

主 编：张苏英
副主编：杜 云
樊劲辉
庞志锋

自动控制原理 考研试题分析与 解答技巧



北京航空航天大学出版社

1113

213

2006

自动控制原理

考研试题分析与解答技巧

主 编：张苏英

副主编：杜 云

樊劲辉

庞志锋

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是编者在深入研究了全国 20 余所著名院校近 10 年的考研试卷的基础上,结合多年的教学经验编写而成的。全书共分 9 章,内容包括:控制系统的一般概念、控制系统的数学模型、线性系统的时域分析法、线性系统的根轨迹法、线性系统的频域分析法、线性系统的综合与校正、线性离散系统的分析与综合、非线性控制系统分析、线性系统的状态空间分析与综合等。全书归纳了各章的知识结构和考试要点,给出了典型考研试题的分析、解答与点评,以及方便读者进行针对性训练的考研试题原题、答案与解析。

本书尤其适合报考硕士研究生的考生作系统复习时使用,同时也可作为大学本科学学生学习自动控制原理课程的辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理考研试题分析与解答技巧/张苏英主编.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.12

ISBN 7-81077-943-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 137638 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

自动控制原理考研试题分析与解答技巧

主 编 张苏英

副主编 杜 云 樊劲辉 庞志锋

责任编辑 张军香

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:403千字

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 7-81077-943-5 定价:23.00 元

前 言

作为高等院校自动化类专业教学中的一门重要的技术基础课,自动控制原理是该类专业硕士研究生入学考试的科目之一。纵观近几年的考研试题,越来越侧重于考查考生对知识的综合运用能力。这就要求考生不仅要掌握好各个知识点,而且要能够把各知识点结合在一起,具有较强的将知识融会贯通的能力。为使读者能够较好地掌握《自动控制原理》的解题思路及解题要领,顺利通过研究生入学考试,作者根据对该课程多年的教学经验,围绕国家教委关于自动控制原理教学大纲的要求,并结合近几年国内多所重点院校的考研要求及考研试卷编写了该书,以满足报考研究生的读者系统复习的需要,其主要目的就在于使考生能够快速突破自动控制原理的解题方法与解题技巧,提高应试能力。

本书主要特点:

- 内容全面。书中对教学基本内容进行了较为详尽的归纳和总结,力求重点突出,简明扼要。各章的知识结构图可以帮助读者对各章的内容有一个总体的了解,搞清各知识点之间的关系;各章的考试要点分析可以帮助读者对考研试卷中常用的基本概念、公式、图形及解题方法有一个较为详尽的掌握;各章的典型例题解析及考研真题演练可以帮助读者加深对基本概念的理解。
- 实用性强。为使读者提高应试能力,掌握解题技巧,多数例题都由分析、解答和评注三部分构成。通过“试题分析”,可以使读者明确考试要点,找到解题的切入点,选好解题的突破口;通过“试题解答”,可以使读者掌握正确的解题步骤和解题方法,注重解

题思路和一题多解;通过“试题评注”,可以使读者得出本题的要点与启示、与教材中各知识点的联系、以及需要注意的要点等,目的在于使读者能够举一反三,触类旁通。

本书共9章。第1章介绍了自动控制的一般概念,第2章介绍了控制系统的数学模型,第3章介绍了线性系统的时域分析法,第4章介绍了线性系统的根轨迹法,第5章介绍了线性系统的频域分析法,第6章介绍了控制系统的综合与校正,第7章介绍了线性离散系统的分析与校正,第8章介绍了非线性控制系统分析,第9章介绍了线性系统的状态空间分析与综合。

本书由张苏英教授主编。其中第1、2、7章由樊劲辉编写,第3、4章由杜云编写,第5章由庞志锋编写,第6章由王素芝编写,第8章由张苏英和田强合作编写,第9章由张苏英编写。全书由张苏英负责统稿。李友善教授和王幸之教授对本书的编写给予了热情的帮助和指导,在此表示深深的谢意。在本书的编写过程中还得到了李占坤、乔世权、马坤、何英秋等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2006年10月

