



ZIDONG KONGZHI YUANLI
KAOYAN BAODIAN

自动控制原理 考研宝典



张明君 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

自动控制原理

考研宝典

张明君 主编

- ◎ 考点归类解析,复习成体系
- ◎ 重点难点破解,针对性强
- ◎ 名校真题详解,直通考研试卷
- ◎ 大量真题配套训练,讲练结合效果突出



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书针对自动控制原理课程考研指导的需求,精选40所高校考研真题,对主要知识考点归纳整理,按照先分析讲解,后训练提升的思路编写,具有如下特点:

- (1) 考点归类解析,复习成体系;
- (2) 经典型题破解,针对性强;
- (3) 名校真题详解,直通考研试卷;
- (4) 真题配套训练,讲练结合效果突出。

本书内容包括经典控制理论、非线性系统分析、现代控制理论三部分内容,分为9章。本书适合于高校自动化、电气工程及自动化、机电一体化专业等相关专业本科学士研究生入学考试复习用书,以及高等院校教学参考使用,也可供从事自动化技术工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理考研宝典 / 张明君主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2016.1
ISBN 978-7-5635-4568-1

I. ①自… II. ①张… III. ①自动控制理论—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. ①TP13

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第262525号

书 名: 自动控制原理考研宝典
著作责任者: 张明君 主编
责任编辑: 满志文
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 17.25
字 数: 429 千字
版 次: 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-4568-1

定 价: 35.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

自动控制原理是自动化、电气、电子、机械等相关学科或专业的重要专业基础课程,也是相关专业硕士研究生入学考试的必考内容。作者在帮助历届考生复习自动控制原理课程中,总结了 20 多年课程教学及考研指导经验,系统归纳了各高校自动控制原理考研试卷各考点,收集整理了各大高校的历届真题,整理形成手稿。为了帮助广大读者抓住此课程的知识点,理清课程体系和各知识点的关系,掌握此课程的考研复习方法,顺利通过硕士研究生入学考试或大学期末考试,进一步编写加工出版此书。

本书突破传统习题集的编写思路,针对自动控制原理课程考研指导的需求,对自动控制原理课程中主要考点归纳整理,精选 40 所高校考研真题,对经典型题针对性解析,并通过名校真题详解和真题训练,达到考研实战指导。全书自成一体,讲练结合。按照自动控制原理的知识结构分为九章,每章(第 1 章除外)由主要知识点、考点归类解析与例题详解,真题强化训练及答案四大模块构成。针对每个考点,先分析讲解(在考点归类解析与例题详解模块配有至少一道真题及详解),后训练提升(在真题强化训练模块配有相同考点的真题训练题),考生可以对每个考点进行有针对性的配套强化训练,讲练结合。全书编写具有如下特点:

1. 考点归类解析,复习成体系;
2. 经典型题破解,针对性强;
3. 名校真题详解,直通考研试卷;
4. 真题配套训练,讲练结合效果突出。

本书适合于高校自动化、电气工程及自动化、机电一体化专业等相关专业本科学生硕士研究生入学考试复习用书,以及高等院校教学参考使用,也可供从事自动化技术工作人员参考。

书中引用了部分高校期末考试题及硕士研究生入学考试题,因来源广泛,无法一一核实,在此一并表示感谢!同时对本书编写过程中给予帮助的北京邮电大学出版社的编辑们表示诚挚的谢意!谢谢你们的辛勤劳动,保证了本书的出版质量。

由于题量较大,解答中难免出现错误和遗漏,敬请读者批评指正。

编者 张明君
2015 年 9 月

目 录

第 1 章 自动控制原理基本概念	1
第 2 章 控制系统数学建模	12
2.1 主要知识点	12
2.2 考点归类解析与例题详解	12
2.3 真题强化训练	32
2.4 真题强化训练答案	35
第 3 章 稳定性和时域分析法	41
3.1 主要知识点	41
3.2 考点归类解析与例题详解	41
3.3 真题强化训练	62
3.4 真题强化训练答案	65
第 4 章 根轨迹法	75
4.1 主要知识点	75
4.2 考点归类解析与例题详解	75
4.3 真题强化训练	99
4.4 真题强化训练答案	102
第 5 章 频域分析法	114
5.1 主要知识点	114
5.2 考点归类解析与例题详解	114
5.3 真题强化训练	138
5.4 真题强化训练答案	142
第 6 章 控制系统校正	155
6.1 主要知识点	155
6.2 考点归类解析与例题详解	155
6.3 真题强化训练	171
6.4 真题强化训练答案	173

