

智能化网络化电工电子实验系列教材

# 电机拖动与电气技术 实验指导书

DIAN JI TUO DONG YU DIAN QI JI SHU SHI YAN ZHI DAO SHU

主 编 苑尚尊 贺春玲 主 审 张跃宏



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

21 世纪智能化网络化电工电子实验系列教材

# 电机拖动与电气技术实验指导书

主 编 苑尚尊 贺春玲

主 审 张跃宏



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本实验指导书根据“电机拖动与电气技术”课程教学的基本要求,基于智能电机拖动实验平台的基础上而编写的。实验数据和实验波形全部通过数字仪器仪表进行采集,保证学生实验数据的真实性,实验报告全部在网上提交,能满足工科院校电类专业学生对“电机拖动与电气技术”课程实验的要求,最近又增加了部分综合性和设计性实验项目。

本实验指导书共有 16 个实验,包括直流发电机、直流并励电动机、单相变压器、三相变压器的联结组别和不对称短路、三相笼型异步电动机的工作特性、三相异步电动机的启动与调速、单相电容启动异步电动机、三相同步电动机、直流电动机机械特性的研究、三相异步电动机的机械特性、三相异步电动机点动和自锁控制线路、三相异步电动机的正反转控制线路和常用的控制线路等内容,为培养学生独立实验的能力,书中有些实验内容写得比较简略,留有部分内容让学生自己完成。

本实验指导书既可作为高等院校电类专业电机及拖动、机床电气等课程的配套实验指导书,也可供工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电机拖动与电气技术实验指导书 / 苑尚尊, 贺春玲主  
编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(21 世纪智能化网络化电工电子实验系列教材)

ISBN 978-7-5084-5667-6

I. 电… II. ①苑…②贺… III. ①电机—电力传动—实  
验—高等学校—教学参考资料②电气设备—实验—高等  
学校—教学参考资料 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 145420 号

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名   | 21 世纪智能化网络化电工电子实验系列教材<br>电机拖动与电气技术实验指导书                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 作 者   | 主 编 苑尚尊 贺春玲<br>主 审 张跃宏                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 出版 发行 | 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水)<br><a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)、82562819 (万水) |
| 经 售   | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 排 版   | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 印 刷   | 北京蓝空印刷厂                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 规 格   | 184mm×260mm 16 开本 6 印张 144 千字                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 版 次   | 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 印 数   | 0001—2000 册                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 定 价   | 12.00 元                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

## 序

电工电子实验是配合电工电子技术课程教学的一个非常重要的教学环节，通过实验能够巩固学生的电工电子技术基础理论知识，培养学生的实践技能、分析问题、解决问题的能力，启发学生的创新意识。

随着网络和信息技术的发展，作为工科专业所十分注重的实验教育也必须跟上时代的脚步，实验教学改革也成为了学校教学改革的一个热点。在实验教学改革中，提倡开放式实验教学，将研究学习和信息技术整合起来，因此基础实验的网络化显得尤为重要和迫切。然而，与之相关并具有针对性、反映当前科技发展的教材却较少。

由多所院校共同研讨，根据网络化、信息化实验设备的实际情况，结合天科公司实验设备的特点，组织编写了一套适合于网络化、信息化实验设备的系列教材——“21 世纪智能化网络化电工电子实验系列教材”，共计 5 本，分别是《电路原理实验指导书》、《数字电子技术实验指导书》、《模拟电子技术实验指导书》、《电机拖动与电气技术实验指导书》、《电工与电子技术实验指导书》。

本套丛书跟踪电工电子实验成熟的新技术、新原理，特别是计算机技术在电工电子实验中的应用，结合天科公司研制开发的“局域网联网型”多媒体实验教学管理软件，重点论述了关于电工电子（网络型）实验系统的总体结构及基本功能，是一套能满足新的实验教学要求和课程设置需要的教材。

本套丛书有以下特点：

- （1）紧密配合课程内容与课程体系改革和实验教学改革的要求。
- （2）内容详细完整，专业性、针对性强，软件系统能与大多数高等学校实验中心的实验设备配套。
- （3）引进“局域网联网型”多媒体实验教学管理软件系统，与实际工程实验有机结合，提供强大的实验管理功能和人性化操作界面。

