

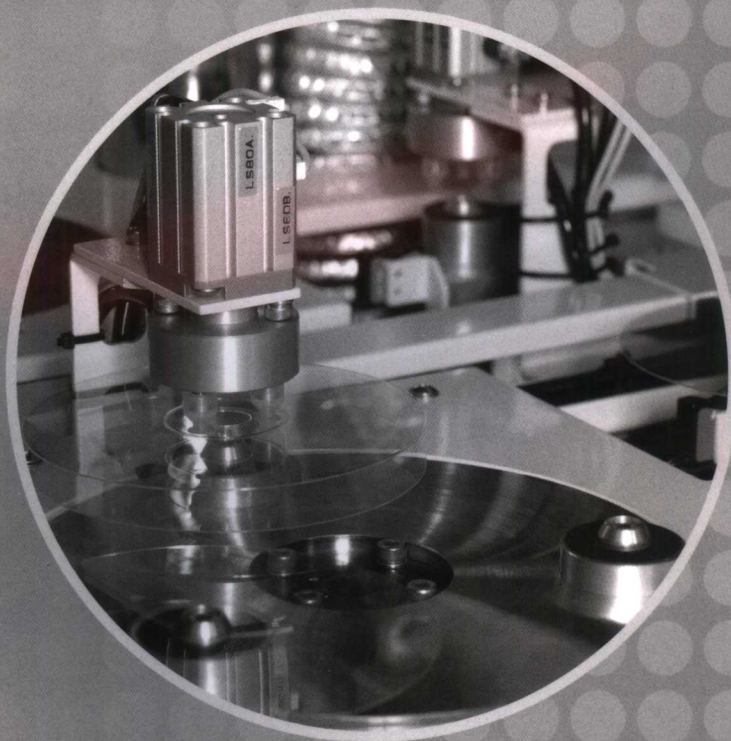
高等学校实验课系列教材

电机及自动控制系统 实验指导书

DIANJI JI ZIDONG KONGZHI XITONG SHIYAN ZHIDAOSHU

● 祁 强 陈高燕 张广溢 古世甫 等

EXPERIMENTATION



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

电机及自动控制系统 实验指导书

祁 强 陈高燕 张广溢 古世甫 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是一本专用的实验教学教材,由3大部分组成,包括“电机与拖动基础实验”、“控制电机实验”及“电力拖动自动控制系统实验”。目的在于培养学生掌握基本的实验方法和实验技能,能根据实验目的拟定线路、选择仪表、确定实验线路、测取数据,并在此基础上进行数据处理、分析、研究。

本书实验共包括4章,第1章为电机及自动控制系统实验的基本要求和安全操作规程;第2章为电机与拖动基础实验;第3章为控制电机实验;第4章为电力拖动自动控制系统实验。除验证性实验外,还包含有综合性实验,各校可根据实验课程教学大纲的要求选做。

本书适用于电气工程与自动化、电气工程及其自动化等专业学生学习“电机学”、“电机与拖动基础”、“控制电机”和“电力拖动自动控制系统”等课程实验教学,也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机及自动控制系统实验指导书/祁强等编. —重庆:

重庆大学出版社,2007.8

(高等学校实验课系列教材)

ISBN 978-7-5624-4209-7

I. 电… II. 祁… III. 电机—自动控制系统—高等学校—
教学参考资料 IV. TM301.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第101096号

电机及自动控制系统实验指导书

祁 强 陈高燕 张广溢 古世甫 编

责任编辑:彭 宁 谢 芳 版式设计:彭 宁

责任校对:邹 忌 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.75 字数:218千

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4209-7 定价:15.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

著名科学家罗杰尔·培根说过:“没有实验便没有科学。”实验环节在教学中占据着十分重要的地位,一方面可以加深学生对所学理论知识的理解和掌握,同时也是对理论知识的检验。可以通过实验发现问题、解决问题,进一步发展理论。随着时代的发展,越来越多的技术人才得到各大单位的普遍青睐,与之对应的实验教学得到越来越多的重视。但是现在市场上很少看到配套的专业实验教材。为此,特编写此书。

