



中等职业学校电子信息类教材 电气运行与控制专业

电气自动控制系统

张传祥 主编
颜伟中 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校电子信息类教材(电气运行与控制专业)

电气自动控制系统

张传祥 主编

颜伟中 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书依据教育部最新颁布的“电气运行与控制专业教学指导方案”编写而成。本书从应用的角度出发,采取以定性分析为主的分析方法,详细介绍了常用电气控制的主要方法和应用实例。主要内容包括:自动控制系统的基础知识、常用自动控制的典型环节;单闭环直流调速系统(有静差直流调速系统、无静差直流调速系统);双闭环直流调速系统;直流可逆调速系统(逻辑有环流直流可逆调速系统、逻辑无环流直流可逆调速系统);直流脉宽调速系统(包括双极式、单极式和受限单极式可逆 PWM 变换器);交流调速系统(调压调速系统、串级调速系统);变频器(有源逆变器、无源逆变器,交-交变频器、交-直-交变频器);变频调速系统(异步电机变频调速系统、同步电机变频调速系统)等内容。

本书适用于中等职业技术学校电气运行与控制专业、机电技术专业、自动控制(自动化)专业、电子技术应用等相关专业,同时可以作为相关工程技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气自动控制系统/张传祥主编. —北京:电子工业出版社,2003.2

中等职业学校电子信息类教材(电气运行与控制专业)

ISBN 7-5053-8213-6

I. 电… II. 张… III. 电气控制—自动控制系统—专业学校—教材 IV. ①TM571.2②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007355 号

责任编辑:宋 漪

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15 字数:384 千字

版 次:2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:19.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077

前 言

为了适应中等职业技术教育的新形势、新特点,根据“电气自动控制系统”教学大纲编写了本教材。

电气自动控制系统是电气运行与控制专业的一门主干专业课。它的任务是使学生掌握自动控制系统的基本概念,基本理论;掌握常用电气自动控制系统的组成、工作原理、工程应用知识和实践能力。通过本课程的教学与实践活动提高学生的综合应用能力,使学生了解自动控制的新技术、新理论,为今后的学习和工作打下基础。

本课程的教学目标是:使学生获得自动控制的基本理论知识,掌握自动控制的基本技能,初步形成解决实际问题的能力;培养学生的综合应用能力,提高学生的综合素质,为就业和参加工作打下基础。

自动控制就是在没有人参与的情况下,利用控制装置对生产过程、工艺参数、目标要求等进行自动的调节与控制,使之按照预定的方案达到人们所要求的目标。自动控制技术的应用从18世纪就已经开始了。但由于当时的控制理论还处在萌芽状态,所以在很长的时间里,控制技术发展得非常缓慢。直到20世纪40年代,由于生产和战争的需要,才使自动控制理论有了初步发展,产生了经典控制理论。随着科学技术的不断进步,尤其是发展空间技术的需要,大大促进了控制理论的发展,产生了现代控制理论。电子计算机的问世和发展进一步促进了控制技术的发展,使自动控制系统向多方位、高精度以及智能化方向发展。当前,自动控制在工农业生产及军事、国防等方面都获得了广泛的应用。生产过程的自动化能提高生产效率和产品质量、降低成本、改善劳动条件、并获得显著的经济效益。所以,我们必须适应形势发展的需要,学好自动控制这门课程,才能跟上生产和科学技术高速发展的需要,在激烈的人才竞争中获得一席之地。

自动控制系统的基本分析方法是先对系统做定性分析,然后做定量分析。所谓定性分析是指对控制系统的组成、工作原理、每部分的作用及各部分之间的联系弄清楚;定量分析是在定性分析的基础上对控制系统的静态和动态进行量化分析。定量分析的主要方法是建立系统的数学模型,利用传递函数对系统的性能进行分析。

根据目前职业教育的特点、学生的实际情况及教学大纲的要求,本书本着淡化理论、着重实践、突出对学生能力培养的精神,主要采用定性分析的方法,把教学的重点放在对控制系统的性能、工作原理及使用维修知识上。原则上不做过多的教学计算和公式的推导,目的是使学生能掌握实际动手和操作能力。建立数学模型和利用传递函数虽然是研究和设计自动控制系统的重要方法,但作为中专教学的要求,不必要做更多的介绍,根据教学大纲的要求,只在第2章对传递函数做了简要的介绍,这一部分在教学中也可以不讲。

