

二零零九年招收攻读硕士研究生

入学考试自命题试题

考试科目及代码: 自动控制原理 829

系统分析与集成、控制理论与控制工程、检测技术与自动化装置、系统工程、模式识别与智能系统、系统信息技术、机械制造及其自动化、机械电子工程、机械设计及理论、车辆工程、工业工程、精密仪器及机械、测试计量技术及仪器

适用专业:

(除画图题外,所有答案都必须写在答题纸上,写在试题纸上及草稿纸上无效,考完后试题随答题纸交回)

一、单项选择题(从下列各题4个备选答案中选出一个正确答案。答案选错或未选者,该题不得分。每小题2分,共30分)

1. 高阶系统的时域指标 $\sigma\%$ 随频域指标 M_r 的增加 C
A 保持不变 B 缓慢变化 C 增大 D 减小
2. 滞后校正装置在系统中的主要作用有 D
A 改善稳态性能 B 提高响应速度
C 增加带宽 D 提高剪切频率
3. 某校正环节的传递函数为 $G_c(s) = \frac{0.5s+1}{5s+1}$, 则该环节是 B
A 相位超前环节 B 相位滞后环节
C 相位超前-滞后环节 D 惯性环节
4. 线性系统的主要特点有 D
A 稳定性 B 振荡性 C 收敛性 D 齐次性

试卷编号: 829 华中科技大学试题纸, 2009

共 6 页
第 1 页

5. 若系统对数幅频特性曲线在 ω_c 处的斜率为 $-20dB/dec$, 则闭环系统 C
A 不稳定 B 稳定 C 稳定性不确定 D 振荡

6. 对系统进行校正的目的是为了改善系统的 D
A 稳态性能 B 动态性能
C 稳定性 D 稳态性能、动态性能和稳定性

7. 系统的传递函数与下列因素有关 C
A 系统结构 B 初始条件
C 系统结构和参数 D 系统结构、参数和初始条件

8. 系统的数学表达式为 $c(t) = 2r^2(t) + \frac{dr(t)}{dt}$, 这是一个 A
A 非线性系统 B 线性系统 C 离散系统 D 不稳定系统

9. 在 $r(t) = t^2$ 的作用下, II型系统的稳态误差为 D
A 0 B ∞ C $\frac{1}{K}$ D $\frac{2}{K}$

10. 离散系统差分方程为 $c(k+2) = 3c(k+1) - 2c(k) + 3u(k+1) - u(k)$,
则脉冲传递函数为 B
A $\frac{3z-1}{z^2+3z-2}$ B $\frac{3z-1}{z^2-3z+2}$ C $\frac{-3z+1}{z^2-3z+2}$ D $\frac{-3z+1}{z^2+3z-2}$
解法: $z^2c(z) = 3zc(z) - 2c(z) + 3zu(z) - u(z)$
 $G(z) = \frac{c(z)}{u(z)} = \frac{3z-1}{z^2-3z+2}$

11. 适用于描述函数法分析非线性系统的前提条件之一是 B
A 非线性特性具有偶对称性 B 非线性特性正弦响应中的基波分量幅值占优
C $G(s)$ 必须是二阶的 D $N(A), G(s)$ 必须是串联形式连接的

12. 采样系统加入零阶保持器后, 系统稳定性 A
A 变差 B 变好 C 不变 D 不确定

试卷编号: 829

华中科技大学试题纸, 2009

共 6 页
第 2 页

①非线性系统可简化为只有一个非线性环节和一个线性环节相串联的模型
②非线性环节输出中的高次谐波幅值小于一次谐波幅值
③线性部分的幅值衰减与频率无关
④非线性部分具有奇对称性

零阶保持器使系统的稳态时间和调节时间都加长, 超调量和振荡次数也增加, 这因为除采样造成的不连续因素外, 零阶保持器的相角裕度降低了系统的稳定程度。

采样器可使系统的稳态时间和调节时间略有减小, 但使超调量增大, 振荡次数增多, 系统的稳定程度降低。

输入 36

1. 对于可以设计最少拍控制的系统，当输入为单位斜坡函数时，其系统输出结束动态需要 **C**

A 0拍 B 1拍 C 2拍 D 3拍

14. 系统的状态空间表达式为 $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$, $y = [1 \ 0] x$, 则系统 **A**