目 录

第1章 自动控制的一般概念

1.1 知识结构图	2
1.2 考试要点分析	2
1.3 典型试题分析、解答与评注	3
1.4 考研真题精选	10
1.5 考研真题答案与解析	10

第2章 控制系统的数学模型

2.1 知识结构图	12
2.2 考试要点分析	12
2.3 典型试题分析、解答与评注	15
2.4 考研真题精选	29
2.5 考研真题答案与解析	31

第3章 线性系统的时域分析法

3.1 知识结构图	39
3.2 考试要点分析	40
3.3 典型试题分析、解答与评注	45
3.4 考研真题精选	57
3.5 考研真题答案与解析	61

第4章 线性系统的根轨迹法

4.1 知识结构图	71
4.2 考试要点分析	71
4.3 典型试题分析、解答与评注	74
4.4 考研真题精选	88
4.5 考研真题答案与解析	91

第5章 线性系统的频域分析法

5.1 知识结构图	104
-----------------	-----

5.2	考试要点分析	105
5.3	典型试题分析、解答与评注	111
5.4	考研真题精选	125
5.5	考研真题答案与解析	128

第6章 控制系统的综合与校正

6.1	知识结构图	138
6.2	考试要点分析	138
6.3	典型试题分析、解答与评注	143
6.4	考研真题精选	155
6.5	考研真题答案与解析	159

第7章 线性离散系统的分析与校正

7.1	知识结构图	171
7.2	考试要点分析	172
7.3	典型试题分析、解答与评注	176
7.4	考研真题精选	188
7.5	考研真题答案与解析	190

第8章 非线性控制系统分析

8.1	知识结构图	197
8.2	考试要点分析	198
8.3	典型试题分析、解答与评注	203
8.4	考研真题精选	220
8.5	考研真题答案与解析	223

第9章 线性系统的状态空间分析与综合

9.1	知识结构图	232
9.2	考试要点分析	233
9.3	典型试题分析、解答与评注	243
9.4	考研真题精选	263
9.5	考研真题答案与解析	267

参考文献

第 I 章

自动控制的一般概念

学习自动控制原理,有两大主要任务:一是学会系统分析的方法;二是学会系统综合的方法。自动控制原理课程知识结构如图 1.1 所示。

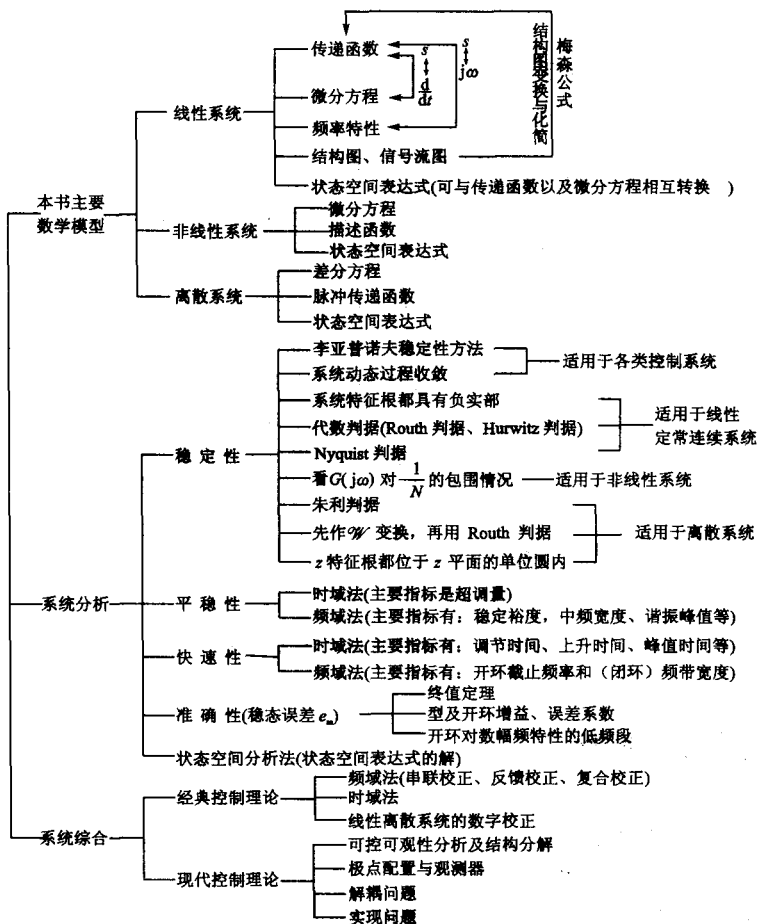
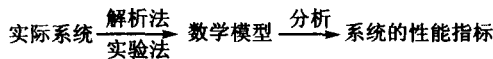
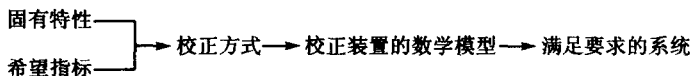


