

高等农林院校“十三五”规划实验实训教材

电机实验

DIANJI SHIYAN

张宁 主编



西北农林科技大学出版社

高等农林院校“十三五”规划实验实训教材

电机实验

张 宁 主 编

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电机实验 / 张宁主编. —杨凌 :西北农林科技大学出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5683-0122-0

I. ①电… II. ①张… III. ①电机—实验—高等学校—教材 IV. ①TM306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 162695 号

电机实验
张宁主编

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编:712100
电 话 总编室:029—87093105 发行部:87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 陕西森奥印务有限公司
版 次 2016 年 7 月第 1 版
印 次 2016 年 7 月第 1 次
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 9
字 数 240 千字

ISBN 978-7-5683-0122-0

定价:22.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

《电机实验》编委会

主 编:张 宁

副主编:王红雨 张 巍 陈春玲

编 者:(按姓氏笔画排序)

王红雨 刘 利 陈春玲 张 宁 张 巍 谭亲跃

前 言

为了培养电气人才实践教学的创新思维能力,电机实验需要依靠坚实的理论基础、精湛的专业技能和独特的思维方式。《电机实验》一书总结长期实践教学经验,在分析研究各类不同的实验教材的基础上,吸收现有教材优点,针对高等院校农业工程类本科教育学科的要求进行编写,以补充知识结构中的薄弱环节,解决长期以来理论教学中缺乏完善、系统的实践指导教材的问题。本书适用于电气工程及自动化、农业机械化工程及自动化、热能与动力工程、水利水电工程等农业工程学科专业的学生,也可作为非电专业学生和农村电气从业人员使用。

该书引入电机理论与实验证明并进的写作方法,坚持教材的理论完整性和逻辑性,从电机的类型、内部电磁原理、外部运行和工作特性入手,指导和操作相结合,强调通过实验深入探讨电机理论。教材内容精选出最能代表电机实验的先进方法,着重对传统电机的基本实验与新型电机控制方法进行系统的讲解。每个实验都编写有实验报告、思考题。

《电机实验》全书分为七章,从电机及电气技术实验基本要求和安全操作规程入手,围绕变压器、异步电机、同步电机和直流电机四大主机,进行运行、工作、机械特性的测试,以及并联、控制等操作。

本书由西北农林科技大学、天煌科技实业有限公司、沈阳农业大学、河南农业职业学院联合编写完成。第一、二、三、四、五、六章由张宁编写;第七章1、2节由王红雨编写;3、4、5节由张巍编写;6、7、8节由陈春玲编写;9、10节由刘利编写;11节由谭亲跃编写。全书由张宁统稿,王红雨技术指导。

由于编者学识有限,书中难免存在失误和疏漏之处,敬请广大读者不吝批评指正。

编 者

2016年3月

目 录

第一章 电机及电气技术实验的基本要求和安全操作规程	(1)
1-1 实验的基本要求	(1)
1-2 实验安全操作规程	(2)
1-3 电机及电气技术实验装置交流及直流电源操作	(3)
第二章 直流电机实验	(5)
2-1 认识实验	(5)
2-2 直流发电机	(9)
2-3 直流并励电动机	(14)
2-4 直流串励电动机	(18)
第三章 变压器实验	(22)
3-1 单相变压器	(22)
3-2 三相变压器	(28)
3-3 三相变压器的联接组和不称短路	(34)
3-4 三相三绕组变压器	(45)
3-5 单相变压器的并联运行	(48)
3-6 三相变压器的并联运行	(50)
第四章 异步电机实验	(53)
4-1 三相鼠笼异步电动机的工作特性	(53)
4-2 三相异步电动机的起动与调速	(61)
4-3 单相电容起动异步电动机	(66)
4-4 单相电容运转异步电动机	(69)
4-5 单相电阻起动异步电动机	(72)
4-6 双速异步电动机	(75)
第五章 同步电机实验	(79)
5-1 三相同步发电机的运行特性	(79)
5-2 三相同步发电机的并联运行	(84)
5-3 三相同步电动机	(89)
5-4 三相同步电机参数的测定	(93)
第六章 电机机械特性的测定	(99)
6-1 直流他励电动机在各种运行状态下的机械特性	(99)
6-2 三相异步电动机在各种运行状态下的机械特性	(102)
第七章 电力拖动继电接触控制	(108)