电气自动控制系统是一门专业课,也是一门综合性的学科。它与“电机与拖动基础”、“晶闸管变流技术”、“模拟电子技术”和“数字电子技术”等课程有紧密的联系,所以在学习本教材的同时,要学好相关的课程。本教材既自成一体,同时又兼顾相关学科,对一些必要的相关知识和其他学科所涉及到的知识也做了适当的介绍,使学生能把本

课程与相关学科有机地结合起来。为了突出实用性和培养学生的能力,增加感性知识,做到理论与实践相结合,对每种控制系统都举出实例进行详细的分析和介绍,尤其是对设备的使用和维护等实际知识都做了较详细的叙述。在教学过程中,应适当地组织学生到相关的工厂去参观和实习,以增加感性知识。书后还附有实验题目,有条件的学校应尽可能保证实验。

本教材的第1章和第2章介绍了自动控制的基本概念及相关知识,重点介绍了典型控制环节的工作原理、电路组成和特性分析,是学习自动控制系统的基础。直流调速系统具有调速范围宽、静差率小、稳定性好、动态特性好、调速装置简单的特点,20世纪70年代以前,在要求控制性能好的拖动系统中,一直占统治地位。但由于直流电机本身的结构复杂、造价高,不适合在恶劣的环境下工作的缺点,使应用受到了很大限制。交流电机虽然本身的结构简单,造价低,但其调速系统装置复杂,性能差,所以在交、直流拖动系统应用的一百多年历史中,不变速的拖动系统普遍采用交流电机拖动系统,要求调速性能好的拖动系统都采用直流电机拖动系统。但随着科学技术的发展和新元件的应用,这种格局已被打破。交流调速系统的很多关键问题都已被解决,交流调速系统以其电压高、容量大、转速快、效率高的特点,使其调速性能已大大提高。交流调速系统的很多性能已经接近或超过了直流调速系统。目前世界各国都把研制高性能、高效益的交流调速系统作为主攻方向。随着研究和开发的不断深入和发展,交流调速系统取代直流调速系统已成为必然发展趋势。所以本书对交流调速的类型及各种调速方法的特点、工作原理及使用维护知识做了详细的论述。虽然直流调速系统存在很多缺点,但是其应用的历史悠久,技术成熟,其很多控制理论是交流调速系统的基础。只有学好了直流调速系统,才能更好地掌握交流调速系统。因此对直流调速系统的基本理论、调速方式也做了较详细的叙述。

本书从第3章到第6章讲述的都是直流调速系统。其中,第3章是单闭环直流调速系统,介绍了有静差、无静差调速系统,是调速系统的基础。第4章双闭环直流调速系统是在单闭环调速系统的基础上对调速性能的改善。这两章介绍的是不可逆调速系统。第5章和第6章介绍了可逆调速系统及其供电方式。

第7章是交流调速系统的基础,主要介绍了交流调速的基本类型和特点,并介绍降压调速和串级调速系统。

第8章重点介绍了调速系统常用变频器的种类、工作原理及选择,并从实用的角度详细介绍了变频器的使用及维护的基本知识。

第9章介绍了效率最高、最有发展前途的变频调速系统,尤其是同步电机调速系统更是具有发展潜力。但由于同步电机调速系统还处在研制阶段,本文只对其进行了简单的介绍。

本书第1章和第2章由哈尔滨轻工业学校孙桂萍编写;第3章由安徽省建材工业学校胡坤编写;第4章由哈尔滨机电工程学校黄东梅编写;第5章和第6章由安徽省轻工业学校杨林国编写;第7章由哈尔滨轻工业学校张传祥编写;第8章由黑龙江工程学院张继东编写;第9章第1~4节由安徽省煤炭工业学校钱保健编写;第9章第5节由哈尔滨轻工业学校邓向伟编写。全书由张传祥主编。

