

高等职业技术一体化系列教材

GAODENG ZHIYE JISHU

YITIHUA

XILIE JIAOCAI

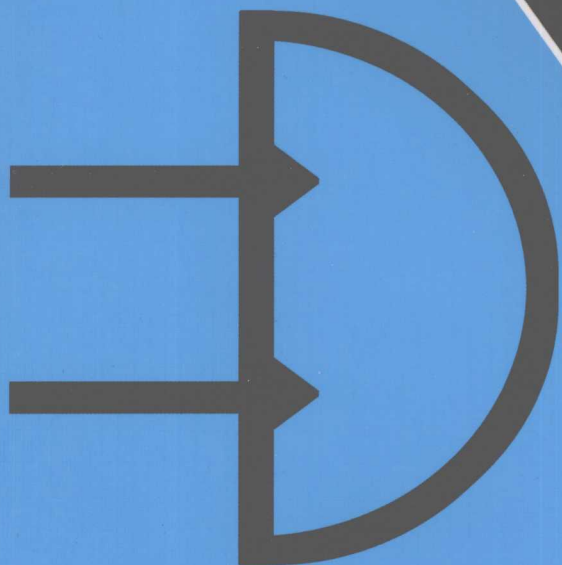
自动化技术

电机 及电力拖动

主编 张瑞龙 姜一东

DIANJI
JI DIANLI TUODONG

上海科学技术出版社



第 2 版

ISBN 7-111-11111-1

定价

元

电机 及电力拖动

第 2 版

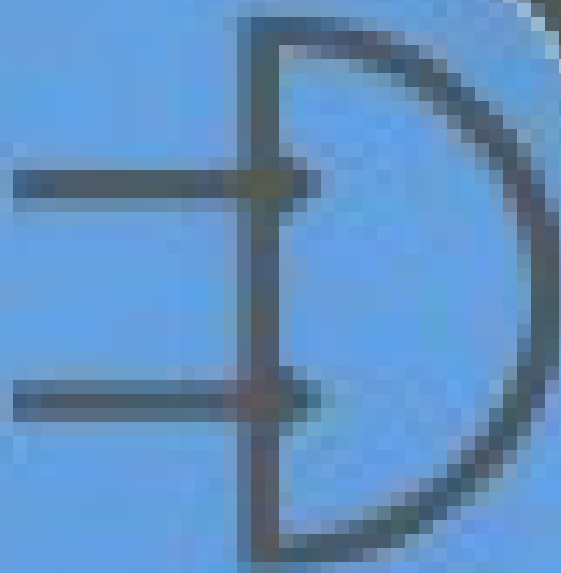
第 2 版

第 2 版

第 2 版

第 2 版

第 2 版



高等职业技术一体化系列教材

电机及电力拖动

主 编 张瑞龙
参 编 姜一东

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电机及电力拖动/张瑞龙,姜一东主编. —上海:上海科学技术出版社,2007.7

(高等职业技术一体化系列教材)

ISBN 978-7-5323-8894-3

I. 电... II. ①张... ②姜... III. ①电机—高等学校:技术学校—教材②电力传动—高等学校:技术学校—教材 IV. TM3 TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 040184 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 5.5

字数: 80 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—2 200

定价: 16.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书系“高等职业技术一体化系列教材”之一。内容涉及 DDSZ-1 型电机及电气技术实验装置、直流他励电动机、直流发电机、直流并励电动机、单相变压器、三相变压器的联结组、三相鼠笼异步电动机的工作特性和三相异步电动机的启动与调速等内容,覆盖了该专业所要求掌握的基本操作技能和相关的理论知识。

本书在内容上,力求做到理论与实际相结合,符合循序渐进的教学要求,从打好基础入手,突出机电类高职院校生产实习教学的特点,技能实训依据由浅入深、由易到难的教学原则,力求培养出基本功好、灵活运用能力强的学生,使他们能得心应手地运用所学知识,为今后的学习和工作打下扎实的基础。

本书以职业能力为核心,以课题为学习单元,整合了所需掌握的基本知识和技能实践,实用性强。适合高职高专机电相关专业作为教材使用,同时也适用于技术工人的继续教育和培训。

