

全国高级技工学校

电气自动化设备安装与维修专业教材



直流 调速技术

ZHILIU TIAOSU JISHU

5



配套课件 网络下载



中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材

直流调速技术

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

内容简介

本书为全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材。主要内容包括直流调速系统概述、开环直流调速系统、单闭环直流调速系统和双闭环直流调速系统等,每章后还附有各类直流调速系统的接线、调试及故障排除实训。

本书由李国伟主编,孙吉辉、王现富审稿。

图书在版编目(CIP)数据

直流调速技术/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2012

全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材

ISBN 978-7-5045-9772-4

I. ①直… II. ①人… III. ①直流调速-技工学校-教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 164855 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京世知印务有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 236 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定价:19.00 元

读者服务部电话:010-64929211/64921644/84643933

发行部电话:010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

如有印装差错,请与本社联系调换:010-80497374

前言

为了更好地适应高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业的教学要求,全面提升教学质量,人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师 and 行业、企业专家,在充分调研企业生产和学校教学情况的基础上,吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验,在原有同类教材的基础上,重新组织编写了高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材。

本次教材编写工作的目标主要体现在以下五个方面:

第一,完善教材体系,定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学要求,调整和完善了教材体系,使之更符合学校教学需求。同时,根据电气自动化设备安装与维修专业高级工从事相关岗位的实际需要,合理确定学生应具备的能力和知识结构,对教材内容的深度、难度作了适当调整,加强了实践性教学内容,以满足技能型人才培养的要求。

第二,反映技术发展,涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展,更新教材内容,在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容,体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据,涵盖《国家职业技能标准·维修电工》中维修电工中、高级的知识和技能要求,并在与教材配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三,融入先进理念,引导教学改革。

专业课教材根据一体化教学模式需要编写,将工艺知识与实践操作有机融为一体,构建“做中学”“学中做”的学习过程;通用专业知识教材根据所授知识的特点,注意设计各类课堂实验和实践活动,将抽象的理论知识形象化、生动化,引导教师不断创新教学方法,实现教学改革。

第四,精心设计形式,激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上,较多地利用图片、实物照片和表格等形式将知识点生动地展示出来,力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点,设计了许多贴近实际的互动栏目,在激发学生学习兴趣和自主学习积极性的同时,使教材“易教易学,易懂易用”。

第五,开发辅助产品,提供教学服务。

根据大多数学校的教学实际,部分教材还配有习题册和教学参考书,以便于教师教学和

本次教材编写工作得到了河北、黑龙江、江苏、山东、河南、广东、广西等省、自治区人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此我们表示诚挚的谢意。

2012年6月

目 录

第一章 直流调速系统概述	1
第二章 开环直流调速系统	10
§ 2—1 开环直流调速系统的结构及原理	11
§ 2—2 开环直流调速系统的稳态性能分析	17
实训 1 开环直流调速系统的接线与调试	21
实训 2 直流调速柜开环系统的调试与故障排除	28
第三章 单闭环直流调速系统	48
§ 3—1 转速负反馈单闭环直流调速系统	49
§ 3—2 转速负反馈单闭环无静差直流调速系统	59
§ 3—3 带电流正反馈的电压负反馈直流调速系统	66
§ 3—4 带电流截止负反馈的单闭环直流调速系统	70
实训 3 转速负反馈单闭环直流调速系统的接线与调试	78
实训 4 转速负反馈单闭环无静差直流调速系统的接线与调试	83
实训 5 直流调速柜电压负反馈单闭环直流调速系统的调试与故障排除	88
第四章 双闭环直流调速系统	112
实训 6 双闭环直流调速系统的接线与调试	122
实训 7 直流调速柜双闭环系统的调试与故障排除	130
附录	144
附录 1 小容量晶闸管—电动机单闭环有静差调速系统实例	144
附录 2 全数字式直流调速器	148

第一章

直流调速系统概述



学习目标

1. 了解直流调速的含义及其应用。
2. 掌握直流调速的方法及分类。

直流调速技术是现代自动控制系统中发展较早的技术之一。20 世纪 60 年代发展起来的电力电子技术，使人们可以对电能进行变换和控制，从而产生了各种高效、节能的新型电源和各种交直流调速装置，将电能转化为动能，进而转化为其他形式的能，如图 1—1 所示。电力电子技术为工业生产、交通运输、楼宇、办公、家庭自动化等领域提供高新技术支持，提高了企业生产效率和人们生活质量，使人类社会的生产、生活都发生了巨大的变化。随着电力电子器件和控制技术的飞速发展，自动控制系统也将继续对人们未来的生产、生活产生深远的影响。

