

南京航空航天大学

2016 年硕士研究生招生考试初试试题 (A 卷)

科目代码: 920

满分: 150 分

科目名称: 自动控制原理(专业学位)

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

本试卷共 10 大题, 满分 150 分

一、(本题 15 分) 某系统由下列微分方程组描述

$$x_1(t) = k_1 r(t) - x_2(t)$$

$$x_2(t) = \dot{x}_1(t) + x_1(t)$$

$$x_3(t) = x_2(t) + k_2 r(t) - c(t)$$

$$x_4(t) = k_3 x_3(t) - c(t)$$

$$\dot{c}(t) = x_4(t)$$

式中 k_1, k_2, k_3 均为常量, $r(t)$ 为输入, $c(t)$ 为输出, 画出系统的结构图, 并求传递函数 $C(s)/R(s)$ 。

二、(本题 15 分) 已知系统的结构图如图 1 所示, 观测 $r(t) = \sin \omega t$ 的系统响应, 发现当 $\omega = 3$ 时系统输出 $c(t)$ 幅值最大, 要求:

1. 试确定 K 值, 并写出系统的闭环传递函数;
2. 求单位阶跃响应的超调量 $\sigma\%$ 、调节时间 t_s , 并概略绘出单位阶跃响应曲线;
3. 若 $r(t) = 1 + 1.8t$, 求系统的稳态误差 e_{ss} 。

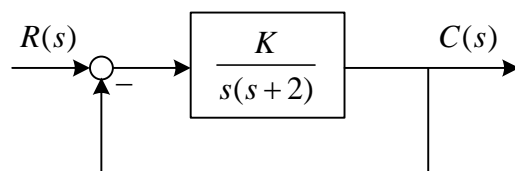


图 1

三、(本题 15 分) 某单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+3)^2}$, 请问 K 为何值时系统的单位阶跃响应无超调, 且在单位斜坡输入下的稳态误差 $e_{ss} \leq 2.25$ 。

四、(本题 15 分) 单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K}{(s-1)[(s+3)^2+1]}$$

1. 绘制系统的闭环根轨迹 ($K:0 \sim \infty$), 并求出分离点处的闭环传递函数;
2. 确定系统稳定的 K 值范围;
3. 确定系统闭环极点全部为实数且系统能正常工作时 K 值范围。

五、(本题 15 分) 设一单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{100e^{-0.01s}}{s(0.1s+1)}$, 现有三种

串联最小相位校正装置, 它们的伯德(Bode)图如图 2 中的 (a)、(b)、(c) 所示。试问:

1. 若要使系统的稳态误差不变, 而减小超调量, 加快系统的动态响应速度, 应选取哪种校正装置? 为什么? 系统的相位裕量最大可以增加多少?
2. 是否可以选择这三种装置的某一种, 用来减小系统的稳态误差? 如果可以, 系统的稳态误差可以减小多少?

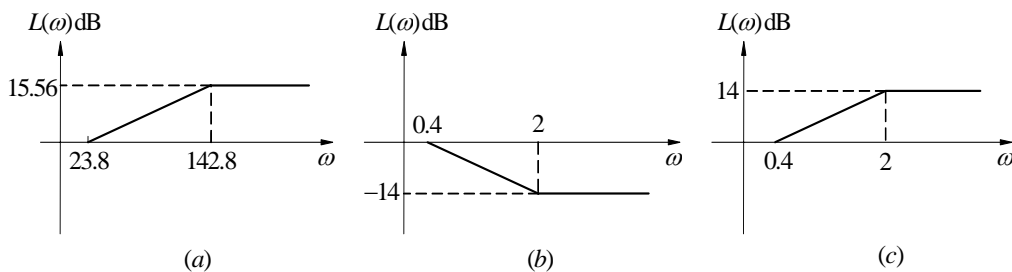


图 2

六、(本题 15 分) 已知某最小相位系统的结构图如图 3 所示, 其中反馈 α 为比例环节, 前向通路 $G(s)$ 的对数幅频特性渐近线如图 4 所示。试求:

1. 求 $G(s)$ 的表达式;
2. 画出系统的开环幅相曲线, 并结合该曲线分析使闭环系统稳定的 α 取值范围;
3. 若 $\alpha = 0.2$ 时, 求系统的相角裕度 γ 。

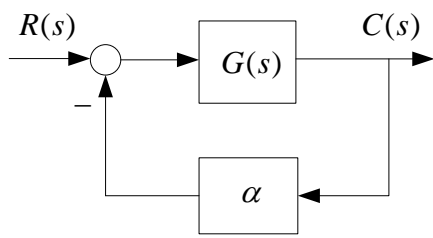


图 3

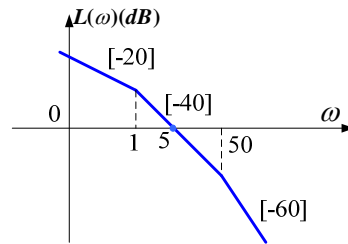


图 4

七、(本题 15 分) 已知某离散系统的输入为 $r^*(t)$, 输出为 $c^*(t)$, T 为采样周期, 系统的

差分方程为: $c^*(t+3T)+1.7c^*(t+2T)+0.92c^*(t+T)+0.16c^*(t)=r^*(t+T)+0.1r^*(t)$,

1. 试判断该系统的闭环稳定性;
2. 设误差 $e^*(t)=r^*(t)-c^*(t)$, 当 $r(t)=1(t)$ 时, 求系统的稳态误差 $e(+\infty)$ 。

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

八、(本题 15 分) 设某非线性系统结构如图 5 所示, 其中 $M=1$, $K=1$,

1. 试求系统等效线性部分的传递函数;
2. 试用描述函数法分析系统是否产生自激振荡, 若有自振, 求出输出 $c(t)$ 的振荡频率和振幅。

[附: 非线性环节的描述函数为: $N(A)=K+\frac{4M}{\pi A}$]

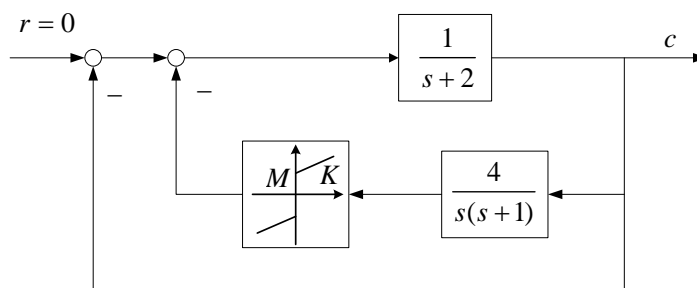


图 5

九、(本题 15 分) 某开环系统的状态空间表达式为

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u(t)$$

$$y(t) = [1 \quad 2] \cdot x(t)$$

采用状态反馈控制律 $u(t) = r(t) - [3 \ 1] \cdot x(t)$ 后的闭环系统状态空间表达式为

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot r(t)$$

$$y(t) = [1 \ 2] \cdot x(t)$$

1. 分别判断开环系统和闭环系统的可控性和可观性；
2. 试证明为什么采用状态反馈控制不改变系统可控性。

十、(本题 15 分) 某开环系统的传递函数为

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{10}{s(s+1)(s+2)}$$

1. 写出该开环系统的可控标准型状态空间表达式；
2. 若采用状态反馈控制 $u(t) = -K \cdot x(t)$ ，将 1 中求得的可控系统的闭环极点配置在 $\{-2, -1+j, -1-j\}$ ，求反馈增益 K ；
3. 若需要将闭环极点配置到复平面的左半平面更加远离虚轴位置时，试分析需要如何改变 2 中状态反馈控制律的反馈增益。