本套丛书内容新颖、概念清晰、实用性强、通俗易懂。通过本丛书可以让广大读者很好地了解未来实验的新手段，非常感谢重庆科技学院苑尚尊和刘永刚老师对我公司的大力支持与帮助，为新的实验技术推广提供了较完整的技术资料。

杭州天科教仪设备有限公司

董事长：金仕斌

2008 年 5 月

本实验指导书是根据教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》文件精神和《高等学校国家级实验教学示范中心建设标准》，并考虑到精品课建设要求编写的一套适应 21 世纪教学改革要求的实验教材。

电机拖动与电气技术实验是配合相关理论课程教学的一个非常重要的环节，通过实验能够巩固电机拖动与电气技术基础理论知识，培养学生的实践技能、动手能力和分析问题及解决问题的能力，启发学生的创新意识并挖掘创新思维潜力。

本实验教材作为本科学校电类工科专业电机拖动与电气技术课程的实验教材，是按照模块化、网络化这一新的教学理念和教学体系而编写的，具有以下特点：

(1) 引进新技术，教学灵活多样。紧密配合课程体系改革和实验教学改革的需要，引入计算机虚拟实验和网络化管理技术，将计算机虚拟实验与传统的实际工程实验有机地结合，提供学生先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间。

(2) 内容充实，实验项目层次化。本实验教材针对课程特点，根据教学大纲要求，对每个实验的实验目的、实验原理、实验内容及步骤、设计方法、注意事项等部分进行了详细阐述，有些实验单元安排了必做、选做和提高（书中用 \* 号表示）等不同层次的实验项目，以适应不同专业学生的实验要求。

(3) 通用性强。能与学校的电工电子实验中心的实验设备配套使用，满足教学大纲要求，适应性强。

本实验指导书由重庆科技学院电子信息工程学院电工电子实验教学中心统一组织编写。

全书由苑尚尊负责统稿修改，由张跃宏副教授主审，并提出宝贵意见和建议。参加本书编写的老师有贺春玲（实验一至实验七）、程岷沙（实验八至实验十）、苑尚尊（实验十一至实验十四）、宋乐鹏（实验十五和实验十六）。同时也得到了电工电子实验教学中心其他实验老师的大力支持和帮助，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在许多不足，敬请读者提出批评和改进意见。

编 者

2008 年 4 月

# 目 录

序

前言

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 电机拖动与电气技术实验的基本要求和安全操作规程····· | 1  |
| 实验一 直流电机认识实验·····            | 3  |
| 实验二 直流发电机·····               | 8  |
| 实验三 直流并励电动机 ·····            | 14 |
| 实验四 单相变压器 ·····              | 19 |
| 实验五 三相变压器的联结组别和不对称短路 ·····   | 26 |
| 实验六 三相笼型异步电动机的工作特性 ·····     | 38 |
| 实验七 三相异步电动机的启动与调速 ·····      | 47 |
| 实验八 单相电容启动异步电动机 ·····        | 52 |
| 实验九 三相同步电动机 ·····            | 56 |
| 实验十 直流电动机机械特性的研究 ·····       | 61 |
| 实验十一 三相异步电动机的机械特性 ·····      | 66 |
| 实验十二 三相异步电动机点动和自锁控制线路 ·····  | 71 |
| 实验十三 三相异步电动机的正反转控制线路 ·····   | 75 |
| 实验十四 两台异步电动机的顺序控制 ·····      | 79 |
| 实验十五 三相异步电动机的降压启动控制线路 ·····  | 82 |
| 实验十六 三相线绕式异步电动机的启动控制线路 ····· | 85 |
| 参考文献 ·····                   | 88 |

# 电机拖动与电气技术实验的基本要求和安全操作规程

## 一、实验的基本要求

电机拖动与电气技术实验课的目的是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。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,经指导教师检查认为确实做好了实验前的准备,方可开始做实验。

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

### 2. 实验步骤

(1) 建立小组,合理分工。每次实验都以小组为单位进行,每组由两人组成,实验进行中的接线、调节负载、保持电压或电流、记录数据等工作每人应有明确的分工,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,按图接线,使线路力求简单明了,按接线原则先接串联主回路,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,先熟悉仪表设备,正确选择电机的启动电阻和负载电阻,然后按一定规范启动电机,观察所有仪表是否正常。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。预习时对电机的铭牌数据和试验方法及所测数据的大小做到心中有数。正式实验时,根据实验步骤逐次测取数据。