本书由3大部分组成,按“电机与拖动基础”、“控制电机”及“电力拖动自动控制系统”3门课程的最新教学大纲编写,是一本专用的实验教学教材,实验仪器应用了浙江杭州天煌电器设备厂制造的DZSZ-1型电机及自动控制实验装置。

第1章为电机及自动控制系统实验的基本要求和操作规程,并对DZSZ-1型电机及自动控制实验装置进行了简单介绍。在电机及自动控制系统实验的基本要求中对实验报告的要求和数据处理作了较详细的说明(附录I)。

第2章为电机与拖动基础实验,包括直流发电机实验、直流电动机的起动与调速实验、直流电动机各种运行状态下机械特性测定实验、单相变压器实验、三相变压器联结组别测定实验、三相异步电动机参数测定实验、三相异步电动机工作特性测定实验、三相异步电动机机械特性测定实验(综合性)、三相异步电动机的起动与调速实验、三相同步发电机特性测定实验、三相同步发电机并联运行实验(综合性)、三相同步电动机实验、异步电动机同步化运行实验(综合性)。

第3章为控制电机实验,包括测速发电机实验、旋转变压器实验、自整角机实验、步进电动机实验、伺服电动机实验、测速发电机应用实验(综合性)。

第4章为电力拖动自动控制系统实验,包括直流调速系统单元调节和参数测定实验、单闭环直流调速系统实验、双闭环直流调速系统实验(综合性)、异步电动机变频调速系统实验、闭环控制的串级调速系统实验(综合性)、闭环控制的交流调压调速系统实验。

除验证性实验外,每一实验章节还包含有综合性实验,各校可根据实验课程教学大纲的要求选做。

本书适用于电气工程与自动化、电气工程及其自动化、自动化等专业学生学习“电机学”、“电机与拖动基础”、“控制电机”和“电力拖动自动控制系统”课程实验教学用,也可供有关专业技术人员参考。

本书由祁强、陈高燕、张广溢、古世甫共同编写,具体分工是:祁强编写第1章、第2章;张广溢编写第3章;陈高燕编写第4章;古世甫编写附录I、附录II。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,希望广大读者批评指正。

编 者
2007 年 5 月

目 录

第1章 电机及自动控制系统实验的基本要求和安全操作规程	1
1.1 DZSZ-1 型电机及自动控制实验装置简介	1
1.2 DZSZ-1 型电机及自动控制实验装置交流及直流电源操作说明	2
1.3 电机及自动控制系统实验的基本要求	3
1.4 电机及自动控制系统实验安全操作规程	5
第2章 电机与拖动基础实验	6
2.1 直流发电机实验	6
2.2 直流他励电动机的启动与调速实验	10
2.3 直流他励电动机在各种运行状态下的机械特性测定实验(综合性)	13
2.4 单相变压器实验	17
2.5 三相变压器的联接组别测定实验	23
2.6 三相异步电动机的参数测定实验	26
2.7 三相异步电动机的工作特性测定实验	32
2.8 三相异步电动机的机械特性测定实验(综合性)	35
2.9 三相异步电动机的启动与调速实验	39
2.10 三相同步发电机的特性测定实验	43
2.11 三相同步发电机的并联运行实验(综合性)	46
2.12 三相同步电动机实验	51
2.13 异步电动机同步化运行实验(综合性)	55
第3章 控制电机实验	59
3.1 永磁式直流测速发电机实验	59
3.2 步进电动机实验	61
3.3 旋转变压器实验	67
3.4 直流伺服电动机实验	72
3.5 交流伺服电动机实验(综合性)	76

3.6	自整角机实验	80
3.7	直流测速发电机应用实验(综合性)	87
第4章	电力拖动自动控制系统实验	91
4.1	DZSZ-1 型电机控制系统实验装置的结构简介	91
4.2	晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定实验	95
4.3	单闭环晶闸管直流调速系统实验	100
4.4	双闭环晶闸管不可逆直流调速系统实验	103
4.5	三相异步电机交流变频调速实验	107
4.6	双闭环控制的三相异步电机串级调速系统实验 (综合性)	111
4.7	双闭环控制的三相异步电机交流调压调速系统 实验	116
附录		121
附录 I	实验数据的计算机处理方法	121
附录 II	DZSZ-1 型电机及自动控制实验装置受试电机 铭牌数据一览表	128
参考文献		129