第 7 章 离散控制系统分析	178
7.1 主要知识点	178
7.2 考点归类解析与例题详解	178
7.3 真题强化训练	190
7.4 真题强化训练答案	191
第 8 章 非线性系统分析	193
8.1 基本知识要点	193
8.2 考点归类解析与例题详解	196
8.3 真题强化训练	212
8.4 真题强化训练答案	213
第 9 章 状态空间法	220
9.1 主要知识点	220
9.2 考点归类解析与例题详解	220
9.3 真题强化训练	253
9.4 真题强化训练答案	257
参考文献	270

第 1 章

自动控制原理基本概念

本章采用填空、选择、判断等习题形式进行基本概念训练,涵盖自动控制原理各章节的基本概念。

一、填空题

1. 反馈控制的本质是_____。

答案:利用偏差信号实现的闭环控制。

2. 对控制系统的基本要求有:_____、_____、_____三方面。

答案:稳定;准确;动态性能好。

3. z 变换是对连续信号的采样序列进行变换,因此, z 变换与其原连续时间函数并非_____对应。当两个连续时间函数的采样信号序列是相同的,则它们的 z 变换函数是_____的;然而,这两个时间函数却是不一定是_____的。

答案:一一;相同(等);相等。

4. z 域到 w 域的线性变换,使 z 平面上的单位圆_____区域,映射成 w 平面上的_____半平面,这种坐标变换,被称为_____变换。

答案:内; w 左;双线性。

5. 采样器和保持器不影响开环脉冲传递函数的_____点,仅影响开环脉冲传递函数的_____点。

答案:极;零。

6. 如果系统所有状态变量的运动都可以由输入来影响和控制而由任意的初态达到原点,则称系统是_____。如果系统所有状态变量的任意形式的运动均可由输出完全反应,则称系统是_____。

答案:完全能控的;完全能观测的。

7. s 右半平面对应于 z 平面_____ , s 左半平面对应于 z 平面上的_____ , s 平面的虚轴对应于 z 平面上_____。

答案:单位圆外;单位圆内;单位圆。

8. 奇点为系统运动的_____和_____同时为零的点。

答案: \dot{x} ; $\ddot{x} = f(x, \dot{x})$ 。

9. 单变量、线性、因果和 t_0 时刻松弛系统的输入/输出关系描述为_____。

答案:状态空间(内部)、传递函数(外部)。

注:

松弛性:若系统的输出由输入唯一确定,则称系统在 t_0 时刻松弛。

因果性:若系统在 t 时刻的输出仅取决于在 t 时刻和 t 前的输入,而与时刻之后的输入无关。

10. 要使采样信号 $x^*(t)$ 不失真地复现出 $x(t)$, 采样频率 ω_s 和连续信号 $e(t)$ 频谱中最高频率 ω_{\max} 必须满足_____。

答案: $\omega_s \geq 2\omega_{\max}$ 。

11. 根轨迹起于开环_____, 终于开环_____, 如果零点 m 少于极点 n , 则有_____条根轨迹终止于无穷远处。

答案:极点;零点; $n-m$ 。

12. 什么称作 I 型系统? _____。

答案:开环传函中含有一个积分环节的系统。

13. 状态空间表达式由_____和_____组成。

答案:状态方程;输出方程。

14. 串联超前校正使系统的幅值穿越频率 ω_c 变_____, 带宽 ω_b 变_____, 响应速度变_____。

答案:大;大;快。

15. 当闭环复数极点位于 z 平面上单位圆内时, 动态响应为_____脉冲序列形式。当闭环复数极点位于 z 平面上单位圆外时, 动态响应为_____脉冲序列形式。复数极点越靠近原点, 振荡收敛得越_____。

答案:幅值振荡衰减;幅值振荡发散;快。

16. 在线性系统中, 系统的稳定性只取决于_____和_____。而对于非线性系统, 系统的稳定性还与_____、_____有关。

答案:系统结构;参数;输入信号;初态。

17. 被控系统_____, 则全维状态观测器满足其存在条件。

答案:完全能观。

18. 极限环是非线性系统中特有现象, 可分为三种类型:_____、_____、_____。

答案:稳定;不稳定;半稳定。

19. 状态反馈的引入不改变系统的_____, 但可能改变系统的_____。

答案:能控性;可观性。

20. _____和_____都是采样系统的数学模型。

答案:差分方程;脉冲传递函数。

21. 对于高阶系统, 如果能找到一对(或一个)_____, 则高阶系统可近似为二阶(或一阶)系统进行分析。

答案:闭环主导极点。

22. 在三频段理论中, 低频段决定系统的_____性能, 中频段决定系统的_____性能, 高频段决定系统的_____性能。

答案:稳态;动态;抗干扰。

23. 在反馈控制系统中, 增大_____或_____可以消除或减小稳态误差。

答案:开环增益;提升系统型次。

24. 当系统的输入信号为单位斜坡函数时, _____ 型以上的系统。才能使系统的稳态误差为零。

答案: I。

二、填空选择题

1. 一阶惯性环节 $\frac{K}{T_s+1}$ 中的 K 、 T 的物理意义是从 _____ 得到的; 时间常数 T 越大, 则响应越 _____, 跟踪过程误差越 _____。(A. 脉冲响应; B. 斜坡响应; C. 阶跃响应)

