航天科研机构2018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4页，共10题，总分150分）

一、简答题 (20分)

（1）（8分）考虑图1所示位于光滑水平面上的质量块(质量为m)，受到外力$F(t)$的作用，其中$x(t)$为质量块的位移，线性弹簧的刚度为K，且假定$x=0$时弹簧弹力为零。试写出输入F到输出x的传递函数。

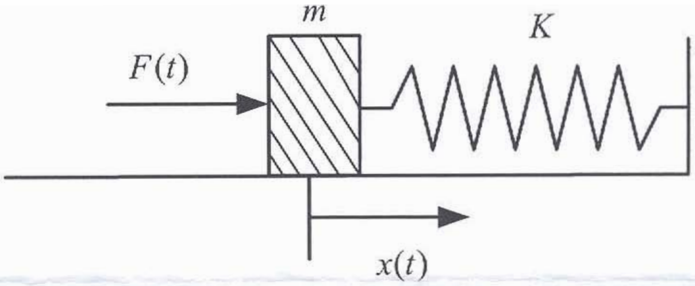

图1. 弹簧-质量系统

（2）（5分）系统的传递函数$G(s)=\dfrac{s}{s+1}$，输入$r(t)=t$，$t\geq 0$，试求系统输出的稳态值。

（3）（7分） 试求函数$Y(s)=\dfrac{e^{-\tau s}}{s^2+1}$的拉氏逆变换，其中$\tau>0$为常数。

二、（15分）单位负反馈系统的开环传递函数为

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

（1）试画出闭环系统根轨迹的概略图；

（2）确定使闭环系统稳定的增益K的取值范围。

三、（15 分）某线性系统的开环传递函数为

$$G(s)=\frac{K}{s(s+1)}, \qquad \text{常数}\ K>0$$

（1）试画出开环传递函数的奈奎斯特曲线(幅相曲线)；

（2）试确定该系统相角裕度与 K 的关系。

四、（15 分）考虑图 2 所示比例-微分控制作用下单位负反馈线性系统

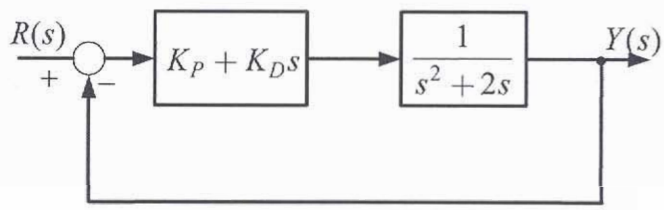

图 2. 系统的结构框图

（1）试确定比例增益 K_p 和微分增益 K_D，使得闭环系统的阻尼比为 $\zeta=1$，自然频率为 $\omega_n=5$；

（2）计算在（1）所确定的比例-微分控制作用下，闭环系统的单位脉冲响应。

五、（15 分）考虑如图 3 所示的非线性系统，图中非线性环节的描述函数为

$$N(A)=\frac{4M}{\pi A}$$

其中，A 为输入正弦信号的幅值，常数 $M,b>0$。试判定系统是否存在稳定的自振荡行为；如果存在，确定使系统处于自振荡状态的非线性环节的输入信号的幅值同常数 M,b 的关系。