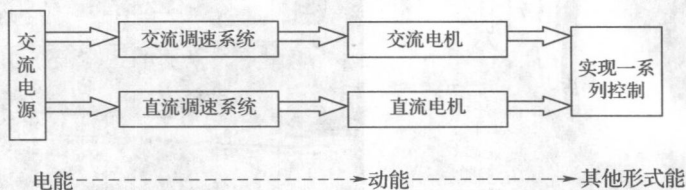


图 1—1 交直流调速系统的功能

现代自动控制系统从生产机械要求控制的物理量来看，分为调速系统、位置随动系统（伺服系统）、张力控制系统、多电动机同步控制系统等多种类型，各种系统往往都是通过控制转速来实现的，因此，调速系统是最基本的现代自动控制系统。

调速系统根据驱动电动机类型的不同，主要分为直流调速系统和交流调速系统两大类。其中，直流调速系统是将工业生产中的三相交流电变为可控可调的直流电，驱动直流电动机的运转，从而实现一系列的控制。交流调速系统是将固定的交流电变为电压和频率可调的交流电，以驱动交流电动机运转，进而实现一系列的控制。

由于直流调速系统的控制对象是直流电动机，其具有良好的启、制动性能，容易控制，适于在大范围内平滑调速，因此在许多需要转速精确控制或快速正反转的电力驱动领域中得到了广泛的应用。例如，军事和宇航方面的雷达天线、火炮瞄准、惯性导航等的控制；工业方面的高精度金属切削机床（龙门刨床、龙门铣床、轧辊磨床、立式车床等）、大型起重设备（矿井卷扬机等）、锻压设备（压力机等）、轧钢机、工业机器人、印刷机械等设备的控制；交通运输方面的城市电车、地铁、电动车等的控制；计算机外围设备和办公设备中的打印机、传真机、复印机、扫描仪等的控制；音像设备和家用电器中的录音机、数码相机、洗衣机、空调等的控制，如图 1—2 所示。