答案: C; 慢; 大。

2. 对于二阶系统的超调量 $\sigma\%$ _____; 过阻尼状态时, 系统呈现 _____ 特性, 临界阻尼状态时, 系统呈现 _____ 特性。(A. 与 ξ 有关, 而与 ω_n 无关; B. 与 ξ 和 ω_n 都无关; C. 与 ξ 无关, 而与 ω_n 有关; D. 与这二参数关系不确定)

答案: A; 单调; 单调上升。

3. _____ 的输出响应可以从每个输入响应的叠加求得; 线性控制系统对于输入信号积分的响应, 等于系统 _____。(A. 线性控制系统; B. 非线性控制系统)

答案: A; 对该输入信号响应的积分。

4. 连续系统稳定的充要条件是系统闭环特征方程的所有根 _____; 而 $[z]$ 平面上离散系统稳定的充要条件是 _____。(A. 位于 $[s]$ 平面的右半平面; B. 位于 $[s]$ 平面的左半平面; C. 都有正的实部)

答案: B; 在单位圆内。

5. 相角稳定裕度 γ 和幅值稳定裕量 h 越大, 系统越 _____; _____ 频段反映了系统的稳态性能; _____ 频段反映了系统的动态性能。(A. 无影响; B. 不稳定; C. 稳定)

答案: C; 低; 中。

6. 闭环根轨迹是起于开环 _____, 终于开环 _____。

答案: 极点; 零点。

7. 在欠阻尼二阶系统单位阶跃响应中, 当 ω_n 不变, 而 ξ 增大时, 调节时间 t _____; 最佳阻尼比 $\xi =$ _____。(A. 减小; B. 不变; C. 增大)

答案: A; 0.707。

三、选择题

1. 开环系统的特征是()。

(A) 系统无执行元件

(B) 系统无控制器

(C) 系统无放大元件

(D) 系统无反馈元件

解答: (D)。

2. 试判断下列用微分方程描述的系统是线性系统还是非线性系统。

(A) $\frac{d^2 y}{dt^2} + 3 \frac{dy}{dt} + 4y = e(t)$

(B) $\frac{du}{dt} + u^2 + u = \sin^2 \omega t$

(C) $3 \frac{d^2 y}{dt^2} + y \frac{dy}{dt} + 2y = 5t^2$

(D) $t \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + t^2 y = e^{-t}$

解答: (A) 线性系统; (B) 非线性系统; (C) 非线性系统; (D) 非线性系统。

3. 下面是 4 个系统的微分方程数学模型, 其中 $r(t)$ 为系统的输入, $c(t)$ 为系统的输出, 它

们中是线性系统的是()。

(A) $c(t) = 25 \frac{d^3 r(t)}{dt^3} + \frac{d^2 r(t)}{dt^2} - 6r(t)$

(B) $c(t) = 25 \frac{d^3 r(t)}{dt^3} + \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + 5 \frac{dr(t)}{dt} - 6r(t) + 1$

(C) $c(t) = 25 \frac{d^3 r(t)}{dt^3} + \frac{d^2 r(t)}{dt^2} - 6r(t) + 1$

(D) $c(t) = 25 \frac{d^3 r(t)}{dt^3} + \frac{d^2 r(t)}{dt^2} - 6r^2(t)$

解答:(A)。



【理论链接】

(1) 线性系统微分方程的一般式

$$c^{(n)}(t) + a_1 c^{(n-1)}(t) + a_2 c^{(n-2)}(t) + \dots + a_n c(t) = r^{(m)}(t) + b_1 r^{(m-1)}(t) + b_2 r^{(m-2)}(t) + \dots + b_m(t)$$

式中的每一项均与 $c(t), r(t)$ 或其导数有关,但不含常数项,也不含一次以上的项。如果每项的系数与时间有关,则称为时变系统,如果所有系数都与时间无关则称为定常系统。

(2) 线性系统满足齐次性和叠加性。含有常数项的微分方程不满足叠加性,不是线性系统。

4. 系统的传递函数()。

(A) 与输入信号有关,与系统结构和参数有关

(B) 与输入信号无关,与系统结构和参数有关

(C) 与输入信号有关,与系统结构和参数无关

(D) 与系统结构无关,与系统参数有关

解答:本题考查传递函数性质。(B)

