



研究生入学考试 考点解析与 真题详解 ——自动控制原理



研究生入学考试试题研究组
飞思教育产品研发中心

主编
监制

精编最新、最全的考研真题，知识更新

分类精析、精讲各个考点，收效更好

立体化辅导模式，效率更高



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

飞思考试中心
Fecit Examination Center

研究生入学考试 考点解析与 真题详解 ——自动控制原理

研究生入学考试试题研究组
飞思教育产品研发中心

主编
监制

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书对全国 50 余所高校近几年研究生入学考试真题按主流高校指定考研教材的章节分类编排,并对真题进行详细分析,对相关知识点进行详尽的介绍。通过对真题的分类、分析和相关考点的理论链接,使考生能够熟悉考试的内容,抓住考试的重点与难点,掌握考试中经常出现的题型和每种题型的解法,同时也使考生熟悉专家们的出题思路、命题规律,从而提高应试复习的效率和命中率。本书最大特色是以“真题分析”为主线,以“考点点拨”、“理论链接”等特色段落为辅线,帮助读者巩固考试所涉及的重点和难点。

本书的特点为:

- 以真题为纽带,带动考点。本书的结构不是传统的“考点→例题→习题”,而是采用“真题→分析→考点”的方式。实践证明这种“将考点融入考题、以考题学习考点”的方式应试针对性极强,特别适合考生在短时间内突破过关。
- 真题分类编排,分析到位。本书将近几年的真题按主流教材的章节分类编排,便于读者分类复习,专项攻克。所有真题均给出了详尽的分析,便于考生把握完整的解题思路,快速提升应试能力。

另外,本书还提供了 3 套全真样题,便于考生考前实战冲刺,体验真实训练。

本书具有真题丰富、考点全面、分析透彻、严谨实用等特点,非常适合有关考生使用,也可作为高等院校师生的参考书或培训班的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

研究生入学考试考点解析与真题详解. 自动控制原理 / 研究生入学考试试题研究组主编.

北京: 电子工业出版社, 2008.9

(飞思考试中心)

ISBN 978-7-121-07254-3

I. 研… II. 研… III. 自动控制理论—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. G643

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 124517 号

责任编辑: 宋兆武 张 京

印 刷: 北京四季青印刷厂

装 订: 三河市万和装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 850×1168 1/16 印张: 29.75 字数: 1311 千字

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

编审委员会

丛书主编 何光明 吴 婷

本书主编 王衍军 吴 婷

本书主审 孔慧芳

编委名单（以姓氏笔画为序）

孔慧芳	王一非	王国全	王衍军	刘 伟	孙 坤	孙 虹
孙 涵	江 兵	祁 航	许 勇	许 娟	邢 肖	严云洋
何光明	何杨光	何 秀	何 涛	吴 金	吴 婷	吴 蕾
应艳杰	张 建	张建林	李千目	李 海	杨 明	杨帮华
杨 萍	汪志宏	陈玉旺	陈应松	陈 还	陈 智	单忆南
孟祥印	范荣钢	侯金龙	姚昌顺	姜萍萍	胡 邦	赵传申
骆 健	唐 萨	耿永才	钱阳勇	黄学海	温阳东	童爱红
葛武滇	董 图	廖春和	蔡 浩			

出版说明

知己知彼 百战百胜

随着改革开放和现代化建设事业的需要,特别是“科教兴国”、“知识经济”等战略性措施日益广泛实施,国家机关、企事业单位及各行各业对高素质、高学历人才的需求量越来越大。同时,随着高等教育的大众化,本科人才越来越多,相当一部分大学毕业生不易找到理想工作,很多人希望取得更高的学历,以增强自己的竞争实力,因此,近年来“考研热”持续升温。研究生入学考试现已成为国内影响最大、参加人数最多的国家级选拔高层次人才的水平考试。

1. 编写目的

研究生入学考试与在校大学生的期中或期末考试相比,其深度、广度与难度大大增加,试题综合性强,着重知识的运用,竞争激烈,淘汰率高。同时,考研作为一种选拔性水平考试,试题规范,规律性很强,不少题型反复出现,把这些反复出现的试题整理归类,以节省考生宝贵的复习时间,对考生迎考大有帮助。飞思考试中心为了更好地服务于考生,引导考生在较短时间内掌握解题要领,并顺利通过研究生入学考试,我们组织了一批具有多年教学经验的一线教师,将他们多年的教学经验进行浓缩,并在深入剖析近几年全国 50 余所著名院校研究生入学考试专业课试题的基础上,特别编写了这套《研究生入学考试考点解析与真题详解》系列图书。

2. 本系列图书简介

《研究生入学考试考点解析与真题详解》系列图书首批推出以下 12 本:

- (1) 研究生入学考试考点解析与真题详解——操作系统
- (2) 研究生入学考试考点解析与真题详解——数据结构与算法设计
- (3) 研究生入学考试考点解析与真题详解——微机原理与接口技术
- (4) 研究生入学考试考点解析与真题详解——自动控制原理
- (5) 研究生入学考试考点解析与真题详解——信号与系统
- (6) 研究生入学考试考点解析与真题详解——高等代数
- (7) 研究生入学考试考点解析与真题详解——数学分析
- (8) 研究生入学考试考点解析与真题详解——数字电子技术
- (9) 研究生入学考试考点解析与真题详解——模拟电子技术
- (10) 研究生入学考试考点解析与真题详解——电路
- (11) 研究生入学考试考点解析与真题详解——机械原理与机械设计
- (12) 研究生入学考试考点解析与真题详解——硬件分册(数字逻辑、计算机组成原理、计算机系统结构)

3. 本系列图书特色

- 真题量大面广,最新、最全。书中收集了近年来全国 50 余所著名院校研究生入学考试专业课试题,题量大、内容新,从而便于读者摸清考试新趋向,预测考点,紧跟考试动态。
- 以真题为纽带,带动考点。本系列图书的结构不是传统的“考点→例题→习题”,而是采用“真题→分析→考点”的方式。实践证明这种“将考点融入考题,以考题学习考点”的方式应试针

对性极强，特别适合考生在短时间内突破过关。

- **真题分类编排，方便复习。**书中对近几年 50 余所著名院校考研真题进行深入剖析，然后按主流高校指定考研教材的章节分类编排，有利于考生分类复习，专项攻克，同时也便于考生更好地理解 and 掌握考试的内容、范围及难度，便于考生把握命题规律、快速提升应试能力。
- **题型分析透彻，举一反三。**本系列图书重点定位在介绍解题方法与技巧上，不仅授人以“鱼”，更在于授人以“渔”。书中对例题进行细致深入的分析、完整的解答和点评扩展，能达到触类旁通、举一反三之功效。
- **立体化辅导模式，提高效率。**以“真题分析”为主线，以“考点点拨”、“理论链接”等特色段落为辅线，帮助考生巩固考试所涉及的重点与难点。
- **名师精心锤炼，权威性强。**本系列图书由名师主笔，亲授解题技巧。内容全面翔实、文字表达简洁明了、层次清晰、结构严谨，特别突出解题方法，强调知识的综合与提高，导向准确。
- **考点浓缩精解，便于记忆。**将指定的考试内容进行浓缩，用言简意赅的语言精讲考试要点、重点和难点。
- **全真试题实战，自测提高。**书末均给出 3 套全真考研预测试卷，并附上详细的解答，包括分析、解答和注解，便于考生考前演练，自测提高。

4. 本书阅读指南

本书系统全面地分析了近几年自动控制原理考研题目的解题思路，并给出了翔实的参考答案，读者可以充分地各个学校考研题目的难度，查漏补缺，有针对性地提高自己的自动控制原理水平。本书共分 12 章。

第 1 章主要介绍控制理论的基本概念、自动控制系统的结构图及控制系统分类。

第 2 章主要介绍控制系统模型的建立和系统传递函数的求取。

第 3 章主要介绍控制系统的动态性能，包括系统动态性能指标的求取。

第 4 章主要介绍控制系统的频率特性。

第 5 章主要介绍控制系统的稳定性。

第 6 章主要介绍控制系统的误差特性。

第 7 章主要介绍根轨迹法，并利用根轨迹法对控制系统的性能进行分析。

第 8 章主要介绍控制系统的校正、考研真题中常见校正装置的设计等内容。

第 9 章主要介绍离散控制系统的建模、脉冲传递函数的求取、稳定性的判别、离散系统的误差特性和最小拍系统的设计等内容。

第 10 章主要介绍非线性系统的概念、用描述函数法和相平面法分析非线性系统的相关知识。

第 11 章主要介绍现代控制理论，主要包括状态空间的建立、状态空间的求解、系统的能控性和能观性、系统的稳定性、系统的综合分析。

第 12 章提供了三套模拟题，并给出详尽的分析解答，供读者考前实战演练、自测提高。

5. 读者对象

本套丛书特别适合希望在较短时间内取得较大收获的广大应试考生，也可作为各类研究生入学考试培训班的辅助教材及高等院校师生的教学参考书。

6. 互动交流

读者的进步，我们的心愿。您如果发现书中有任何疑惑之处，请与我们联系。联系信箱：gmkeji@163.com。

7. 关于作者

丛书由从事专业课第一线教学的名师分工编写。他们长期从事这方面的教学和研究工作，积累了丰富的经验，对考研颇有研究（其中大多数编写者多年参加研究生入学试题命题及阅卷工作）。本书由王衍军、吴婷主编，孔慧芳主审。同时感谢杨知洁、严增锐、楼铭、周国清、李遥、刘红普、刘华、邓湘鸿、刘瑞、周彦、王明金等同志的大力协助。另外，参与这套丛书组织、编写、审校和资料收集等工作的还有（按姓氏笔画排名）：孔慧芳、王国全、江兵、许勇、许娟、严云洋、何光明、何杨光、吴金、吴婷、张建林、李千目、李海、杨明、杨萍、汪志宏、陈玉旺、陈智、范荣钢、姚昌顺、赵传申、骆健、钱阳勇、温阳东、童爱红、葛武滇等。