第 1 章

电机及自动控制系统实验的 基本要求和安全操作规程

1.1 DZSZ-1 型电机及自动控制实验装置简介

一、装置特点

DZSZ-1 电机及自动控制实验装置外形如图 1.1.1 所示。装置采用组件挂箱式结构,可根据不同实验内容进行组合,故结构紧凑、使用方便、功能齐全、综合性能好,能在一套装置上完成《电机与拖动基础》、《电力电子技术》、《电力拖动自动控制系统》、《控制电机》、《工厂电气控制》等课程所开设的主要实验。



图 1.1.1 DZSZ-1 电机及自动控制实验装置外形图

二、技术参数

(1) 输入电压:三相四线制, $380\text{ V} \pm 5\%$;

- (2) 工作环境:环境温度范围为 $-5 \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $< 75\%$,海拔 $< 1\,000\text{ m}$;
- (3) 装置容量: $< 1.5\text{ kVA}$;
- (4) 电机容量: $< 200\text{ W}$;
- (5) 外形尺寸:长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= 187\text{ cm} \times 73\text{ cm} \times 160\text{ cm}$ 。

三、电源部分

电源部分的面板上布置了主电源、照明开关及主电路输出端、励磁电源输出端、交流电压表等。

1. 主电路电源

主电路分三相交流电网输出和三相交流调压输出。三相交流电源电压由左上部的交流电压表指示。

2. 励磁电源

若开关拨向“开”,则励磁电源输出为 220 V 的直流电压,并有发光二极管指示电源是否正常,励磁电源由 0.5 A 熔丝保护。励磁电源为直流电机提供励磁电流。由于励磁电源的容量有限,一般不要作为其他直流电源使用。

3. 电枢电源

电枢电源可获得 $40 \sim 230\text{ V}$, 3 A 可调节的直流电压输出。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有 $3 \sim 4\text{ s}$ 的延时,这是正常的。

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。当将该电压表下方的“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、电枢电源和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。

1.2 DZSZ-1 型电机及自动控制实验装置交流及直流电源操作说明

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”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”,“关”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“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,都可适当旋转调压器旋钮,用导线从这三相四线制插孔中取得。输出线电压为 $0 \sim 450\text{ V}$ (可调),并可由控制屏上方的 3 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 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”断位置。

开启直流电机电源的操作:

1) 直流电源是由交流电源变换而来,开启“直流电机电源”,必须先完成开启交流电源,即开启“电源总开关”并按下“开”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,可获得 40 ~ 230 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。当将该电压表下方的“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有 3 ~ 4 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。当输出电压出现过压时,会自动切断输出,并告警指示。此时需要恢复电压,必须先将“电压调节”旋钮逆时针旋转调低电压到正常值(约 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。若在空中载时开机仍发生过流告警,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”。同时要注意在电枢电路中串联启动电阻以防止电源过流。具体操作要严格遵照实验指导书中有关内容的说明。

1.3 电机及自动控制系统实验的基本要求

电机及自动控制系统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。

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。

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,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

预习时对电机与拖动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。或根据计算方法插值与拟合,如最小二乘法、拉格朗日插值公式法、样条插值函数法等,利用计算机C语言或MATLAB语言编写程序,参考实验所测得的数据,分别求出相关的实验曲线。具体的计算机处理方法见附录I。

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。

1.4 电机及自动控制系统实验安全操作规程

为了按时完成电机与拖动实验,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。实验中若发生事故,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)电机如直接启动则应先检查功率表及电流表的电流量程是否符合要求,是否有短路回路存在,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,其他人只能经指导人员允许后方可操作,不得自行合闸。

第 2 章

电机与拖动基础实验

2.1 直流发电机实验

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?