5. 已知系统的单位阶跃响应为 $C(t) = 1 - 2e^{-t} + e^{-2t}$, 则该系统的闭环传递函数为()。

(A) $\frac{s^2 + 2s + 2}{(s+1)(s+2)}$

(B) $\frac{s^2 + 2s + 2}{s(s+1)(s+2)}$

(C) $\frac{2}{(s+1)(s+2)}$

(D) $\frac{2}{s(s+1)(s+2)}$

解答:(C)。



【理论链接】

(1) 系统的脉冲响应的拉普拉斯变换即为其闭环传递函数。

(2) 负反馈系统的传递函数关系: 闭环传函 $\Phi(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$, 其中, $G(s)$ 为开环传函, $H(s)$ 为反馈通道传函。

6. 设系统的开环传递函数 $G(s)$ 分母的阶次为 m , 而且 $n > m$, 则 $D(s) = 1 + G(s)$ 的()。

(A) 零点数等于极点数

(B) 零点数小于极点数

(C) 零点数大于极点数

(D) 零点数等于、小于或大于极点数

解答:考查开环传递函数和闭环传递函数之间的关系。 $D(s)=1+G(s)$ 的次数由极点决定,所有选(A)。

7. 单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s)=\frac{20}{0.4s(s+5)}$, 其开环增益和时间常数分别为()。

- (A) 20,5 (B) 50,0.2 (C) 10,5 (D) 10,0.2

解答:将传递函数改写成如下标准形式(尾1式): $G(s)=\frac{10}{0.4s(s+1)}$, 开环增益和时间常数分别为10和0.2, 答案为(D)。

8. 某控制系统的开环传递函数为 $G(s)H(s)=\frac{10(s+0.5)}{s(0.5s+1)(s^2+2s+2)}$, 那么该系统的开环增益 $K=()$ 。

- (A) 0.5 (B) 2.5 (C) 5.0 (D) 10

解答:由题意 $G(s)H(s)=\frac{10(s+0.5)}{s(0.5s+1)(s^2+2s+2)}=\frac{2.5(2s+1)}{s(0.5s+1)\left(\frac{s^2}{2}+s+1\right)}$, 答案为(B)。

9. 某系统如图 1.1 所示, 已知: $\frac{dc(t)}{dt} + 5c(t) = 3r(t)$, 试确定 $\frac{C(s)}{R(s)}$ 和 $\frac{E(s)}{R(s)}$ 。

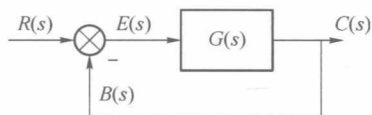


图 1.1

解答:由 $\frac{dc(t)}{dt} + 5c(t) = 3r(t)$, 在零初始条件下, 两边

同时拉普拉斯变换并整理得 $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3}{s+5}$, $\frac{E(s)}{R(s)} = 1 - \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s+2}{s+5}$ 。

10. 二阶振荡环节 $G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$ ($0\leq\xi<1$) 中, 3 个有定义频率: ω_n 为无阻尼自然频率; ω_d 为有阻尼自然频率; ω_r 为谐振频率, 它们之间的大小关系为()。

- (A) $\omega_n > \omega_r > \omega_d$ (B) $\omega_n > \omega_d > \omega_r$ (C) $\omega_n > \omega_d = \omega_r$ (D) $\omega_r = \omega_n > \omega_d$

解答: $\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2}$, $\omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\xi^2}$, 显然, $\omega_n > \omega_d > \omega_r$ 故选(B)。

11. 系统特征方程的根在 $[s]$ 平面上的位置与系统瞬态响应的对应关系为()。

- (A) 只要有一个根在 $[s]$ 平面的左边, 系统的瞬态响应就收敛
 (B) 只要有一个根在 $[s]$ 平面的右边, 系统的瞬态响应就收敛
 (C) 只要有一个根在 $[s]$ 平面的右边, 系统的瞬态响应就发散
 (D) 只要有一个根在 $[s]$ 平面的左边, 系统的瞬态响应就发散
 (E) 所有根在 $[s]$ 平面的右边, 系统的瞬态响应就收敛
 (F) 所有根在 $[s]$ 平面的右边, 系统的瞬态响应就发散
 (G) 所有根在 $[s]$ 平面的左边, 系统的瞬态响应就收敛
 (H) 所有根在 $[s]$ 平面的左边, 系统的瞬态响应就发散
 (I) 特征方程的所有根在 $[s]$ 平面的虚轴上, 系统的瞬态响应就发散
 (J) 特征方程的所有根在 $[s]$ 平面的虚轴上, 系统的瞬态响应就收敛