8. 特别致谢

丛书在编写过程中参考了全国硕士研究生入学考试真题，在此对本系列图书所引用试题的出题老师和有关单位表示真诚的感谢。

感谢电子工业出版社对这套书的大力支持，感谢为这套书出版作出贡献与提供支持的各界人士。由于时间仓促、学识有限，书中不妥之处，敬请广大读者指正。

编委会

飞思教育产品研发中心

联系方式

咨询电话：(010) 88254160 88254161-67

电子邮件：support@fecit.com.cn

服务网址：<http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

目 录

第 1 章 绪论	1
考点 1: 控制系统的基本概念及特点 ★★★	1
考点 2: 控制系统的原理 ★★★	3
第 2 章 控制系统建模及传递函数	5
考点 1: Laplace 变换 ★★★	5
考点 2: 传递函数的基本概念及控制系统类型 ★★★	7
考点 3: 系统建模及传递函数的计算 ★★★	9
考点 4: 控制系统方框图的化简 ★★★	25
考点 5: Mason 公式 ★★★	35
第 3 章 控制系统动态性能	53
考点 1: 典型一、二阶系统及其动态性能指标 ★★★	53
考点 2: 高阶系统的闭环主导极点及其动态性能指标 ★★★	78
第 4 章 控制系统频率特性	84
考点 1: 频率特性的基本概念 ★★★	84
考点 2: 控制系统的 Bode 图及稳定裕度 ★★★★★	92
考点 3: 校正前后系统的 Bode 图比较 ★★★★★	117
考点 4: 已知系统的稳定裕度反求系统参数 ★★★★★	123
第 5 章 控制系统的稳定性	127
考点 1: 劳斯判据 ★★★	127
考点 2: 频域稳定性判据 ★★★	135
考点 3: 非最小相位系统的 Nyquist 图及稳定性 ★★★	156
考点 4: 含延迟环节系统稳定性 ★★★★★	163
第 6 章 控制系统误差特性	166
考点 1: 稳态误差的概念及线性定常系统稳态误差 ★★★	166
考点 2: 扰动引起的稳态误差 ★★★	184
第 7 章 控制系统根轨迹法	206
考点 1: 根轨迹及由根轨迹对系统进行分析 ★★★	206
考点 2: 开环零点对系统根轨迹及系统特性的影响 ★★★	233
考点 3: 全根轨迹 ★★★	239
考点 4: 参数根轨迹 ★★★	240
考点 5: 多变量的根轨迹(根轨迹族) ★★★	254
第 8 章 控制系统的校正	259
考点 1: 基本校正环节的特性 ★★★	259
考点 2: 控制系统的频域校正法 ★★★	269
第 9 章 离散控制系统	288
考点 1: 差分方程、Z 变换及反变换 ★★★	288
考点 2: 离散系统的传递函数 ★★★	288
考点 3: 离散系统的稳定性 ★★★★★	296
考点 4: 离散系统的稳态误差 ★★	311



考点 5: 离散系统数字控制器的设计	★★★	315
第 10 章 非线性控制系统		320
考点 1: 非线性系统的线性化	★★★	320
考点 2: 非线性系统描述函数法	★★★	321
考点 3: 非线性系统相平面法	★★★	344
第 11 章 现代控制理论		367
考点 1: 控制系统状态空间表达式	★★★	367
考点 2: 控制系统状态空间表达式的解	★★★	382
考点 3: 线性控制系统的能控性和能观性	★★★★	393
考点 4: 稳定性与李雅普诺夫方法	★★★	413
考点 5: 线性定常系统的综合	★★★★★	420
第 12 章 研究生入学考试全真模拟试题		445
模拟试题一	★★★★★	445
模拟试题一参考答案	★★★★★	446
模拟试题二	★★★★★	451
模拟试题二参考答案	★★★★★	453
模拟试题三	★★★★★	459
模拟试题三参考答案	★★★★★	461

第 1 章 绪 论

考点 1: 控制系统的基本概念及特点 ★★★

考点点拨: 主要考查控制系统的基本概念, 包括自动控制、反馈、正反馈、负反馈、被控对象、被控制量、控制器等, 线性系统与非线性系统、反馈控制系统的特点也是考查点。

【试题 1】(华中科技大学, 2005 年; 西安电子科技大学, 2003 年) 什么是反馈控制原理? 反馈控制系统的主要特点是什么?