(6) 认真负责,实验有始有终。实验完毕,须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和发现的问题,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 ( $^{\circ}\text{C}$ )。
- (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、电阻器阻值及电源端编号等。
- (4) 数据的实时采集、记录和计算。
- (5) 在计算机上按记录及计算的数据在曲线表上画出曲线。
- (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填写到实验报告上。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。

## 二、实验安全操作规程

为了按时完成电机及电气技术实验，确保实验时人身安全与设备安全，要严格遵守以下规定的安全操作规程：

- (1) 实验时，接线和拆线都必须在切断电源的情况下进行。
- (2) 实验中如发生异常情况和故障，应立即切断电源，经查清问题和妥善处理故障后，才能继续进行实验。
- (3) 电机实验线路接好后应先检查功率表和电流表的量程是否符合要求，有无短路回路存在，以免损坏仪表或电源。
- (4) 连接线路时要注意将导线完全插入插孔内，避免因接触不良造成电路不通或引起发热而影响实验的进行。
- (5) 做电机实验时，长发女生要注意将头发用发夹卡好，小心头发被卷入电机转轴而引起人身事故。
- (6) 爱护国家财产和实验设备，任何人不得随意在实验台和实验装置上乱填写、作记号。
- (7) 实验室须保持安静和清洁，不得大声喧哗、抽烟、随地吐痰、乱扔纸屑。

## 实验一 直流电机认识实验

### 一、实验目的

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

### 二、预习要点

- (1) 如何正确选择使用仪器仪表，特别是电压表、电流表的量程。
- (2) 直流电动机启动时，为什么在电枢回路中需要串接启动变阻器？不串接会产生什么严重后果？
- (3) 直流电动机启动时，励磁回路串接的磁场变阻器应调至什么位置？为什么？若励磁回路断开造成失磁时，会产生什么严重后果？
- (4) 直流电动机调速及改变转向的方法。

### 三、实验项目

- (1) 了解 TKDQ-2 型电机及电气技术实验装置各部分功能，了解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。

### 四、实验设备及控制屏上挂件排列顺序

#### 1. 实验设备

实验设备如表 1-1 所示。

表 1-1 实验设备

| 序号 | 型号   | 名称           | 数量  |
|----|------|--------------|-----|
| 1  | DQ03 | 导轨、测速发电机及转速表 | 1 台 |
| 2  | DQ19 | 校正直流测功机      | 1 台 |
| 3  | DQ09 | 直流并励电动机      | 1 台 |

续表

| 序号 | 型号          | 名称              | 数量  |
|----|-------------|-----------------|-----|
| 4  | DQ22A、DQ22B | 直流数字电压表、毫安表、安培表 | 2 件 |
| 5  | DQ27        | 三相可调电阻器         | 1 件 |
| 6  | DQ29        | 可调电阻器           | 1 件 |
| 7  | DQ31        | 波形测试及开关板        | 1 件 |
| 8  | DQ26        | 三相可调电阻器         | 1 件 |

## 2. 控制屏上挂件排列顺序

其排列顺序为 DQ22A、DQ27、DQ26、DQ31、DQ22B、DQ29。

## 五、实验方法

### 1. 实验前的准备工作

由实验指导人员介绍 TKDQ-2 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、安全操作规程和注意事项。

### 2. 用伏安法测电枢的直流电阻

(1) 按图 1-1 所示接线，电阻  $R$  用 DQ29 上  $3750\Omega$  和  $185\Omega$  相串联（将  $3750\Omega$  电阻手柄置于中间位置， $185\Omega$  调至最大值。电流表选用 DQ22 直流毫安表，量程选用  $2000\text{mA}$  挡（电压表可选用万用表测量）。开关  $S$  选用 DQ31 挂箱。

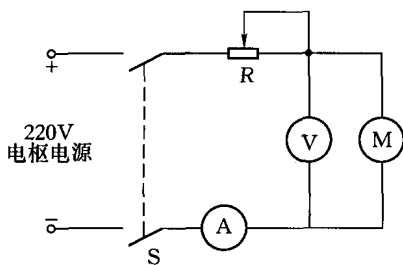


图 1-1 测电枢绕组直流电阻接线图

(2) 经检查无误后接通电枢电源，并调至  $220\text{V}$ 。调节  $R$  使电枢电流达到  $0.2\text{A}$ （如果电流太大，可能由于剩磁的作用使电机旋转，导致测量无法进行；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  $U$ 、 $I$  三组数据列于表 1-2 中（为减少测量误差，测取电枢电压要用  $20\text{V}$  小量程电压挡，可用万用表测量）。