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 $U = f(I_L)$ 。

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 $R_L = \text{常数}$,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	直流并励发电机	1 台
4	D31	直流电压、毫安、安培表	2 件
5	D44	三相可调电阻器	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, D41, D31, D42, D51

五、实验方法

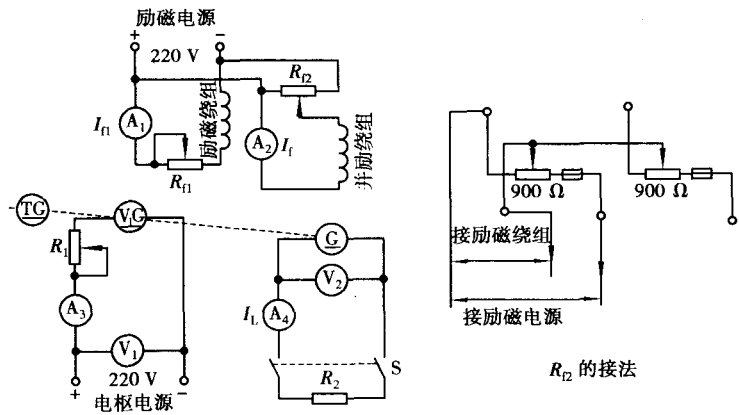


图 2.1.1 直流他励发电机接线图

1. 他励直流发电机

按图 2.1.1 接线。图中直流发电机 G 选用 DJ13 直流并励发电机,其额定值 $P_N = 100\text{ W}$, $U_N = 200\text{ V}$, $I_N = 0.5\text{ A}$, $n_N = 1\,600\text{ r/min}$ 。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_f 选用 D44 的 $1\,800\,\Omega$ 变阻器($900\,\Omega$ 与 $900\,\Omega$ 电阻串联), R_L 选用 D42 的 $900\,\Omega$ 变阻器,采用分压器接法。 R_1 选用 D44 的 $90\,\Omega$ 与 $90\,\Omega$ 串联变阻器。 R_2 为发电机的负载电阻,选用 D42 的 $900\,\Omega$ 与 $900\,\Omega$ 变阻器串联,加上 $900\,\Omega$ 与 $900\,\Omega$ 并联,阻值最大为 $2\,250\,\Omega$ 。当负载电流大于 0.4 A 时用 $900\,\Omega$ 与 $900\,\Omega$ 并联变阻器,而将 $900\,\Omega$ 与 $900\,\Omega$ 变阻器串联部分阻值调到最小并用导线短接。 R_f, R_1, R_2 的连接如图 2.1.2 所示。直流电流表、电压表选用 D31,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 打开,接通控制屏上的励磁电源开关,将 R_f 调至使 G 励磁电压最小的位置。

2)使 MG 电枢串联启动电阻 R_1 阻值最大, R_f 阻值最小。仍先接通控制屏下方左边的励

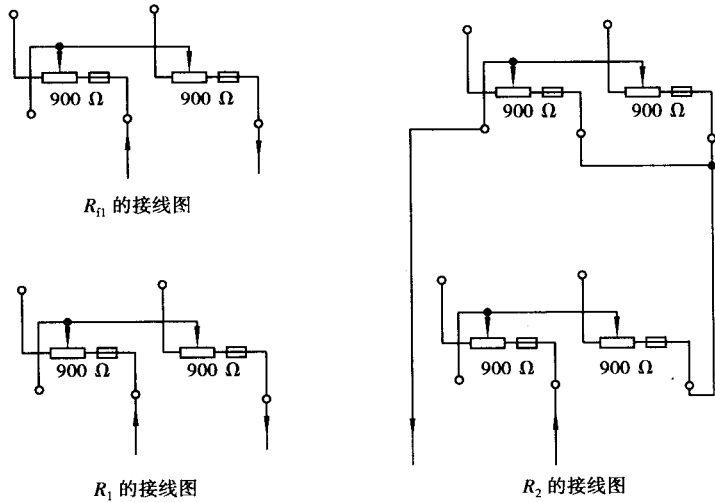


图 2.1.2 R_f, R_1, R_2 的连接图

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,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 V,调节电动机磁场调节电阻 R_f ,使发电机转速达到额定值,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_2 ,使发电机空载电压达 $U_0 = 1.2U_N$ 为止。