分析: 考查反馈控制系统的特点。

解答: 反馈控制原理是系统的输出通过反馈通道引入输入端, 与给定的信号进行比较, 利用所得的偏差信号产生控制作用调节被控对象, 达到减小偏差或消除偏差的目的; 反馈控制的特点是存在偏差, 并用偏差来消除偏差。

【试题 2】(东北大学, 2006 年) 画出负反馈控制系统的组成框图, 并说明各环节的作用。

分析: 考查负反馈控制系统的组成。

解答: 负反馈控制系统的组成框图如图 1.1 所示。

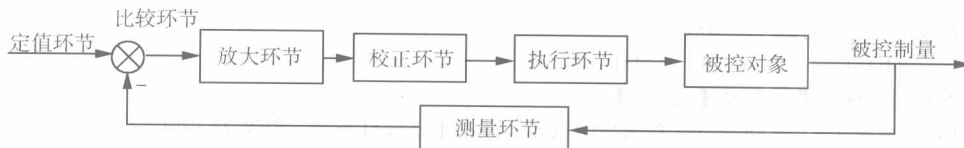


图 1.1

定值环节: 产生参考输入或设定值;

比较环节: 用于产生偏差信号用以控制;

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: 测量被控制量和控制量。

【试题 3】(重庆大学, 2005 年) 开环系统的特征是 ()。

- (1) 系统无执行元件
- (2) 系统无控制器
- (3) 系统无放大元件
- (4) 系统无反馈元件

分析: 本题为概念题。

解答: (4)。

【试题 4】(重庆大学, 2005 年) 如果一个控制系统开环不稳定, 则闭环系统也不稳定 ()。

分析: 本题考查开环系统稳定性和闭环系统稳定性的关系。

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。

【试题 5】(厦门大学, 2002 年) 试比较闭环系统与开环系统的优缺点。

分析: 本题考查开环系统与闭环系统的特点。

解答: 在开环控制系统中, 系统输出只受输入的控制, 控制精度和抑制干扰的特性都相对较差, 但是由于没有反馈的作用, 开环控制系统反应较快, 结构简单。



闭环控制系统是建立在反馈原理基础之上的,利用输出量同期望值的偏差对系统进行控制,可获得比较好的控制性能,但是闭环控制系统由于反馈作用,一般有个调节过程,动态响应相对较慢,如果参数设计不合理,可能不稳定而出现振荡,通常大多数重要的自动控制系统都采用闭环控制的方式。

【试题 6】(东北大学,2005 年)试述正反馈控制的优缺点。

分析: 本题考查正反馈的特点。

解答: 正反馈在自动控制系统中主要是用来对小的变化进行放大,从而可以使系统在一个稳定的状态下工作,有时正是利用正反馈的这种作用,如对病虫害的防御和核反应中的链式裂变反应;能以较小的输入得到较大的输出正是正反馈控制系统的特点,正反馈控制系统的缺点在于容易使系统不稳定。

【试题 7】(南开大学,2004 年)在经典控制理论中,负反馈控制是一种最基本的控制方式,也是一种常用的校正方式,试举例论述采用负反馈控制的优点。

分析: 本题考查负反馈控制的优点。

解答: 负反馈的特点可以从“负”字上得到很好的理解,它主要是通过输入、输出之间的差值作用于控制系统的其他部分。这个差值反映了要求的输出和实际的输出之间的差别。控制器的控制策略是不停减小这个差值。负反馈形式的系统,控制精度高,系统运行稳定。

【试题 8】(南京邮电大学,2007 年)系统的微分方程是 $c(t) = 3r(t) + 6\frac{dr(t)}{dt} + 5\int_{-\infty}^t r(\tau)d\tau$, 其中 $c(t)$ 为输出量, $r(t)$ 为输入量,该系统是_____。

分析: 本题考查控制系统的分类。

解答: 由于系统的微分方程中没有交叉项,也没有高于一次的项,满足线性系统要求,为线性系统。

【试题 9】(大连理工大学,2003 年)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。

- (1) $\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 4y = c(t)$ (2) $\frac{du}{dt} + u^2 + u = \sin^2 \omega t$
 (3) $3\frac{d^2y}{dt^2} + y\frac{dy}{dt} + 2y = 5t^2$ (4) $t\frac{d^2y}{dt^2} + 5\frac{dy}{dt} + t^2y = e^{-t}$

分析: 本题考查控制系统的分类,参考【试题 8】。

解答: (1) 线性系统; (2) 非线性系统; (3) 非线性系统; (4) 非线性系统。

【试题 10】(东南大学,2005 年)下面系统中属于线性系统的是 ()。

系统 1: $y = 3u + 2$; 系统 2: $y = u \sin t$

- (a) 1 和 2 (b) 1 (c) 2 (d) 都不是

分析: 本题考查控制系统分类,参考【试题 8】。

解答: 系统 (1) 和系统 (2) 不满足线性系统叠加原理,故都不是线性系统,答案为 (d)。

【试题 11】(南京理工大学,2005 年)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) $c(t) = 25\frac{d^3r(t)}{dt^3} + \frac{d^2r(t)}{dt^2} - 6r(t)$
 (b) $c(t) = 25\frac{d^3r(t)}{dt^3} + \frac{d^2r(t)}{dt^2} + 5\frac{dr(t)}{dt} - 6r(t) + 1$
 (c) $c(t) = 25\frac{d^3r(t)}{dt^3} + \frac{d^2r(t)}{dt^2} - 6r(t) + 1$
 (d) $c(t) = 25\frac{d^3r(t)}{dt^3} + \frac{d^2r(t)}{dt^2} - 6r^2(t)$