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

取 3 次测量的平均值作为实际冷态电阻值

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

$$R_{a1} = \frac{1}{3}(R_{a11} + R_{a12} + R_{a13}) \quad R_{a2} = \frac{1}{3}(R_{a21} + R_{a22} + R_{a23})$$

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

表 1-2 数据记录表

室温\_\_\_\_\_℃

| 序号 | $U$ (V) | $I$ (A) | $R$ (平均) ( $\Omega$ ) |            | $R_a$ ( $\Omega$ ) | $R_{\text{ref}}$ ( $\Omega$ ) |
|----|---------|---------|-----------------------|------------|--------------------|-------------------------------|
| 1  |         |         | $R_{a11} =$           | $R_{a1} =$ |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a12} =$           |            |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a13} =$           |            |                    |                               |
| 2  |         |         | $R_{a21} =$           | $R_{a2} =$ |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a22} =$           |            |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a23} =$           |            |                    |                               |
| 3  |         |         | $R_{a31} =$           | $R_{a3} =$ |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a32} =$           |            |                    |                               |
|    |         |         | $R_{a33} =$           |            |                    |                               |

(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:

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

式中,  $R_{ref}$ ——换算到基准工作温度时电枢绕组电阻 ( $\Omega$ );

$R_a$ ——电枢绕组的实际冷态电阻 ( $\Omega$ );

$\theta_{ref}$ ——基准工作温度, 对于 E 级绝缘为 75℃;

$\theta_a$ ——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、转速表是根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择, 变阻器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, 选用直流电压表为 300V 量程挡。

(2) 电流量程的选择。因为直流并励电动机的额定电流为 1.25A, 测量电枢电流的电表  $PA_3$  可选用直流电流表的 5A 量程挡; 额定励磁电流小于 0.16A, 电流表  $PA_1$  选用 200mA 量程挡。

(3) 电机额定转速为 1500r/min, 转速表选择为正向偏转。

(4) 变阻器的选择。变阻器选用的原则是根据实验中所需的阻值和流过变阻器最大的电流来确定, 电枢回路  $R_1$  可选用 DQ26 挂件的 1.3A 的 90 $\Omega$  与 90 $\Omega$  串联电阻, 磁场回路  $R_f$  可选用 DQ27 挂件的 0.41A 的 900 $\Omega$  与 900 $\Omega$  串联电阻。