7-1	三相异步电动机点动和自锁控制线路.....	(108)
7-2	三相异步电动机的正反转控制线路.....	(111)
7-3	顺序控制线路.....	(114)
7-4	三相鼠笼式异步电动机的降压起动控制线路.....	(117)
7-5	三相线绕式异步电动机的起动控制线路.....	(122)
7-6	三相异步电动机的能耗制动控制线路.....	(123)
7-7	三相异步电动机单相启动及反接制动控制线路.....	(125)
7-8	两地控制线路.....	(126)
7-9	工作台往返循环控制线路.....	(127)
7-10	C620 车床的电气控制线路.....	(129)
7-11	电动葫芦的电气控制线路.....	(131)
附录 1:电机及电气技术实验装置受试电机铭牌数据一览表		(133)
附录 2:标准直流测功机测试典型值及校正曲线		(135)
参考文献.....		(136)

第一章 电机及电气技术实验的基本要求和 安全操作规程

1—1 实验的基本要求

电机及电气技术实验课的目的在于培养学生掌握基本的实验方法与操作技能。培养学生能根据实验目的、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。学生在整个实验过程中,必须集中精力,及时认真做好实验。现按实验过程对学生提出下列基本要求。

一、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。

二、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,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,线路力求简单明了,一般按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。

4. 起动机,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,然后按一定规范起动机,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。

三、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,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。

1—2 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,要严格遵守如下规定的安全操作规程:

1. 实验时,人体不可接触带电线路。
2. 接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。
3. 学生独立完成接线或改接线路后必须经指导教师检查和允许,并使组内其他同学引起注意后方可接通电源。实验中如发生事故,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。
4. 电机如直接起动则应先检查功率表及电流表的电流量程是否符合要求,有否短路回路存在,以免损坏仪表或电源。
5. 总电源或实验台控制屏上的电源接通应由实验指导人员来控制,其他人只能由指导人员允许后方可操作,不得自行合闸。

1-3 电机及电气技术实验装置交流及直流电源操作

一、实验中开启及关闭电源都在控制屏上操作。

开启三相交流电源的步骤为：

1. 开启电源前。要检查控制屏下面“直流机电源”的“电枢电源”开关(右下方)及“励磁电源”开关(左下方)都须在关断的位置。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”,“停止”按钮指示灯亮,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“启动”按钮,“启动”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,都可适当旋转调压器旋钮用导线从三相四线制插孔中取得。输出线电压为 $0\sim 450\text{ V}$ (可调)并由控制屏上方的三只交流电压表指示。当电压表下面左边的“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 的输出端的线电压。

4. 实验中如果需要改接线路,必须按下“停止”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“直流机电源”的“电枢电源”开关及“励磁电源”开关拨回到关断位置。

二、开启直流机电源的操作

1. 直流电源是由交流电源变换而来,开启“直流机电源”,必须先完成开启交流电源,即开启“电源总开关”并按下“启动”按钮。

2. 在此之后,接通“励磁电源”开关,可获得约为 220 V 、 0.5 A 不可调的直流电压输出。接通“电枢电源”开关, $40\sim 230\text{ V}$ 、 3 A 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 1 只直流电压表指示。当该电压表下方的“指示切换”开关拨向“电枢电压”时,指示电枢电源电压,当将它拨向“励磁电压”时,指示励磁电源电压。但在电路上“励磁电源”与“电枢电源”,“直流机电源”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,从电枢电源开关合闸刀直流电压输出约有 $3\sim 4\text{ s}$ 的延时,这是正常的。

4. 电枢电源设有过压和过流指示告警保护电路。当输出电压出现过电压时,会自动切断输出,并告警指示。此时需要恢复输出,必须先将“电压调节”旋钮逆时针旋转调低电压到正常值(约 240 V 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)超过 3 A 时,也会自动切断输出,并告警指示,此时需要恢复输出,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告警,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或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告警,这是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,即可停止告警,恢复正常。所有这些操作到直流电压输出都有 3~4 s 的延时。

5. 在做直流电动机实验时,要注意开机时须先开“励磁电源”后开“电枢电源”;在关机时,则要先关“电枢电源”而后关“励磁电源”的次序。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。

第二章 直流电机实验

2-1 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、起动、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. 直流电动机起动时,为什么在电枢回路中需要串接起动变阻器? 不串接会产生什么严重后果?
3. 直流电动机起动时,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 DD01 电源控制屏中的电枢电源、励磁电源、校正直流测功机、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. 直流他励电动机的起动、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

