

技师院校系列教材

电气维修技师 技术教程

Dianqiweixiujishi
Jishujiaocheng

温希忠 胡庆峰 主编

山东大学出版社

技师院校系列教材

电气维修技师技术教程

主 编	温希忠	胡庆峰		
副主编	左玉营	孙美英	耿艳梅	王庆民
	刘 娜	袁 毅	王慧云	薛 普
	钱 斌	毕 海		

· 山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气维修技师技术教程/温希忠,胡庆峰主编.
—济南:山东大学出版社,2009.8
(技师院校系列教材)
ISBN 978-7-5607-3924-3

I. 电…
II. ①温…②胡…
III. 电气设备—维修—技工学校—教材
IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148421 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南铁路印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 23.75 印张 547 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定价: 37.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

总 序

技师是掌握一定理论并具有丰富实践经验能够解决生产操作过程中难题的高技能人才,是技术工人队伍的业务骨干,是科技成果转化的重要力量,在加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动技术创新等方面具有不可替代的重要作用。

本系列教材的编写思想是从以下四个方面出发:

一是根据人力资源和社会保障部相关技能鉴定规范车、钳、电、汽修等工种相关职业标准,力求教学内容能满足相应技能鉴定的要求,适应经济、社会发展对技能人才教育的新要求,满足高素质、复合型人才培养的需要。

二是结合市场需求,把相关知识点的学习与专业技能的训练有机结合起来,摒弃以往“就知识讲知识”的传统做法,按照“实用、够用”的原则编写本系列教材,在教学中“边使用,边调整”,取得了较好的教学效果。

三是培养目标明确,强化应用。在教学中注重培养学生的职业能力,坚持技能人才的培养方向,内容安排上符合认知规律,由浅入深、由易到难。

四是理论和实践紧密结合,以增强分析、判断、排除各种实际故障为重点,侧重实践操作,理论知识以够用为度,技能操作以培养掌握复杂操作和新技术操作技能为重点。

根据国家有关文件精神和济南技师学院“技师班 2+2+2 教学模式”(即教学活动分三个阶段进行:第一个 2 年在校内按理论、实习两周交替进行教学,完成中高级基本课题训练,达到高级工水平;第二个 2 年结合企业生产实际确定实习课题,到企业进行现场教学与生产实践,并选聘企业具有丰富实践经验和技术的技师或高级技师进行专门指导,积累生产工作经验,毕业时参加技师资格考试,合格者颁发国家职业资格证书;未通过技师资格考试者,第三个 2 年内学院免费进行辅导,使其达到国家职业资格要求)的实施和推广。通过长期教学实践,我们编写了这套集车、钳、电、汽修等工种工艺知识与

技能训练为一体的“技师院校系列教材”。

囿于我们的知识和水平,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者和业内人士批评指正!

编 者
2009 年 6 月

目 录

第一篇 交直流调速技术及应用

第 1 章 自动控制系统的基本知识	(3)
1.1 引 言	(3)
1.2 人工控制和自动控制	(4)
1.3 开环控制和闭环控制	(7)
1.4 自动控制系统的组成	(10)
1.5 自动控制系统的分类	(15)
1.6 自动控制系统的实例	(16)
第 2 章 电动机调速系统性能及指标	(19)
2.1 定性指标	(19)
2.2 定量指标	(21)
第 3 章 自动控制的基本规律与调节器	(25)
3.1 比例(P)控制器	(25)
3.2 积分(I)控制器	(27)
3.3 比例积分(PI)控制器	(29)
3.4 比例微分(PD)控制器	(30)
3.5 比例积分微分(PID)控制器	(32)
第 4 章 直流调速系统可控直流电源及存在的问题	(35)
4.1 旋转变流机组	(35)
4.2 静止式可控整流器	(36)
4.3 直流斩波器或脉宽调制变换器	(37)
4.4 V-M 系统的主要问题	(38)
4.5 直流 PWM 调速系统的主要问题	(42)