**注意:** 本实验若需选择测取直流电动机输出转矩  $T_2$ , 应在测功机 MG 电枢回路中串入 DQ34 挂件, 连接时应将测试箱上的电枢电流  $I_a$  的两根出线端红色插头接入图 1-2 中  $PA_4$

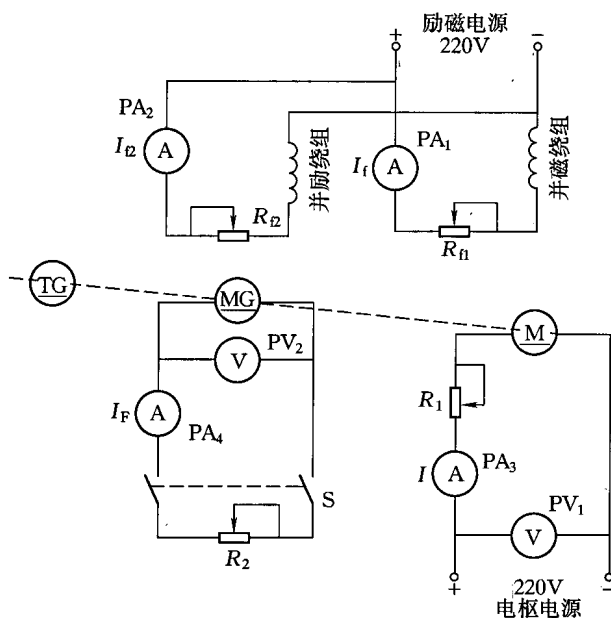


图 1-2 直流他励电动机接线

表出线端，黑色插头接开关板 S 端。

#### 4. 直流他励电动机的启动准备

按图 1-2 所示接线。图中直流他励电动机 M 用 DQ09 的直流并励电动机（按他励方式接线），其额定功率  $P_N = 185\text{W}$ ，额定电压  $U_N = 220\text{V}$ ，额定电流  $I_N = 1.25\text{A}$ ，额定转速  $n_N = 1500\text{r/min}$ ，额定励磁电流  $I_{fN} < 0.16\text{A}$ 。校正直流测功机 MG 作为测功机使用，TG 为数显转速表。直流电流表选用 DQ22A、DQ22B 两只挂件。 $R_n$  用 DQ29 的  $3750\Omega$  阻值作为直流他励电动机励磁回路串接的电阻。 $R_2$  选用 DQ27 的  $1800\Omega$  阻值的变阻器作为 MG 励磁回路串接的电阻。 $R_1$  选用 DQ29 的  $185\Omega$  阻值作为直流他励电动机的启动电阻， $R_2$  选

用 DQ26 的  $90\Omega$  电阻 6 只串联和 DQ27 的  $900\Omega$  与  $900\Omega$  并联电阻相串联作为 MG 的负载电阻。接好线后，检查 M、MG 及 TG 之间是否用联轴器直接连接好。

#### 5. 他励直流电动机启动步骤

(1) 检查按图 1-2 所示的接线是否正确，电表的极性、量程选择是否正确，电动机励磁回路接线是否牢靠。然后，将电动机电枢串联启动电阻  $R_1$ 、测功机 MG 的负载电阻  $R_2$  及 MG 的磁场回路电阻  $R_2$  调到阻值最大位置，M 的磁场调节电阻  $R_n$  调到最小位置，断开开关 S，并断开控制屏下方右边的电枢电源开关，做好启动准备。

(2) 开启控制屏上的电源总开关，按下其上方的“开”按钮，接通其下方左边的励磁电源开关，观察电动机 M 及测功机 MG 的励磁电流值，调节  $R_n$  使  $I_{f2}$  等于校正值 ( $100\text{mA}$ ) 并保持不变，再接通控制屏右下方的电枢电源开关，使 M 启动。

(3) M 启动后观察转速表的显示符号，应为正向偏转（若转速表显示为“-”号，应断电枢电源和励磁电源，通过对调电动机的励磁绕组的两端头接线来纠正），同时调节控制屏上电枢电源“电压调节”旋钮，使电动机端电压为  $220\text{V}$ 。逐步减小启动电阻  $R_1$  阻值，直至短接。

(4) 合上校正直流测功机 MG 的负载开关 S，调节  $R_2$  阻值，使 MG 的负载电流  $I_F$  改变，即直流电动机 M 的输出转矩  $T_2$  改变（可从智能转矩、转速、功率测试箱上直接测出电动机 M 不同的输出转矩  $T_2$  值）。

(5) 调节他励电动机的转速，分别改变串入电动机 M 电枢回路的调节电阻  $R_1$  和励磁回路的调节电阻  $R_n$ ，在保持负载转矩不变的情况下观察转速变化情况。

(6) 改变电动机的转向，将电枢串联启动变阻器  $R_1$  的阻值调回到最大值，先切断控

制屏上的电枢电源开关，然后切断控制屏上的励磁电源开关，使他励电动机停机。在断电情况下，将电枢绕组（或励磁绕组）的两端接线对调后，再按他励电动机的启动步骤启动电动机，并观察电动机的转向及转速表显示符号的变化。

## 六、注意事项

(1) 直流他励电动机启动时，须将励磁回路串联的电阻  $R_n$  调至最小，先接通励磁电源，使励磁电流最大，同时必须将电枢串联启动电阻  $R_1$  调至最大，然后方可接通电枢电源，使电动机正常启动。启动后，将启动电阻  $R_1$  调至零，使电机正常工作。

(2) 直流他励电动机停机时，必须先切断电枢电源，然后断开励磁电源。同时必须将电枢串联的启动电阻  $R_1$  调回到最大值，励磁回路串联的电阻  $R_n$  调回到最小值，为下次启动做好准备。

(3) 测量前注意仪表的量程、极性及其接法，是否符合要求。

(4) 若要测量电动机的转矩  $T_2$ ，必须将校正直流测功机 MG 的励磁电流调整到校正值 100mA，然后可从智能转矩、转速、功率测试箱上直接测出电动机 M 的输出转矩。