《高等职业技术一体化系列教材》编委会

主 任：陈力华

副主任：张方良

委 员(以姓氏笔画为序)：

叶聚丰 许 涛 李春明 张孝三

陈廷雨 顾卫东 徐维权

前 言

近年来,我国高等职业教育得到了蓬勃的发展,“以就业为导向”的教学改革不断深化,以职业能力为依据组织课程内容逐渐取代了以往的实验和认知课程。一套能适应以职业能力为导向的技能培训教材,已成为高等职业技术学院教学改革实践中的渴求。

作者在总结了多年培养生产第一线应用型技术人才经验的基础上,调研了不同经济形式和不同技术应用程度的企业对生产第一线技术人才的要求,咨询了行业高技能人才对岗位规范的要求,聆听了他们对工作任务的描述,研究了国家相关职业资格鉴定标准,借鉴了工作任务分析法和 CBE、MES 及双元制的职业教学模式。在整合上述各方面信息的基础上,编著了这套供高等职业院校使用的模块式一体化教材。教材中各课题(即模块)均遵循人的认知规律和技能养成规律来设计,并将理论知识与动手实践相融合(即一体化),各课题相对独立,一个课题即为一项职业能力。课题顺序由简到繁、由易到难安排,形成岗位或岗位群的以职业能力为核心的技能培训系统。

本套教材适用范围广,可作为高等职业院校机电类相关专业的系列教材,也可作为相应的国家职业培训教材;其中的各课题还可作为中等职业学校或企业职工单项职业能力培训或强化训练之教材。

愿本套教材能解工科类高等职业院校教学和技能培训的燃眉之急,更希望广大高等职业院校的师生为教材质量的进一步提高提出宝贵的意见。

陈力华

2006年11月20日

目 录

课题 1	直流他励电动机	1
课题 2	直流发电机	14
课题 3	直流并励电动机	25
课题 4	单相变压器	32
课题 5	三相变压器的联结组	44
课题 6	三相鼠笼异步电动机的工作特性	56
课题 7	三相异步电动机的启动与调速	70
附录	DDSZ-1 型电机及电气技术实验装置部件	80

课题1 直流他励电动机

【教学目的】

- (1) 学习电动机实验的基本要求与安全操作注意事项。
- (2) 认识在直流电动机实验中所用的电机、仪表、变阻器等组件及使用使用方法。
- (3) 熟悉他励电动机(并励电动机使用他励方式)的接线、启动、改变电动机转向与调速的方法。

【任务分析】

电机及电气技术实验课的目的旨在培养学生掌握基本的实验方法与操作技能。培养学生学会根据实验目的、实验内容及实验设备来拟定实验线路,选择所需仪表,确定实验步骤,测取所需数据,进行分析研究,得出必要结论,从而完成实验报告。

实验操作之前,应首先对实验器材有一个必要的了解和认识,熟悉实验装置及其部件的外形、结构、工作性能和操作过程。实验中所使用的“DDSZ-1型电机及电气技术实验装置”是依据高等院校等电机类课程实验大纲的要求及广大院校对实验设备的需求而精心研制的,它提供的实验内容丰富,能够满足各院校对电机实验的需求。

§1.1 基本知识

一、DDSZ-1型电机及电气技术实验装置交流和直流电源操作说明

“DDSZ-1型电机及电气技术实验装置”如图1-1所示。实验中,开启及关闭电源都在控制屏上操作。

1. 开启三相交流电源的操作步骤

(1) 开启电源前,要检查控制屏下面“直流电机电源”的“电枢电源”开关(右下角)及“励磁电源”开关(左下角)都须在“关”的位置。控制屏左侧端面上安装的调压器旋钮必须在零位,即必须将它向逆时针方向旋转到底。

