数 $C(s)/R(s)$ 。



题一图

二、(本题共 20 分) 已知单位负反馈系统的开环传递函数为

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

确定 K, T ，使得系统同时满足以下两个条件：

闭环系统阶跃响应的超调量为 $e^{-\pi} \times 100\%$ ；

开环对数幅频渐近曲线与零分贝线的交点频率 $\omega_c = 2\pi$ 弧度/秒。

三、(本题 20 分)已知单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K^*(s^2 - 2s + 5)}{(s+2)(s-0.5)}$$

按步骤绘制 $K > 0$ ($K=5K^*$)时闭环系统的根轨迹；并确定使闭环系统稳定时 K 的取值范围和闭环极点为稳定的实极点时 K 的取值范围。

四、(本题共 20 分，每小题各 10 分) 单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2(0.1s+1)}$$

1. 根据对数渐近幅频特性曲线确定 K 值，使系统有最大相位稳定裕度。并求出最大相位稳定裕度。要求绘制这时系统的开环对数幅频渐近曲线和相频曲线；

2, 在上述 K 值下, 求系统在控制输入 $r(t) = 0.5t^2 \times 1(t)$ 作用下的稳态误差; 若要减小此项稳态误差, 又要保持最大相位稳定裕度不变, 应采用何种串联校正环节? 并简述设计该校正环节的主要步骤。(误差的定义为输出 $c(t)$ 减输入 $r(t)$)。

五、(本题 20 分, 每小题各 10 分) 已知闭环非线性系统的微分方程为

$$\ddot{x} + x + \text{sign}(x - \dot{x}) = 0$$

式中符号函数定义为:

$$\text{sign}f(x) = \begin{cases} 1 & f(x) > 0 \\ -1 & f(x) < 0 \end{cases}$$

1, 在 $\dot{x}-x$ 相平面上确定开关线, 指明每个区域相轨迹奇点的位置和类型, 并说明系统运动的趋势;

2, 在 $\dot{x}-x$ 平面上做出始于 $x(0) = 2, \dot{x}(0) = 0$ 的相轨迹曲线(要求写出第一段相轨迹表达式), 并求出这条相轨迹与开关线第一次相交处的坐标和对应的时间。

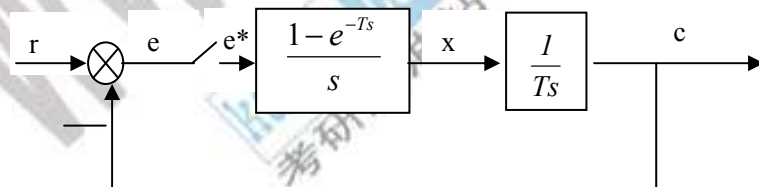
六、(本题 10 分) 采样系统的闭环特征多项式 $D(z)$ 为

$$D(z) = (z^3 - z^2 + 2K)(z - 3K)$$

求出闭环系统稳定时 K 的取值范围。

七、(本题 10 分) 采样系统的结构图如题七图所示, 求闭环脉冲传递函数。(提示:

$$\mathcal{Z}\left[\frac{1}{(s+a)^2}\right] = \frac{Tze^{-aT}}{(z-e^{-aT})^2} \quad)。$$



题七图

八、(本题共 18 分, 每小题为 6 分) 已知系统动态方程如下:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u, \quad y = [0 \quad 1 \quad 1]x$$

1. 判断系统的可控性和可观测性;
2. 计算系统的传递函数;
3. 给定两组闭环特征值分别为 $\{-1, -1, -1\}$ 和 $\{-3, -2, -1\}$, 问哪组闭环特征值可以用状态反馈 $u=kx+v$ 进行配置? 为什么? (不要求计算 k)

九、(本题 10 分, 每小题为 5 分) 系统动态方程如下

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

$$y = [0 \quad a \quad 1] \mathbf{x}$$

其中 a 是实常量参数, 问

1. 判断系统是否渐近稳定? 为什么?
2. 参数 a 取何值时系统 BIBO 稳定? 为什么?

十、(本题 8 分) 系统动态方程如下

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$