第 5 章 有静差直流自动调速系统	(48)
5.1 电压负反馈调速系统	(48)
5.2 带有电压负反馈和电流正反馈(补偿控制)的调速系统	(50)
5.3 调速系统的扰动与反馈控制作用	(51)
第 6 章 无静差直流自动调速系统	(53)
6.1 积分调节器和积分控制规律	(53)
6.2 无静差直流自动调速系统	(54)
6.3 限流保护——电流截止负反馈	(55)
6.4 多闭环控制的直流调速系统	(57)
第 7 章 自动调速系统中的检测环节	(63)
7.1 转速检测环节	(63)
7.2 电流检测环节	(63)
7.3 电压检测环节	(65)
第 8 章 可逆直流调速系统	(67)
8.1 电枢反接可逆线路	(67)
8.2 电动机可逆系统的工作状态和回馈制动	(69)
8.3 可逆系统中的环流	(70)
第 9 章 直流脉宽调速系统	(72)
9.1 不可逆脉宽调制变换器	(72)
9.2 可逆脉宽调制变换器	(75)
第 10 章 交流变频调速系统	(78)
10.1 异步电动机的一般变频调速系统	(78)
10.2 静止变频装置及其工作原理	(82)
10.3 180°导通型变频装置和 120°导通型变频装置	(84)
第 11 章 脉宽调制变频调速系统	(87)
11.1 SPWM 逆变器的工作原理	(87)
11.2 SPWM 逆变器电路原理框图	(88)
第 12 章 直流调速系统实训	(92)
12.1 实训方式	(92)
12.2 设备简介	(93)

12.3 实训课题	(93)
课题 1: 继电保护电路工作原理分析	(93)
课题 2: 主电路原理分析	(95)
课题 3: 触发电路分析(1)	(100)
课题 4: 触发电路分析(2)	(102)
课题 5: 电源板工作原理分析	(106)
课题 6: 隔离板工作原理分析	(109)
课题 7: 保护功能分析	(111)
课题 8: 调节板工作原理分析(1)	(114)
课题 9: 调节板工作原理分析(2)	(117)
课题 10: 调节板工作原理分析(3)	(121)
课题 11: 电源板、隔离板及主电路测量	(126)
课题 12: 触发及调节板参数测量	(128)
课题 13: 调试方法及步骤	(129)
课题 14: 故障检修练习(1)	(131)
课题 15: 故障检修练习(2)	(133)
课题 16: 故障检修练习(3)	(135)
课题 17: 复习与考核	(137)

第二篇 PLC 变频触摸屏综合应用技术

第 1 章 可编程控制器(PLC)	(151)
1.1 PLC 是什么?	(151)
1.2 PLC 的用途	(158)
1.3 三菱 PLC 的内部软元件	(159)
1.4 FX2N-PLC 的基本指令	(160)
1.5 FX2N-PLC 的步进顺序控制指令	(186)
1.6 FX2N-PLC 的高级指令	(192)
1.7 PLC 的基本应用	(236)
1.8 PLC 的安装和维护	(248)
1.9 三菱全系列 PLC 编程软件 GX Developer Ver. 7 的基本使用	(251)
第 2 章 变频器	(256)
2.1 变频器是什么?	(256)
2.2 变频器的用途	(257)
2.3 变频调速原理	(258)
2.4 三菱 FR-E540 变频器	(262)
2.5 变频技术应用概述	(274)

第 3 章 触摸屏	(277)
3.1 触摸屏是什么?	(277)
3.2 触摸屏的用途	(277)
3.3 触摸屏的主要类型和主要技术指标	(278)
3.4 触摸屏的编程	(280)
第 4 章 PLC 变频器触摸屏综合应用技术	(287)
4.1 PLC 变频器触摸屏综合应用系统设计技术	(287)
4.2 电气维修绝活一 PLC 与变频器的通信控制	(329)
4.3 电气维修绝活二 触摸屏与 PLC 的通信控制	(335)
4.4 电气维修绝活三 触摸屏与变频器的通信控制	(336)
4.5 PLC、变频器和触摸屏综合应用	(339)
附录 PLC 变频器触摸屏综合应用技术所涉及元器件清单	(367)
参考文献	(369)

第一篇

交直流调速技术及应用

第 1 章 自动控制系统的基本知识

本章要点

- 自动控制的基本概念。
- 自动控制系统的构成和分类方法。
- 自动控制系统技术要求。
- 控制器的基本控制规律。

本章介绍自动控制的基本概念、定义及有关术语,进而引出自动控制系统的构成和分类方法及技术要求,并对各种控制器的基本控制规律作深入的讨论。

此外,本章还用自动控制系统在某行业中的应用实例,使读者对自动控制系统实际应用的广泛性有较深的认识,并对不同类型控制系统的工作原理有进一步的理解,为设计或调试、维修各种实际系统奠定良好的基础。

本章学习的重点和要求是掌握闭环控制系统的构成及其与开环控制系统的区别,掌握控制系统方框图的绘制方法,并对工程上常用的 PID 控制规律的物理意义有较深入的理解。

1.1 引言

近几十年来,自动控制技术已获得迅猛发展,并广泛应用于工业、农业、交通运输、国防和航空、航天事业等领域中。随着生产和科学技术的发展,自动控制技术已渗透到各学科领域,成为促进当代生产发展和科学技术进步的重要因素。

所谓自动控制,是指在没有人直接参与的情况下,利用自动控制装置(简称控制器)使整个生产过程或工作机械(称为被控对象)自动地按预定的规律运行,或使它的某些物理量(称为被控量)按预定的要求变化。

事实上,任何技术设备、工作机械或生产过程都必须按某种要求运行。例如,要想发

尽量不受干扰;要使烘烤炉提供优质的产品,就必须严格地控制炉温,使其保持恒定或按某种规律变化;要使火炮能自动跟踪并命中飞行目标,炮身就必须按照指挥仪的命令而作出相应的方位角和俯仰角的变动;要把数吨重的人造卫星送入数百公里高空的轨道,使其所携带的各种仪器能长期、准确地工作,就必须保持卫星的正确姿态,使它的太阳能电池一直朝向太阳,无线电发射天线一直指向地球……所有这一切都是以高水平的自动控制技术为前提的。

目前,自动控制技术和理论已经广泛地应用于机械、冶金、石油、化工、电子、电力、航海、航空、航天、核反应堆等各个学科领域。近年来,控制科学的应用范围还扩展到生物、医学、环境、经济管理和其他许多社会生活领域,并为各学科之间的相互渗透起到促进作用。可以说,自动控制理论和技术已经成为现代化社会不可缺少的组成部分。自动控制技术的应用,不仅使生产过程实现自动化,从而提高了劳动生产率和产品质量,降低生产成本,提高经济效益,改善劳动条件,而且在人类征服大自然、探索新能源、发展空间技术和创造人类社会文明等方面都起着十分重要的作用。因此,作为现代的工程技术人员和科学工作者,都必须具备一定的自动控制理论知识。

尽管自动控制装置多种多样,它们的用途和具体结构也各不相同,但是它们的基本原理是一样的。自动控制原理是研究自动控制系统共同规律的基础理论。本章介绍的内容是自动控制原理课程中最基础的部分,也是学习本书所必备的理论基础之一。

1.2 人工控制和自动控制

在工业生产过程或生产设备运行中,为了维持正常的工作条件,往往需要对某些物理量(如温度、压力、流量、液位、电压、位移、转速等)进行控制,使其尽量维持在某个数值附近,或使其按一定规律变化。要满足这种需要,就得对生产机械或设备进行及时的操作和控制,以抵消外界的扰动和影响。这种操作和控制,既可用人工操作来完成,又可用自动装置的操作来完成,前者称为人工控制或手动控制,后者称为自动控制。

一、人工控制

如图 1-1 所示为一个人工控制的水位保持恒定的供水系统。其中水池中的水源不断地经出水管流出,以供用户使用。随着用水量的增加,水池中的水位必然下降。这时若要保持水位高度不变,就得开大进水阀门,增加进水量以作补充。在本例中,进水阀门的开启程度(简称开度)并非一成不变,而是根据实际水位的多少(它反映出用水量大小)进行操纵的。上述过程可用人工操作加以实现,正确的操作步骤如下:

- (1)将水位的要求值(期望水位值)牢记在操作者的大脑中。
- (2)通过眼睛和测量工具测量出水池的实际水位。
- (3)将期望水位与实际水位进行比较、计算,从而得出偏差值。
- (4)按照偏差的大小和正负性质,由大脑指挥手去正确地调节进水阀门。所谓正确调节,是要按减小偏差的方向来调节进水阀门的开度。

由于在图 1-1 所示的系统中有人直接参与控制,故称为人工控制。在本例中,水池中

的水位是被控制的物理量,简称被控量。水池是被控制的对象,简称被控对象。

人工控制的过程是测量、求偏差、控制、再测量、再求偏差、再控制这样一种不断循环的过程。其控制目的是要尽量减小偏差,使被控量尽可能地保持在期望值附近。

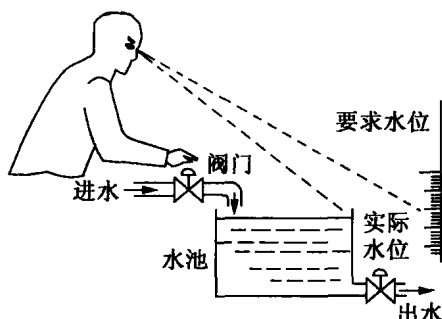


图 1-1 人工控制的水位系统

二、自动控制

如果找到某种装置可以完全代替如图 1-1 所示系统中人所完成的全部职能,人就可以不直接参与控制,而成为自动控制了。如图 1-2 所示为水池水位自动控制系统的一种简单形式。

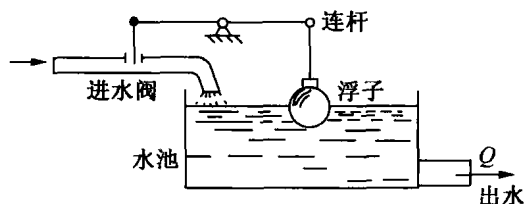


图 1-2 简单的水位自动控制系统

图中用浮子代替人的眼睛,作为测量水位高低之用;另用一套杠杆机构代替人的大脑和手,作为计算偏差和执行控制操作之用。杠杆的一端由浮子通过连杆带动,另一端则连向进水阀门。当用水量增大时,水位开始下降,浮子也随之降低,通过杠杆的作用,使进水阀门往上提,开度增大,进水量增加,致使水位能上升至期望值附近。反之,若用水量变小,水位及浮子上升,进水阀门开度减小,减少进水量,使水位自动下降至期望值附近。上述整个过程是在无人直接参与下进行的,故称自动控制过程。自动控制的工作步骤可归纳如下:

- (1) 用连杆的长度标定好水位的期望值;
- (2) 当水位超过或低于期望值时,其水位偏差被浮子检测出来,并通过杠杆作用于进水阀,从而产生控制作用;
- (3) 按减小偏差的方向控制进水阀门的开度。

如图 1-2 所示的系统虽然可实现自动控制,但由于结构简陋而存在较大的缺点,主要

表现在被控制的水位高度将随着出水量的变化而变化。出水量越多,水位就越低,偏离期望值就越远,即偏差越大。即控制的结果总是存在一定范围的偏差值。产生这种现象的原因可解释如下:当出水量增加时,为了使水位基本保持恒定不变,就要开大进水阀门,使较多的水流进水池以作补充。要开大进水阀,唯一的途径是浮子要下降得更多,这意味着控制的结果是水位要偏离期望值而降低了。于是整个系统将在较低的水位建立起新的平衡状态。

为克服上述缺点,可在原系统中增加一些设备而组成较完善的自动控制系统,如图 1-3 所示。这里,浮子仍是测量元件,连杆起着比较作用,它将期望水位与实际水位进行比较,得出偏差,并以运动的形式推动电位器的滑块作上下移动。电位器输出电压的高低和极性充分反映出偏差的性质(大小和方向)。电位器输出的微弱电压经放大器放大后用控制直流伺服电动机,其转轴经减速器减速后驱动进水阀门,作为施加于系统的控制作用。

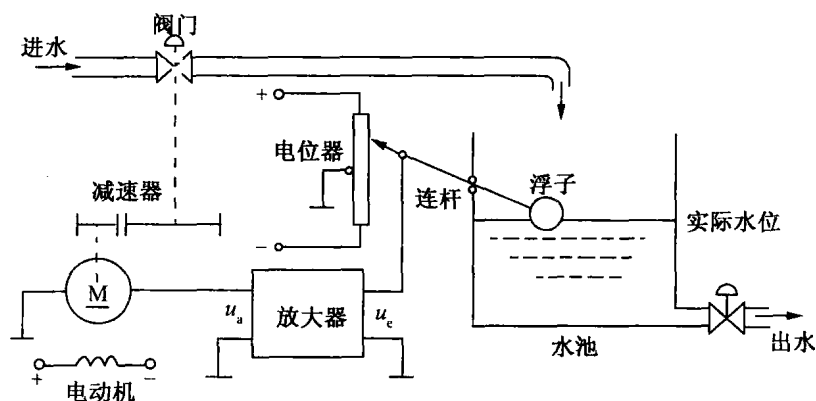


图 1-3 较完善的水位自动控制系统

在正常情况下,实际水位等于期望值,此时,电位器的滑块居中, $u_e=0$ 。当出水量增大,浮子下降,它带动电位器滑块向上移动,输出电压 $u_e>0$,经放大器放大成 u_a 后,控制电动机作正向旋转,以增大进水阀门的开度,促使水位回升。只有当实际水位回复到期望值时,才能使 $u_e=0$,控制作用才告终止。

可见,本系统的优点是无论出水量多还是少,自动控制的结果总是使实际水位的高度恒等于期望值,不致出现误差,从而大大提高了控制的精度。

上述的自动控制和人工控制是极为相似的。自动控制系统只不过是把某些装置有机地组合在一起,以代替人的职能而已。如图 1-3 所示控制系统中的浮子相当于人的眼睛,连杆和电位器类似于人的大脑,电动机相当于人手等。由于这些装置担负着控制的职能,因此,通常称之为控制器。任何一个控制系统,都是由被控对象和控制器两大部分组成的。

1.3 开环控制和闭环控制

根据信号传送的特点或系统的结构形式,控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系统两大类。本节将以直流电动机的转速控制系统为例,分别介绍开环控制系统及闭环控制系统的构成及其运行特点。

一、开环控制系统

如图 1-4 所示的他励直流电动机转速控制系统就是一种开环控制系统,实线表示电气连接。其任务是控制电动机以恒定的转速带动负载工作。系统的工作原理如下:

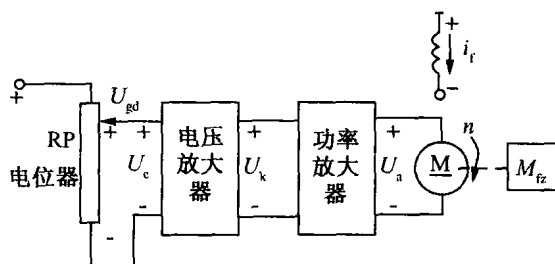


图 1-4 直流电动机转速开环控制系统

调节电位器 RP 的滑臂,使其给出某个给定电压 U_{gd} 。该电压经电压放大和功率放大后成为 U_a ,再送往电动机的电枢,用于控制电动机转速之用。由于他励直流电动机的转速 n 与电枢电压 U_a 成正比(对同一负载而言),因此,当负载转矩 M_L 也不变时,只要改变给定电压 U_{gd} ,便可得到不同的电动机转速 n 。即 U_{gd} 与 n 具有一一对应的函数关系。

在本系统中,直流电动机是被控对象,电动机的转速 n 是被控量。若把全系统作为整体来看,电动机转速 n 是被控对象中需要严加控制的物理量,称为系统的输出量或输出信号。 n 值的大小由给定电压 U_{gd} 决定, U_{gd} 是原因, n 是结果,通常把给定电压称为系统的输入量或输入信号。

如图 1-4 所示,只有输入量 U_{gd} 对输出量 n 的单项控制作用,而输出量 n 对输入量 U_{gd} 却没有任何影响和联系,即系统的输出端和输入端之间不存在反馈回路,故称这种系统为开环控制系统。

直流电动机转速开环控制系统可用如图 1-5 所示的方框图来表示。

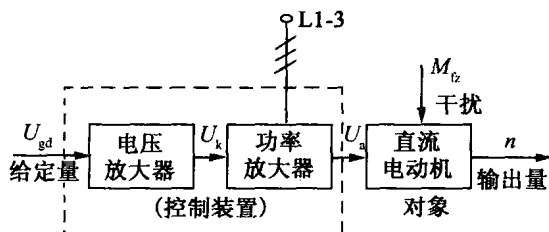


图 1-5 直流电动机转速开环控制系统方框图

方框图是表达系统中信号传递方向的关系图。图中用方框代表系统中具有相应职能的元器件,用箭头表示各部件之间信号的传递方向。电动机负载转矩 M_L 的任何变动均会构成对输出量 n 的影响。换言之,对恒速控制系统来说,作用于电动机轴上的阻力矩 M_L 将对系统的输出起到破坏作用,这种作用称为干扰或扰动,在图 1-5 中,用一个作用在电动机上的箭头来表示。

开环控制系统的精度主要取决于 U_{gd} 的标定精度以及控制装置参数的稳定程度,系统没有抵抗外部干扰的能力,故控制精度较低。但由于开环控制系统的结构简单、造价较低,故在系统结构参数稳定、没有干扰作用或所受干扰较小的场合,仍会大量使用。

二、闭环控制系统

如前所述,开环控制系统的缺点是精度不高和适应性较差,造成这种缺点的主要原因是缺乏从系统输出端至输入端的反馈回路。要克服这些缺点,就必须引入反馈环节,将输出量测出来,经物理量的转换后再反馈到输入端,使输出量对控制作用有直接影响。引入反馈回路的目的是要实现自动控制,提高控制质量。

在如图 1-6 所示的直流电动机转速开环控制系统中,加入一台测速发电机,并对电路稍作修改,便构成如图 1-6 所示的直流电动机转速闭环控制系统。

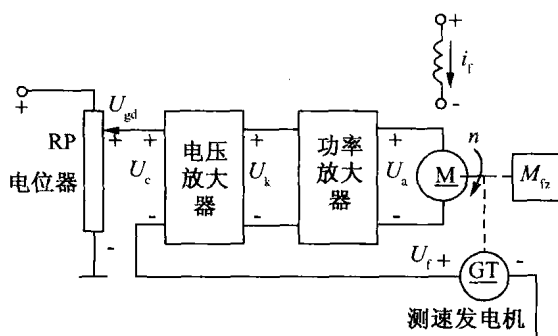


图 1-6 直流电动机转速闭环控制系统图

如图 1-6 所示,测速发电机由电动机同轴带动,它将电动机的实际转速 n (即系统的输出量)测量出来,并转换成电压 U_f ,再反送到系统的输入端,与给定值 U_{gd} (即系统的输入量)进行比较,从而得出电压 $U_c = U_{gd} - U_f$ 。由于该电压能间接地反映出误差的性质(即大小和正负方向),因此,通常称为偏差信号,简称偏差。偏差 U_c 经放大器放大成 U_a 后,作为电枢电压,控制电动机转速 n 。

直流电动机转速闭环控制系统可用如图 1-7 所示的方框图来表示。通常沿着箭头方向,将从系统输入量至输出量之间的整条通道称为前向通道;而将从输出量至反馈信号之间的通道称为反馈通道。方框图中用符号“⊗”表示比较环节,其输出量等于各个输入量的代数和。因此,各个输入量均须用正负号表明其极性,如图 1-7 所示。