(2) 检查无误后,开启“电源总开关”,“关”按钮指示灯点亮,表示实验装置的进线接到电源,但还不能输出电压。此时,在电源输出端进行实验电路接线操作是安全的。

(3) 按下“开”按钮,“开”按钮指示灯亮,表示三相交流调压电源输出插孔U、V、W及N上已接电。实验电路所需的不同大小的交流电压都可通过适当旋转调压器旋钮,用导线从这些三相四线制插孔中取得。输出线电压为0~450V(可调),并可由控制屏上方的3只交流电压表指示。当电压表左下方的“指示切换”开关拨向“三相电网电压”时,它指示三相电网进线的线电压;当“指示切换”开关拨向“三相调压电压”时,它指示三相四线制插孔U、V、W和N输出端的线电压。

(4) 实验中如果需要改接线路,必须按下“关”按钮以切断交流电源,保证实验操作安全。实验完毕,还需关断“电源总开关”,并将控制屏左侧端面上安装的调压器旋钮调回到零位。将“直流电机电源”的“电枢电源”开关及“励磁电源”开关拨回到“关”位置。

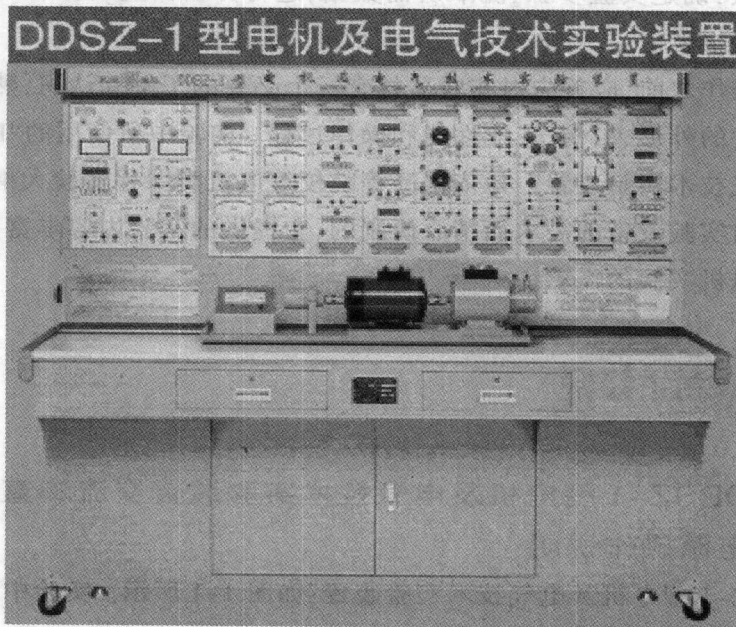


图 1-1 DDSZ-1 型电机及电气技术实验装置

2. 开启直流电机电源的操作步骤

(1) 直流电源是由交流电源变换而来,要开启直流电机电源,必须先要开启交流电源,即开启“电源总开关”并按下“开”按钮。

(2) 在此之后,接通“励磁电源”开关,可获得约 220V、0.5A 不可调的直流电压输出。接通“电枢电源”开关,可获得 40~230V、3A 可调节的直流电压输出。励磁电源电压及电枢电源电压都可由控制屏下方的一只直流电压表指示。当将该电压表下方的“指示切换”开关拨向“电枢电压”时,该表指示电枢电源电压;当将它拨向“励磁电压”时,该表指示励磁电源电压。但在电路上,“励磁电源”与“电枢电源”、“直流电机电源”与“交流三相调压电源”都是经过三相多绕组变压器隔离的,可独立使用。

(3) 电枢电源是采用脉宽调制型开关式稳压电源,输入端接有滤波用的大电容,为了不使过大的充电电流损坏电源电路,采用了限流延时的保护电路。所以本电源在开机时,从电枢电源开合闸到直流电压输出约有 3~4s 的延时,这是正常的。