分析: 本题考查线性系统与非线性系统的基本概念,参考【试题 8】。

解答: (a)。

理论链接

(1) 线性系统微分方程的一般形式为

$$c^{(n)}(t) + a_1c^{(n-1)}(t) + a_2c^{(n-2)}(t) + \dots + a_nc(t) = r^{(m)}(t) + b_1r^{(m-1)}(t) + b_2r^{(m-2)}(t) + \dots + b_mr(t)$$

式中的每一项均与 $c(t)$ 、 $r(t)$ 或其导数有关,但是不含高于一次的项,也不含常数项,如果每项的系数与时间有关,则称为时变系统,否则称为定常系统。

(2) 线性系统满足齐次性和叠加性。带有常数项的上述微分方程不满足叠加性,为非线性系统。

【试题 12】(燕山大学,2006 年)自动控制系统按给定信号的类型可分为_____系统和_____系统。

分析: 本题考查控制系统的分类。

解答：连续系统，离散系统。

【试题 13】(燕山大学, 2006 年) 自动控制系统性能好坏的 3 个方面为: _____。

分析：本题考查控制系统的性能。

解答：稳定性，快速性，准确性。

【试题 14】(广东工业大学, 2003 年; 中科院长春光机所, 2004 年) 对自动控制系统, 一般是从哪几方面来进行评价的? 其中首要的要求条件是什么?

分析：本题和【试题 13】相似。

解答：其中首要的要求条件是稳定性, 因为如果一个系统不稳定, 系统将无法正常工作。

考点 2: 控制系统的原理 ★★★

考点点拨：主要考查控制系统的基本原理, 运用反馈控制原理分析解释常见系统的工作原理。

【试题 15】(浙江大学, 2005 年) 电冰箱的制冷系统原理如图 1.2 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。

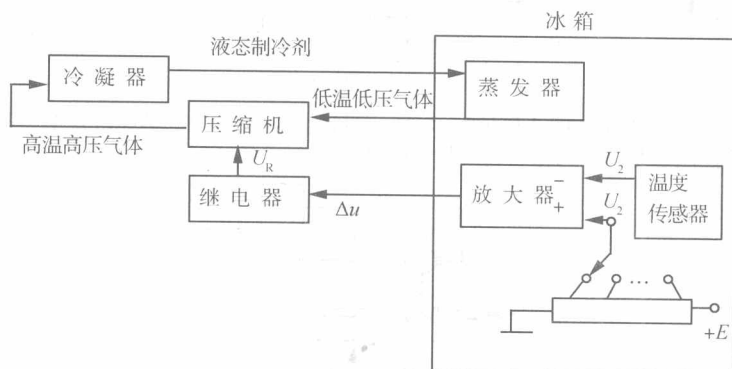


图 1.2

分析：考查反馈控制系统的基本原理, 关键是反馈的原理。

解答：控制系统框图如图 1.3 所示。



图 1.3

其工作原理为：设定温度 U_1 与温度传感器反馈回的温度 U_2 进行比较, 偏差经放大器放大后传送给继电器, 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, 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, 因此解决的办法是减小放大器的增益, 或者增加继电器的闭环门限值。

理论链接

(1) 反馈控制系统的原理。

(2) 系统动态性能的定性分析, 关于这部分的内容, 请参考第 3 章。

【试题 16】(华中科技大学, 2005 年) 炉温控制系统的工作原理如图 1.4 所示, 指出系统的输入量、输出量、偏差信号和被控对象, 画出系统的方框图, 并简单说明炉温的调节过程。

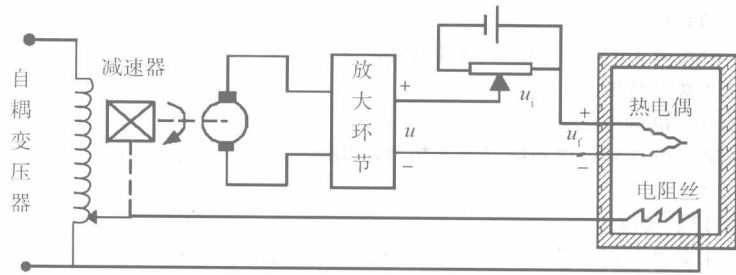


图 1.4

分析：考查反馈控制系统的工作原理及自动控制系统的概念。

解答：炉温的动态调节过程为：炉内温度经热电偶测量转变为电信号 u_f ，当炉内温度小于设定的温度，即 $u_f < u_i$ 时，产生偏差信号 u ，经放大环节后，驱动电动机正向转动，经减速器调整自耦变压器的动点位置，从而提高加热电压，使炉内温度升高，直到 $u_f = u_i$ ，此时电动机停止转动；反之亦然。

