



自动控制原理

(科学·第六版)

导教·导学·导考 (第2版)

主 编◎刘慧英

- 自主学习 (课后习题详解)
- 课程过关 (典型例题解析)
- 考研备考 (考研真题分析)
- 教师备课 (重点难点归纳)

新三导丛书

自动控制原理

(科学·第六版)

导教·导学·导考

(第2版)

主 编	刘慧英				
编 者	史静平	石 静	袁冬莉		
	刘慧英	陈 澜	谢 蓉		
	贾秋玲				

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书分为两部分,第一部分共 10 章,每章由 4 个知识模块组成:重点内容提要;知识结构图;考点及典型题选解;课后习题全解。第二部分考研试题及解答,共编入研究生入学考试真题 10 套及解答。通过本书的学习,帮助读者正确理解自动控制理论的相关概念、掌握解题方法和技巧、测试读者对所学内容的掌握程度,并有助于研究生入学考试的复习。

本书可作为普通高等学校自动化、信息技术、仪表与检测技术、机电一体化等工科专业本科生的学习参考书,也可作为自学与相关领域教师和科技人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

自动控制原理导教·导学·导考/刘慧英主编. —2 版. —西安:西北工业大学出版社, 2016.10

(新三导丛书)

ISBN 978-7-5612-5107-2

I. ①自… II. ①刘… III. ①自动控制理论—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 246538 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:23.875 插页 1

字 数:738 千字

版 次:2016 年 10 月第 2 版

2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价:49.00 元

前言

自动控制原理课程是工科高等院校一门重要的专业技术基础课程。为了适应教学需要、帮助本科生更好地掌握本课程的学习要领,同时也为了方便报考研究生的读者系统复习的需要,应西北工业大学出版社的约请,特编写本书,供学习自动控制理论课程的读者和教师参考。

全书分为两部分,第一部分系统、全面地总结了自动控制理论的主要内容,共 10 章。经典控制理论由 1~8 章组成,其中 1~6 章介绍以传递函数为基础的线性连续系统的分析和设计问题,给出了经典控制理论中的三种(时域法、根轨迹法和频域法)基本分析和设计方法;第 7 章线性离散系统的分析与校正,总结应用 z 变换理论,建立离散系统数学模型的方法,并应用脉冲传递函数的方法对离散系统的性能进行分析与设计;第 8 章非线性控制系统分析,介绍工程实际中常见的非线性特性,总结如何应用相平面法和描述函数法对非线性系统进行稳定性分析和参数的计算。第 9 章线性系统的状态空间分析与综合,总结应用状态空间描述法对系统进行运动分析,并对李雅普诺夫稳定性、可控性、可观测性、线性变换以及综合设计的方法作较为系统的总结。第 10 章动态系统的最优控制方法,总结最优控制的基本概念和原理,以及利用变分法和极小值原理求解最优控制的问题。每章由 4 个知识模块组成:重点内容提要,将各章的重要内容及公式总结排列出来,有助于读者系统、全面地复习所学内容;知识结构图,将各章的主要内容用知识脉络形式表示,使其具有形象、直观的特点;考点及典型题选解,帮助读者掌握各章的要点与考点内容,各章都选有一定量的典型例题,有利于读者学习和检验对本章节内容的掌握情况;课后习题全解,选择科学出版社出版的胡寿松主编的《自动控制原理》(第六版)教材课后习题及相应的解答。第二部分考研真题及解答,共编入 2007—2016 年以来 10 套西北工业大学研究生入学考试试题及参考答案。通过本部分的练习,有助于帮助读者测试对所学内容的理解和掌握程度。

参加本书编写的作者都是西北工业大学自动化学院的教师,他们多年来一直从事着控制理论课程的教学和科研工作,具有丰富的教学和实践经验。本书第 1,3 章由史静平编写;第 2,5 章由石静编写;第 4 章由袁冬莉编写;第 7 章由陈澜编写;第 9 章由谢蓉编写;第 10 章由贾秋玲编写;刘慧英负责第 6,8 章的编写和第二部分的整理及全书的统稿工作。此外,高晓彤、陈琳、黄鑫怡等参与了本书部分习题的解答和书稿的整理工作,为本书的出版付出了辛勤的劳动。

本书的出版是在西北工业大学出版社雷鹏老师的关心和支持下完成的,并受到了自动化学院教学办公室和课程督导组教师们的大力支持和帮助。在编写过程中,参考了有关文献资

料,在此,谨向参考文献中所列具的图书作者和所选考研试题的命题人、本书第1版的作者以及关心并为本书出版做出贡献的所有同仁、老师表示深深的谢意!