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

2. 控制屏上挂件排列顺序

D31、D42、D51、D31、D44

五、实验说明及操作步骤

1. 由实验指导人员介绍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

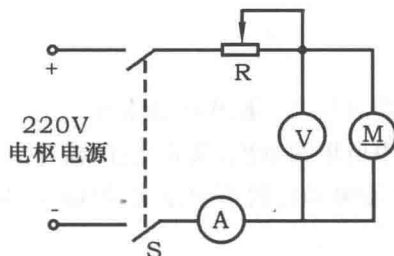


图 2-1 测电枢绕组直流电阻接线图

(1)按图 2-1 接线,电阻 R 用 D44 上 $1800\ \Omega$ 和 $180\ \Omega$ 串联共 $1980\ \Omega$ 阻值并调至最大。A 表选用 D31 上的直流安培表。开关 S 选用 D51 挂箱上的双刀双掷开关。

(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,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 。将电机转子分别旋转三分之一和三分之二周,同样测取 U 、 I 三组数据列于表 2-1 中。

(3)增大 R 使电流分别达到 $0.15\ \text{A}$ 和 $0.1\ \text{A}$,用同样方法测取六组数据列于表 2-1 中。

取三次测量的平均值作为实际冷态电阻值

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

表 2-1

室温 _____ $^{\circ}\text{C}$

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

表中:

$$R_{a1} = \frac{1}{3}(R_{a11} + R_{a12} + R_{a13}) \quad R_{a2} = \frac{1}{3}(R_{a21} + R_{a22} + R_{a23}) \quad R_{a3} = \frac{1}{3}(R_{a31} + R_{a32} + R_{a33})$$

(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:

$$R_{\text{aref}} = R_a \frac{235 + \varphi_{\text{ref}}}{235 + \varphi_a}$$

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°C 。

θ_a —— 实际冷态时电枢绕组的温度。 $(^\circ\text{C})$

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,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 220 V 的直流电压,选用直流电压表为 1000 V 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 1.2 A,测量电枢电流的电表 A3 可选用直流安培表的 5 A 量程档;额定励磁电流小于 0.16 A,选用直流毫安表的 200 mA 量程档。

(3) 电机额定转速为 1600 r/min,转速表选用 1800 r/min 量程档。

(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 D44 挂件的 1.3 A 的 $90\ \Omega$ 与 $90\ \Omega$ 串联电阻,磁场回路 R_{f} 可选用 D44 挂件的 0.41 A 的 $900\ \Omega$ 与 $900\ \Omega$ 串联电阻。

4. 直流他励电动机的起动准备

按图 2-2 接线。图中直流他励电动机 M 用 DJ15,其额定功率 $P_N=185\ \text{W}$,额定电压 $U_N=220\ \text{V}$,额定电流 $I_N=1.2\ \text{A}$,额定转速 $n_N=1600\ \text{r/min}$,额定励磁电流 $I_{\text{fN}} < 0.16\ \text{A}$ 。校正直流测功机 MG 作为测功机使用,TG 为测速发电机。直流电流表选用 D31。 R_{f} 用 D44 的 $1800\ \Omega$ 阻值作为直流他励电动机励磁回路串接的电阻。 R_{f2} 选用 D42 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 D44 的 $180\ \Omega$ 阻值作为直流他励电动机的起动电阻, R_2 选用 D42 上的 $900\ \Omega$ 串 $900\ \Omega$ 加上 $900\ \Omega$ 并 $900\ \Omega$ 共 $2250\ \Omega$ 阻值作为 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联接好。

5. 他励直流电动机起动步骤

(1) 检查按图 2-2 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固。然后,将电动机电枢串联起动电阻 R_1 、测功机 MG 的负载电阻 R_2 、及 MG 的磁场回路电阻 R_{f2} 调到阻值最大位置,M 的磁场调节电阻 R_{f} 调到最小位置,断开开关 S,并确认断开控制屏下方右边的电枢电源开关,作好起动准备。

(2) 开启控制屏上的钥匙开关,按下其上方的“启动”按钮,接通其下方左边的励磁电源开关,观察 M 及 MG 的励磁电流值,调节 R_{f2} 使 I_{f2} 等于校正值(100 mA)并保持不变,再接通控制屏右下方的电枢电源开关,使 M 起动。