可控制矩阵 $M_c = [B \ AB] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix}$ 满秩
可观测矩阵 $M_o = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 满秩

A 能控又能观测 B 能控不能观测
C 不能控能观测 D 不能控不能观测

15. 系统状态空间描述为 $\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$, $y = [1 \ 0] x$, 那么系统 **C**

A 不稳定 B 临界稳定 C 大范围渐近稳定 D 稳定但不是大范围渐近稳定

二、简答题 (回答要点, 并作简要计算或解释。每小题 5 分, 共 50 分)

1. 设单位负反馈系统的单位脉冲响应为 $c(t) = e^{-2t} - te^{-2t}$

试求该系统的闭环传递函数和开环传递函数。

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

2. 由题图 1 所示一阶环节的幅相曲线, 写出该环节的传递函数。

题图 1 显示幅相曲线在复平面上从 (1,0) 到 (0,-1) 的半圆, 标注 $\omega=0$ 和 $\omega=\infty$ 。

设 $G(s) = \frac{k}{Ts+1}$
由 $\omega=0$, 为 2 倍 $k=2$
当 $\omega=\infty$, 为 $(1, j1)$
则 $T\omega = -1, \omega=2$ 时 $T = -\frac{1}{2}$
 $G(s) = \frac{2}{1-\frac{1}{2}s}$

3. 系统的开环频率特性为 $G(j\omega) = \frac{2}{j\omega(j\sqrt{5}\omega+1)}$, 求系统的剪切频率

$\frac{2}{\omega\sqrt{5}\omega+1} = 1 \Rightarrow 5\omega^4 + \omega^2 - 2 = 0 \Rightarrow \omega_c = \sqrt{2/5}$

4. 系统结构图如图题 2 所示, 试确定系统的稳定性。

题图 2 显示前馈负反馈系统, 前向通道为 $\frac{1}{s-2}$, 反馈通道为 $\frac{s-2}{s+3}$ 。

$\phi(s) = \frac{1}{1 - \frac{1}{s-2} \cdot \frac{s-2}{s+3}} = \frac{s-3}{(s+2)(s-2)}$
系统有位于 $s=2$ 的极点, 不稳定。

5. 简述期望特性法对系统进行校正的思路。

6. 系统的结构图如图题 3 所示, 定义 $E(s) = R(s) - B(s)$

题图 3 显示负反馈系统, 前向通道为 $G_1(s)G_2(s)$, 反馈通道为 $H(s)$ 。

试求系统的闭环传递函数 $\phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ 和给定作用下的强迫传递函数 $\phi_d(s) = \frac{E(s)}{R(s)}$

$\phi(s) = \frac{G_1(s)G_2(s)}{1+G_1(s)G_2(s)H(s)}$
 $\phi_d(s) = \frac{1}{1+G_1(s)G_2(s)H(s)}$

7. 试述非线性系统的特点, 并写出饱和特性的输入和输出的关系式。

8. 求方程 $\dot{x} - (1-x^2)x + x = 0$ 的奇点, 并确定奇点类型。

9. 已知系统的状态空间描述为

$\dot{x} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$
 $y = [1 \ 0 \ 0] x$

求系统的特征值。

$|sI - A| = 0 \Rightarrow (s-2)(s-1)^2 = 0 \Rightarrow s_1=2, s_2=s_3=1$

10. 简述香农采样定理

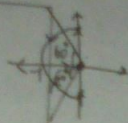
试卷编号: 82 华中科技大学试题纸 2009 共 6 页 第 4 页

为了不失真地采样信号中最高频率的分量, 采样频率 f_s 必须大于等于原信号所含最高频率 f_m 的 2 倍, 即 $f_s \geq 2f_m$ 。

题图 4 显示采样信号 $x_s(t)$ 和原信号 $x(t)$ 的关系。

三、计算题

1 (14分) 已知单位负反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2\alpha s + 1}$



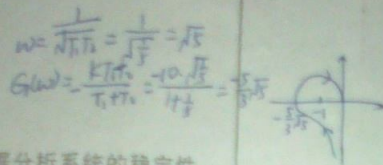
(1) 画出 α 变化时系统的根轨迹图: $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2\alpha s + 1} = \frac{1}{(s + \alpha)^2 + 1 - \alpha^2}$