解答:(C)。

12. 闭环传递系统为 $\Phi(s)=\frac{1}{Ts+1}$, 其单位脉冲响应曲线 $g(t)$ 在 $t=0$ 处的值为()。

- (A) T (B) $\frac{1}{T}$ (C) $\frac{1}{T^2}$ (D) 0

解答: $g(t) = L^{-1}(\Phi(s)) = L^{-1}\left(\frac{1}{Ts+1}\right) = \frac{1}{T}e^{-\frac{t}{T}}$, 所以当 $t=0$ 时 $g(0) = \frac{1}{T}$, 故选(B)。

13. 线性定常系统对某输入信号的响应已知, 则求该系统对输入信号导数的响应, 可通过把系统对该输入信号响应的_____来求取; 而求系统对该信号的积分的响应, 可通过系统对该输入信号响应的_____来求取()。

- (A) 导数, 导数 (B) 积分, 积分 (C) 导数, 积分 (D) 积分, 导数

解答: (C)。

14. 对高阶系统常常用主导极点的概念和偶极子的方法进行简化, 进而简化计算过程。下面是几个简化的式子, 正确的是()。

(A) $\Phi(s) = \frac{200}{(s+3)(s^2+2s+5)(s+40)} \approx \frac{200}{(s+3)(s^2+2s+5)}$

(B) $\Phi(s) = \frac{200}{(s+3)(s^2+2s+5)(s+40)} \approx \frac{5}{(s+3)(s^2+2s+5)}$

(C) $\Phi(s) = \frac{200(s+2)(s+0.01)}{(s+3)(s^2+2s+5)(s+0.1)} \approx \frac{200(s+2)}{(s+3)(s^2+2s+5)}$

解答: 利用闭环主导极点和偶极子对系统进行化简时应该保证系统的开环增益不变, 故选(B)。

15. 下面函数中最小相位传递函数的是()。

(A) $G(s) = \frac{s+5}{s^2(s-3)}$ (B) $G(s) = \frac{(s-8)(s+1)}{s^2+5s+1}$

(C) $G(s) = \frac{(s+5)}{(s^2-4s+12)(s+3)}$ (D) $G(s) = \frac{-2}{s(s+8)(s^2+6s+9)}$

解答: (C) 中 $s^2-4s+12=0$ 的解 $s = \frac{4 \pm \sqrt{16-4 \times 12}}{2} = 2 \pm 2\sqrt{2}$ 有正实部, 不稳定的根, 非最小相位传递函数, 只有(D)是。

16. 系统的截止角频率越高, ()。

- (A) 相对稳定性越好 (B) 对高频噪声滤除效果越好
 (C) 上升时间越短 (D) 快速性越好
 (E) 稳态误差越小 (F) 相对稳定性越差
 (G) 上升时间越长 (H) 对高频噪声滤除效果越差
 (I) 快速性越差 (J) 稳态误差越大

解答: (C)(D)(H)。

17. 观察开环系统频率特性的()可以判断系统的型别。

- (A) 高频段 (B) 中频段 (C) 低频段 (D) 无法判断

解答: (C)。

18. 若系统的 Bode 图已知, 其低频段幅特性的渐近线是一条斜率为 -20 dB/dec 的直线, 且穿越 0 分贝线时的 $\omega = 15 \text{ rad/s}$, 则该系统()。

- (A) 有一个积分环节 (B) 有两个积分环节
 (C) 开环放大倍数为 $\sqrt{15}$ (D) 开环放大倍数是 225

(E) 开环放大倍数是 15

(F) 没有纯积分环节

解答:(A)(E)。

19. 系统开环传递函数为 $\frac{10(2s^5 + 3s^2 + 1)}{s^2(s^6 + 7)}$, 则系统都在高频段 $\omega \rightarrow \infty$ 渐近线为()。

(A) 0 dB/dec

(B) -2 dB/dec

(C) -40 dB/dec

(D) 以上均不是

解答:传递函数分母与分子的阶数相差为 3, 故选择(D)。

$$\text{设系统的开环传递函数为 } G(s)H(s) = \frac{K \prod_{iz=1}^{n_1} (s + z_{iz}) \prod_{jz=1}^{n_2} \left(\frac{s^2}{\omega_{jz}^2} + \frac{2\xi_{jk}s}{\omega_{jz}} + 1 \right)}{s^v \prod_{ip=1}^{m_1} (s + p_{ip}) \prod_{jp=1}^{m_2} \left(\frac{s^2}{\omega_{jp}^2} + \frac{2\xi_{jp}s}{\omega_{jp}} + 1 \right)}, \text{ 式中 } v$$