(5) 实验中若使用 DQ34 智能转矩、转速、功率测试箱，要注意必须将测试箱上的红色插头串接在测功机电枢回路中电流表的出线端，黑色插头接 DQ34 开关板的 S 端。

(6) 实验中若须改接线路，必须先切断励磁电源后才能进行改接；否则易损坏仪表。

## 七、实验报告

(1) 画出直流他励电动机电枢串电阻启动的接线图。说明电动机启动时，启动电阻  $R_1$  和磁场调节电阻  $R_n$  应调到什么位置？为什么？

(2) 在电动机轻载及额定负载时，增大电枢回路的调节电阻，电机的转速如何变化？增大励磁回路的调节电阻，转速又如何变化？

(3) 用什么方法可以改变直流电动机的转向？

(4) 为什么要求直流他励电动机磁场回路的接线要牢靠？为什么启动时电枢回路必须串联启动变阻器？

## 实验二 直流发电机

### 一、实验目的

- (1) 掌握用实验方法测定直流发电机的各种运行特性,并根据所测得的运行特性评定该被测试电机的有关性能。
- (2) 通过实验观察并励发电机的自励过程和自励条件。

### 二、预习要点

- (1) 什么是发电机的运行特性?在求取直流发电机的特性曲线时,哪些物理量应保持不变?哪些物理量应测取?
- (2) 做空载特性实验时,励磁电流为什么必须保持单方向调节?
- (3) 并励发电机的自励条件有哪些?当发电机不能自励时应如何处理?
- (4) 如何确定复励发电机是积复励还是差复励?

### 三、实验项目

#### 1. 他励发电机实验

- (1) 测空载特性。保持  $n = n_N$ , 使  $I_L = 0$ , 测取  $U_0 = f(I_f)$ 。
- (2) 测外特性。保持  $n = n_N$ , 使  $I_f = I_{fN}$ , 测取  $U = f(I_L)$ 。
- (3) 测调节特性。保持  $n = n_N$ , 使  $U = U_N$ , 测取  $I_f = f(I_L)$ 。

#### 2. 并励发电机实验

- (1) 观察自励过程。
- (2) 测外特性。保持  $n = n_N$ , 使  $R_{f2} = \text{常数}$ , 测取  $U = f(I_L)$ 。

#### 3. 复励发电机实验

积复励发电机外特性。保持  $n = n_N$ , 使  $R_{f2} = \text{常数}$ , 测取  $U = f(I_L)$ 。

### 四、实验设备及挂件排列顺序

#### 1. 实验设备

实验设备如表 2-1 所示。

#### 2. 屏上挂件排列顺序

其排列顺序为 DQ22A、DQ29、DQ22B、DQ27、DQ31。

### 五、实验方法

#### 1. 他励直流发电机

按图 2-1 所示接线。图中直流发电机 G 选用 DQ07, 其额定值  $P_N = 110\text{W}$ ,  $U_N = 200\text{V}$ ,

表 2-1 实验设备

| 序号 | 型号          | 名称            | 数量  |
|----|-------------|---------------|-----|
| 1  | DQ03        | 导轨、测速发电机及转速表  | 1 件 |
| 2  | DQ19        | 校正直流测功机       | 1 件 |
| 3  | DQ07        | 直流复励发电机       | 1 件 |
| 4  | DQ22A、DQ22B | 直流电压表、毫安表、安培表 | 2 件 |
| 5  | DQ29        | 可调电阻器         | 1 件 |
| 6  | DQ31        | 波形测试及开关板      | 1 件 |
| 7  | DQ27        | 三相可调电阻器       | 1 件 |

$I_N = 0.55\text{A}$ ,  $n_N = 1500\text{r/min}$ 。校正直流测功机 MG 作为 G 的原动机 (按他励电动机接线)。MG、G 及 TG 由联轴器直接连接。开关 S 选用 DQ31 组件。 $R_n$  选用 DQ29 的  $3750\Omega$  变阻器,  $R_z$  选用 DQ27 的  $900\Omega$  变阻器, 并采用分压器接法。 $R_1$  选用 DQ29 的  $185\Omega$  变阻器。 $R_2$  为发电机的负载电阻选用 DQ27, 采用串并连接法 ( $900\Omega$  与  $900\Omega$  电阻串联加上  $900\Omega$  与  $900\Omega$  并联), 阻值为  $2250\Omega$ 。当负载电流大于  $0.4\text{A}$  时用并联部分, 而将串联部分阻值调到最小并用导线短接。直流电流表、电压表选用 DQ22A 和 DQ22B, 并选择合适的量程。