(4) 电枢电源设有过压和过流指示报警保护电路。当输出电压出现过压时,会自动切断输出,并报警指示。此时若要恢复电压,必须先将“电压调节”旋钮逆时针旋转调低电压到正常值(约 240V 以下),再按“过压复位”按钮,即能输出电压。当负载电流过大(即负载电阻过小)而超过 3A 时,也会自动切断输出并报警指示,此时若要恢复输出,只要调小负载电流(即调大负载电阻)即可。有时候在开机时出现过流报警,说明在开机时负载电流太大,需要降低负载电流,可在电枢电源输出端增大负载电阻甚至暂时拔掉一根导线(空载)开机,待直流输出电压正常后,再插回导线加正常负载(不可短路)工作。若在空载时开机仍发生过流报警,这是由于气温或湿度明显变化,造成光电耦合器 TIL117 漏电,使过流保护起控点改变所致,一般经过空载开机(即开启交流电源后,再开启“电枢电源”开关)预热几十分钟,即可停止报警,恢复正常。所有这些操作到直流电压输出都有 3~4s 的延时。

(5) 在做直流电动机实验时,要注意开机时需要先开“励磁电源”,后开“电枢电源”;在关机时,则要按先关“电枢电源”而后关“励磁电源”的次序进行操作。同时要注意在电枢电路中串联启动电阻,以防止电源过流保护。具体操作要严格遵照实验指导书中有关内容的说明。

二、实验的基本要求

在整个实验过程中,必须集中精力,及时认真做好实验。现按实验过程提出下列基本要求:

1. 实验前的准备

实验前应复习教科书有关章节,认真研读实验指导书,了解实验目的、项目、方法与步骤,明确实验过程中应注意的问题(有些内容可到实验室中对照实验预习,如熟悉组件的编号、使用及其规定值等),并按照实验项目准备记录抄表等。

实验前应写好预习报告,经指导教师检查并确认做好了实验前的准备,方可开始进行实验。

认真做好实验前的准备工作,对于培养同学独立工作能力,提高实验质量和保护实验设备都是很重要的。

2. 实验的进行

(1) 建立小组,合理分工。每次实验都以小组为单位进行,每组由 2~3 人组成,明确每人在实验进行中的接线、调节负载、保持电压或电流、记录数据等工作分工,以保证实验操作协调,记录数据准确可靠。

(2) 选择组件和仪表。实验前先熟悉该次实验所用的组件,记录电机铭牌和选择仪表量程,然后依次排列组件和仪表,便于测取数据。

(3) 按图接线。根据实验线路图及所选组件、仪表按图进行接线,线路力求简单明了,接线原则是先接串联主回路,再接并联支路。为查找线路方便,每路可用相同颜色的导线或插头。

(4) 启动电机,观察仪表。在正式实验开始之前,先熟悉仪表刻度,并记下倍率,然后按一定规范启动电机,观察所有仪表是否正常(如指针正、反向,是否超满量程等)。如果出现异常,应立即切断电源并排除故障;如果一切正常,即可正式开始实验。

(5) 测取数据。预习时,对电机的实验方法及所测数据的大小要心中有数。正式实验时,根据实验步骤逐次测取数据。

(6) 实验要认真负责,有始有终。实验完毕后,需将数据交指导教师审阅。经指导教师认可后,才允许拆线并把实验所用的组件、导线及仪器等物品整理好。

3. 实验报告

实验报告是根据实测数据和在实验中观察、发现的问题,经过自己分析研

究或分析讨论后写出的心得体会。

实验报告要简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论明确。实验报告包括以下内容：

- (1) 实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期、室温(℃)。
- (2) 列出实验中所用组件的名称及编号、电机铭牌数据(P_N 、 U_N 、 I_N 、 n_N)等。
- (3) 列出实验项目并绘出实验时所用的线路图,并注明仪表量程、电阻器阻值、电源端编号等。
- (4) 数据的整理和计算。
- (5) 按记录及计算的数据用坐标纸画出曲线,图纸尺寸不小于 $8\text{cm}\times 8\text{cm}$,曲线要用曲线尺或曲线板连成光滑曲线,不在曲线上的点仍按实际数据标出。
- (6) 根据数据和曲线进行计算和分析,说明实验结果与理论是否符合,可对某些问题提出一些自己的见解并最后写出结论。实验报告应写在一定规格的报告纸上,保持整洁。
- (7) 每次实验每人独立完成一份报告,按时送交指导教师批阅。