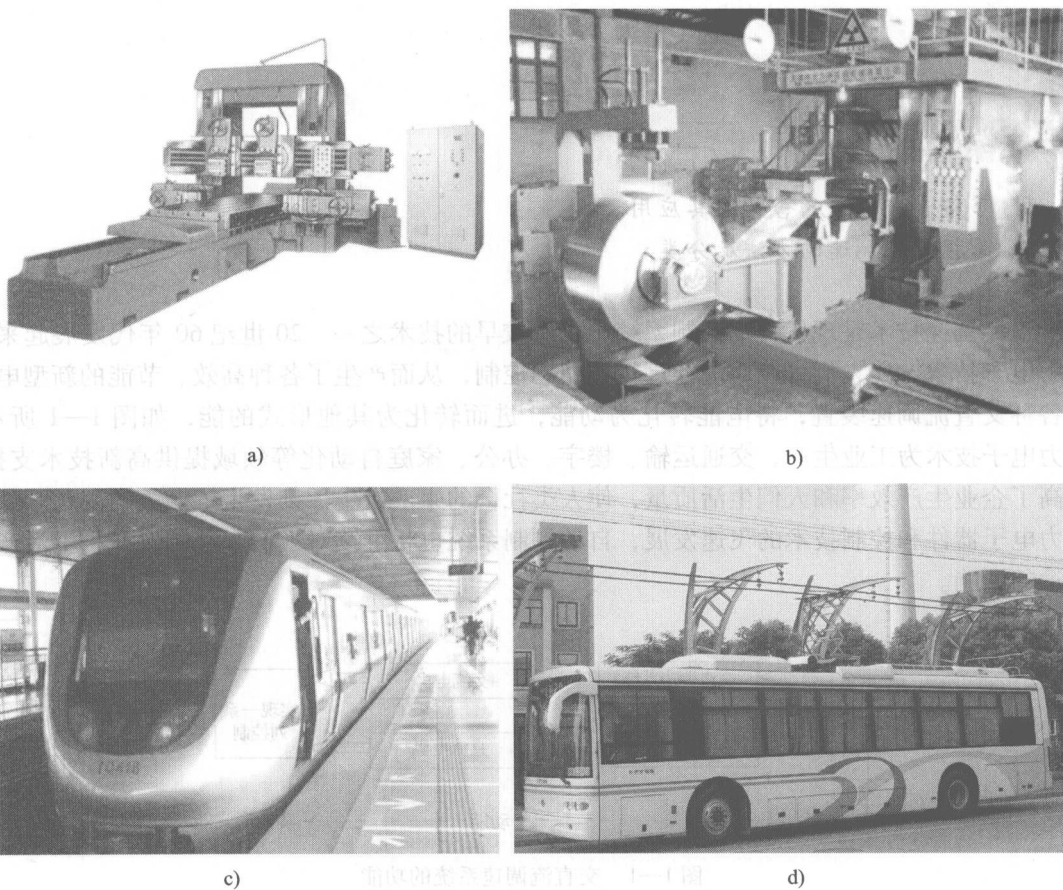


图 1—2 直流调速系统的应用实例

a) 龙门刨床 b) 轧钢机 c) 地铁 d) 电车

近年来，由于高性能、高效的交流调速技术发展很快，尤其是交流电动机与直流电动机相比，具有结构简单、价格便宜、制造方便、容易维护等优势，交流调速系统中的变频调速系统已逐步取代直流调速系统。然而，直流调速系统在理论上和实践上都比较成熟，在大转矩、高精度的场合应用仍十分广泛，而且从控制的角度来看，它是交流调速系统的控制理论基础。因此，应该很好地掌握直流调速系统。

一、直流电动机的调速方式

对直流电动机进行启动、制动、调速的系统，称为直流调速系统。由于直流调速系统驱动的是直流电动机，以下将先简单介绍一下直流电动机的基本结构及其转速公式。

直流电动机根据励磁方式的不同，可分为他励电动机、并励电动机、串励电动机、复励电动机和永磁电动机。以下以他励直流电动机为例，分析直流电动机的工作过程和调速方法。他励直流电动机从工作原理上看，具有两个独立的电路：一个是电枢回路，另一个是励磁回路，其等效电路图如图 1—3 所示。如果在给励磁绕组加直流励磁电压的同时，给电枢绕组通入一定的直流电流，当电动机稳定运行起来时，直流电动机各物理量间的基本关系式如下：

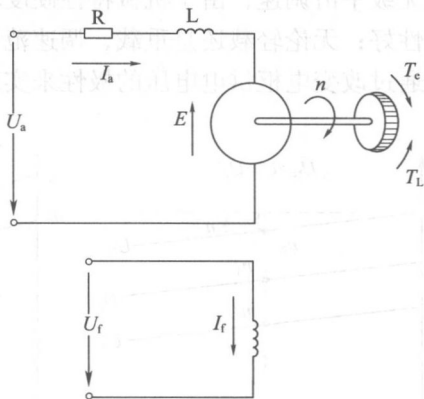


图 1—3 直流电动机电路图

$$\begin{cases} U_a = I_a R + E \Rightarrow \begin{cases} I_a = \frac{U_a - E}{R} \\ E = U_a - I_a R \end{cases} \\ E = K_e \Phi n \Rightarrow n = \frac{E}{K_e \Phi} = \frac{U_a - I_a R}{K_e \Phi} \\ T_e = K_T \Phi I_a \\ T_e = T_L \end{cases} \quad (1-1)$$

式中 n ——直流电动机的转速，r/min；

U_a ——电枢电压，V；

E ——电枢电动势，V；

I_a ——电枢电流，A；

R ——电枢回路总电阻， Ω ；

Φ ——励磁磁通，Wb；

T_e ——电磁转矩，N·m；

T_L ——摩擦和负载阻力矩，N·m；

K_e ——电动势常数；

K_T ——转矩常数。

从式 (1—1) 中可以得出，直流电动机的转速和其他量之间的稳态关系为：

$$n = \frac{U_a - I_a R}{K_e \Phi} \quad (1-2)$$

由式 (1—2) 可以看出，要想改变直流电动机的转速 n ，有以下三种调速方法。

1. 调压调速

调压调速即通过调节电枢供电电压 U_a ，调节电动机的转速 n 。由于电动机的正常工作电压一般不允许超过其额定电压，因此电枢电压只能在额定电压以下进行调节。从图 1—4a 可以看出，电压越低，稳态转速也越低。调压调速的优点是：电源电压能够平稳调节，可以实

现无级平滑调速；由于机械特性硬度较高（曲线斜率较小），负载变化时，速度变化小、稳定性好；无论轻载还是重载，调速范围相同；电能损耗小。如想改变电动机旋转的方向，一般通过改变电枢供电电压的极性来实现。