由于水平所限,书中存在的错误及不妥之处,恳请广大读者给予批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

第 1 章 自动控制的一般概念	1
1.1 重点内容提要	1
1.2 知识结构图	2
1.3 考点及典型题选解	2
1.4 课后习题全解	6
第 2 章 控制系统的数学模型	12
2.1 重点内容提要	12
2.2 知识结构图	16
2.3 考点及典型题选解	16
2.4 课后习题全解	21
第 3 章 线性系统的时域分析法	46
3.1 重点内容提要	46
3.2 知识结构图	48
3.3 考点及典型题选解	48
3.4 课后习题全解	53
第 4 章 线性系统的根轨迹法	80
4.1 重点内容提要	80
4.2 知识结构图	82
4.3 考点及典型题选解	83
4.4 课后习题全解	86
第 5 章 线性系统的频域分析法	116
5.1 重点内容提要	116
5.2 知识结构图	120
5.3 考点及典型题选解	120
5.4 课后习题全解	126
第 6 章 线性系统的校正方法	147
6.1 重点内容提要	147
6.2 知识结构图	150
6.3 考点及典型题选解	150
6.4 课后习题全解	156

第 7 章 线性离散系统的分析与校正	181
7.1 重点内容提要	181
7.2 知识结构图	192
7.3 考点及典型题选解	193
7.4 课后习题全解	200
第 8 章 非线性控制系统分析	225
8.1 重点内容提要	225
8.2 知识结构图	230
8.3 考点及典型题选解	230
8.4 课后习题全解	238
第 9 章 线性系统的状态空间分析与综合	267
9.1 重点内容提要	267
9.2 知识结构图	272
9.3 考点及典型题选解	272
9.4 课后习题全解	281
第 10 章 动态系统的最优控制方法	318
10.1 重点内容提要	318
10.2 知识结构图	321
10.3 考点及典型题选解	321
10.4 课后习题全解	326
附录 I 考研真题	352
1. 2007 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	352
2. 2008 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	353
3. 2009 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	355
4. 2010 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	356
5. 2011 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	358
6. 2012 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	359
7. 2013 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	361
8. 2014 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	362
9. 2015 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	364
10. 2016 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题	366
附录 II 考研真题简要解答	369
1. 2007 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	369
2. 2008 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	369
3. 2009 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	369
4. 2010 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	370
5. 2011 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	370



6. 2012 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	370
7. 2013 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	371
8. 2014 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	371
9. 2015 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	371
10. 2016 年西北工业大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题简要解答	371
参考文献	373

第 1 章 自动控制的一般概念

1.1 重点内容提要

1.1.1 基本概念

1. 常用术语

- (1) 自动控制 在没有人直接参与的情况下,利用控制装置,使被控对象的被控量自动按指定规律变化。
- (2) 自动控制系统 能自动对被控对象的被控量(或工作状态)进行控制的系统。
- (3) 被控对象 指工作状态需要给以控制的机械、装置或过程。
- (4) 被控量 描述被控对象工作状态的物理量,也是系统的输出量。
- (5) 给定量 也称输入量,表征被控量的希望运行规律。
- (6) 扰动量 也称干扰量,是引起被控量偏离预定运行规律的量。