三、直流电动机启动时串接启动变阻器的原因

电动机的启动是指电动机接通电源后,由静止状态加速到稳定运行状态的过程。启动瞬间,启动转矩和启动电流分别为:

$$T_{\text{st}} = C_{T\Phi} I_{\text{st}}$$

$$I_{\text{st}} = \frac{U_N}{R_a}$$

启动时由于转速 $n=0$,电枢电动势 $E_a=0$,而且电枢电阻 R_a 很小,所以启动电流将达到很大值。过大的启动电流将引起电网电压下降,影响电网上其他用户的正常用电,使电动机的换向性能变差;同时过大的冲击转矩会损坏电枢绕组和传动机构。所以,一般直流电动机不允许直接启动。

为了限制过大的启动电流,又保证有足够的启动转矩,直流电动机通常采用电枢回路串接电阻或降低电枢电压启动的方法。

四、直流电动机启动时磁场变阻器的调节及失磁后果

直流电动机启动时,励磁回路串接的磁场变阻器 R_f 应调至最小,先接通励磁电源,使励磁电流最大,保证电动机满磁启动;同时必须将电枢串接的启动变阻器 R_1 调至最大,方可接通电枢电源,使电动机正常启动。启动后,将启

动变阻器 R_1 逐步调至零,使电动机正常工作。

运行中,若励磁回路断开,电动机的励磁电流减小到零,其工作磁场 Φ 也大大减小到铁磁材料的剩磁状态。

如果电动机处于满载状态运行,由剩磁产生的电磁转矩不足以克服大负载转矩,电动机会因此而停车,但停车时的电枢电流极大,对电动机本身及工作线路都会造成极大的不良影响。

如果电动机处于轻载、空载状态运行,由于负载较小,在剩磁状态下,根据电动机的转速公式:

$$n = \frac{U_a - I_a R_a}{C_e \Phi_{剩}}$$

则转速将大大升高,所以并励(他励)直流电动机在运行中不允许励磁绕组断开,否则会造成“飞车”现象。

五、直流电动机调速及改变转向的方法

1. 直流电动机调速的方法

调速是指在电动机机械负载不变的情况下,人为地改变电动机的转速。

电力拖动系统的调速可以采用机械调速、电气调速或两者配合调速。通过改变电动机的参数进行调速的方法称为电气调速。

他励直流电动机的转速为:

$$n = \frac{U - I_a (R_a + R_s)}{C_e \Phi}$$

电气调速方法有:调压调速、电枢串电阻调速、调磁调速。

(1) 调压调速:电枢电压 U_a 下调,转速 n 下调。

(2) 电枢串电阻调速:电枢回路串入电阻值 R_s 增加,转速 n 下调。

(3) 调磁调速:励磁回路串入电阻值 R_{f1} 增加,转速 n 上升。

2. 直流电动机改变转向的方法

(1) 励磁反接法:电枢电压极性保持不变,励磁电压极性反接。

(2) 电枢反接法:励磁电压极性保持不变,电枢电压极性反接。

§1.2 技能训练

一、实验操作要求

- (1) 按照实验电气原理图完成线路的接线与安装。
- (2) 按照实验操作步骤要求进行线路的测量与调试,做好实验记录。
- (3) 操作时间:240min。
- (4) 完成实验报告。

二、实验项目

- (1) 了解 DD01 电源控制屏中的电枢电源、励磁电源、校正过的直流电机、变阻器、多量程直流电压表、电流表及直流电动机的使用方法。
- (2) 用伏安法测直流电动机和直流发电机的电枢绕组的冷态电阻。
- (3) 直流他励电动机的启动、调速及改变转向。

三、实验设备及控制屏上挂件排列顺序

1. 实验设备(见表 1-1)

表 1-1 试验设备

序号	型号	名称	数量
1	DD03	导轨、测速发电机及转速表	1 台
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ15	直流并励电动机	1 台
4	D31	直流数字电压、毫安、安培表	2 件
5	D42	三相可调电阻器	1 件
6	D44	可调电阻器、电容器	1 件
7	D51	波形测试及开关板	1 件
8	D41	三相可调电阻器	1 件