该系统的输入量为给定电压 u_i ，输出量为炉温，偏差信号为 u ，被控对象为电炉，方框图如图 1.5 所示。

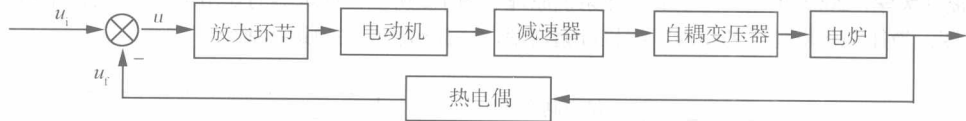


图 1.5

【试题 17】（西安交通大学，2004 年）图 1.6 是一个液位控制系统的原理图。试画出该控制系统的原理方框图，简要说明它的工作原理，并指出该控制系统的输入量、输出量及扰动量。

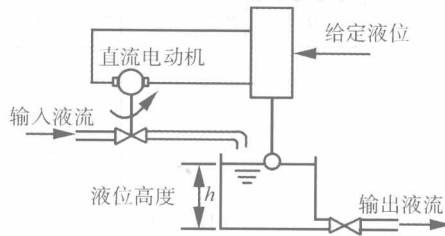


图 1.6

分析：本题考查液位控制系统。

解答：该系统的工作原理为：浮标位置对应于电位计上一点，将该点电压与设定液位对应的电压进行比较，如果没有达到设定的液位，将产生偏差电压，功率放大后驱动直流电动机转动，调节输入液流的阀门，改变进入水池的液体流量，当输出液流发生改变、液面发生变化时，重复上述过程，使液面保持在给定高度。

该系统的输入量为给定液位，输出量为实际液位，扰动量为输出液流。

第 2 章

控制系统建模及传递函数

考点 1: Laplace 变换 ★★★

考点点拨: 主要考查拉氏变换及其反变换。

【试题 1】(清华大学, 1999 年) 给定系统的微分方程为 $T\ddot{y} + y = \tau\dot{u} + u$, 其中 $\tau > T > 0$ 。设 $u(t) = 1(t)$ 和 $y(0^-) = 0$, 求 $y(0^+)$ 和 $y(\infty)$ 。

分析: 本题考查拉氏变换及初值和终值定理。

解答: 对上述系统的微分方程在零初始条件下进行拉氏变换, 有 $Tsy(s) + y(s) = \tau su(s) + u(s)$, 整理可得 $y(s) = \frac{\tau s + 1}{Ts + 1} \times$

$u(s)$, 当 $u(t) = 1(t)$ 时, $u(s) = \frac{1}{s}$, $y(s) = \frac{\tau s + 1}{Ts + 1} \times u(s) = \frac{\tau s + 1}{Ts + 1} \times \frac{1}{s}$ 。

由拉氏变换的初值定理, 得

$$y(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} s \times \frac{\tau s + 1}{Ts + 1} \times \frac{1}{s} = \frac{\tau}{T}$$

由拉氏变换的终值定理, 得

$$y(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \times \frac{\tau s + 1}{Ts + 1} \times \frac{1}{s} = 1$$

【试题 2】(北京航空航天大学, 2005 年) 求图 2.1 所示信号 $f(t)$ 的象函数 $F(s)$ 。

分析: 本题考查拉普拉斯变换, 直接按定义计算即可。

解答: 由题意, 系统的时域表达式为 $f(t) = t$ ($0 \leq t \leq t_0$), 其象函数为 $F(s) =$

$$\int_0^{+\infty} f(t)e^{-st} dt, \text{ 代入可得 } F(s) = \int_0^{t_0} te^{-st} dt = -\frac{t_0 e^{-t_0 s}}{s} - \frac{e^{-t_0 s} - 1}{s^2}。$$

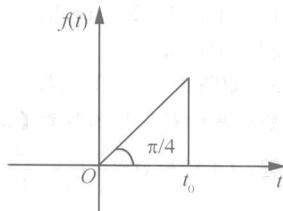


图 2.1

【试题 3】(清华大学, 2001 年) 对于如图 2.2 所示的函数:

(1) 写出其时域表达式。

(2) 求出其对应的拉氏变换象函数。

分析: 本题考查周期信号的 Laplace 变换的求取。

解答: (1) 由图 2.2, 其对应的时域表达式为

$$g(t) = \begin{cases} t & 0 \leq t \leq 1 \\ 2-t & 1 < t \leq 3 \\ t-4 & 3 < t \leq 5 \\ 6-t & 5 < t \leq 7 \\ t-8 & 7 < t \leq 9 \\ 10-t & 9 < t \leq 11 \\ t-12 & 11 < t \leq 13 \end{cases}$$