2. 控制系统的任务

减小或消除扰动量的影响,使被控对象的被控量始终按给定量确定的运行规律去变化。

3. 负反馈控制原理

将系统的输出信号引回输入端,与给定输入信号相比较,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。

负反馈控制原理是闭环控制(负反馈控制)系统的本质机理。

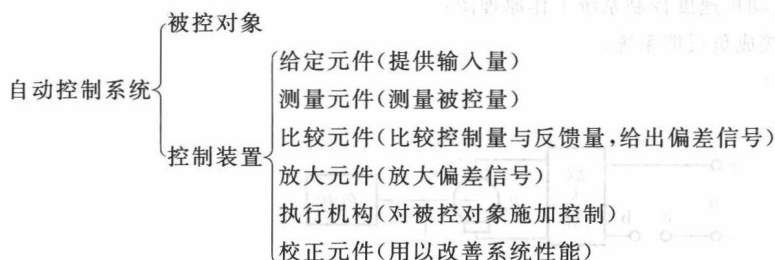
1.1.2 基本控制方式

开环控制 输出量对系统控制作用不产生影响的系统。

闭环控制 输出量对系统控制作用产生直接影响的系统。

复合控制 既有顺馈控制又有反馈联系的系统。

1.1.3 反馈控制系统的组成



1.1.4 控制系统的分类

1. 按给定输入的形式

- 恒值控制系统
- 随动系统
- 程序控制系统

2. 按系统是否满足叠加原理

- 线性系统
- 非线性系统

3. 按系统参数是否随时间变化

- 定常系统
- 时变系统

4. 按信号传递是否连续

- 连续系统
- 离散系统

1.1.5 对控制系统的基本要求

稳:基本要求。系统稳定是系统正常工作的必要条件。

准:稳态要求。要求系统稳态控制精度高,稳态误差要小。

快:动态要求。要求系统快速、平稳地完成过渡过程,超调量要小,调节时间要短。

1.2 知识结构图

自动控制的一般概念

- 常用术语,基本概念
- 基本控制方式
- 反馈控制系统的组成
- 控制系统分类
- 对控制系统的基本要求
- 由系统工作原理图画方框图

1.3 考点及典型题选解

本章所涉及的自动控制方面的基本概念,是以后课程学习的基础,有关内容在诸如问答、填空和选择类型的考题中常会涉及。在掌握基本概念的基础上,还应熟悉线性定常系统微分方程的特点,并通过练习,掌握由系统工作原理图画方框图的方法。

1.3.1 典型题

1. 根据图 1.3.1 所示的电动机速度控制系统工作原理图:

- (1) 将 a, b 与 c, d 用线连接成负反馈系统;
- (2) 画出系统方框图。

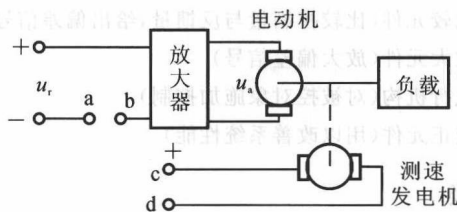


图 1.3.1 速度控制系统原理图

2. 图 1.3.2 是控制导弹发射架方位的电位器式随动系统原理图。图中电位器 P_1, P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端,其滑臂分别与输入轴和输出轴相连接,以组成方位角的给定装置和反馈装置。输入轴由手轮操纵;输出轴则由直流电动机经减速器后带动,电动机采用电枢控制方式工作。

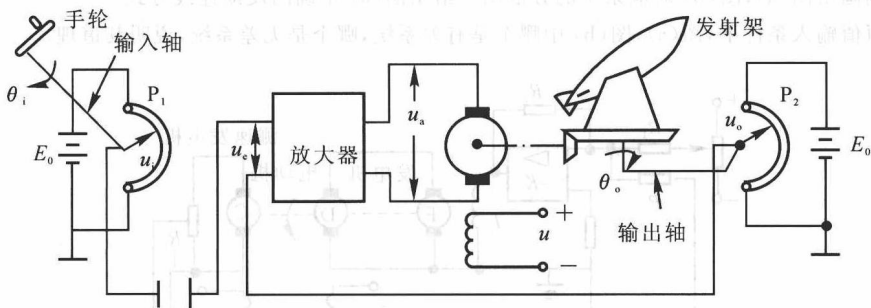


图 1.3.2 导弹发射架方位角控制系统原理图

试分析系统的工作原理，指出系统的被控对象、被控量和给定量，画出系统的方框图。

3. 工作台位置液压控制系统如图 1.3.3 所示。系统可以使工作台按照控制电位器给定的规律变化。

要求：

(1) 指出系统的被控对象、被控量和给定量，画出系统方框图。

(2) 说明控制系统中控制装置各组成部分。

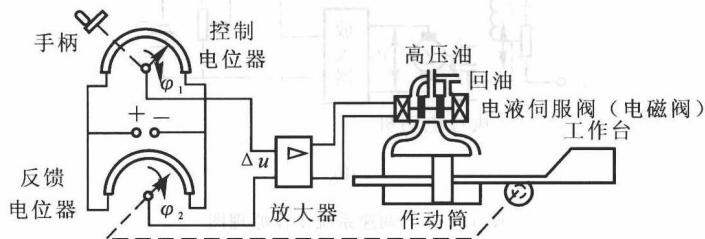


图 1.3.3 工作台液压伺服系统工作原理图

4. 摄像机角位置自动跟踪系统如图 1.3.4 所示。当光点显示器对准某个方向时，摄像机会自动跟踪并对准这个方向。试分析系统的工作原理，指出被控对象、被控量和给定量，画出系统方框图。