图 1.1 自动控制原理课程知识结构

系统分析的一般过程是：



系统综合的一般过程是：



无论系统分析还是系统综合,都以数学模型为基础。

1.1 知识结构图

本章主要包含 4 部分内容:自动控制系统组成、自动控制系统基本控制方式、控制系统的分类以及对控制系统的基本要求,如图 1.2 所示。

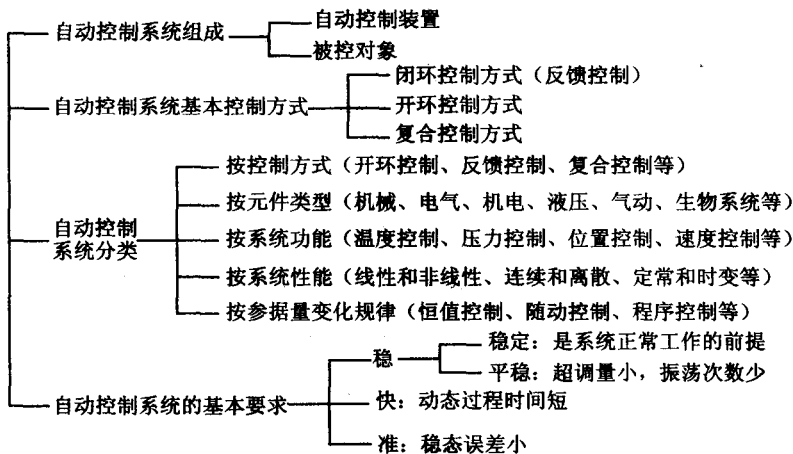


图 1.2 本章包含的 4 部分内容

1.2 考试要点分析

1. 自动控制系统的基本组成

反馈控制系统的一般组成如图 1.3 所示。

- 为测量控制量以及被控制量,系统需有测量元件。
- 为产生被控制量与控制量的偏差信号,系统需有比较元件。

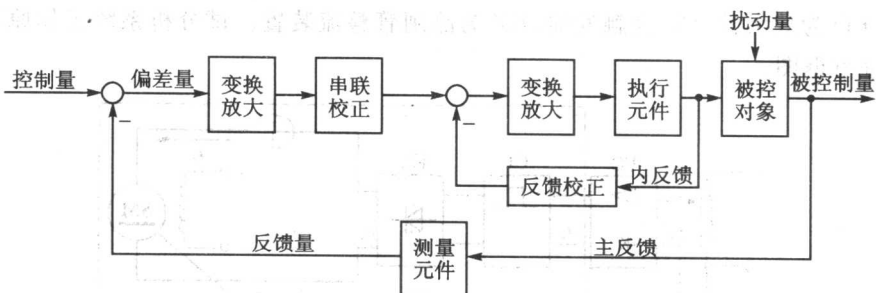


图 1.3 反馈控制系统的一般组成

- 由于偏差信号一般比较微弱,为使其具有足够大的幅值和功率,系统需有变换放大元件。
- 为使系统偏差经变换放大形成的控制作用能驱动被控对象,系统通常还需有执行元件。
- 另外,为使系统能正常工作,还需在系统中设计能提高其控制性能的元件,称为校正元件。

2. 对自动控制系统的基本要求

自动控制系统有不同的类型,但是对每一类系统的基本要求都是一样的,可以归结为:稳(稳定、平稳)、快(快速)、准(准确)。

稳定性是保证控制系统正常工作的先决条件;平稳性是对动态响应过程的评价,主要指标包括超调量以及振荡次数等。

快速性也是对系统动态响应过程的评价,主要指标包括系统的过渡过程时间、上升时间、峰值时间等。

准确性是指在理想情况下,当过渡过程结束后,被控量达到的稳态值(即平衡状态)应与期望值一致。主要指标为稳态误差。

3. 自动控制系统的基本控制方式

自动控制系统的基本控制方式主要有 3 种,即开环控制方式、闭环控制方式(反馈控制方式)以及复合控制方式。

4. 自动控制系统的分类

自动控制系统有多种分类方法。例如,按控制方式、按元件类型、按系统功用、按系统性能、按参量变化规律等。

1.3 典型试题分析、解答与评注

例题 1.1 龙门刨床速度控制系统(模拟题)