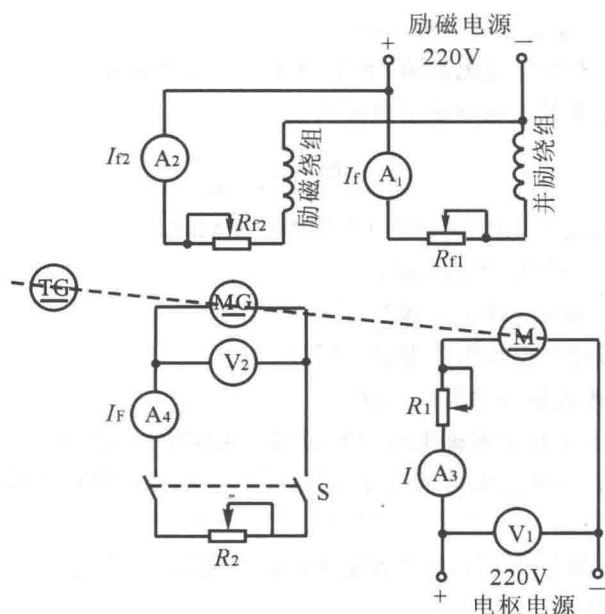


图 2-2 直流他励电动机接线图

(3) M 起动后观察转速表指针偏转方向,应为正向偏转,若不正确,可拨动转速表上正、反向开关来纠正。调节控制屏上电枢电源“电压调节”旋钮,使电动机电枢端电压为 220 V。减小起动电阻 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(调不同的 I_F 值,查对应于 $I_{f2}=100$ mA 时的校正曲线 $T_2=f(I_F)$,可得到 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_{f1} ,观察转速变化情况。

(6) 改变电动机的转向

将电枢串联起动变阻器 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(或励磁绕组)的两端接线对调后,再按他励电动机的起动步骤起动电动机,并观察电动机的转向及转速表显示的转向。

六、注意事项

1. 直流他励电动机起动时,须将励磁回路串联的电阻 R_{f1} 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起动电阻 R_1 调至最大,然后方可接通电枢电源。使电动机正常起动。起动后,将起动电阻 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起动电阻 R_1 调回到最大值,励磁回路串联的电阻 R_{f1} 调回到最小值。给下次起动作好准备。

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: 100 mA, 以便从校正曲线中查出电动机 M 的输出转矩。

七、实验报告

1. 画出直流他励电动机电枢串电阻起动的接线图。说明电动机起动时, 起动电阻 R_1 和磁场调节电阻 R_f 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. 在他励直流电动机启动时, 为什么要先加励磁电源后加电枢电源?

5. 为什么要求直流他励电动机磁场回路的接线要牢固? 起动时电枢回路必须串联起动变阻器?

2-2 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

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	DJ13	直流复励发电机	1 台
4	D31	直流数字电压、毫安、安培表	2 件
5	D44	可调电阻器、电容器	1 件
6	D51	波形测试及开关板	1 件
7	D42	三相可调电阻器	1 件

2. 屏上挂件排列顺序

D31、D44、D31、D42、D51

五、实验方法

1. 他励直流发电机

按图 2-3 接线。图中直流发电机 G 选用 DJ13, 其额定值 $P_N=100\text{ W}$, $U_N=200\text{ V}$, $I_N=0.5\text{ A}$, $n_N=1600\text{ r/min}$ 。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 D51 组件。 R_{f1} 选用 D44 的 $1800\ \Omega$ 变阻器, R_{f2} 选用 D42 的 $900\ \Omega$ 变阻器, 并采用分压器接法。 R_1 选用 D44 的 $180\ \Omega$ 变阻器。 R_2 为发电机的负载电阻选用 D42, 采用串并联接法($900\ \Omega$ 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 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 D31、并选择合适的量程。

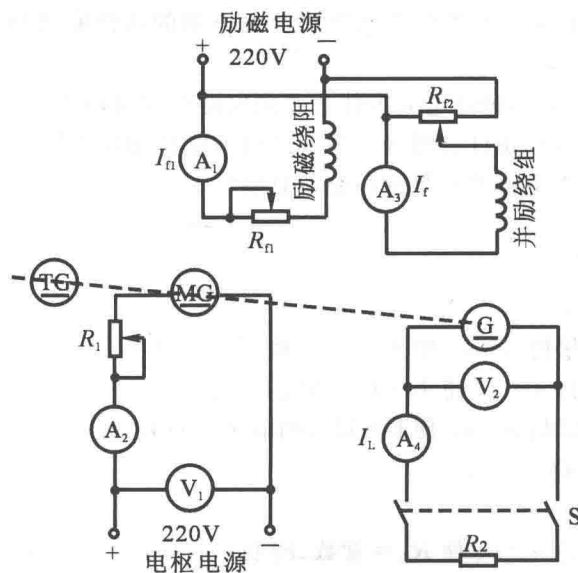


图 2-3 直流他励发电机接线图