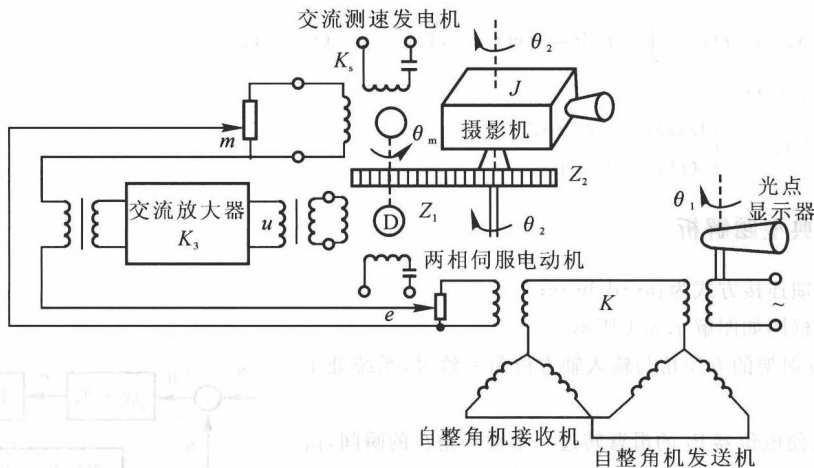
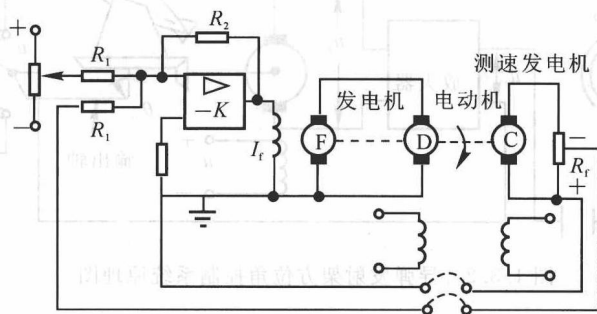


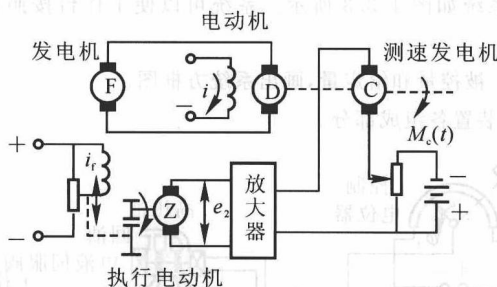
图 1.3.4 摄像机角位置随动系统原理图

5. 图 1.3.5(a), (b) 所示均为调速系统。

- (1) 分别画出图(a),图(b) 对应系统的方框图。给出图(a) 正确的反馈连线方式。
- (2) 在恒值输入条件下,图(a),图(b) 中哪个是有差系统,哪个是无差系统,说明其道理。



(a)



(b)

图 1.3.5 调速系统工作原理图

6. 试判别以下方程描述系统的类型(线性或非线性,定常或时变,动态或静态)。

- (1) $\dot{c}(t) + \cos \omega t c(t) = r(t)$;
- (2) $\ddot{c}(t) + e^{-t} \dot{c}(t) + 2\dot{c}(t)c(t) = t\dot{r}(t) + r(t)$;
- (3) $\ddot{c}(t) + 2\dot{c}(t) + 4c(t) = 2\dot{r}(t)$;
- (4) $\ddot{c}(t) + \dot{c}(t) + 5c(t) + \int_0^t c(t)dt = 8r(t)$, $c(t) = 0$ ($t \leq 0$);
- (5) $c(t) = r^2(t)$;
- (6) $\ddot{c}(t) + 4c(t) = \begin{cases} 4r(t), & 0 \leq t < 1 \\ r(t), & t \geq 1 \end{cases}$.

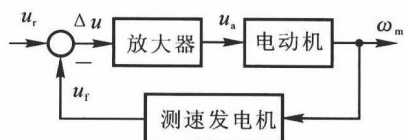
1.3.2 典型题解析

1. (1) 负反馈连接方式为: $a \leftrightarrow d, b \leftrightarrow c$;

(2) 系统方框图如图解 1.3.1 所示。

2. 当导弹发射架的方位角与输入轴方位角一致时,系统处于相对静止状态。

当摇动手轮使电位器 P_1 的滑臂转过一个输入角 θ_i 的瞬间,由于输出轴的转角 $\theta_o \neq \theta_i$,于是出现一个误差角 $\theta_e = \theta_i - \theta_o$,该误差角通过电位器 P_1, P_2 转换成偏差电压 $u_e = u_i - u_o$, u_e 经放大后驱动电动机转动,在带动导弹发射架转动的同时,通过输出轴带动