龙门刨床速度控制系统原理如图 1.4 所示,其中 SM 为电枢控制的直流电动机, TG 为测

速发电机, FD 为放大器, CF 为触发器, KZ 为晶闸管整流装置。试分析系统工作原理, 并画出系统的原理方框图。

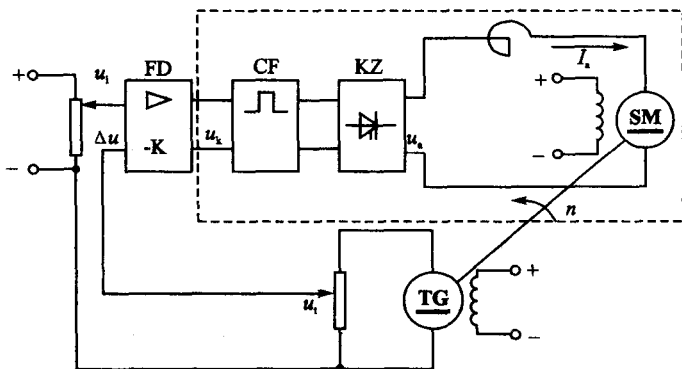


图 1.4 龙门刨床速度控制系统原理

【分析】

系统的控制任务是控制龙门刨床中电机的转速为恒值, 系统以测速发电机作为测量元件构成反馈回路, 从而形成闭环控制系统。

【解答】

工作原理: 当龙门刨床工作时, 给定电压 u_i 与测速电机的反馈电压 u_f 比较后得到偏差信号 Δu , 经过放大环节 FD, 再经过触发电路 CF, 作为控制晶闸管的触发电压, 整流输出电压 u_a 供直流电机工作, 此时电机输出转速 n 。同时, 经过测速发电机测速, 形成反馈电压 u_f , 在放大器输入端, 经比较形成 $\Delta u = u_i - u_f$ 。当实际转速与给定转速不同时, Δu 值为正或者为负, 放大器的输出 u_k 发生变化, 经过触发电路 CF, 晶闸管整流装置 KZ, 控制 u_a 输出, 从而改变电机的转速。当 $\Delta u = 0$ 时, 实际转速与给定转速相等, 达到控制转速为恒定值的目的。

根据系统的结构, 给出原理方框图如图 1.5 所示。

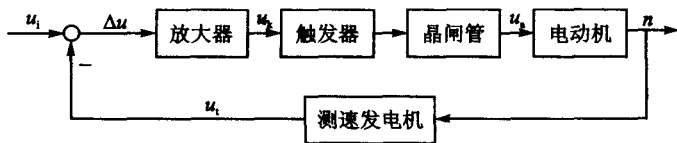


图 1.5 龙门刨床速度控制系统原理方框图

【评注】

由系统原理图分析工作原理并画出原理方框图的关键是: 明确控制任务; 搞清被控量、控制量和扰动量; 搞清各元部件的功能。

例题 1.2 位置随动系统(模拟题)

位置随动控制系统如图 1.6 所示。试分析系统的工作原理并画出该系统原理方框图。

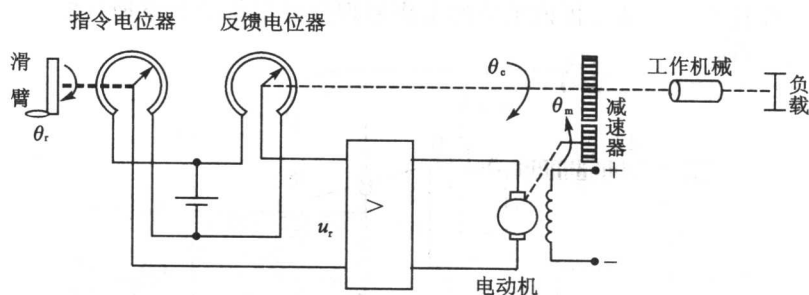


图 1.6 位置随动系统原理图

【分析】

系统的控制任务是控制工作机角位移 θ_c 跟随手柄角位移 θ_r 。工作机械是被控对象，工作机械的角位移 θ_c 是被控量，手柄角位移 θ_r 是给定量。

【解答】

工作原理：当工作机械转角 θ_c 与手柄转角 θ_r 一致时，两个环形电位计组成的桥式电路处于平衡状态，输出电压 $u_r = 0$ ，电机不转动，系统相对静止。如果手柄转角 θ_r 变化，而工作机械处于原位，这时，桥式电路的输出 $u_r \neq 0$ ，经放大器放大后驱动电机转动，经减速器拖动工作机械向 θ_r 要求的方向偏转。当 $\theta_c = \theta_r$ 时，电机停转，系统达到新的平衡状态，从而实现角位移随动目的。