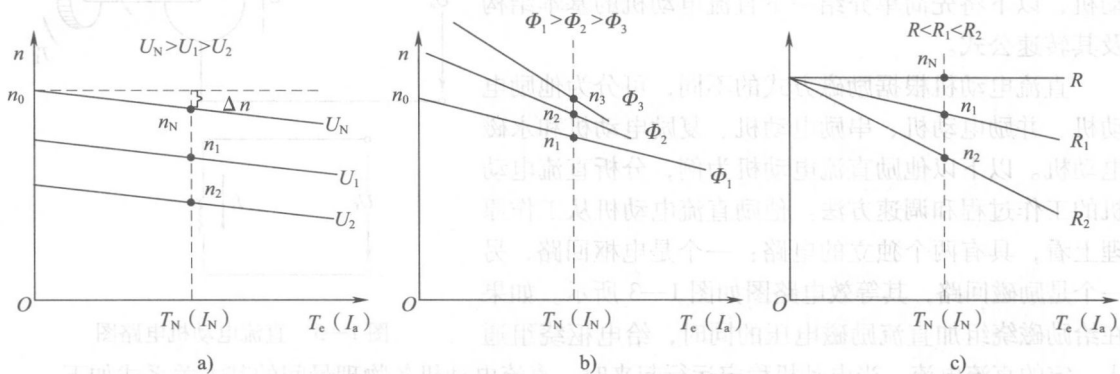


图 1—4 三种调速方式的机械特性曲线

a) 调压调速的机械特性曲线 b) 弱磁升速的机械特性曲线 c) 串电阻调速的机械特性曲线

2. 弱磁升速

弱磁升速即通过减弱励磁磁通 Φ ，提高电动机的转速 n 。弱磁升速的优点是：在电流较小的励磁回路中进行调节，其控制方便、能量损耗小、设备简单，并且调速平滑性好。这种调速方法的缺点是：机械特性会变软，转速受负载波动影响较大；其最高转速受到电动机换向能力和机械强度的限制，调速范围不是很大。

3. 串电阻调速

串电阻调速即通过改变电枢回路电阻 R ，改变电动机的转速 n 。串电阻调速的优点是：设备简单，操作方便。其主要缺点是：切换电阻调速属于有级调速，调速平滑性差；机械特性变软，转速稳定性差；轻载时调速范围小；损耗较大，效率较低，经济性差。

对于要求在一定范围内实现无级平滑调速的系统来说，以调压调速方式为最好。串电阻只能实现有级调速；减弱磁通虽然能够实现平滑调速，但调速范围不大，往往只是配合调压方案，在基速（额定转速）以上做小范围的弱磁升速。若需改变直流电动机的转向，可以通过改变电动机电压的极性或改变励磁电压的极性来实现。由于励磁绕组匝数多、电感大、电磁惯性大。为实现电动机高效、快速地反转，也常采用改变电枢电压极性的方法。因此，自动控制的直流调速系统往往以调压调速为主。



演示实验

直流电动机三种调速方式的实验演示

(1) 实验器材

直流电动机、固定和可调直流电源、两个可变电阻器、测功机及转速表。

(2) 实验步骤

1) 按图 1—5 所示电路图将电路连接好。

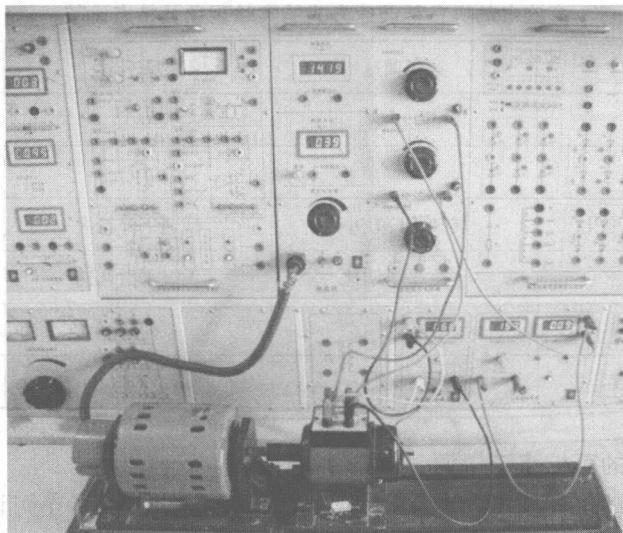
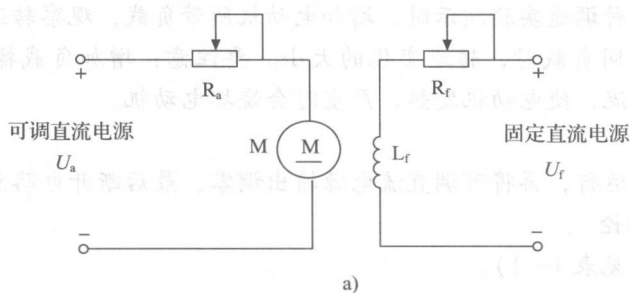