2. 控制屏上挂件排列顺序

控制屏上排列顺序为:D31、D42、D41、D51、D31、D44。

四、实验说明及操作步骤

1. 实验说明

由实验指导教师介绍 DDSZ-1 型电机及电气技术实验装置各面板布置及使用方法,讲解电机实验的基本要求、安全操作和注意事项。

2. 用伏安法测电枢的直流电阻

(1) 按图 1-2 接线,电阻 R 用 D44 上 1800Ω 和 180Ω 串联(共 1980Ω 阻值)并调至最大。电流表 A 表选用 D31 直流、毫安、安培表,量程选用 5A 档。开关 S 选用 D51 挂箱。

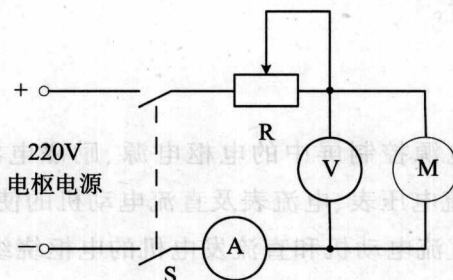


图 1-2 测电枢绕组直流电阻接线图

(2) 经检查无误后接通电枢电源,并调至 220V。调节 R,使电枢电流达到 0.2A(如果电流太大,可能由于剩磁的作用使电机旋转,测量无法进行;如果此时电流太小,可能由于接触电阻产生较大的误差),迅速测取电机电枢两端电压 U 和电流 I 。将电机分别旋转 $1/3$ 和 $2/3$ 周,同样测取 U 、 I 的 3 组数据列于表 1-2 中。

(3) 增大 R,使电流分别达到 0.15A 和 0.1A,用同样方法测取 6 组数据列于表 1-2 中。

记录室温 _____ $^{\circ}\text{C}$

表 1-2 实验数据

序号	$U(\text{V})$	$I(\text{A})$	$R(\text{平均})(\Omega)$	$R_a(\Omega)$	$R_{\text{ref}}(\Omega)$
1			$R_{a11} =$	$R_{a1} =$	
			$R_{a12} =$		
			$R_{a13} =$		
2			$R_{a21} =$	$R_{a2} =$	
			$R_{a22} =$		
			$R_{a23} =$		

(续表)

序号	U(V)	I(A)	R(平均)(Ω)	R _a (Ω)	R _{aref} (Ω)
3			R _{a31} =	R _{a3} =	
			R _{a32} =		
			R _{a33} =		

表中：

$$R_{a1} = \frac{1}{3} (R_{a11} + R_{a12} + R_{a13})$$

$$R_{a2} = \frac{1}{3} (R_{a21} + R_{a22} + R_{a23})$$

$$R_{a3} = \frac{1}{3} (R_{a31} + R_{a32} + R_{a33})$$

取 3 次测量的平均值作为实际冷态电阻值：

$$R_a = \frac{1}{3} (R_{a1} + R_{a2} + R_{a3})$$

(4) 计算基准工作温度时的电枢电阻：由实验直接测得电枢绕组电阻值，此值为实际冷态电阻值。冷态温度为室温。按下式换算到基准工作温度时的电枢绕组电阻值：

$$R_{aref} = R_a \frac{235 + \theta_{ref}}{235 + \theta_a}$$

式中：R_{aref}——换算到基准工作温度时电枢绕组电阻(Ω)；

R_a——电枢绕组的实际冷态电阻(Ω)；

θ_{ref}——基准工作温度(℃)，对于 E 级绝缘为 75℃；

θ_a——实际冷态时电枢绕组的温度(℃)。

3. 直流仪表、转速表和变阻器的选择

直流仪表、转速表量程是根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择的，变阻器应根据实验要求来选用，并按电流的大小选择串联、并联或串并联的接法。

(1) 电压量程的选择：如测量电动机两端为 220V 的直流电压，则选用直流电压表为 1000V 量程档。

(2) 电流量程的选择：因为直流并励电动机的额定电流为 1.2A，测量电枢电流的电流表 A₃ 可选用直流电流表的 5A 量程档；额定励磁电流小于 0.16A，电流表 A₁ 选用 200mA 量程档。