根据上述分析，得出系统的原理方框图如图 1.7 所示。

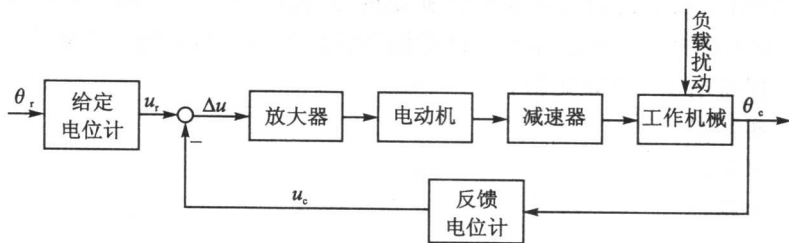


图 1.7 位置随动系统原理方框图

【评注】

本题注意两点：其一，根据位置随动系统结构，依据各部分的功能，按照系统工作原理，给出系统的原理方框图；其二，注意有无扰动、扰动位置以及是否有反馈装置。

例题 1.3 液位控制系统(模拟题)

水箱液位控制系统结构如图 1.8 所示,运行中无论用水量如何变化(由开关操纵),希望水面高度(液位) c 保持不变。试分析该系统的工作原理并画出系统的原理方框图。

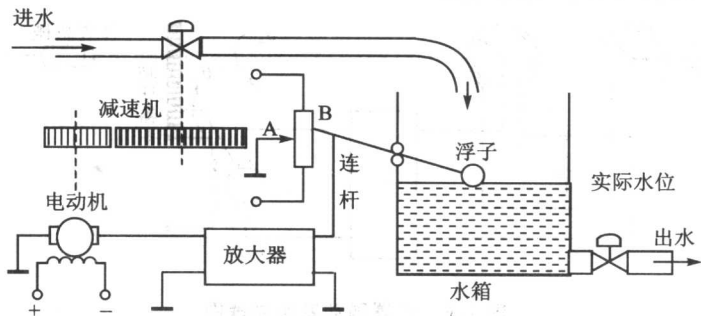


图 1.8 液位控制系统原理图

【分析】

系统的控制任务是控制水箱水位保持在设定值。通过浮子作为水位的测量装置,通过阀门的开关控制水箱的注水和水位保持。被控对象为水箱,被控量为实际水位 c 。

【解答】

在该液位控制系统中,水箱的进水量来自电动机控制开度的进水阀门,出水量由用户阀门确定。该系统能在用户用水量随意变化的情况下,保持水箱水位在希望的高度上不变。

工作原理: 当电位器电刷位于中点位置(对应 u_r)时,放大器输入端电压为零,电动机不动,控制阀门有一定的开度,使水箱中流入水量与流出水量相等,从而液位保持在希望的高度 c_r 上。当水箱水位低于设定值 c_r 时,浮子下移,通过杠杆使电位器电刷从中点向上移动,从而改变放大器输入端电压,通过放大器驱动电机旋转,并且通过减速机加大进水阀门的开度,增加进水量,使水箱水位提高。反之亦然。最终调节液位在一个相对稳定的高度。

控制任务: 保持水位 c 在设定值;

被控制量: 实际水位 c ;

扰动量: 出水量;

被控对象: 水箱;

测量元件: 浮子;

比较元件: 电位器;

放大元件: 放大器;

执行元件: 电动机、减速机、进水阀门。

根据上述分析,给出系统的原理方框图如图 1.9 所示。

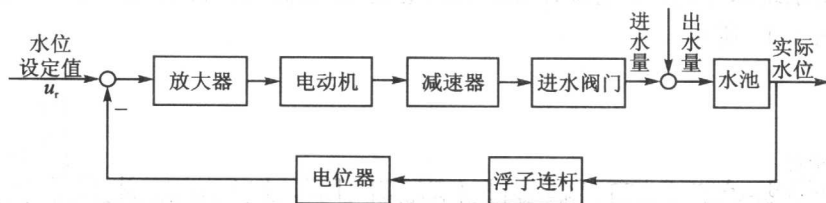


图 1.9 液位控制系统原理方框图

【评注】

本题主要应该注意输入量与输出量的选取,注意进水量和出水量并非系统的输入量和输出量。

例题 1.4 炉温控制系统(模拟题)