图 1—5 直流电动机三种调速方式演示

a) 直流电动机三种调速方式电路图 b) 演示电路接线

2) 通电前检查

①将电枢回路断开，通电后，用万用表检查直流电动机是否有励磁电压，如有励磁电压，断电后恢复接线。

②使直流电动机空载，将各可变电阻器调零，对可调直流电源输出进行调零。

3) 通电实验

①调压调速实验演示：调节可调直流电源输出电压，改变直流电动机电枢电压，调节电动机的转速，观察转速的变化。操作时要注意：调节可调直流电源输出电压时，不要超过直流电动机的额定电压。

②弱磁升速实验演示：增大励磁回路串联的电阻，减小励磁电流，减弱励磁磁通，提高电动机的转速。操作时要注意：增大励磁回路串联电阻时，阻值不能过大，否则励磁过小，容易出现转速过高的飞车事故。

③串电阻调速实验演示：调节电枢回路的串联电阻，改变电动机的转速，观察转速的变化。

④在进行以上三种调速实验演示时，增加电动机所带负载，观察转速的变化。比较三种调速方式下的增加相同负载时，转速变化的大小。要注意：增加负载操作时，负载不易过大，否则会出现过电流，使电动机发热，严重时烧坏电动机。

4) 断电操作

先使电动机空载运行，再将可调直流电源输出调零，最后断开电路总电源。

(3) 实验演示结论

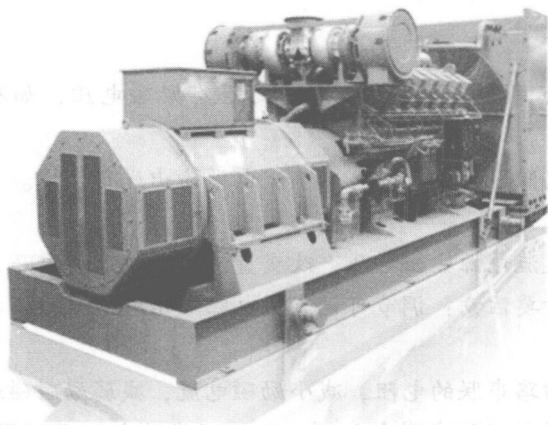
实验演示结论（见表1—1）。

表 1—1 直流电动机三种调速方式的实验现象及特点比较

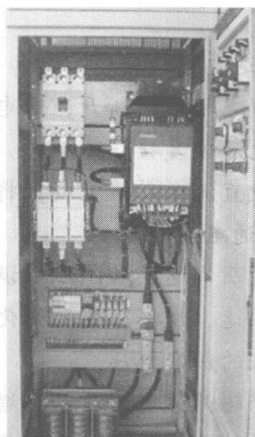
调速方式	调压调速	弱磁升速	串电阻调速
实验操作	$U_a \uparrow$	$R_f \uparrow$	$R_a \uparrow$
实验现象	$n \uparrow$	$n \uparrow$	$n \downarrow$
增加相同负载时转速的变化	转速下降较小	转速下降较大	转速下降较大
调速平滑性	无级平滑调速	无级平滑调速	无级或有级调速
机械特性	较硬	变软	变软
调速范围	调速范围大	调速范围小	轻载调速范围小

二、调压调速用的可控直流电源

要想实现直流电动机的调压调速，就必须给直流电动机提供一个可调的直流电压，这可以通过使用专门的可控直流电源来实现。常用的可控直流电源有旋转变流机组（G—M系统）、静止式可控整流器（V—M系统）、直流斩波器（脉宽调制变换器）三种类型，如图1—6所示。



a)



b)



c)

图 1—6 三种调压调速用的可控直流电源

a) 旋转变流机组 b) 由 V-M 系统构成的直流调速柜 c) 应用直流斩波器的地铁和电动车

1. 旋转变流机组 (G-M 系统)

旋转变流机组是指由交流电动机拖动直流发电机实现变流,由直流发电机给需要调速的直流电动机供电,调节直流发电机的励磁电流并改变其输出电压,从而调节直流电动机的转速。由旋转变流机组供电的直流调速系统在 20 世纪 60 年代以前曾被广泛使用,该系统的主要优点是容易实现电动机的正反转;在停车或改变转向时,可以实现回馈制动。但该系统至少需要两台与调速直流电动机容量相当的发电机组,因此系统的设备多、体积大、费用高、损耗大、效率低,安装需打地基,运行有噪声,维护不方便。现在 G-M 系统基本已被静止变流机组所取代,只在发电机组及旋转式变流机中还有所应用。

2. 静止式可控整流器

为了克服旋转变流机组的缺点,在 20 世纪 60 年代以后,人们开始采用各种静止式的变压或变流装置来替代旋转变流机组。静止式可控整流器的发展分为两个阶段:

第一阶段:采用闸流管或汞弧整流器的离子驱动变流装置。它虽然克服了旋转变流机组的许多缺点,而且还大大缩短了转速调节时的响应时间,但闸流管容量小,汞弧整流器造价较高,不易维护,一旦汞(水银)泄漏,将会污染环境,危害人身健康,因此这种系统并没有被人们广泛应用。

第二阶段:随着晶闸管(SCR)的问世,在 20 世纪 60 年代就已生产出成套的晶闸管整流装置,逐步取代了旋转变流机组和离子驱动变流装置,使直流调速技术发生了根本性的变革。用晶闸管整流装置给直流电动机提供可调的直流电压,从而调节直流电动机的转速,这种调速方式称为晶闸管-电动机调速系统(简称 V-M 系统),图 1—6b 所示为一由 V-M 系统构成的大容量直流调速柜。

V-M 系统和旋转变流机组及离子驱动变流装置相比,晶闸管整流装置不仅在经济性和可靠性上有了很大的提高,而且在技术性能上也有较大的优势。晶闸管整流器的门极触发电流可以直接用较小功率的触发电路控制,比旋转变流机组控制电路的功率小很多。在控制的响应时间上,变流机组的是秒级,而晶闸管整流器的是毫秒级,这样就提高了系统转速调节的快速性,使系统具有更好的动态性能。V-M 系统的主要优点是调速范围宽、工作可靠、

效率高、经济性好。

V-M 系统的主要缺点体现在以下三个方面:

(1) 晶闸管具有单向导电性, 如要实现电动机的正、反转运行, 需要两套晶闸管变流装置, 主电路元器件多、结构较为复杂。

(2) 晶闸管对过电压、过电流和过高的 du/dt 、 di/dt 都十分敏感。需要在装置交、直流侧及器件上增加保护电路, 同时要满足一定的散热条件, 在选择器件时需留有适当的裕量。

(3) 系统工作时, 会产生较大的谐波电流, 引起电网电压波形畸变, 影响附近的用电设备, 形成“电力公害”, 因此还需增加滤波装置。

V-M 系统发展至今技术已经比较成熟, 是工业生产中应用最为广泛的直流调速系统, 也是本书主要介绍的内容。

3. 直流斩波器 (脉宽调制变换器)

在干线铁道电力机车、工矿电力机车、城市有轨和无轨电车、地铁电机车、电动自行车、新能源电动汽车等电力牵引设备上, 常采用恒定直流电源 (蓄电池或不可控整流电源) 供电, 驱动直流串励或复励电动机运行。目前利用现代电力电子器件 (如 GTR、GTO、MOSFET、IGBT 等) 的通断控制, 将固定直流电压变为可调的平均直流电压进行直流电动机的调速。这种采用单管控制的电路, 称为直流斩波器; 若保持周期不变, 用微处理器的数字输出控制开关器件的通断时间, 称为脉宽调制变换器 (PWM)。PWM 直流调速系统具有以下优点:

(1) 主电路线路简单, 需要的功率器件少。

(2) 开关频率高, 电流连续并且谐波少, 使电动机转矩脉动小、发热少。

(3) 低速性能好, 稳速性能高, 调速范围宽。

(4) 转速调节迅速, 动态性能好, 抗干扰能力强。

(5) 器件工作在开关状态, 损耗小, 装置的效率较高。

(6) 与 V-M 系统相比, PWM 系统采用不可控整流电路, 其从电网侧看进去的设备功率因数较高。

基于以上优点, 同时随着微型计算机控制技术的飞速发展, 脉宽调制变换器的性能有了较大的提高, 应用也逐步扩大, 是直流调速系统的一个重要发展方向。

三、晶闸管-电动机调速系统的类别

在以上三种调压调速用的可控直流电源中, 工业上应用最为典型的是晶闸管-电动机调速系统。通过分析晶闸管-电动机调速系统, 可以系统地了解自动控制理论的基本思路和调速系统的各项性能指标。

晶闸管-电动机调速系统从控制方法上可以分为:

1. 开环直流调速系统

开环直流调速系统采用转速开环控制, 转速的控制精度不高, 转速受负载波动、电网电压变化等影响较大, 常应用于生产工艺要求低的场合。如果需要调速的生产机械对转速精度有所要求, 开环直流调速系统往往不能满足要求。

2. 单闭环直流调速系统

单闭环直流调速系统采用转速闭环控制或电压负反馈, 其稳态转速精度较高, 转速受负载波动影响小, 常应用于负载波动较大、转速精度要求较高的场合。

3. 双闭环直流调速系统

双闭环直流调速系统采用转速、电流闭环控制，是直流调速系统中精度最高、动态响应速度最快、应用最为广泛的直流调速系统，其受负载波动、电网电压变化等影响最小。该系统启动时间短，可实现高精度、高动态性能的转速控制，常应用于转速精度高、动态响应好的场合。

三种直流调速系统的性能对比见表 1—2。

表 1—2 三种直流调速系统的性能对比表

类型	开环直流调速系统	单闭环直流调速系统	双闭环直流调速系统
控制方式	转速开环控制	转速闭环控制或电压负反馈控制	转速、电流闭环控制
转速精度	低	较高	最高
动态响应速度	慢	快	最快
应用场合	生产工艺要求较低的场合	负载波动较大、转速精度要求较高的场合	转速精度高、响应速度快的场合

如果根据直流电动机能否实现正反转控制分类，晶闸管—电动机控制系统又可分为：

1. 不可逆直流调速系统。该系统只能实现直流电动机的正转或反转，应用于不要求正反转的场合。

2. 可逆直流调速系统。该系统采用两组晶闸管装置，实现直流电动机的正、反转，能快速启动、制动，实现四象限运行，简称 SCR—D 系统。常应用于动态性能要求高，并且需要快速加减速的可逆运行的场合。如初轧机、起重提升设备、电梯、龙门刨床等。

本书主要介绍开环直流调速系统、单闭环直流调速系统和双闭环直流调速系统，并会简单介绍数字式直流调速器等相关内容。

本章小结

本章主要介绍了直流调速系统的含义及应用，直流电动机的三种调速方式，调压调速用的三种可控直流电源，晶闸管—电动机调速系统的分类等，具体内容有：

1. 直流调速系统具有良好的启、制动性能，容易控制，适于在大范围内平滑调速，在许多需要转速精确控制或快速正反转的电力驱动领域中得到了广泛的应用。

2. 直流电动机有三种调速方式：调压调速、弱磁升速、串电阻调速。其中调压调速为常用调速方式，有时配合使用弱磁升速方式在额定转速以上作小范围的调速。

3. 调压调速用的可控直流电源主要有三种类型：旋转变流机组（G—M 系统），静止式可控整流器（V—M 系统），直流斩波器（脉宽调制变换器）。本书主要介绍静止式可控整流器中的晶闸管—电动机调速系统（简称 V—M 系统）。

4. 晶闸管—电动机控制系统按控制方法不同可分为开环直流调速系统、单闭环直流调速系统、双闭环直流调速系统，按直流电动机能否实现正、反转控制，可分为可逆直流调速系统和不可逆直流调速系统。

5. 通过实验演示方法，掌握三种直流电动机的调速方式以及三种调速方式的特点。

第二章

开环直流调速系统

直流调速系统的控制对象是直流电动机，控制目的是对直流电动机进行启、停操作，并在一定范围内调节直流电动机的转速。开环直流调速系统是相对于闭环直流调速系统而言的，要理解开环直流调速系统，首先应该知道开环控制系统和闭环控制系统的含义。