表示系统的型次。

20. 闭环控制系统有效地控制()中的扰动的的影响。

(A) 给定通道

(B) 前向通道

(C) 反馈通道

(D) 测量通道

解答:通过前馈补偿,闭环控制系统能够有效消除前向通道中的扰动,(B)。

21. 满足根轨迹相角条件的点()。

(A) 一定在根轨迹上

(B) 不一定在根轨迹上

(C) 不一定满足幅值条件

(D) 不一定满足闭环特征方程式

解答:相角条件是根轨迹的充分必要条件,故选择(A)。

22. 自动控制系统根轨迹确定后,如果开环传递函数增加一个极点,则()。

(A) 根轨迹由左向右移动

(B) 根轨迹由右向左移动

(C) 根轨迹的位置不变

解答:考查增加开环极点对系统根轨迹形状的影响。正确答案是(A)。

23. 已知系统开环传递函数的分母阶数比分子阶数高二阶,系统开环极点为 $-3, -2 \pm j$, 若已知系统的闭环极点包括一对共轭复数根为 $-1 \pm 2j$, 则另一个闭环极点为()。

(A) -4

(B) -5

(C) -6

(D) 以上皆不是

解答:考查 $n-m \geq 2$ 的条件下,开环极点之和等于闭环极点之和的关系。由 $-3 + (-2 + j) + (-2 - j) = P + (-1 + 2j) + (-1 - 2j)$, 得 $P = -5$, (B) 正确。

24. 如果一个控制系统开环不稳定,则闭环系统也不稳定()。

(A) 此说法正确

(B) 此说法错误

解答:系统开环不稳定,闭环可能稳定,所以这种说法是错误的,选(B)。

25. 如果离散系统闭环脉冲传递函数的所有极点位于 z 平面的左半平面,则离散系统稳定()。

(A) 此说法正确

(B) 此说法错误

解答:(B)。

四、问答题

1. 画出负反馈控制系统的组成框图,并说明各环节的作用。

解答:负反馈控制系统的组成框图如图 1.2 所示。

定值环节:产生参考输入或设定值;

比较环节:产生偏差信号;

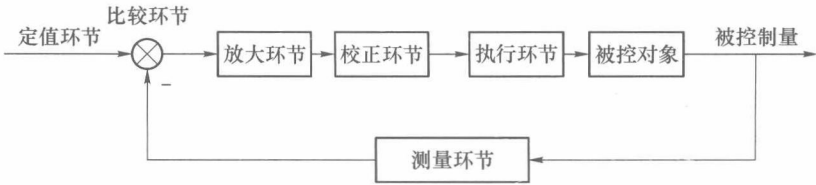


图 1.2 负反馈控制系统的组成框图

- 放大环节:使偏差信号有足够大的幅值和功率;
- 校正环节:改善控制系统的性能,使系统能正常工作;
- 执行环节:偏差的控制作用驱动被控对象;
- 测量环节:测量被控量和控制量。

2. 电冰箱的制冷系统原理如图 1.3 所示。继电器的输出电压 U_R 为压缩机上的工作电压。绘制控制系统框图,简述工作原理。若出现压缩机频繁启动,请提出相应的改进措施。

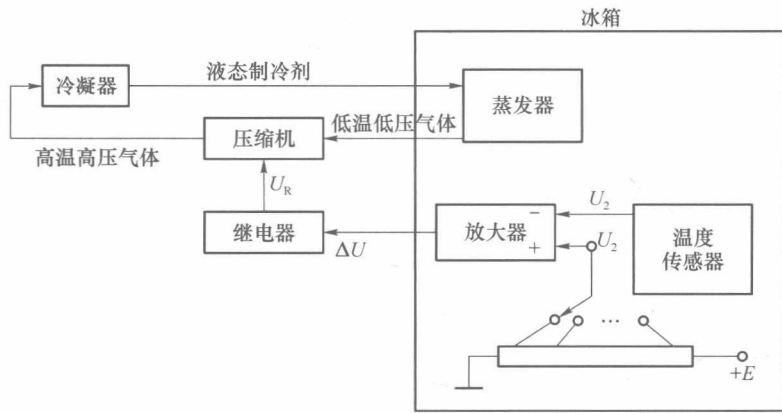


图 1.3 电冰箱的制冷系统原理

解答:控制系统框图如图 1.4 所示。

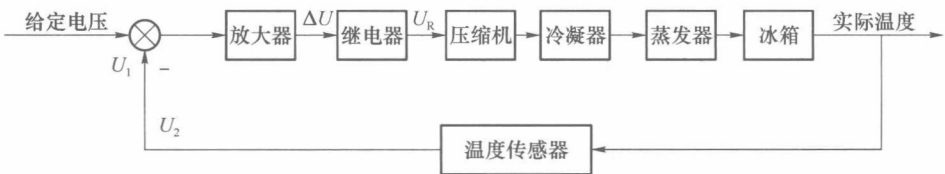


图 1.4 控制系统框图

其工作原理:设定温度 U_1 与温度传感器反馈回的温度 U_2 进行比较,偏差 ΔU 经放大器放大后发送给继电器。若偏差信号放大后能够使继电器闭合,则压缩机启动,驱动冷凝器进行制冷,温度传感器接受到的温度降低,使 ΔU 减小, U_R 减小,直到压缩机停止工作,从而保证实际温度总在设定温度的范围内。