(2) 若要求系统的超调量 $\sigma = 16.3\%$, 试确定 α 值:

(3) 在根轨迹上作图, 标出闭环极点的位置, 并简单说明作图步骤。

2 (12分) 已知系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{10}{s(s+1)(\frac{1}{5}s+1)}$$



绘制系统开环频率特性的极坐标图, 并用奈氏判据分析系统的稳定性。

$$z = p - 2N = 0 - 2 \times (-1) = 2 \text{ 不稳定}$$

3 (10分) 设温度计具有典型一阶系统的特性, 当环境温度为零度时,

用温度计测量盛水容器内的水温, 经 48 秒后, 温度计显示实际水温的

98%。问还需多少时间才能显示实际水温的 99%。

$$G(s) = \frac{K}{s + \tau}$$

4 (10分) 采样系统结构如图 4 所示

(1) 试求出系统的闭环传递函数 $\frac{C(z)}{R(z)}$

(2) 设采样周期 $T = 0.1s$ 时, 求使系统稳定的 K 值范围。

(3) 若 $K = 2$, 求单位阶跃输入时系统的稳态误差 $e(\infty)$ 。

$$1 - e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.98 \Rightarrow \frac{t}{\tau} = -\ln(0.02) = 3.91 \Rightarrow t = 3.91 \times 48 = 187.68s$$

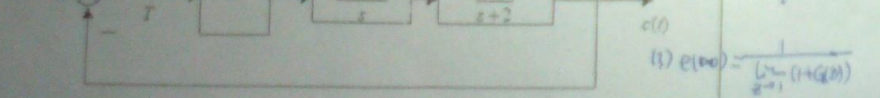


图 4

$$z \text{ 变换: } Z\left(\frac{1}{s}\right) = \frac{z}{z-1}, Z\left(\frac{1}{s+a}\right) = \frac{z}{z-e^{-aT}}, Z\left(\frac{1}{s(s+a)}\right) = \frac{(1-e^{-aT})z}{(z-1)(z-e^{-aT})}$$

5 (12分) 非线性系统结构图如图 5 所示, $M=1, N(A) = \frac{4M}{\pi A}$

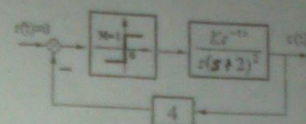


图 5

试求:

(1) $t=0$ 时, 确定系统受扰后最终的运动形式 (稳定/自振/发散);

(2) $t=0$ 时, 要在系统输出端产生一个振幅 $A = 1/\pi$ 的近似正弦信号, 试确定参数 K 和相应的频率 ω ;

(3) 定性分析当延迟环节系数 τ 增大时, 自振参数 A, ω 变化的趋势 (增加/不变/减小)。

$$e^{-\tau s} = e^{j(-\tau\omega)} = \cos(-\tau\omega) + j\sin(-\tau\omega) = \cos(\tau\omega) - j\sin(\tau\omega)$$

6 (12分) 已知被控对象传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+70)}$, 若要求系统速度误

差系数为 $K_v = 35$, 超调量为 4%, 调节时间为 0.11s, 试设计一个状态

反馈控制器。

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -70 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x$$

$$K_v = 35 = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s) = \frac{K}{70} \Rightarrow K = 2450$$

$$\delta = 4\% = e^{-\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \frac{\pi}{\omega_n}} \Rightarrow \zeta = 0.7$$

$$t_s = 0.11 = \frac{4}{\zeta \omega_n} \Rightarrow \omega_n = 52$$

$$\omega_n^2 = 2704 \Rightarrow \omega_n = 52$$

$$\omega_n^2 = 2704 \Rightarrow \omega_n = 52$$

$$\begin{aligned} (sI - (A - BK)) &= s^2 + (70 + k_2)s + k_1 \\ &= (s + 36.36 - j37.19)(s + 36.36 + j37.19) \\ &= s^2 + 72.72s + 2704.4 \\ K_1 &= 2704.4, K_2 = 2.72 \end{aligned}$$