本书由哈尔滨工业大学颜伟中副教授主审。他对本书提出了很多宝贵意见。本书在编写过程中得到安徽省轻工业学校程周老师的指导和帮助,在此深表谢意。本书在编写过程

中学习和参考了很多老师和专家们的著作和论述，使我们受到很大的帮助和启发，在此仅向各位老师和专家深表谢意。

本书由于编写时间短，编者水平有限，难免有错误和不足之处，恳请各位老师和专家批评指正。

编 者

2002 年 9 月

HAU12

目 录

第 1 章 自动控制系统基础	(1)
1.1 自动控制系统的发展	(1)
1.2 自动控制系统的基本概念	(2)
1.2.1 自动控制系统示例	(2)
1.2.2 开环控制系统和闭环控制系统	(3)
1.3 自动控制系统的分类及性能指标	(5)
1.3.1 自动控制系统的分类	(5)
1.3.2 自动控制系统的组成和常用术语	(6)
1.3.3 对自动控制系统的一般要求	(7)
1.3.4 自动控制系统的性能指标	(8)
1.3.5 自动控制系统的分析方法	(9)
本章小结	(9)
习题 1	(10)
第 2 章 自动控制系统的典型环节	(12)
2.1 概述	(12)
2.2 自动控制系统的典型环节	(12)
2.2.1 比例环节(P)	(12)
2.2.2 积分环节(I)	(14)
2.2.3 比例积分环节(PI)	(16)
2.2.4 微分环节(D)	(16)
2.2.5 比例微分环节(PD)	(18)
2.2.6 比例积分微分控制(PID)	(19)
2.3 典型环节的单位阶跃响应	(20)
2.3.1 典型输入信号	(20)
2.3.2 典型环节的单位阶跃响应	(22)
本章小结	(24)
习题 2	(25)
第 3 章 单闭环直流调速系统	(26)
3.1 直流调速系统的基本概念	(26)
3.1.1 直流电机的调速方案	(26)
3.1.2 调速系统的稳态指标	(28)
3.1.3 直流调速系统的供电方式	(31)
3.1.4 开环 V-M 系统的机械特性	(33)
3.2 有静差的单闭环直流调速系统	(34)

3.2.1 转速负反馈有静差直流调速系统	(34)
3.2.2 电压负反馈调速系统	(44)
3.2.3 小容量有静差直流调速系统实例	(47)
3.3 无静差调速系统	(50)
3.3.1 积分调节器的作用	(51)
3.3.2 比例积分调节器控制的物理过程及其实用电路	(51)
3.3.3 无静差直流调速系统	(52)
本章小结	(55)
习题3	(56)
第4章 双闭环无静差调速系统	(57)
4.1 电流、转速双闭环调速系统	(57)
4.1.1 转速、电流双闭环调速系统的组成	(58)
4.1.2 转速、电流双闭环双调速系统的工作原理	(60)
4.1.3 转速、电流双闭环的调速系统的静特性	(61)
4.1.4 各变量的稳态工作点和稳态参数计算	(61)
4.2 转速、电流双闭环调速系统的动态性能	(62)
4.2.1 转速、电流双闭环调速系统的启动特性分析	(62)
4.2.2 转速电流双闭环调速系统的特点和 ASR、ACR 调节器的主要作用	(64)
4.2.3 给定积分器的应用	(66)
4.3 转速、电流双闭环调速系统的分析与调试	(69)
4.3.1 自动控制系统调试的步骤	(69)
4.3.2 自动控制系统的调试方法	(71)
4.3.3 举例:总轴转动的自动调速系统	(74)
4.3.4 自动控制系统的维护使用和故障检查	(78)
本章小结	(80)
习题4	(81)
第5章 直流可逆调速系统	(84)
5.1 可逆调速系统的电路	(84)
5.1.1 可逆运行的概念	(84)
5.1.2 电枢可逆电路	(85)
5.1.3 磁场可逆电路	(87)
5.1.4 电枢可逆电路与磁场可逆电路的比较	(88)
5.2 环流直流调速系统	(88)
5.2.1 环流的概念及种类	(88)
5.2.2 可控环流可逆调速系统	(90)
5.3 逻辑无环流直流调速系统	(92)
5.3.1 逻辑无环流可逆调速系统的组成	(92)
5.3.2 逻辑无环流可逆调速系统的工作原理	(93)
5.3.3 无环流逻辑控制器的组成	(94)

本章小结	(99)
习题5	(99)
第6章 直流脉宽调速系统	(101)
6.1 脉宽调制变换器	(101)
6.1.1 简单的不可逆 PWM 变换器	(101)
6.1.2 可逆 PWM 变换器	(103)
6.2 脉宽调速系统的控制电路	(108)
6.2.1 PWM 驱动装置控制电路	(108)
6.2.2 集成 PWM 控制器及微机控制 PWM 调速系统	(110)
本章小结	(114)
习题6	(114)
第7章 交流调速系统	(116)
7.1 交流调速系统概述	(116)
7.1.1 交流调速系统的特点及发展趋势	(116)
7.1.2 交流调速系统的类型	(118)
7.2 交流异步电机的调压调速系统	(119)
7.2.1 调压调速系统的工作原理	(119)
7.2.2 调速的基本方法	(119)
7.2.3 闭环控制的调压调速系统	(121)
7.3 异步电机串级调速系统	(124)
7.3.1 绕线式异步电机的串电阻调速系统	(124)
7.3.2 绕线式异步电机的串级调速系统	(124)
7.3.3 双闭环串级调速系统	(128)
7.3.4 串级调速系统性能分析	(128)
本章小结	(129)
习题7	(130)
第8章 变频器	(131)
8.1 预备知识	(131)
8.1.1 逆变器	(131)
8.1.2 变频调速的工作原理	(137)
8.2 交-交变频器和交-直-交变频器	(138)
8.2.1 交-交变频器	(138)
8.2.2 交-直-交变频器	(139)
8.3 变频器的构成和原理	(139)
8.3.1 主回路	(139)
8.3.2 控制回路	(144)
8.3.3 变频器的基本工作原理和控制方式	(145)
8.4 变频器的基本类型和额定数据	(146)
8.4.1 变频器的基本类型	(146)

8.4.2 变频器的额定数据	(148)
8.5 变频器的选用	(149)
8.5.1 变频器类型的选用	(149)
8.5.2 容量的选择	(151)
8.5.3 变频器输出电压与输出频率的选择	(152)
8.5.4 其他	(153)
8.5.5 外围设备选择	(153)
8.6 变频器的运行	(154)
8.6.1 变频器的功能预置和操作面板	(154)
8.6.2 变频器的功能	(156)
8.6.3 功能预置的方法	(160)
8.6.4 变频器的连接	(161)
8.6.5 变频器的操作和运行	(165)
8.7 变频器的维护	(169)
8.7.1 日常维护	(169)
8.7.2 定期维护	(169)
本章小结	(172)
习题8	(175)
第9章 变频调速系统	(176)
9.1 异步电机变频调速的控制方式和机械特性	(176)
9.1.1 保持 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制方式	(177)
9.1.2 保持 $E_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制方式	(178)
9.1.3 恒功率控制方式	(178)
9.1.4 恒流控制方式	(179)
9.1.5 变频调速时的机械特性	(179)
9.2 变频调速系统中的主要控制环节	(180)
9.2.1 给定积分器	(180)
9.2.2 绝对值运算器	(182)
9.2.3 函数发生器	(182)
9.2.4 电压-频率转换器	(183)
9.2.5 环形分配器	(183)
9.2.6 脉冲功放及脉冲输出	(184)
9.2.7 逻辑开关	(185)
9.3 转速开环变频调速系统	(186)
9.3.1 转速开环的电压型变频调速系统	(186)
9.3.2 转速开环的电流型变频调速系统	(187)
9.4 转速闭环转差率控制的变频调速系统	(188)
9.4.1 转差频率控制的基本概念	(188)
9.4.2 转差频率控制的规律	(189)

9.4.3 转差频率控制的转速闭环变频调速系统	(190)
9.4.4 系统存在的问题	(191)
9.5 同步电机变频调速系统简介	(192)
9.5.1 同步电机与异步电机的性能区别	(192)
9.5.2 同步电机调速的基本原理	(192)
本章小结	(197)
习题9	(198)
实验1 建立积分环节的数学模型	(199)
实验2 直流调速系统参数测定实验	(200)
实验3 单闭环有静差调速系统实验	(205)
实验4 双闭环不可逆调速系统(用三相全控桥式供电)	(209)
实验5 电流型异步电机变频调速系统实验	(214)
实验6 三相异步电机的变频调速	(218)
参考文献	(227)

第 1 章 自动控制系统基础

本章介绍了自动控制系统的发展过程及分类。通过炉温控制系统的实例,讲解了人工控制与自动控制的特点。主要讲解了开环控制与闭环控制。本章应重点掌握自动控制系统的基本概念、组成、自动控制系统的一般工作过程以及自动控制系统的分析方法。

1.1 自动控制系统的发展

自动控制就是在没有人的直接参与的情况下,利用控制装置(控制器)使被控对象(如机器设备或生产过程)自动地按预定的运行规律去运行,使被控对象的一个或数个物理量(如电压、电流、速度、位移、流量、化学成分等)能够在一定的精度范围内按照给定的规律变化。导弹能准确地命中目标,火箭将人造卫星送入预定轨道,宇宙飞船能准确地月球上着陆并安全返回,都是自动控制技术发展的结果。

在现代的工业、农业、国防和科学领域中,自动控制技术得到了极为广泛的应用。将自动控制技术用于生产,可以提高劳动生产率、改进产品质量、降低生产成本、改善劳动条件和加强企业管理,节省人力和物力,提高经济效益。自动控制技术在探索新能源、发展空间技术和改善人民生活等方面也起着日益重要的作用。

自动控制是一门理论性很强的工程技术,称为“自动控制技术”,实现这些技术的理论叫做“自动控制理论”。它分为 3 部分:经典控制理论、现代控制理论和大系统控制理论。

自动控制是一门年轻学科,从 1945 年开始形成。但自动控制理论的胚胎与萌芽时期却很早。如我国古代,3000 年前发明了自动计时的“铜壶滴漏”装置;公元前 2 世纪发明了用来模拟天体运动和研究天体运动规律的“浑天仪”;公元 132 年产生了世界第 1 架自动测量地震的“地动仪”;公元 11 世纪发明了自动调节器“平衡装置”等,都是自动控制设备的雏形。

工业生产和军事技术的需要,促进了经典控制理论和技术的产生和发展。18 世纪欧洲产业革命后,由于生产力的发展,蒸汽机被广泛用做原动力。为使工作更完善,1765 年俄国机械师波尔祖诺夫发明了蒸汽机锅炉水位调节器;1784 年英国的瓦特发明了蒸汽机离心式调速器;1877 年劳斯和胡尔维茨提出了系统稳定的判据。19 世纪前半叶,生产中开始利用发电机和电动机(根据行业习惯,以下电动机均称为电机),促进了水电发展,出现了水电站远控、简单程序控制、电压和电流的自动调节等技术。19 世纪末到 20 世纪前半叶,由于内燃机的应用,促进了船舶、汽车、飞机制造业、石油业的发展,对自动化提出了更高的要求。由此相应产生了伺服控制、过程控制等技术。二次世界大战中,为了生产和设计飞机、雷达、火炮上的各种伺服机构,需要把过去自动调节技术和反馈放大器技术进行总结和提高,于是搭起了经典控制理论的架子。战后这些理论公开,并用于一般工业生产控制中。

1. 经典控制理论(20 世纪 40~60 年代)

1945 年美国波德写了“网络分析和反馈放大器设计”,奠定了经典控制理论基础,在西

方国家开始形成自动控制学科。1947 年美国出版了名为“伺服机件原理”的第 1 本自动控制教材。50 年代是经典控制理论发展和成熟的时期。经典控制理论主要用于线性定常系统,研究的对象是单输入单输出自动控制系统的问题。其核心是自动调节器,研究的主要内容是稳定性问题。技术工具类型为机械、气动、液体、电子等,主要用于实现局部自动化。经典控制理论是研究控制理论的基础,现代控制理论就是在其基础上发展起来的。

2. 现代控制理论(20 世纪 60 年代中期)

空间技术的需要和电子计算机的应用,推动了现代控制理论和技术的产生和发展。50 年代末 60 年代初,空间技术的发展迫切要求对多输入多输出、高精度参数时变系统进行分析与设计。这是经典控制理论无法有效解决的问题,于是出现了新的自动控制理论,称为“现代控制理论”。以现代控制理论为基础的控制系统,其核心为电子计算机,对象为多输入多输出的复杂系统,研究的主要内容是最优性问题,用于实现企业管理和控制综合自动化。

3. 大系统理论和智能控制理论(20 世纪 70 年代)

它是控制理论向广度和深度发展的结果。大系统是指规模庞大、结构复杂、变量众多的信息与控制系统。它涉及生产过程、交通运输、计划管理、环境保护、空间技术等多方面的控制和信息处理问题。智能控制系统是具有某些仿人智能的工程控制与信息处理系统,其中最典型的就是智能机器人。

1.2 自动控制系统的基本概念

1.2.1 自动控制系统示例

下面以加热炉温度自动控制系统为例,阐述控制系统的基本概念。

加热炉是冶金生产中常见的工艺设备。其加热能源可以是重油、煤气和电力等。根据工艺要求,炉内的温度应保持在一定的数值上。但许多因素,例如电源电压的波动,燃气流量或助燃空气流量的变化,工件的增减速度以及周围环境的温度变化等,都能影响着炉温使之偏离预定的数值。为保证生产的正常进行,就必须人工或自动地给炉子施加某种作用,抵消或削弱上述影响,使炉温回复到原始的设定值。这种施加作用的过程,称为控制或调节。按实现控制的方式不同,可分为人工控制与自动控制。

1. 人工控制

见图 1.1。操作人员用眼睛观察温度显示仪表的炉温示值,继而将此信息传递给大脑。人的大脑经过分析实际炉温与工艺要求的炉温是否有偏差,然后决定并发出调节电压的命令。双手按此命令旋转调压器的手柄,改变供给炉子的电压,使炉温保持在工艺希望的范围。当炉温高于设定值时,旋转调压器手柄使电压降低,进而使炉温降低;反之,升高电压使温度上升。操作过程是用人工改变电压的方法调节炉温使之保持稳定。

这种控制是在人的直接参与下完成的。操作人员是整个控制系统的关键。人工控制的劳动强度大、工作单调、容易使操作者疲劳,发生差错和滞后。因而,控制质量决定于操作人

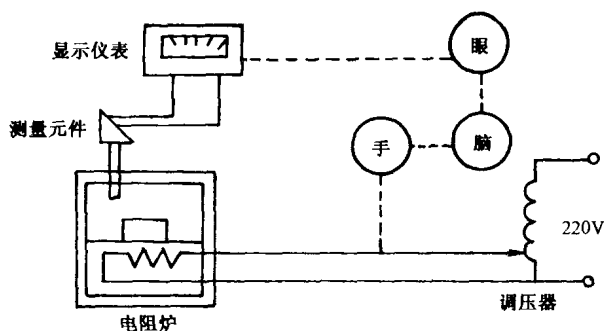


图 1.1 炉温人工控制系统

员的技术水平和精神状态。可见,用人工控制很难保证控制质量。尤其是对一些复杂的控制系统更无法达到控制要求。而有些工作场合如高温、密闭、有毒等不适和人工控制或人无法进行直接控制。因此,人工控制系统的应用受到了很大的限制。

2. 自动控制

为了解决人工控制的局限性与生产要求的复杂性之间的矛盾,人们设计了自动化装置,代替人的器官,模仿人工控制的过程,构成了自动温度控制系统,见图 1.2。温度测量元件(如热电偶)把温度信号变成了相应的电信号,加到变换器或放大器,使信号适合于处理。这一部分代替了人眼的功能,起到自动测量炉温的作用。测量信号再送给调节器,这一装置相当于人的大脑,与给定信号进行比较,得到两者的差值(偏差信号),并按照预先规定的规律进行运算发出按一定规律变化的电信号(调节信号)给电动执行器。后者代替人手的功能,旋转调压器手柄,按炉温的高低调节电压来纠正炉温偏差,使之达到期望值。

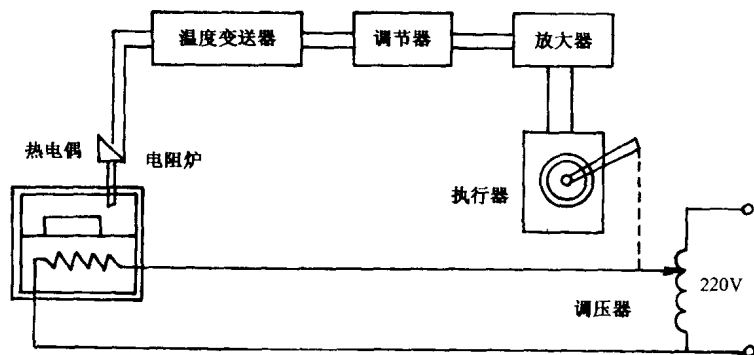


图 1.2 炉温自动控制系统

不论人工控制还是自动控制,都是“检测偏差,纠正偏差”的过程,没有偏差,也就没有控制过程。

1.2.2 开环控制系统和闭环控制系统

1. 开环控制系统

开环控制系统是指组成系统的控制装置与被控对象之间,只有顺向作用而没有反向联

系的控制。炉温控制系统如图 1.3 所示,方块图如图 1.4 所示。

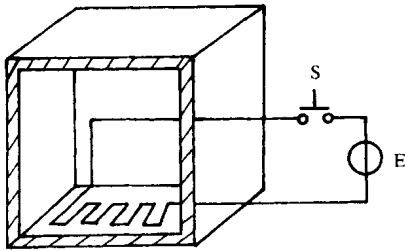


图 1.3 炉温开环控制系统

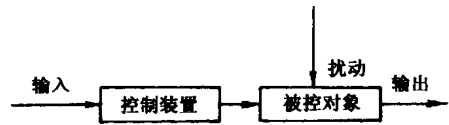


图 1.4 开环控制方块图

对炉温系统开环控制分析:炉子是被控对象,炉温是被控量,电阻丝的通电时间是操纵变量。加热电阻丝的开关 S 受时间继电器控制,按照预先规定的时间接通或断开电源 E,从而使炉温保持在希望的范围内。当我们已经将炉温调节到预定值时,如果工作条件发生了变化,使炉温偏离了希望值,而开关 S 不能相应的改变接通时间,炉温偏差就无法自动修正。也就是说系统不能根据输出量的变化情况反过来调整被控变量。

开环控制系统的特点是:系统的输出量受输入量的控制,却不能反过来去影响输入量。也就是说系统中没有反馈元件,信号传递路径的方向是单一的,不能构成闭合回路。因此当输出量偏离设定值时,系统不能对其进行修正。开环控制结构简单、费用节省。但一般来说,它的精确性较低、适应性较差,不能有效的克服干扰对系统的影响。因为系统内部和外部不可能不存在干扰,所以开环控制只适用于一些简单的要求不高的场合。

2. 闭环控制系统

为了改善开环控制系统的性能,就必须对系统的输出量进行测量,并将测得的结果与给定值进行比较,按其差值对系统进行控制,以修正其输出量。这样就形成了闭环控制系统。图 1.2 就是一个炉温控制的闭环控制系统。闭环控制系统的方块图如图 1.5 所示。

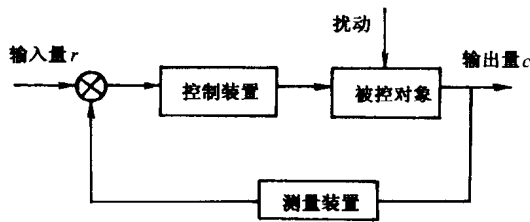


图 1.5 闭环系统方块图

闭环控制系统是指控制装置与被控对象之间既有顺向作用又有反向联系的控制系统。它的控制过程大致为:对被控量(输出量)进行测量,并将测量值与给定信号(输入量)进行比较,得到偏差信号;将偏差信号进行处理(放大与变换);处理后的信号去控制被控量,使之做与原来方向相反的运动。这种利用偏差产生控制作用,达到消除或减小偏差的控制原理叫反馈原理。如果经过反馈使系统偏差增加,即为正反馈;经过反馈后使系统的偏差减小就称为负反馈。很显然,正反馈不能减小偏差,只能使输出量偏离设定值,它不能达到自动控制的目的。所以一般地说,反馈控制系统都是负反馈。只有负反馈才能减小偏差达到“纠偏”

的目的。

闭环控制系统的特点是干扰信号使得系统输出量发生的变化都会被反馈元件检测出来,通过控制装置去修正输出量,使输出量恢复到设定值。因此闭环控制系统对扰动有补偿、抵抗的能力,能用精度低的元件组成精度较高的控制系统。系统采用闭环控制后可能产生超调、振荡现象,所以稳定性是闭环控制系统中的重要问题,为此在系统中通常要加入校正装置。

1.3 自动控制系统的分类及性能指标

1.3.1 自动控制系统的分类

自动控制系统分类的方法有很多种,通常采用按控制系统的基本结构和按输入量进行的分类方法。按控制系统的基本结构可分为开环控制系统和闭环控制系统;按输入量变化的规律可分为:恒值控制系统,随动控制系统,程序控制系统和计算机控制系统。

1. 恒值控制系统

恒值控制系统也称为定值控制系统。如果控制信号(给定信号)为恒定常量的闭环控制系统就称为恒值控制系统。在整个工艺过程中,其设定值(给定信号)是始终保持不变的,而其输出量的期望值也是固定不变的。如炉温控制系统、自动调速系统、稳压、稳流、恒频的控制系统。炉温自动控制系统如图 1.6 所示。

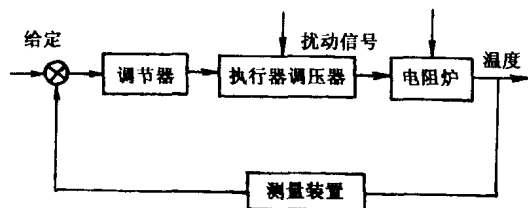


图 1.6 炉温自动控制系统方块示意图

本系统中炉温为被控量,电阻炉为被控对象。其给定值是恒值,要求输出量(炉温)也保持不变。这是一种恒温闭环控制系统。恒值控制系统的特点是控制信号是常量或变化缓慢的信号,其输出量一般也是恒定值。其主要任务是补偿干扰,使系统输出保持恒定。

2. 随动控制系统

随动控制系统的控制信号(设定值)是不断变化的任意时间函数。此函数在系统工作前又是随机的无法预先确定的。它的主要任务是使被控量准确地跟踪控制信号的变化而变化。所以,也称为自动跟踪系统。其输出量一般为位移或角位移等。如工作机械的位置控制、导弹发射架的角度控制、火炮的发射角控制等。工作机械的随动控制系统如图 1.7 所示。本系统的设定值是不断变化的,其输出量是工作机械的位移或角位移。这个位移紧紧跟随给定值的变化而变化。随动控制系统的特点是给定信号的变化规律是事先不能确定的,其输出量不是恒定值,而是跟随给定信号的变化而变化的。其主要任务是解决跟踪问

题,而补偿干扰是次要矛盾。工作机械随动系统方块图如图 1.7 所示。

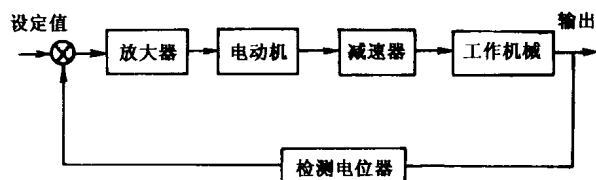


图 1.7 工作机械随动系统方块示意图

3. 程序控制系统

程序控制系统的设定值也是变化的,但它的变化是有规律的,是已知时间的函数,其设定值按照一定的时间顺序变化。其工艺过程一般都是按照一定规律反复变化的。例如食品加工中的消毒杀菌温度控制系统,机械加工中的电镀等工作都是程序控制系统。

4. 计算机控制系统

计算机在本系统中不只是计算工具,而且作为系统的核心部件参与控制工作,是一种新的控制方法。系统利用计算机的速度快、容量大、功能强的特点完成高精度复杂系统的控制,其发展前景十分广阔。宇宙飞船姿态控制系统如图 1.8 所示。



图 1.8 宇宙飞船姿态控制系统方块示意图

1.3.2 自动控制系统的组成和常用术语

1. 自动控制系统的组成

自动控制系统一般由被控对象与控制装置两大部分组成,控制装置又可分为 3 部分:自动检测装置、自动调节装置和执行机构。自动控制系统的方块图如图 1.9 所示,其工作过程是:系统的输出量(被控变量)由其输入量控制,并且经检测元件及变送器(反馈环节)送到比较机构与给定值形成偏差信号,经调节器放大处理,然后去控制执行器。使之通过改变操纵变量的方法保证输出量达到我们预期的设定值。如果测量值与给定值相等,则无偏差信号。这时,说明输出量已经达到期望值,系统已经进入稳定状态,不需要调节。由此可见,自动控制系统的控制过程实际上就是所谓的“纠偏”过程。

(1) 被控对象 要求实现自动控制的机器、设备或生产过程称为被控对象,如加热炉、电机、锅炉、机床、飞行器及工业生产过程等。

(2) 控制装置 指对被控对象起控制作用的装置的总称叫做控制装置。它分为 3 部分:自动检测装置、自动调节装置和执行机构。

(3) 自动控制系统 由被控对象和控制装置两大部分组成,是以某种规律或互相依赖