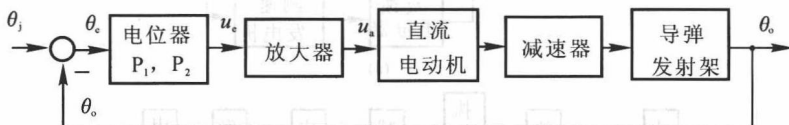


图解 1.3.1 速度控制系统方框图



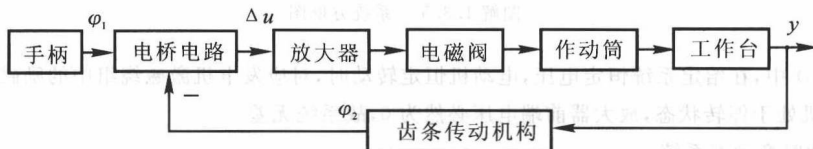
电位器 P_2 的滑臂转过一定的角度 θ_0 , 直至 $\theta_0 = \theta_i$ 时, $u_i = u_0$, 偏差电压 $u_e = 0$, 电动机停止转动。这时, 导弹发射架停留在相应的方位角上。只要 $\theta_i \neq \theta_0$, 偏差就会产生调节作用, 控制的结果是消除偏差 θ_e , 使输出量 θ_0 严格地跟随输入量 θ_i 而变化。

系统中, 导弹发射架是被控对象, 发射架方位角 θ_0 是被控量, 通过手轮输入的角度 θ_i 是给定量。系统方框图如图解 1.3.2 所示。



图解 1.3.2 导弹发射架方位控制系统框图

3. (1) 控制系统的功能是使工作台随控制电位器给定规律移动, 因此被控对象是工作台, 被控量是工作台的位移, 给定量是控制电位器滑臂的转角(表征工作台的希望位置)。系统方框图如图解 1.3.3 所示。



图解 1.3.3 工作台液压伺服系统方框图

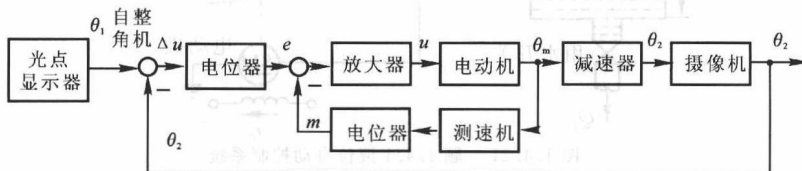
(2) 控制装置各组成部分及其作用如下:

手柄是给定元件, 给出表征工作台希望位置的转角信号 φ_1 。齿条齿轮传动机构完成测量元件的功能。由控制电位器、反馈电位器组成的电桥电路完成 φ_1 和 φ_2 (表征工作台实际位置) 的比较, 给出偏差电压 Δu 。放大器是放大元件。电磁阀、作动筒组成执行机构, 推动工作台移动。

4. 控制系统的任务是使摄像机自动跟踪光点显示器指示的方向。

当摄像机方向角与光点显示器指示的方向一致时, $\theta_2 = \theta_1$, 自整角机输出 $e = 0$, 交流放大器输出电压 $u = 0$, 电动机静止, 摄像机保持原来的协调方向。当光点显示器转过一个角度, $\theta_2 \neq \theta_1$ 时, 自整角机输出与失谐角 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 成比例的电压信号(其大小、极性反映了失谐角的幅值和方向), 经电位器后转变成 e , 经放大器放大后驱动伺服电动机旋转, 并通过减速器带动摄像机, 跟踪光点显示器的指向, 使偏差减小, 直到摄像机与光点显示器指向重新达到一致时为止。测速发电机测量电动机转速, 进行速度反馈, 用以改善系统性能。