若出现压缩机频繁启动,说明实际温度与设定温度的很小偏差都会使继电器闭合。可以采取两个改进措施:一是减小放大器的增益,二是增加继电器的闭环门限值。

3. 系统在输入信号 $r(t)=1(t)+t \cdot 1(t)$ 作用下,测得响应 $c(t)=(t+0.9)-0.9e^{-10t}$,又知系统的初始状态均为零状态,试求系统的传递函数。

$$\text{解答: 由题意, } R(s) = \frac{1}{s} + \frac{1}{s^2} = \frac{s+1}{s^2}, C(s) = \frac{1}{s^2} + \frac{0.9}{s} - \frac{0.9}{s+10}$$

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10}{s+10}$$

4. 列举反映系统动态性能的 5 项指标。如果单纯增大反馈控制系统的开环增益, 这些指标将如何变化?

解答: 本题考查基本概念和开环增益对系统性能指标的影响。增大开环增益后自然振荡频率增大, 阻尼比较小, 但阻尼比与自然振荡频率的乘积保持不变, 动态响应变快, 上升时间和峰值时间变小, 超调量变大, 振荡次数变大, 调节时间保持不变。

5. 为什么二阶欠阻尼系统中的阻尼比 ξ 通常选择在 0.4~0.8 范围内工作。

解答: 因为如果系统阻尼比过小, 系统反应迅速, 超调量大; 如果阻尼比过大, 虽然超调量小, 但系统反应缓慢, 阻尼比选择在 0.4~0.8 基本能保证快速性和超调量不太大的要求。

6. 已知两个欠阻尼二阶系统 A、B 的闭环极点分布如图 1.5 所示, 则系统 A 超调量比系统 B 的超调量小。此说法正确否?

解答: 由图可以看出, A 的 $\xi\omega_n$ 值近似等于 B 的 $\xi\omega_n$ 值两倍, 但 ω_{nA} 与 ω_{nB} 近似相等, 所以 $\xi_A > \xi_B$, 故 A 的超调量小于 B 的超调量, 此话是正确的。

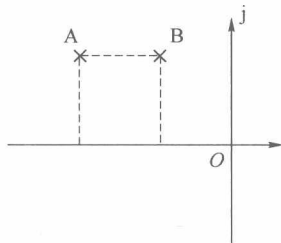


图 1.5 闭环极点分布图

7. 试写出微分方程、传递函数和频率特性这三种数学模型之间的关系。

解答: 考查微分方程、传递函数和频率特性之间的联系。微分方程、传递函数和频率特性都是对系统本质特征的描述, 传递函数是基于微分方程的, 是微分方程在零初始条件下拉普拉斯变换后输出关于输入的比; 频率特性之间表示出系统跟踪信号的快慢, 是假设系统正弦信号输入条件下, 输出信号与输入正弦信号的复数比, 该复数即为在系统传递函数中令 $s=j\omega$ 代入整理得到的复数。

8. 何谓系统的频宽? 随动系统和低通滤波器对频宽各有什么要求? 为什么? 下面是某系统的闭环传递函数, 求系统的频宽。

$$G_b(s) = \frac{1000}{s^2 + 10s + 100}$$

解答: 频宽是指闭环频率特性中高频时对应幅值为 $0.717A(0)$ 时的频率 ω_b , 随动系统要求有较大的频宽, 因为随动系统要求快速性好, 频宽越大, 系统的快速性越好; 而低通滤波器则有要求较小的频宽, 较小的频宽可以滤掉高频噪声。

题中 $\omega_n = 10$, $\xi = 0.5$, 由公式可得频宽 $\omega_b = \omega_n \sqrt{1 - 2\xi^2} + \sqrt{2 - 4\xi^2 + 4\xi^4}$, 代入可得 $\omega_b \approx 12.7$ 。

9. 对控制系统进行校正时, 在什么情况下, 不宜采用串联超前校正? 为什么?