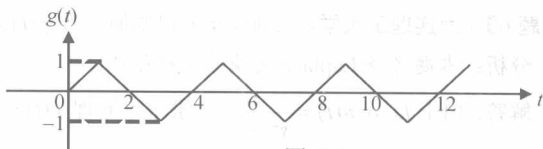


图 2.2

(2) 该信号为周期信号, 在第一周期内的 Laplace 变换为

$$F_1(s) = \int_0^1 e^{-st} dt + \int_1^3 e^{-st} (2-t) dt + \int_3^4 (t-4) e^{-st} dt = \frac{1 + 2e^{-3s} - 2e^{-s} - e^{-4s}}{s^2}$$

在后面两个周期内的拉氏变换为



$$F_2(s) = F_1(s)e^{-Ts} = e^{-4s} \left(\frac{1 + 2e^{-3s} - 2e^{-s} - e^{-4s}}{s^2} \right) = \frac{e^{-4s}(1 + 2e^{-3s} - 2e^{-s} - e^{-4s})}{s^2}$$

$$F_3(s) = F_1(s)e^{-2Ts} = e^{-8s} \left(\frac{1 + 2e^{-3s} - 2e^{-s} - e^{-4s}}{s^2} \right) = \frac{e^{-8s}(1 + 2e^{-3s} - 2e^{-s} - e^{-4s})}{s^2}$$

最后 $\frac{1}{4}$ 个周期的拉氏变换为

$$F_4(s) = \int_{12}^{13} e^{-st}(t-12)dt = -\frac{e^{-13s} + se^{-13s} - e^{-12s}}{s^2}$$

原函数的 Laplace 变换为

$$F(s) = F_1(s) + F_2(s) + F_3(s) + F_4(s)$$

代入可得

$$F(s) = \frac{1 - 2e^{-s} + 2e^{-3s} - 2e^{-5s} + 2e^{-7s} - 2e^{-9s} + 2e^{-11s} - 2e^{-12s} + (s+1)e^{-13s}}{s^2}$$

理论链接

若函数 $f(t)$ 的拉氏变换为 $F(s)$ ，则 $L(f(t-\tau)) = e^{-\tau s}F(s)$ ，此公式计算周期函数的拉氏变换比较方便。

【试题 4】(清华大学, 2002 年) 对于如图 2.3 所示的两种波形所表示的函数

- (1) 试求其时域表达式。
- (2) 试求其拉氏变换象函数。

分析: 本题和上题属于同一题型。

解答: (1) (a)、(b) 两图所示系统的时域表达式分别为

$$x_a(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq t \leq 1 \\ t-1 & 1 < t \leq 2 \end{cases} \quad x_b(t) = \begin{cases} t & 0 \leq t \leq 1 \\ 1 & 1 < t \leq 2 \end{cases}$$

(2) (a)、(b) 拉氏变换的象函数分别为

$$X_a(s) = -\frac{e^{-2s}}{s} + \frac{e^{-s} - e^{-2s}}{s^2} \quad X_b(s) = -\frac{e^{-2s}}{s} + \frac{1 - e^{-s}}{s^2}$$

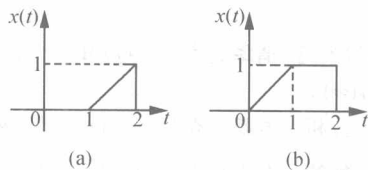


图 2.3

【试题 5】(重庆大学, 2003 年) 求下列函数 $f(t)$ 的拉普斯 (Laplace) 变换:

- (1) $f(t) = 1 + 2e^{-t} \sin(2t)$ 。
- (2) $f(t) = te^{-2t}$ 。
- (3) 如图 2.4 所示的函数 $f(t)$ 。

分析: 基础题, 具体参考【试题 2】。

解答: (1) $F(s) = \frac{1}{s} + \frac{4}{(s+1)^2 + 4}$ 。

$$(2) F(s) = \frac{1}{(s+2)^2}。$$

$$(3) F(s) = \frac{-Ke^{-Ts} + K + Ke^{-4Ts} - Ke^{-3Ts}}{Ts^2}。$$

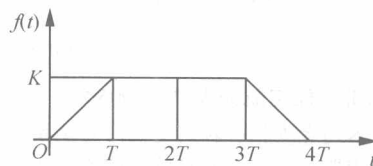


图 2.4

【试题 6】(大连理工大学, 2003 年) 已知原函数 $f(t) = e^{-\alpha t} \cos \omega t$, 求 $f(t)$ 的拉氏变换 $F(s)$ 。

分析: 本题考查 Laplace 变换的平移原理。

解答: 由于 $L(\cos \omega t) = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$, 求平移原理 $f(t) = e^{-\alpha t} \cos \omega t$ 的象函数只需将 $s \rightarrow s + \alpha$ 即可, 故 $F(s) = \frac{s + \alpha}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$ 。