系统中, 摄像机是被控对象, 摄像机的方向角 θ_2 是被控量, 给定量是光点显示器指示的方向角 θ_1 。系统方框图如图解 1.3.4 所示。



图解 1.3.4 摄像机角位置随动系统方框图

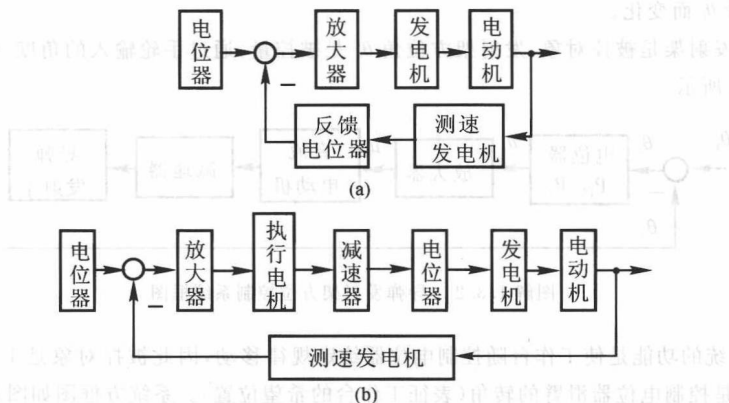
5. (1) 系统方框图如图解 1.3.5 所示。

图 1.3.5(a) 正确的反馈连接方式如图 1.3.5(a) 中虚线所示。

(2) 图 1.3.5(a) 中的系统是有差系统, 图 1.3.5(b) 中的系统是无差系统。

图 1.3.5(a) 中, 当给定恒值电压信号, 系统运行达到稳态时, 电动机转速的恒定是以发电机提供恒定电

压为条件的,对应发电机励磁绕组中电流一定是恒定值。这意味着放大器前端电压是非零的常值。因此,常值偏差电压存在是系统稳定工作的前提,故系统有差。



图解 1.3.5 系统方框图

图 1.3.5(b) 中,在给定系统恒定电压,电动机恒定转动时,对应发电机励磁绕组中的励磁电流恒定,这意味着执行电动机处于停转状态,放大器前端电压必然为 0,故系统无差。

6. (1) 线性时变动态系统;
- (2) 非线性时变动态系统;
- (3) 线性定常动态系统;
- (4) 线性定常动态系统;
- (5) 非线性定常静态系统;
- (6) 线性时变动态系统。

1.4 课后习题全解

1.4.1 图 1.4.21^① 是液位自动控制系统原理示意图。在任何情况下,希望液面高度 c 维持不变,试说明系统工作原理并画出系统方框图。

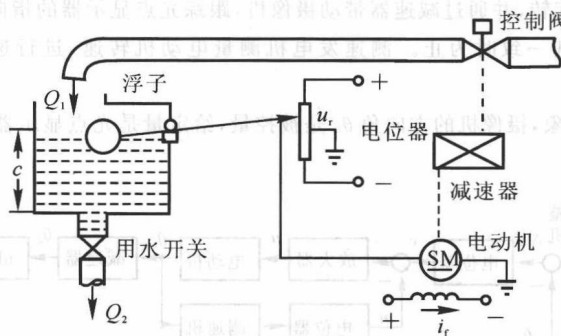


图 1.4.21 题 1.4.1 液位自动控制系统

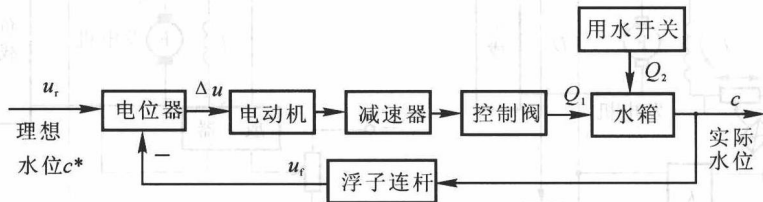
解 系统的控制任务是保持液面高度不变。水箱是被控对象,水箱液位是被控量,电位器设定电压 u_r (表征液位的希望值 c^*) 是给定量。

当电位器电刷位于中点位置(对应 u_r) 时,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

^① 本书课后习题全解中的“图号”与《自动控制原理》(科学出版社·第六版)相对应,以便于读者查阅。

出水量相等,从而液面保持在希望高度 c^* 上。一旦流出水量发生变化(相当于扰动),例如当流出水量减小时,液面升高,浮子位置也相应升高,通过杠杆作用使电位器电刷从中点位置下移,从而给电动机提供一定的控制电压,驱动电动机通过减速器减小阀门开度,使进入水箱的液体流量减少。这时,水箱液面下降,浮子位置相应下降,直到电位器电刷回到中点位置为止,系统重新处于平衡状态,液面恢复给定高度。反之,当流出水量在平衡状态基础上增大时,水箱液位下降,系统会自动增大阀门开度,加大流入水量,使液位升到给定高度 c^* 。

