

航天科研机构 2017 年硕士研究生入学考试

自动控制原理试题

(本试题的答案必须全部写在答题纸上, 写在试题及草稿纸上无效)

(本试题共 5 页, 共 10 题, 总分 150 分)

一、简答题 (20 分)

- (12 分) 图 1 是由电阻 R 、电感 L 和电容 C 组成的无源网络, u_i 和 u_o 分别为输入和输出电压, 试写出 u_i 到 u_o 的传递函数。

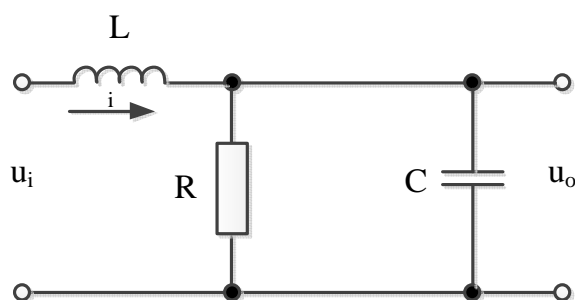


图 1 RLC 无源网络

- (8 分) 设 $y(0) = 0$ 、 $\dot{y}(0) = 0$, 若输入 $u(t)$ 是理想单位脉冲函数 $\delta(t)$, 求当 $t \geq 0$ 时如下微分方程的解 $y(t)$

$$\ddot{y}(t) + 3\dot{y}(t) + 2y(t) = u(t)$$

二、(15 分) 闭环控制系统如图 2 所示 ($K > 0$)

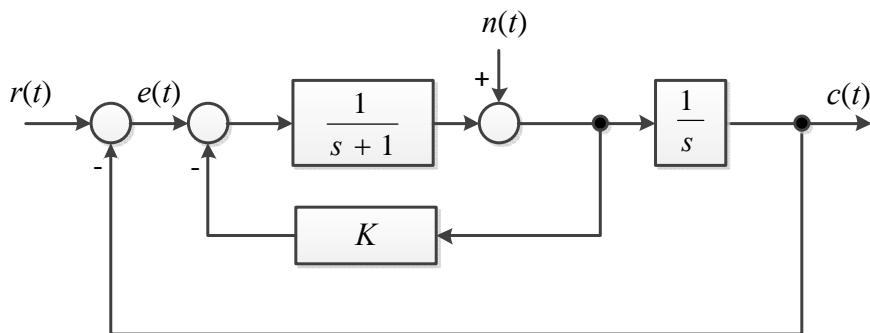


图 2 闭环控制系统

- (1) 若输入信号 $r(t)$ 为单位阶跃函数, 干扰信号 $n(t) = 0$, 求闭环系统为临界阻尼

时的 K ;

(2) 若输入信号 $r(t)=0$, 干扰信号 $n(t)$ 为单位阶跃函数, 求误差 $e(t)$ 的稳态值。

三、 (15 分) 单位负反馈系统的开环传递函数为

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

(1) 试绘出开环增益 K 从零到正无穷时的闭环根轨迹概略图;

(2) 试求出闭环系统稳定时开环增益 K 的取值范围。

四、 (10 分) 已知一个二阶系统 $G(s) = \frac{K}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$, 其中 $\zeta=0.5$, $\omega_n>0$ 。

系统在正弦输入信号 $u_i(t)=\sin(\omega t)$, ($\omega=1\text{rad/s}$) 作用下的稳态输出信号如图 3 所示, 试求系统参数 K 和 ω_n 。

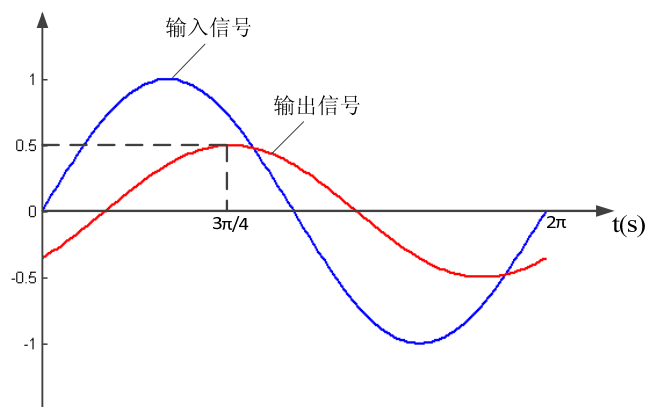


图 3 系统的时域响应

五、 (15 分) 某单位负反馈系统开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K}{s^2 + s + 1}, (K > 0)$$

(1) 试画出系统开环幅相曲线的概略图;

(2) 试用奈奎斯特判据判断系统的稳定性。

六、 (15分) 某最小相位系统及其开环概略对数幅频特性曲线如图4所示:

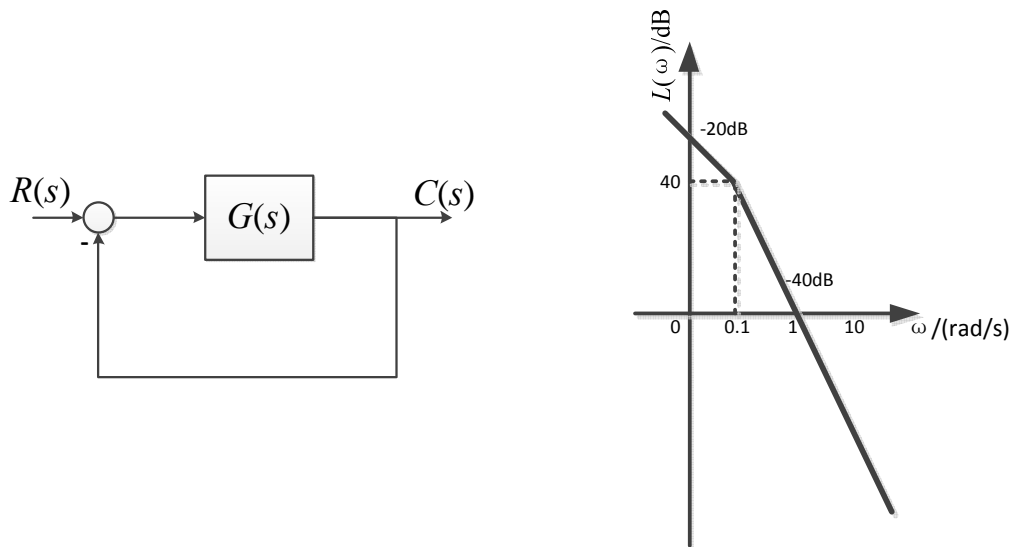


图4 最小相位系统及其开环概略对数幅频特性曲线

(1) 写出开环系统的传递函数 $G(s)$;

(2) 对 $G(s)$ 增加反馈校正 (如图5所示), 请设计校正参数 K_1 和 K_2 , 使得由 $G(s)$ 和 K_2s 构成的速度反馈回路的时间常数是 $G(s)$ 的时间常数的 $1/10$, 同时反馈校正系统开环增益保持与图4所示系统一致。

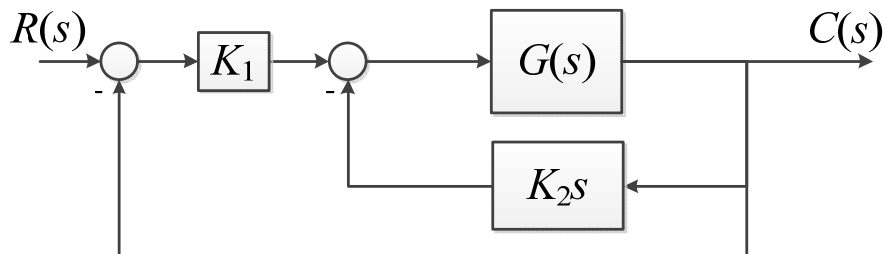


图5 反馈校正系统框图

七、 (15分) 考虑图6所示系统

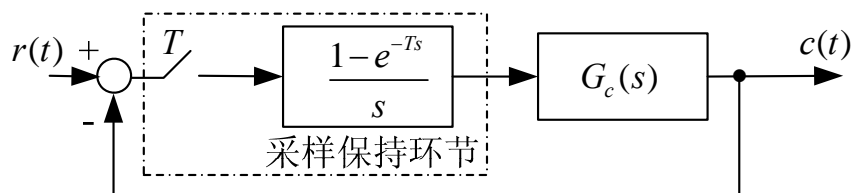


图6 离散系统框图

其中 $r(t)$ 为参考输入, $c(t)$ 为输出, 系统连续部分传递函数 $G_c(s) = \frac{K_c}{s+1}$, T 为

采样周期, $K_c > 0$ 为开环增益。

- (1) 试写出闭环系统的脉冲传递函数;
- (2) 试确定使系统渐近稳定时 T 与 K_c 应满足的条件;
- (3) 写出当 $K_c = 1$, $T = 1\text{s}$ 时描述闭环系统输入输出关系的差分方程。

(提示: Z 变换公式—— $Z\left[\frac{1}{s}\right] = \frac{z}{z-1}$; $Z\left[\frac{1}{s+1}\right] = \frac{z}{z-e^{-T}}$)

八、 (15 分) 考虑如下系统

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

其中 $x \in R^2$ 为系统状态, $u \in R$ 为输入。

- (1) 如果 $x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$, 求解系统的零输入时间响应;
- (2) 当 $u = 1$ 时, 求解系统零状态时间响应。

九、 (10 分) 考虑系统

$$\ddot{x} = -\dot{x} - kx^3$$

其中 $x \in R$, $k > 0$ 为常数。试采用李亚普诺夫第二方法 (直接法) 判断系统关于平衡点 $x = 0, \dot{x} = 0$ 的稳定性。(提示: 可选取李亚普诺夫函数 $V = \frac{1}{2}\dot{x}^2 + \frac{1}{4}kx^4$)

十、 (20 分) 考虑系统

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = k(z_2 - z_1) \\ \ddot{z}_2 = u - k(z_2 - z_1) \end{cases}$$

其中 $z_1 \in R$, $z_2 \in R$, $k > 0$ 为常数, $u \in R$ 为控制输入。

- (1) 如果输出设为 z_1 , 试写出系统输入 u 到输出 z_1 的传递函数;

(2) 如果取系统状态为 $x = [z_1, \dot{z}_1, z_2, \dot{z}_2]^T$ ，输出 $y = z_1$ ，试写出系统的状态方程和输出方程并判断系统的能控性和能观性；

(3) 如果系统能观且 $k = 10$ ，设计全维状态观测器并使闭环观测系统极点配置在 $[-1, -1, -1, -1]$ 处。