#### (1) 测空载特性。

- 1) 把发电机 G 的负载开关 S 断开, 接通控制屏上的励磁电源开关, 将  $R_z$  调至使 G 励磁电压为最小的位置。
- 2) 使 MG 电枢串联启动电阻  $R_1$  阻值达到最大,  $R_n$  阻值最小。仍先接通控制屏下方左边的励磁电源开关, 在观察到 MG 的励磁电流为最大的条件下, 再接通控制屏下方右边的电枢电源开关, 合上开关 S 启动直流电动机 MG, 其旋转方向应符合正向旋转的要求。
- 3) 电动机 MG 启动正常运转后, 将 MG 电枢串联电阻  $R_1$  调至最小值, 将 MG 的电枢电源电压调为  $220\text{V}$ , 调节电动机磁场调节电阻  $R_n$ , 使发电机转速达额定值, 并在以后整个实验过程中始终保持此额定转速不变。
- 4) 调节发电机励磁分压电阻  $R_z$ , 使发电机空载电压达  $U_0 = 1.2U_N$  为止。
- 5) 在保持  $n = n_N = 1500\text{r/min}$  条件下, 从  $U_0 = 1.2U_N$  开始, 单方向调节分压器电阻

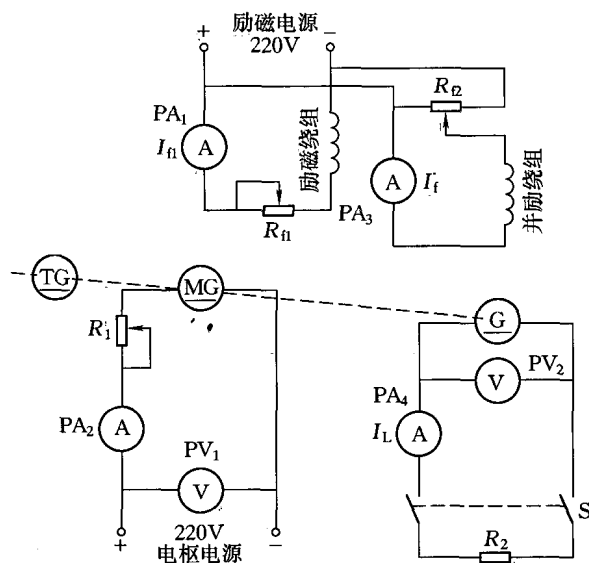


图 2-1 直流他励发电机接线

$R_2$ 使发电机励磁电流逐次减小,每次测取发电机的空载电压  $U_0$  和励磁电流  $I_f$ ,直至  $I_f=0$  (此时测得的电压即为电机的剩磁电压)。

6) 测取数据时  $U_0 = U_N$  和  $I_f = 0$  两点必测,并在  $U_0 = U_N$ 附近测点应较密。

7) 共测取 7、8 组数据,记入表 2-2 中。

表 2-2 数据记录表

 $n = n_N = 1500 \text{ r/min}, I_L = 0$ 

|            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $U_0$ (V)  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I_f$ (mA) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

(2) 测外特性。

1) 把发电机负载电阻  $R_2$  调到最大值,合上负载开关 S。

2) 同时调节电动机的磁场调节电阻  $R_{f1}$ 、发电机的分压电阻  $R_{22}$  和负载电阻  $R_2$ ,使发电机的负载电流  $I_L = I_N$ ,  $U = U_N$ ,  $n = n_N$ ,该点为发电机的额定运行点,其对应的励磁电流为额定励磁电流  $I_{fN}$ ,记录该组数据。

3) 在保持  $n = n_N$  和  $I_f = I_{fN}$  不变的条件下,逐次增加负载电阻  $R_2$ ,即减小发电机负载电流  $I_L$ ,从额定负载到空载运行点范围内,每次测取发电机的电压  $U$  和电流  $I_L$ ,直到空载(断开开关 S,此时  $I_L = 0$ ),共取 6、7 组数据,记入表 2-3 中。

表 2-3 数据记录表

 $n = n_N = \text{ } \text{r/min}, I_f = I_{fN} = \text{ } \text{mA}$ 

|           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $U$ (V)   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I_L$ (A) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