如图 1.10 所示,要求:

(1) 指出系统的输出量、给定输入量、扰动输入量、被控对象以及自动控制器的各部分组成,并画出原理方框图。

(2) 说明该系统的基本工作原理。

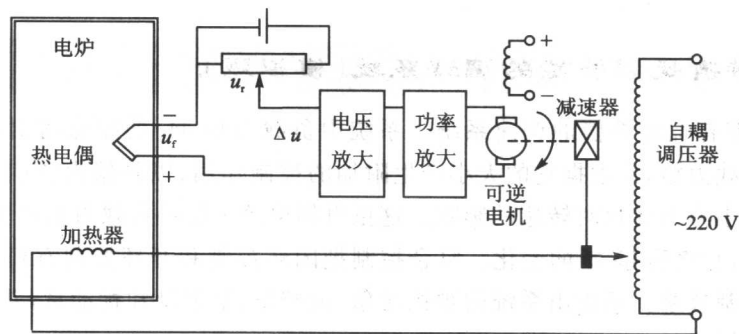


图 1.10 炉温控制系统结构图

【分析】

该系统是一个温度控制系统,控制任务是控制电炉的炉温在设定值。

【解答】

(1) 被控对象: 电炉;

输出量: 炉温;

给定信号: 给定电压信号;

扰动量: 外界环境温度。

自动控制系统部分包括：电位计、放大器、电机、减速器以及自耦调压器、热电偶。系统原理方框图如图 1.11 所示：

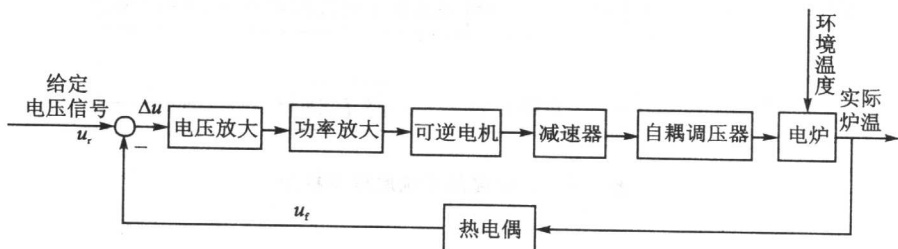


图 1.11 炉温控制系统原理方框图

(2) 工作原理：当电炉温度低于设定值时，热电偶输出电压 u_f 减小，偏差信号 $\Delta u > 0$ ，经电压放大、功率放大后驱动电机正向转动，经减速器调整自耦变压器的动点位置，提高加热器的供电电压，使炉温升高。当炉温达到设定值时， $u_f = u_r$ ， $\Delta u = 0$ ，电机停止转动，维持炉温为设定值。反之亦然。

【评注】

本题主要掌握典型温度控制系统的控制原理，并能指出控制部分所包含的元器件以及相关作用。

例题 1.5 带有扰动补偿的调速系统（模拟题）

图 1.12 为带有扰动补偿的调速系统。系统中负载力矩 M_L 的变化将引起转速的变化。测量出变化的负载力矩，并根据它的大小产生附加的控制作用，以补偿由它引起的转速变化，就可以克服或减小力矩变化对转速的影响。这里电枢电流 i 反映负载力矩的大小，即 u_3 作为附加的控制电压，它将引起 u_4 的变化。复合控制把闭环控制和开环控制有机地结合起来，可获得较理想的控制效果。请指出系统的被控对象、被控量、给定量和扰动量，并说明工作原理，画出系统原理方框图。