解答: 考查串联超前校正的特点及使用场合。因为超前校正可以改善系统的快速性的同时也会使系统的稳定性变差, 在系统的快速性满足要求而稳定性不满足要求, 或快速性达到要求而希望降低系统的动态响应超调量时不宜采用超前校正; 还因为超前校正会抬高系统高频段幅频值, 使高频噪声信号放大, 有高频噪声信号时亦不宜使用。

12. 对于超前、滞后、滞后-超前三类校正装置。

(1) 分别阐述其功能控制。

(2) 对于 PI 控制、PID 控制、PD 控制,分别属于上述三类校正装置的哪一类?为什么?

(3) 对于高频滤波器、中频滤波器、低频滤波器,分别属于上述三类校正装置的哪一类?为什么?

解答:(1) 超前、滞后校正装置参考上题目,滞后-超前校正装置综合了超前校正装置和滞后校正装置的特点,当系统的动态性和稳定性都达不到要求时,可以考虑使用滞后超前校正装置。

(2) PI 属于滞后校正装置,因为它具有相位滞后作用;PD 属于超前校正装置,因为它可以提高超前相角;PID 属于滞后超前校正装置,因为其在低频段具有滞后效应,在中频段具有超前效应。

13. 增大控制器的比例控制系数对闭环系统输出有何影响?为什么加入滞后校正环节可以提高稳态精度,而又基本上不影响暂态性能?

解答:增大控制器的比例控制系数使系统的带宽增加,系统反应变快、超调量增加、稳态精度提高,但抗高频干扰能力降低。

滞后校正具有高频衰减特性,如果在滞后校正环节前面串联一增益,可以使滞后环节对中、高频没有影响,而使系统的低频段提高,系统的稳态精度变好,系统的动态性能是由系统的中频段决定的,中频段不变,即对其暂态性没有影响。

14. 串联超前校正会使开环系统的截止频率 ω_c 增加,高频幅值增加,则闭环系统的响应速度_____,抗干扰能力_____。

解答:变快;变差。

15. 传递函数为 $G(s) = \frac{1+\tau s}{1+T_s}$ 的环节,当 $\tau > T$,其属于相位_____校正环节,其主要是用来改善系统的_____性能。

解答:超前;动态。

16. 传递函数为 $G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_s} + \tau s \right)$ 的控制器具有哪种控制规律?其参数选择一般有什么特点?加入系统后,对系统的性能有哪些改善?

解答:传递函数为 $G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_s} + \tau s \right)$ 的控制器为 PID 控制器,在低频段其具有改变低频段的起始高度(P作用)及系统低频特性的斜率(I作用);在中频段,其可以改变剪切频率,从而改变中频段的长度,影响系统的快速性(D作用);在高频段,其能改变高频段的斜率,增加系统的抗高频噪声干扰的能力。

比例(P)调节作用及参数选择:是按比例值的大小调节系统的偏差,系统一旦出了偏差,比例调节立即产生调节作用以减少偏差。比例越大,调节越快速,误差减少的速度越快,比例值体现调节的强度。但是比例过大,使系统的稳定性下降,甚至造成系统的不稳定。

积分(I)调节作用及参数选择:是使系统消除稳态误差,提高无差率。只要有误差,积分调节就增加调节值,直至无误差,积分调节停止,积分调节输出一常值。 T 越小,积分作用就越强;反之 T 大则积分作用弱。积分调节作用可以消除稳态误差使系统控制准确,但也同时使系统稳定性下降、动态响应变慢,因此积分作用常与另外两种调节规律结合,组成 PI 调节器或 PID 调节器。

微分(D)调节作用及参数选择:是反映系统偏差信号的变化率,能预见偏差变化的趋势。因此,在系统偏差还没有形成之前,可以被微分调节作用消除,微分(D)调节能产生超前的控

制作用,改善系统的动态性能。在微分时间选择合适的情况下,可以减少超调,减少调节时间。微分反映的是变化率,当输入没有变化时,微分作用输出为零。微分作用不能单独使用,需要与另外两种调节规律相结合,组成 PD 控制器或 PID 控制器。此外,微分作用对变化的噪声干扰有放大作用,因此过强的微分调节,对系统抗干扰不利。

如果 PID 控制器的参数选择恰当的话,可以改善系统的稳态误差,动态特性和高频抗噪声能力。

17. 已知线性定常离散系统的闭环脉冲传递函数为 $\Phi(z) = \frac{z+0.136}{z^2+2.31z+3}$, 分析系统的稳定性。

解答:该系统为二阶系统,可以直接进行求根判断。系统的特征方程为 $D(z) = z^2 + 2.31z + 3 = 0$, 求解可以得到 $z_{1,2} = -1.155 \pm 1.291j$, 显然 $|z_{1,2}| > 1$, 系统不稳定。