系统方框图如图解 1.4.1 所示。



图解 1.4.1 液位自动控制系统方框图

1.4.2 图 1.4.22 是仓库大门自动控制系统原理示意图。试说明系统自动控制大门开闭的工作原理并画出系统方框图。

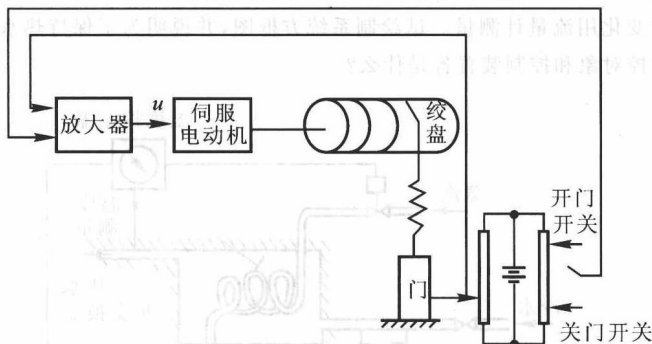


图 1.4.22 题 1.4.2 仓库大门自动开闭控制系统

解 当合上开门开关时,电桥会测量出开门位置与大门实际位置间对应的偏差电压,偏差电压经放大器放大后,驱动伺服电动机带动绞盘转动,将大门向上提起。与此同时,和大门连在一起的电刷也向上移动,直到桥式测量电路达到平衡,电动机停止转动,大门达到开启位置。反之,当合上关门开关时,电动机带动绞盘使大门关闭,从而可以实现大门远距离开闭自动控制。系统方框图如图解 1.4.2 所示。



图解 1.4.2 仓库大门控制系统方框图

1.4.3 图 1.4.23(a) 和(b) 所示均为自动调压系统。设空载时,图(a) 与图(b) 发电机端电压均为 110 V。试问带上负载后,图(a) 与图(b) 中哪个系统能保持 110 V 电压不变? 哪个系统的电压会稍低于 110 V? 为什么?

解 带上负载后,由于负载的影响,图(a) 与图(b) 中的发电机端电压开始时都要下降,但图(a) 中所示系统的电压能恢复到 110 V,而图(b) 中的系统却不能。理由如下:

对图(a) 所示系统,当输出电压 u 低于给定电压时,其偏差电压经放大器 K ,使电机 SM 转动,经减速器带动电刷减小发电机 G 的激磁回路电阻,使发电机的激磁电流 i_f 增大,提高发电机的端电压,从而使偏差电压减小,直至偏差电压为零时,电机才停止转动。因此,图(a) 系统能保持 110 V 电压不变。

对图(b)所示系统,当输出电压 u 低于给定电压时,其偏差电压经放大器 K ,直接使发电机激磁电流 i_f 增大,提高发电机的端电压,使发电机 G 的端电压回升,偏差电压减小,但是偏差电压始终不可能等于零,因为当偏差电压为零时, $i_f = 0$,发电机就不能工作。偏差电压的存在是图(b)所示系统正常工作的前提条件。即图(b)所示中系统的输出电压会低于110 V。

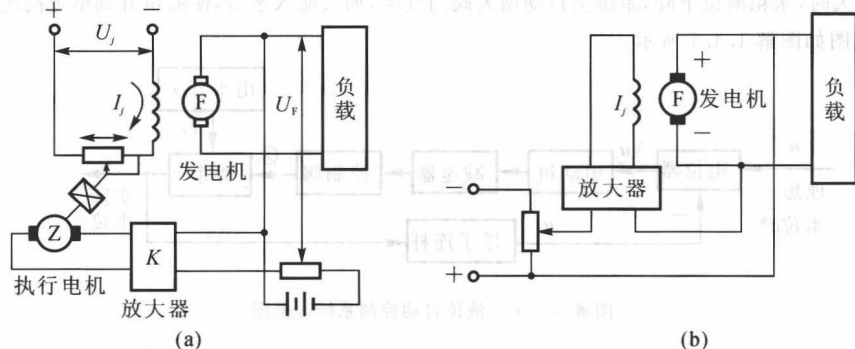


图 1.4.23 题 1.4.3 电压调节系统工作原理图

1.4.4 图 1.4.24 所示为水温控制系统示意图。冷水在热交换器中由通入的蒸汽加热,从而得到一定温度的热水。冷水流量变化用流量计测量。试绘制系统方框图,并说明为了保持热水温度为期望值,系统是如何工作的? 系统的被控对象和控制装置各是什么?