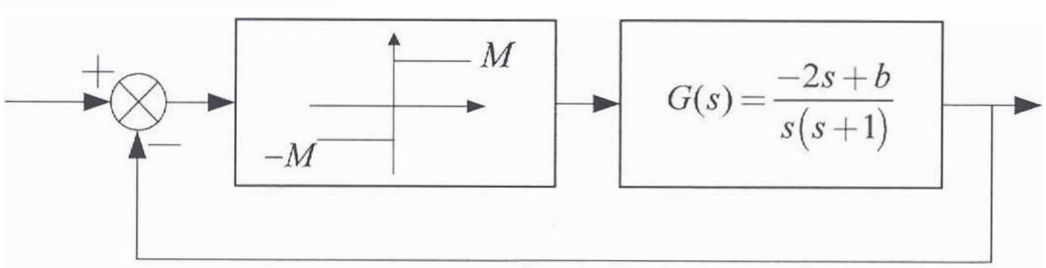

图 3. 非线性系统结构图

六、(15 分) 考虑图 4 所示系统

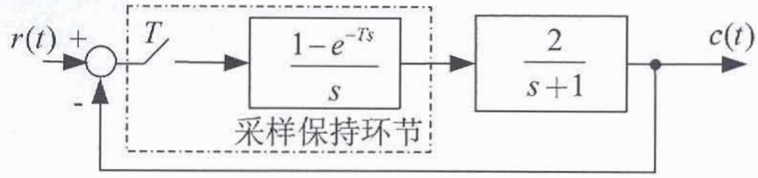

图 4 离散系统框图

其中$r(t)$为参考输入，$c(t)$为输出，T为采样周期。

(1) 试写出闭环系统的脉冲传递函数；

(2) 试给出系统渐近稳定时T应满足的条件；

(3) 当$T=1\mathrm{s}$，输入连续信号$r(t)$为$1(t)$时，试求离散系统相应的稳态误差。

(Z 变换公式：$Z\left[\frac{1}{s}\right]=\frac{z}{z-1}$；$Z\left[\frac{1}{s+1}\right]=\frac{z}{z-e^{-T}}$；$Z\left[\frac{1}{s^2}\right]=\frac{Tz}{(z-1)^2}$)

七、(15 分) 考虑如下系统

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

$$y=[1 \quad 1 \quad -1]x$$

其中x为系统状态，u为输入，y为系统输出。

(1) 若初始条件为$x(0)=\begin{bmatrix}1 & 1 & 0\end{bmatrix}^T$，求解系统在单位阶跃输入下的时间响应；

(2) 试求系统的传递函数$G(s)$。

八、(10 分) 考虑系统

$$\dot{x}_1=x_2$$
$$\dot{x}_2=-x_1-(1+x_2^2)^3x_2^5$$

其中$x_1,x_2\in R$。试采用李亚普诺夫第二方法(直接法)判断系统关于平衡点$(x_1=0,x_2=0)$的稳定性。

九、(20 分) 考虑系统

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

$$y=[1\quad 1\quad h]x$$

其中 x 为系统状态，u 为控制输入，y 为系统输出, $k\in R$ 为常数。

(1) 判断系统的能控性和能观性;

(2) 假设 $k=-1$，试设计状态反馈阵，使闭环极点位于 $[-1,-1,-1]$ 处;

(3) 假设 $h=0$，设计全维状态观测器并使闭环观测系统极点配置在 $[-1,-2,-3]$ 处。

十、(10 分) 考虑图 5 所示线性系统

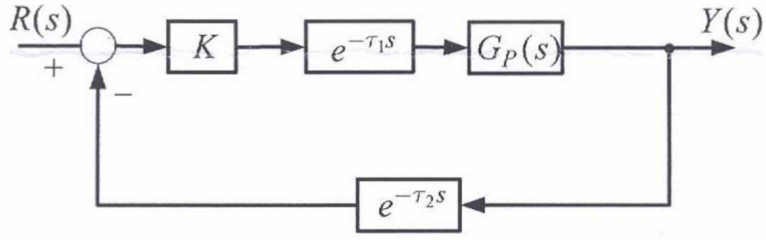

图 5. 系统的结构框图

其中，被控对象的传递函数为 $G_p(s)=\dfrac{1}{s(s+a)}$，$a>0$ 为常数，比例控制器的增益为 $K>0$，控制延迟环节为 $e^{-\tau_1 s}$，测量延迟环节为 $e^{-\tau_2 s}$，其中时间延迟 $\tau_1,\tau_2>0$。试确定保证系统稳定时，常数 K,a,τ_1,τ_2 应满足的条件。