5)在保持 $n = n_N = 1\,600\text{ r/min}$ 的条件下,从 $U_0 = 1.2U_N$ 开始,单方向调节分压器电阻 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,记录于表 2.1.1 中

表 2.1.1 $n = n_N = 1\,600\text{ r/min}, I_L = 0$

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_f ,发电机的分压电阻 R_2 和负载电阻 R_2 ,使发电机的 $I_L = I_N, U = U_N, n = n_N$,该点为发电机的额定运行点,其励磁电流称为额定励磁电流 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,记录于表 2.1.2 中。

表 2.1.2 $n = n_N =$ _____ r/min, $I_f = I_{fN} =$ _____ mA

U/V							
I_L/A							

2. 并励发电机实验

(1) 观察自励过程

1) 按注意事项 2 使电机 MG 停机, 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 2.1.3 所示。 R_{f2} 选用 D42 的 $900\ \Omega$ 电阻两只相串联并调至最大阻值, 打开开关 S。

2) 按注意事项 1 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_{f2} , 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 2.1.3 接线。调节负载电阻 R_L 到最大, 合上负载开关 S。

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_{f2} 和负载电阻 R_L , 使发电机的转速、输出电压和电流三者均达额定值, 即 $n = n_N$, $U = U_N$, $I_L = I_{fN}$ 。

3) 保持此时 R_{f2} 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, 记录于表 2.1.3 中。

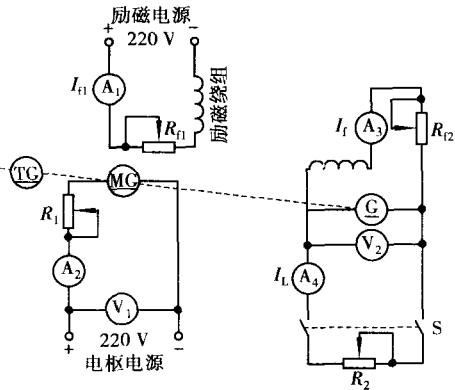


图 2.1.3 直流并励发电机接线图

表 2.1.3 $n = n_N =$ _____ r/min, $R_{f2} =$ 常值

U/V							
I_L/A							

六、注意事项

(1) 直流电动机 MG 启动时, 要注意须将 R_1 调到最大, R_{f1} 调到最小, 先接通励磁电源, 观察到励磁电流 I_{f1} 为最大后, 接通电枢电源, MG 启动运转。启动完毕, 应将 R_1 调到最小, 并用导线将其短接。

(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_{f1} 调回到最小值, 为下次启动做好

准备。

(3)测外特性时,当电流超过 0.4 A 时, R_2 中串联的电阻调至零并用导线短接,以免电流过大引起变阻器损坏。

(4)测量前注意仪表的量程、极性及其接法是否符合要求。

七、实验报告

(1)根据空载实验数据,作出空载特性曲线,由空载特性曲线计算出被试电机的饱和系数和剩磁电压的百分数。

(2)在同一坐标纸上绘出他励和并励发电机的两条外特性曲线。分别算出两种励磁方式的电压变化率: $\Delta U\% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} 100\%$,并分析差异原因。

八、思考题

(1)并励发电机不能建立电压有哪些原因?

(2)在发电机—电动机组成的机组中,当发电机负载增加时,为什么机组的转速会变低?为了保持发电机的转速 $n = n_N$,应如何调节?

2.2 直流他励电动机的启动与调速实验

一、实验目的

(1)掌握直流他励电动机的启动方法。

(2)掌握直流并励电动机的调速方法和调速特性的测定。

二、预习要点

(1)直流他励电动机的启动方法有哪些?

(2)直流电动机调速原理是什么?

三、实验项目

1. 直流他励电动机的启动方法

(1)电枢回路串电阻启动

(2)降低电枢电压启动

2. 调速特性

(1)改变电枢电压调速

保持 $U = U_N, I_f = I_{fN} = \text{常数}, T_2 = \text{常数}$,测取 $n = f(U_a)$ 。

(2)改变励磁电流调速

保持 $U = U_N, T_2 = \text{常数}$,测取 $n = f(I_f)$ 。