如图 2—1 所示，人闭眼去拿杯子相当于开环控制系统，睁眼拿杯子相当于闭环控制系统。人闭眼去拿杯子的控制过程，是指通过大脑（控制装置）指挥手（执行元件）去拿杯子（控制对象），最终是否能够达到预期的目标，结果不一定；而人睁眼去拿杯子的控制过程，是通过大脑（控制器）指挥手（执行元件）去执行拿杯子（控制对象）的动作的同时，通过眼睛（检测部件）将手与杯子的距离反馈给大脑并与预期目标进行比较，最终达到预期目标，使手拿到杯子。由此可见，开环和闭环的主要区别就在于闭环比开环多了检测反馈环节，而开环无反馈环节。

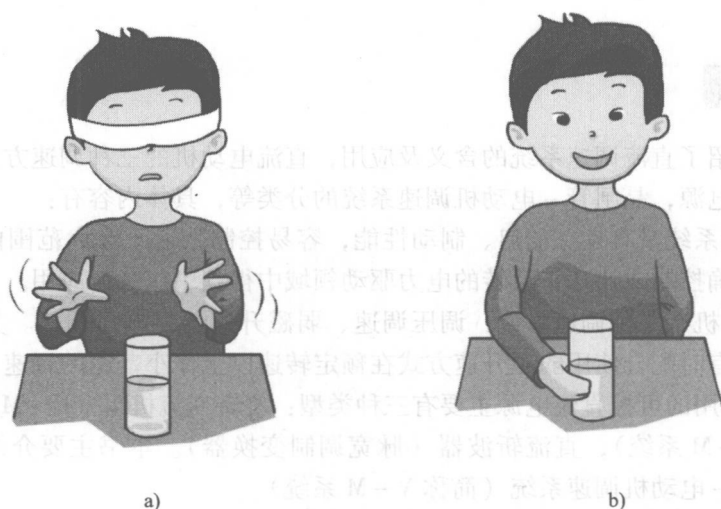


图 2—1 开环和闭环示意图

a) 闭眼去拿杯子（开环） b) 睁眼去拿杯子（闭环）

§ 2—1

开环直流调速系统的结构及原理



学习目标

1. 掌握开环直流调速系统各组成部分的结构及原理。
2. 掌握开环直流调速系统的工作原理及系统的自动调节原理。
3. 了解开环直流调速系统的机械特性。

开环控制系统是指系统的控制输入不受输出影响的系统。在开环控制系统中,不存在由输出端到输入端的反馈通路。因此,开环控制系统又称为无反馈控制系统。开环直流调速系统是开环控制系统的典型应用,是控制直流电动机转速的开环控制系统,其结构简单、容易实现、成本较低,在日常生活中应用比较广泛,如图 2—2 所示的自动洗衣机、民用电梯等采用的都是开环直流调速系统。此外,在某些工艺要求较低的工业生产中,开环直流调速系统也有所应用,如不考虑外界影响的自动生产流水线、精度要求不高的注塑机、经济型数控机床、线切割机床等。

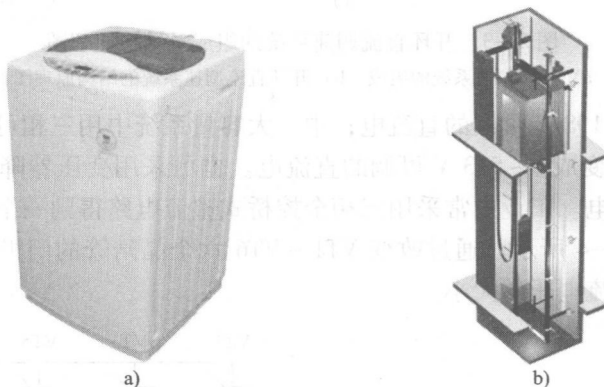


图 2—2 开环直流调速系统的应用

a) 自动洗衣机 b) 民用电梯

一、开环直流调速系统的组成及原理

1. 系统的组成

开环直流调速系统主要由主电路和控制电路两部分组成。主电路由晶闸管可控整流电路、直流电动机等组成;控制电路由给定电位器、晶闸管触发电路、继电器保护电路组成,如图 2—3a 所示。由晶闸管可控整流器向直流电动机供电的开环直流调速系统结构原理图如图 2—3b 所示。

(1) 晶闸管可控整流电路 VT

晶闸管可控整流电路 VT 是由半控型器件晶闸管构成的可控整流电路,它将输入的固定交流电变为大小可控可调的直流电。一般小容量系统中用单相可控整流电路,将单相 220 V、