【分析】

系统为复合控制系统，其控制任务是当负载 M_L 变化时，电动机的转速 n 维持设定值。考虑要点在于复合控制部分的结构以及控制原理。

【解答】

被控对象：电动机；

被控量：电动机转速 n ；

给定量：电位器电压 u_1 ；

扰动量：负载力矩变化。

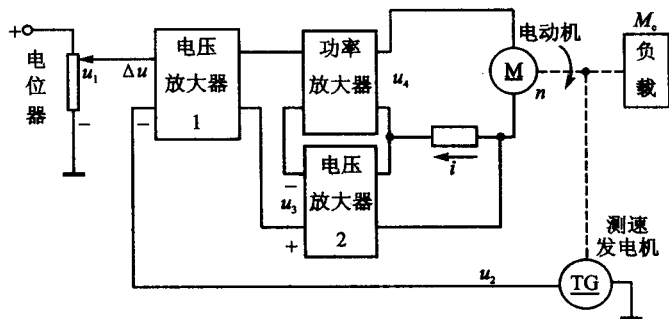


图 1.12 复合控制调速系统

工作原理：电位器电压 u_1 与转速设定值相对应，当转速 n 低于设定值时，测速发电机输出电压 u_2 减小，电压偏差信号 $\Delta u = u_1 - u_2$ 增大，电压放大器 1 的输出电压提高，经功率放大器后加到电机上的电压 u_4 提高，从而使电机转速提高。另一方面，当负载转矩增大时，电枢回路电流增大，电压放大器 2 的输出电压 u_3 增大，经功率放大器后加到电机上的电压 u_4 也提高，起到了扰动补偿的作用。由此可见，当转速低于设定值时，可通过反馈回路和扰动补偿两方面的共同作用使转速提高，从而达到了复合控制转速的目的。反之亦然。

根据题意，可得系统的原理方框图如图 1.13 所示：

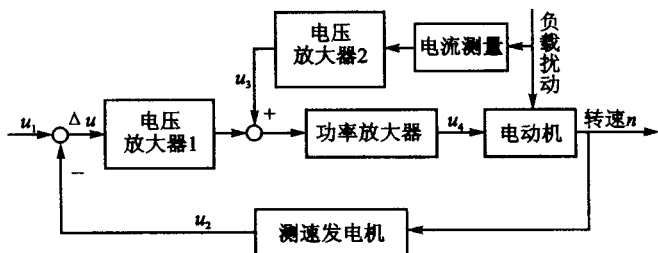


图 1.13 复合控制系统原理方框图

【评注】

本题关键在于弄清电压放大器 2 在整个系统中所处的位置，以及在整个转速控制中的转矩调节作用，这样才能准确画出系统原理方框图。

1.4 考研真题精选

真题 1.1 浙江大学 2005 年

本题 10 分

电冰箱制冷系统原理如图 1.14 所示。继电器的输出电压 u_a 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。

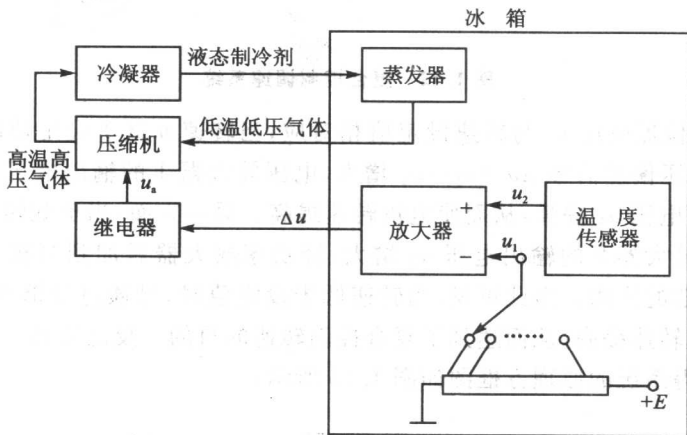


图 1.14 电冰箱制冷系统原理图

1.5 考研真题答案与解析

真题 1.1 答案与解析

【解答】

系统原理方框图如图 1.15 所示。

工作原理：系统中通过调节电位器触头给定控制量 u_1 ，与温度传感器采集的实际温度所对应电压值 u_2 进行比较。当 $u_2 \neq u_1$ 时，放大器输出电压 $\Delta u = K(u_2 - u_1) \neq 0$ (K 为放大器放大倍数)，当 Δu 达到一定值后，超过继电器的死区电压，使继电器吸合，输出 u_a 作为压缩机的工作电压，使压缩机启动，将高温高压气体送入冷凝器，冷凝器将液态制冷剂送入蒸发器来进行制冷，从而降低冰箱的温度。当 $u_1 = u_2$ 时，说明冰箱内实际温度与设定温度值相等， $\Delta u = 0$ ，压缩机、冷凝器以及蒸发器停止工作。