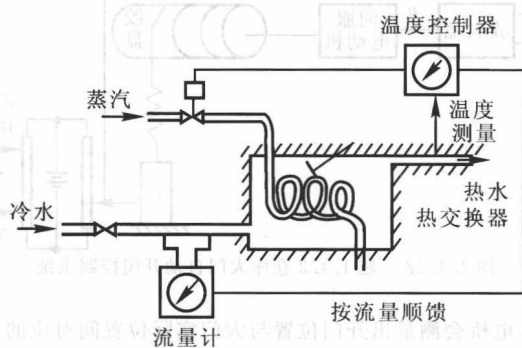


图 1.4.24 题 1.4.4 水温控制系统原理图

解 工作原理:温度传感器不断测量交换器出口处的实际水温,并在温度控制器中与给定温度相比较,若低于给定温度,其偏差值使蒸汽阀门开大,进入热交换器的蒸汽量加大,热水温度升高,直至偏差为零。如果由于某种原因,冷水流量加大,则流量值由流量计测得,通过温度控制器,开大阀门,使蒸汽量增加,提前进行控制,实现按冷水流量进行顺馈补偿,保证热交换器出口的水温不发生大的波动。

系统中,热交换器是被控对象,实际热水温度为被控量,给定量(希望温度)在控制器中设定;冷水流量是干扰量。

系统方框图如图解 1.4.4 所示。这是一个按干扰补偿的复合控制系统。



图解 1.4.4 水温控制系统方框图

1.4.5 图 1.4.25 所示是电炉温度控制系统原理示意图。试分析系统保持电炉温度恒定的工作过程,指出系统的被控对象、被控量以及各部件的作用,最后画出系统方框图。

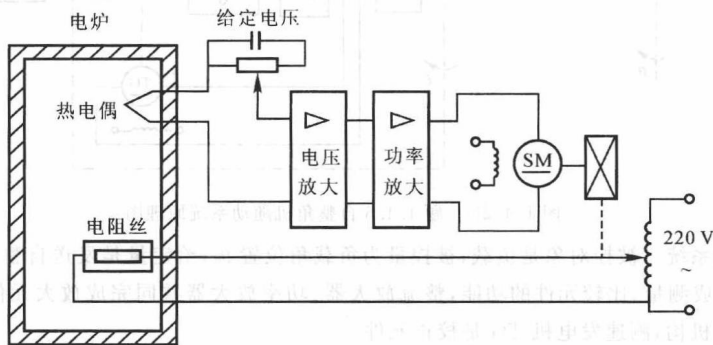


图 1.4.25 题 1.4.5 电炉温度控制系统原理图

解 加热炉采用电加热的方式运行,电阻丝产生的热量与调压器电压二次方成正比,电压增高,炉温就上升。调压器电压由其滑动触点位置所控制,滑臂则由伺服电动机驱动。炉子的实际温度用热电偶测量,输出电压作为反馈电压与给定电压进行比较,得出的偏差电压经电压放大器、功率放大器放大后,驱动电动机调节调压器的电压。

在正常情况下,炉温等于期望值 T ,热电偶的输出电压等于给定电压。此时偏差为零,电动机不动,调压器的滑动触点停留在某个合适的位置上。这时,炉子散失的热量正好等于从加热器获取的热量,形成稳定的热平衡状态,温度保持恒定。

当炉温由于某种原因突然下降(例如炉门打开造成热量流失)时,热电偶输出电压下降,与给定电压比较后出现正偏差,经电压放大器、功率放大器放大后,驱动电动机使调压器电压升高,炉温回升,直至温度值等于期望值为止。当炉温受扰动后高于希望温度时,调节的过程正好相反。最终达到稳定时,系统温度可以保持在要求的温度值上。

系统中,加热炉是被控对象,炉温是被控量,给定量是给定电位器设定的电压(表征炉温的希望值)。给定电位计是给定元件,电压放大器、功率放大器共同完成放大元件的功能,电动机、减速器和调压器组成执行机构,热电偶是测量元件。

系统方框图如图解 1.4.5 所示。



图解 1.4.5 电炉温度控制系统方框图

1.4.6 图 1.4.26 所示是自整角机随动系统原理示意图。系统的功能是使接收自整角机 TR 的转子角位移 θ_r 与发送自整角机 TX 的转子角位移 θ_t 始终保持一致。试说明系统是如何工作的,并指出被控对象、被控量以及控制装置各部件的作用并画出系统方框图。

解 当负载(与接收自整角机 TR 的转子固联)的角位置 θ_r 与发送机 TX 转子的输入角位置 θ_t 一致时,系统处于相对静止状态,自整角机输出电压(即偏差电压)为 0,放大器输出为 0,电动机不动,系统保持在平衡状态。当 θ_t 改变时, θ_r 与 θ_t 失谐,自整角接收机输出与失谐角成比例的偏差电压,该偏差电压经整流放大器、功率放大器放大后驱动电动机转动,带动减速器改变负载的角位置 θ_r ,使之跟随 θ_t 变化,直到与 θ_t 一致,系统达到新的平衡状态时为止。系统中采用测速发电机 TG 作为校正元件,构成内环反馈,用于改善系统动态特性。