【试题 7】(大连理工大学, 2003 年) 已知 $F(s) = \frac{2s+12}{s^2+2s+5}$, 求 $L^{-1}[F(s)]$ 。

分析: 本题考查拉氏反变换。

$$\text{解答: } F(s) = \frac{2s+12}{s^2+2s+5} = \frac{2(s+1)+2 \times 5}{(s+1)^2+2^2} = 2 \times \frac{(s+1)}{(s+1)^2+2^2} + 5 \times \frac{2}{(s+1)^2+2^2}$$

$$L^{-1}[F(s)] = 2e^{-t} \cos 2t + 5e^{-t} \sin 2t$$

【试题 8】(清华大学, 2003 年 (控制工程基础)) 设 $f(t) = te^{-t} \cdot 1(t)$, 则 $F(s) = ()$ 。

- A. $-\frac{1}{(s-1)^2}$ B. $\frac{1}{(s-1)}$ C. $\frac{1}{(s-1)^2}$ D. $\frac{1}{s^2(s-1)}$

分析: 本题考查相移原理。

解答: 由于 $L(t) = \frac{1}{s^2}$, 由相移定理, $F(s) = L(te' \cdot l(t)) = \frac{1}{(s-1)^2}$, 故选 C。

【试题 9】(清华大学, 2003 年) 设 $F(s) = \frac{s}{s^2+100}$, 则 $f(0^+) = ()$ 。

- A. 1 B. 0 C. 1/100 D. 100

分析: 本题考查 Laplace 变换的初值定理。

解答: $f(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} s \times \frac{s}{s^2+100} = 1$, 故选 A。

【试题 10】(清华大学, 2003 年) 系统的单位脉冲响应函数 $g(t) = 0.6t \cdot l(t)$, 则系统的传递函数 $G(s)$ 为 ()。

- A. $\frac{0.6}{s^2}$ B. $\frac{0.6}{s}$ C. $\frac{1}{s^2}$ D. $\frac{1}{s}$

分析: 本题考查典型函数的拉氏变换。

解答: $G(s) = L(g(t)) = \frac{0.6}{s^2}$, 故选择 A。

【试题 11】(北京航空航天大学, 2003 年) 求函数 $f(t) = e^{-0.5t} \cos(10t + \frac{\pi}{3})$ 的象函数 $F(s)(t \geq 0)$ 。

分析: 本题为拉氏变换基本题。

解答: $f(t) = e^{-0.5t} \cos(10t + \frac{\pi}{3}) = e^{-0.5t} (\frac{1}{2} \cos 10t - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 10t)$

$$F(s) = L(f(t)) = L(e^{-0.5t} (\frac{1}{2} \cos 10t - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 10t)) = \frac{1}{2} \times \frac{s+0.5}{(s+0.5)^2+10^2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{10}{(s+0.5)^2+10^2}$$

整理可得

$$F(s) = \frac{2s+1-20\sqrt{3}}{4s^2+4s+401}$$

【试题 12】(同济大学, 1999 年) 求下列函数的拉氏变换及反变换。

- (1) $4 \cos 5t$ (2) $\frac{K}{s+a}$ (3) $\frac{K}{s^2}$ (4) $\delta(t)$

分析: 本题为拉氏变换基本题。

解答: (1) $\frac{4s}{s^2+25}$; (2) ke^{-at} ; (3) kt ; (4) 1。

考点 2: 传递函数的基本概念及控制系统类型 ★★★

考点点拨: 主要考查传递函数的基本概念、闭环传递函数与开环传递函数之间的关系及控制系统类型。

【试题 13】(武汉大学, 2003 年; 浙江工业大学, 2005 年; 北京航空航天大学, 2004) 传递函数的定义。

分析: 基本概念, 注意是在零初始条件下。

解答: 传递函数为在零初始条件下系统输出的拉氏变换与输入的拉氏变换之比。

【试题 14】(重庆大学, 2005 年) 系统的传递函数 ()。

- (1) 与输入信号有关, 与系统结构和参数有关
 (2) 与输入信号无关, 与系统结构和参数有关
 (3) 与输入信号有关, 与系统结构和参数无关
 (4) 与系统结构无关, 与系统参数有关

分析: 本题考查传递函数性质。

解答: (2)。

【试题 15】(华中科技大学, 2005 年) 某单位反馈系统的脉冲响应为 $k(t) = e^{-0.5t} - e^{-t}$, 求系统的开环传递函数。

分析: 本题较简单, 主要考查传递函数的基本概念及闭环传递函数与开环传递函数之间的关系。

解答: 由题意, 系统的闭环传递函数为 $\Phi(s) = L(k(t)) = \frac{1}{s+0.5} - \frac{1}{s+1} = \frac{0.5}{(s+0.5)(s+1)}$, 由于 $\Phi(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)}$, 代入可得