(3) 测调整特性。

1) 调节发电机的分压电阻  $R_{22}$ ,保持  $n = n_N$ ,使发电机空载达额定电压。

2) 在保持发电机  $n = n_N$  条件下,合上负载开关 S,调节负载电阻  $R_2$ ,逐次增加发电机输出电流  $I_L$ ,同时相应调节发电机励磁电流  $I_f$ ,使发电机端电压保持额定值  $U = U_N$ 。

3) 从发电机的空载至额定负载范围内每次测取发电机的输出电流  $I_L$  和励磁电流  $I_f$ ,共取 6、7 组数据记入表 2-4 中。

表 2-4 数据记录表

 $n = n_N = \text{ } \text{r/min}, U = U_N = \text{ } \text{V}$ 

|            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $I_L$ (A)  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I_f$ (mA) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 2. 并励发电机实验

(1) 观察自励过程。

1) 电机 MG 停机时必须先切断电枢电源,然后断开励磁电源,在断电的条件下将发

电机 G 的励磁方式从他励改为并励, 接线如图 2-2 所示。 $R_D$  选用 DQ27 的  $900\Omega$  电阻两只相串联并调至最大阻值, 断开开关 S。

2) 在  $R_1$  阻值调至最大、 $R_f$  阻值调至最小、 $R_2$  断开的条件下, 合上励磁、电枢电源开关, 启动电动机, 调节电动机的转速, 使发电机的转速  $n = n_N$ , 用直流电压表测量发电机是否有剩磁电压, 若无剩磁电压, 可将并励绕组改接成他励方式进行充磁。

3) 合上开关 S 逐渐减小  $R_D$ , 观察发电机电枢两端的电压, 若电压逐渐上升, 说明满足自励条件。如果不能自励建压, 将励磁回路的两个端头对调连接即可。

4) 对应着一定的励磁电阻, 逐步降低发电机转速, 使发电机电压随之下降, 直至电压不能建立, 此时的转速即为临界转速。

(2) 测外特性。

1) 按图 2-2 所示接线。调节负载电阻  $R_2$  达到最大, 合上负载开关 S。

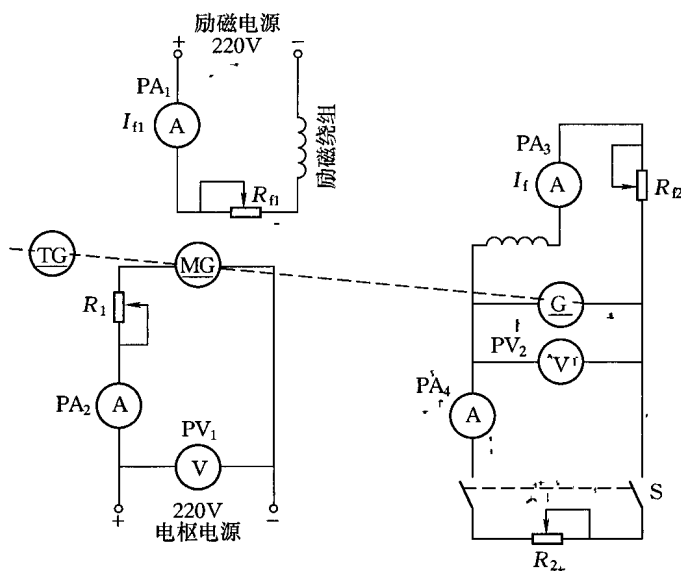


图 2-2 直流并励发电机接线

2) 调节电动机的磁场调节电阻  $R_{f1}$ 、发电机的磁场调节电阻  $R_D$  和负载电阻  $R_2$ , 使发电机的转速、输出电压和电流三者均达额定值, 即  $n = n_N$ ,  $U = U_N$ ,  $I_L = I_{N0}$ 。

3) 保持此时  $R_D$  的值和  $n = n_N$  不变, 逐次减小负载, 直至  $I_L = 0$ , 从额定到空载运行范围内每次测取发电机的电压  $U$  和电流  $I_L$ 。

4) 共取 6、7 组数据, 记入表 2-5 中。

表 2-5 数据记录表

$n = n_N = \underline{\hspace{2cm}} \text{ r/min}$ ,  $R_D = \text{常值}$

|                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $U \text{ (V)}$   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I_L \text{ (A)}$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |