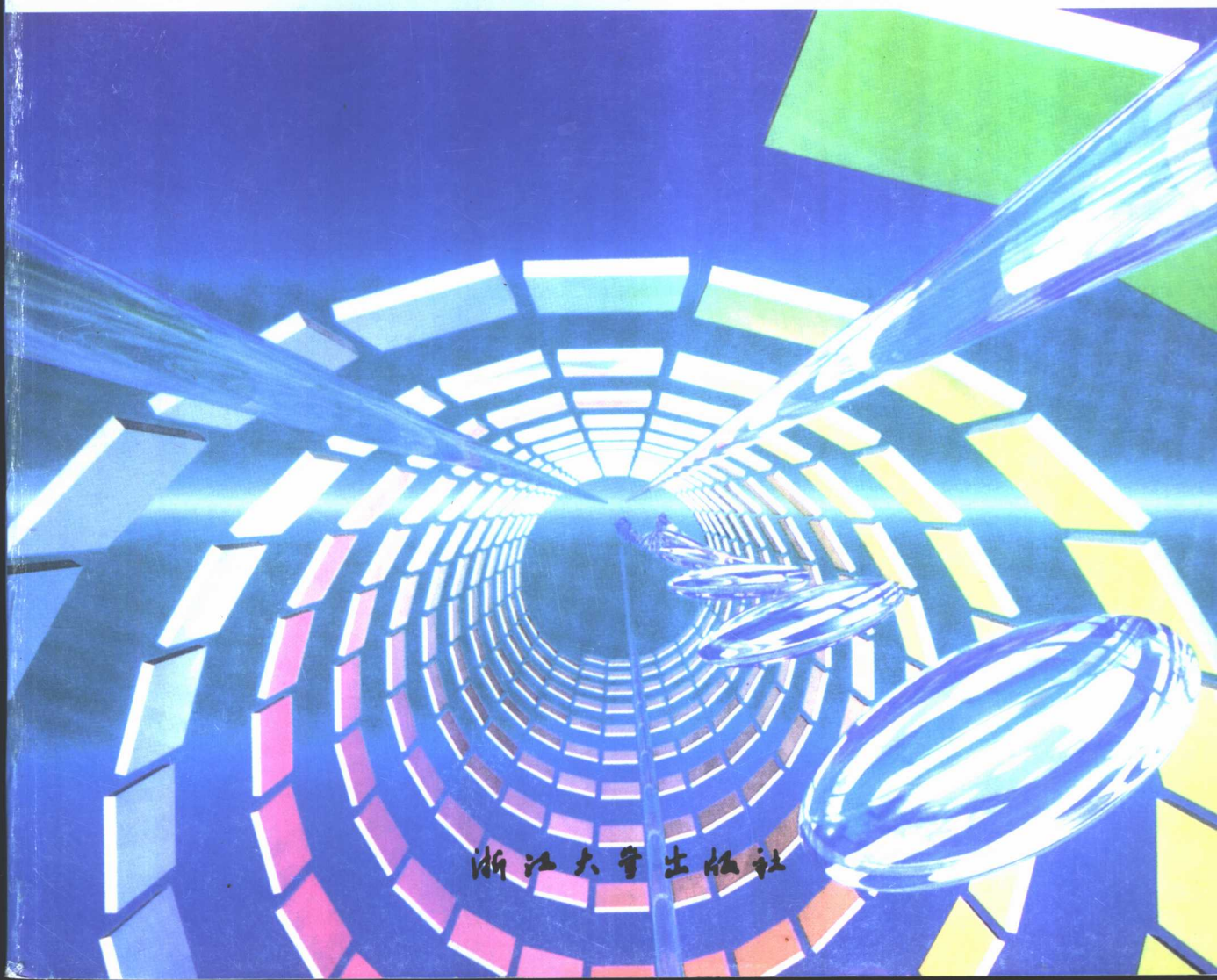


DIANLI DIANZI JISHU YU DIANJI KONGZHI
SHIYAN JIAOCHENG

电力电子技术与电机控制 实验教程

潘再平 编著



浙江大学出版社

电力电子技术与电机控制 实验教程

潘再平 编著

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书以 DKSZ-1 型电机控制系统实验装置为主线,详细介绍了电力电子技术、电机控制(直流调速系统、交流调速系统)等课程的实验及相关的实验原理、实验装置等。

本书可供电气工程及自动化、机电一体化、自动化专业及其他电气类、自动化类大中专学生(包括参加成教、自考、高职高专的学生)作为“电力电子技术基础”、“电机控制”、“半导体变流技术”、“自动控制原理与系统”、“电力拖动自动控制系统”等课程的实验教学用书。对从事电力电子技术、电机调速、自动控制工作的工程技术人员也可作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术与电机控制实验教程/潘再平编著.
杭州:浙江大学出版社,2000.3
ISBN 7-308-02254-4

I. 电… II. 潘… III. 电机-控制系统-试验-教材
IV. TM306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12151 号

责任编辑 阮海潮
封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社
(杭州玉古路 20 号,邮政编码 310027)
(E-mail:zupress@mail.hz.zj.cn)
(网址:http://www.zjupress.com)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江上虞印刷厂

787 mm×1092 mm 16 开 8.25 印张 201 千字
2000 年 3 月第 1 版 2002 年 8 月第 3 次印刷
印数:2001~4000
ISBN 7-308-02254-4/TM·002
定 价:10.00 元

前 言

本实验教程是综合了“电力电子技术基础”、“电机的电子控制”、“半导体变流技术”、“自动控制原理与系统”等课程教学大纲中的实验内容,并结合浙江大学电机系研制、浙江大学方圆科技产业有限公司电器设备厂生产的“DKSZ-1 电机控制系统实验装置”而编写的。内容主要包括实验装置中各控制单元的介绍,“电力电子技术基础”、“直流调速系统”和“交流调速系统”中的单相桥式半控、全控整流电路、三相桥式整流、有源逆变电路、晶闸管触发电路、直流斩波电路、交流调压电路、并联逆变电路、自关断器件(GTR、GTO、MOSFET、IGBT)及其驱动与保护电路、双闭环直流调速系统、逻辑无环流可逆直流调速系统、直流斩波PWM(H桥)调速系统、交流调压调速系统、绕线式异步电机串级调速系统、串联二极管式电流型变频调速系统、串联电感式电压型变频调速系统、正弦脉宽调制(SPWM)变频调速系统、空间电压矢量脉宽调制(SVPWM)变频调速系统等 20 余个实验的实验原理和实验方法。本书在实验内容的编排上既反映了学科本身的系统性,又反映了本学科的最新技术成果,全面满足了相应课程实验教学大纲的要求。

实验环节是电力电子技术、电机控制类课程的重要组成部分。通过实验教学能使学生验证理论的正确性,培养学生探索、创新、开拓的科学精神以及严肃认真、实事求是的科学态度和工作作风。本教材自成体系,内容与理论教学各有相对独立性,便于单独开设实验课,但也适合随理论课进行实验教学。本教材在理论和实际相结合方面留给学生充分的思考余地,以利于培养和提高学生的实验动手能力和独立分析、解决问题的能力。

DKSZ-1 电机控制系统实验装置是一种具有较强扩展能力的大型综合性实验装置,可根据电力电子器件、电力电子技术、电机控制技术的发展而开发新的组件挂箱,开设新实验。

本教材的编写、出版得到了浙江大学教材建设委员会和浙江大学方圆科技产业有限公司电器设备厂的大力支持;贺益康教授对本教材的编写非常关心,仔细阅读了本书的初稿,并提出了许多修改意见;李勤先生对本教材中插图的绘制作了很大的贡献。在此深表感谢。

限于作者的水平,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

1999 年 8 月

目 录

第一章 电力电子技术与电机控制实验概述	(1)
§ 1-1 实验特点和要求	(1)
§ 1-2 实验准备	(1)
§ 1-3 实验实施	(2)
§ 1-4 实验总结	(2)
第二章 DKSZ-1 型电机控制系统实验装置介绍	(4)
§ 2-1 技术特性	(4)
§ 2-2 主控制屏 DK01 介绍	(7)
§ 2-3 控制柜介绍	(10)
第三章 实验装置控制组件介绍	(14)
§ 3-1 DK02 组件挂箱(给定、零速封锁电路)	(14)
§ 3-2 DK03 组件挂箱(速度、电流变换器)	(16)
§ 3-3 DK04 组件挂箱(逻辑无环流可逆直流调速系统)	(18)
§ 3-4 DK06 组件挂箱(变频调速系统)	(21)
§ 3-5 DK07 组件挂箱(换流电容箱)	(29)
§ 3-6 DK08 组件挂箱(吸收、保护电路)	(30)
§ 3-7 DK10 组件挂箱(直流斩波电路)	(30)
§ 3-8 DK11 组件挂箱(晶闸管触发电路)	(31)
§ 3-9 DK12 组件挂箱(单相交流调压、并联逆变触发电路)	(35)
§ 3-10 DK14 组件挂箱(三相组式变压器)	(37)
§ 3-11 DK15 组件挂箱(可调电容箱)	(37)
§ 3-12 DK16 组件挂箱(自关断器件及驱动与保护电路)	(38)
§ 3-13 DK17 组件挂箱(SPWM 变频调速系统)	(42)
§ 3-14 DK18 组件挂箱(SVPWM 变频调速系统)	(45)
§ 3-15 DK20 组件挂箱(直流脉宽调制(PWM)调速系统)	(46)
第四章 电力电子技术实验	(50)
§ 4-1 单结晶体管触发电路和单相半波可控整流电路实验	(50)
§ 4-2 正弦波同步移相触发电路实验	(52)
§ 4-3 锯齿波同步移相触发电路实验	(54)
§ 4-4 单相桥式半控整流电路实验	(55)
§ 4-5 单相桥式全控整流及有源逆变电路实验	(58)
§ 4-6 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	(60)
§ 4-7 单相并联逆变电路实验	(63)

§ 4-8	直流斩波电路实验	(65)
§ 4-9	单相交流调压电路实验	(67)
§ 4-10	三相交流调压电路实验	(69)
§ 4-11	自关断器件及其驱动与保护电路实验	(71)
第五章	直流电机调速系统实验	(75)
§ 5-1	晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定实验	(75)
§ 5-2	单闭环晶闸管直流调速系统实验	(79)
§ 5-3	双闭环晶闸管不可逆直流调速系统实验	(83)
§ 5-4	逻辑无环流可逆直流调速系统实验	(86)
§ 5-5	双闭环直流电机斩波调速系统实验	(91)
§ 5-6	直流脉宽调制(PWM)调速系统实验	(93)
第六章	交流电机调速系统实验	(98)
§ 6-1	双闭环三相异步电机调压调速系统实验	(98)
§ 6-2	双闭环三相异步电机串级调速系统实验	(101)
§ 6-3	串联二极管式电流型逆变器-异步电机变频调速系统实验	(104)
§ 6-4	串联电感式电压型逆变器-异步电机变频调速系统实验	(108)
§ 6-5	正弦脉宽调制(SPWM)变频调速系统实验	(111)
§ 6-6	空间电压矢量脉宽调制(SVPWM)变频调速系统实验	(115)
附录	实验报告实例	(119)
	实例一 单相桥式半控整流电路实验报告	(119)
	实例二 转速单闭环晶闸管直流调速系统实验报告	(123)
	参考文献	(126)

第一章 电力电子技术与电机控制实验概述

《电力电子技术》是电气工程及自动化、自动化等专业的三大电子技术基础课程之一，《电机控制》（《电力拖动自动控制系统》）是这些专业重要的专业课。上述课程涉及面广，内容包括电力、电子、控制、计算机技术等，而实验环节是这些课程的重要组成部分。通过实验，可以加深对理论的理解，培养和提高实际动手能力、分析和解决问题的独立工作能力。

§ 1-1 实验的特点和要求

电力电子技术与电机控制实验的内容较多、较新，实验系统也比较复杂，系统性较强。电力电子技术与电机控制实验是上述课程理论教学的重要的补充和继续，而理论教学则是实验教学的基础。学生在实验中应学会运用所学的理论知识去分析和解决实际系统中出现各种问题，提高动手能力；同时通过实验来验证理论，促使理论和实际相结合，使认识不断提高、深化。具体地说，学生在完成指定的实验后，应具备以下能力：

(1) 掌握电力电子变流装置的主电路、触发或驱动电路的构成及调试方法，能初步设计和应用这些电路；

(2) 掌握交、直流电机控制系统的组成和调试方法，系统参数的测试和整定方法；

(3) 能设计交、直流电机控制系统的具体实验线路，列出实验步骤；

(4) 熟悉并掌握基本实验设备、测试仪器的性能和使用方法；

(5) 能够运用理论知识对实验现象、结果进行分析和处理，解决实验中遇到的问题；

(6) 能够综合实验数据，解释实验现象，编写实验报告。

本教材介绍了 20 余个电力电子技术、电机控制类的实验。电力电子技术方面的实验可选做三相全控整流及有源逆变电路、单相整流电路及各类触发电路、交流调压电路、自关断电力电子器件的驱动与保护电路等 4 个左右实验；直流调速系统实验可选择双闭环晶闸管不可逆直流调速系统、逻辑无环流可逆直流调速系统、直流脉宽调制 (PWM) 调速系统等 2~3 个实验；交流调速系统则可进行双闭环异步电机串级调速系统、串联二极管式电流型逆变器-异步电机变频调速系统、正弦脉宽调制 (SPWM) 变频调速系统等 2~3 个实验。

§ 1-2 实验准备

实验准备即为实验的预习阶段，是保证实验能否顺利进行的必要步骤。每次实验前都应先进行预习，从而提高实验质量和效率，否则就有可能在实验时不知如何下手，浪费时间，完不成实验要求，甚至损坏实验装置。因此，实验前应做到：

(1) 复习教材中与实验有关的内容，熟悉与本次实验相关的理论知识；

(2) 阅读本教材中的实验指导，了解本次实验的目的和内容；掌握本次实验系统的工作

原理和方法；

(3) 写出预习报告,其中应包括实验系统的详细接线图、实验步骤、数据记录表格等；

(4) 熟悉实验所用的实验装置、测试仪器等；

(5) 进行实验分组,一般情况下,电力电子技术实验分组为每组 1~2 人;交、直流调速系统实验的实验小组为每组 2~3 人。

§ 1-3 实验实施

在完成理论学习、实验预习等环节后,就可进入实验实施阶段。实验时要做到以下几点:

(1) 实验开始前,指导教师要对学生的预习报告作检查,要求学生了解本次实验的目的、内容和方法,只有满足此要求后,方能允许实验开始。

(2) 指导教师对实验装置作介绍,要求学生熟悉本次实验使用的实验设备、仪器,明确这些设备的功能、使用方法。

(3) 按实验小组进行实验,实验小组成员应进行明确的分工,各人的任务应在实验进行中实行轮换,以便实验参加者能全面掌握实验技术,提高动手能力。

(4) 按预习报告上的实验系统详细线路图进行接线,一般情况下,接线次序为先主电路,后控制电路;先串联,后并联。在进行调速系统实验时,也可由 2 人同时进行主电路和控制电路的接线。

(5) 完成实验系统接线后,必须进行自查。串联回路从电源的某一端出发,按回路逐项检查各仪表、设备、负载的位置、极性是否正确;并联支路则检查其两端的连接点是否在指定的位置。距离较远的两连接端必须选用长导线直接跨接,不得用 2 根导线在实验装置上的某接线端进行过渡连接。自查完成后,须经指导教师复查后方可合闸通电,开始实验。

(6) 实验时,应按实验教材所提出的要求及步骤,逐项进行实验和操作。除作阶跃启动试验外,系统启动前,应使负载电阻值最大,给定电位器处于零位;测试点的分布应均匀;改接线路时,必须拉闸,断开电源。实验中应观察实验现象是否正常,所得数据是否合理,实验结果是否与理论相一致。

(7) 完成本次实验全部内容后,应请指导教师检查实验数据、记录的波形。经指导教师认可后方可拆除接线,整理好连接线、仪器、工具,使之物归原位。

§ 1-4 实验总结

实验的最后阶段是实验总结,即对实验数据进行整理、绘制波形和图表、分析实验现象、撰写实验报告。每个实验参与者都要独立完成一份实验报告,实验报告的编写应持严肃认真、实事求是的科学态度。如实验结果与理论有较大出入时,不得随意修改实验数据和结果,不得用凑数据的方法来向理论靠拢,而是应用理论知识来分析实验数据和结果,解释实验现象,找出引起较大误差的原因。

实验报告的一般格式如下:

(1) 实验名称、班级,实验学生姓名、同组者姓名和实验时间;

(2) 实验目的、实验线路、实验内容;

- (3) 实验设备、仪器、仪表的型号、规格、铭牌数据及实验装置编号；
- (4) 实验数据的整理、列表、计算，并列出具体的计算公式；
- (5) 画出与实验数据相对应的特性曲线及记录的波形；
- (6) 用理论知识对实验结果进行分析总结，得出明确的结论；
- (7) 对实验中出现的某些现象、遇到的问题进行分析、讨论，写出心得体会，并对实验提出自己的建议和改进措施。

第二章 DKSZ-1 电机控制系统实验装置介绍

DKSZ-1 电机控制系统实验装置是由浙江大学电机及其控制研究所和浙江大学方圆科技产业有限公司电器设备厂联合开发的一种功能齐全的大型综合性实验装置,可用来完成电力电子技术、电机控制系列课程的全部教学实验。该装置已通过浙江省科委的技术鉴定,并于 1993 年获浙江省科学技术进步奖。原全国高等工业学校电机专业教学指导委员会和工业自动化专业教学指导委员会都推荐该装置作为各自专业的优选实验设备。DKSZ-1 电机控制系统实验装置已在全国 20 多个省市、近 200 所大专院校中推广使用,促进了各高等院校有关专业的实验室建设工作。

§ 2-1 技术特性

一、特点

(1)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《电力电子技术》、《自动控制系统》(或《直流调速系统》)、《交流调速系统》、《电机控制》等课程的全部主要实验。

(2)装置占地面积小,节约实验用房,无需设置电源控制屏、电缆沟、水泥墩等,可减少基建投资。装置购买后即可投入使用,实验室建设周期短、见效快。

(3)实验机组配置齐全,容量小,耗电省。装置使用的电机经过特殊设计,其参数特性能模拟 3 kW 左右的通用实验机组,能给学生正确的感性认识。

(4)装置布局合理,外形美观,面板示意图明确、直观。电路连线采用插接方式,迅速简便。除实验控制屏、组件挂箱外,还设置有实验用台,内可放置机组、实验仪表等,并有可抽动的加长板,使实验操作舒适、方便。电机采用导轨式安装,更换机组简捷、方便。实验台底部安装有轮子,移动方便。

(5)实验线路选择典型,完全配合教学内容,满足教学大纲要求。所有交、直流调速系统均能实现正、反转切换,以便研究系统动态过程。

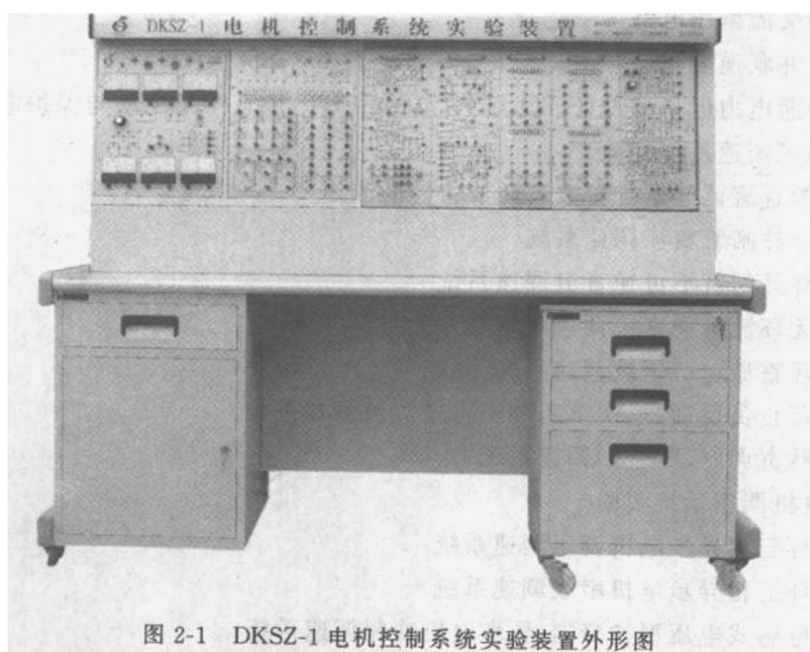
(6)控制电路全部采用模拟和数字集成芯片,可靠性强。频率显示采用 8031 单片机构成的数字式频率计,数码显示频率直观、精确、响应快,装置具有较完善的保护功能和抗干扰能力,提高了设备的运行可靠性。

(7)在正弦调制变频调速系统中,采用微机全数字控制,可进行异步调制、同步调制、混合调制等实验研究;可通过双踪示波器直观地再现正弦调制波与三角波相交产生 SPWM 波的过程。这是目前其他 PWM 调速实验装置所无法做到的,可以说是独具特色。

(8)空间电压矢量脉宽调制变频调速系统是一种最新的 PWM 生成技术,引入 SVPWM 使本实验装置能跟踪学科前沿,反映电机控制领域内的最新成果。本系统能反映 SVPWM

的生成机理,可通过示波器观察电机内部的磁通旋转轨迹;能观察到不同追踪模式下向基准磁链圆的跟踪逼近情况和电机运行中的有关电量。

图 2-1 是 DKSZ-1 电机控制系统实验装置的实物照片。



二、技术参数

- (1) 输入电源:三相四线,380 V \pm 10%,(50 \pm 1)Hz
- (2) 工作环境的条件:环境温度范围为-5~40 $^{\circ}$ C;相对湿度 $<$ 75%(25 $^{\circ}$ C);海拔 $<$ 1000 m
- (3) 装置容量: $<$ 1 kVA
- (4) 电机容量: $<$ 200 W
- (5) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=1.8 m \times 0.72 m \times 1.6 m

三、实验项目

1. 电力电子技术实验

- (1) 单结晶体管同步移相触发电路
- (2) 正弦波同步移相触发电路
- (3) 锯齿波同步移相触发电路
- (4) 单相半波可控整流电路
- (5) 单相桥式半控整流电路
- (6) 单相桥式全控整流电路
- (7) 单相有源逆变电路
- (8) 三相半波可控整流电路
- (9) 三相桥式半控整流电路
- (10) 三相桥式全控整流电路
- (11) 三相有源逆变电路

- (12)三相电压型逆变电路
- (13)直流斩波电路
- (14)单相交流调压电路
- (15)三相交流调压电路
- (16)单相并联逆变电路
- (17)自关断电力电子器件(GTO,GTR,MOSFET,IGBT)及驱动与保护电路的研究

2. 直流电机调速系统实验

- (1)晶闸管直流调速系统参数及环节特性的测定
- (2)单闭环晶闸管直流调速系统
- (3)双闭环晶闸管不可逆直流调速系统
- (4)逻辑无环流可逆直流调速系统
- (5)双闭环直流电机斩波调速系统
- (6)电流截止负反馈,速度单闭环不可逆直流调速系统
- (7)直流脉宽调制(PWM)调速系统

3. 交流电机调速系统实验

- (1)双闭环三相异步电机调压调速系统
- (2)双闭环三相异步电机串级调速系统
- (3)串联电感式电压型逆变器-异步电机变频调速系统
- (4)串联二极管式电流型逆变器-异步电机变频调速系统
- (5)串联二极管式电压型逆变器-异步电机变频调速系统
- (6)正弦脉宽调制(SPWM)变频调速系统
- (7)空间电压矢量脉宽调制(SVPWM)变频调速系统

四、配置的组件

1. 实验机组

- (1)直流电动机:185 W,220 V,1.16 A,1600 r/min
- (2)直流发电机:100 W,200 V,0.5 A,1600 r/min
- (3)绕线式异步电机:100 W,200 V(Y),0.5 A,1420 r/min
- (4)鼠笼式异步电机:100 W,220 V(Δ),0.48 A,1420 r/min
- (5)直流测速发电机:CFY 型,2400 r/min,48V \pm 10%

2. 实验组件挂箱

- (1)DK02:FBC+FA(电流反馈与过流保护)、G(给定器)、DZS(零速封锁器)、SA₁、SA₂

(二、三极双投开关)

- (2)DK03:FBS(速度变换器)、ASR(速度调节器)、AR(反号器)、ACR(电流调节器)

- (3)DK04:AVR(电压调节器)、DPT(转矩极性鉴别器)、DPZ(零电流检测器)、DLC(逻辑控制器)

- (4)DK06:GI(给定积分器)、GF(函数发生器)、DF(频率显示器)、GAB(绝对值变换器)、GVF(电压-频率变换器)、DRC(环形分配器)、DR(转向控制显示器)、ADR(微分调节器)、FBV(电压变换器)、GM-1(调制波发生器)

(5)DK07:换流电容箱(共6组,每组 $0.1\sim 7.9\ \mu\text{F}$)

(6)DK08:吸收电路、滤波电路、压敏电阻

(7)DK10:斩波器主电路、UPW-1(脉宽调制器)

(8)DK11:单结晶体管触发电路、正弦波同步移相触发电路、锯齿波同步移相触发电路

(9)DK12:单相交流调压触发电路、单相并联逆变触发电路

(10)DK14:组式变压器

(11)DK15:可调电容组(共6组,其中4组 $0.1\sim 7.9\ \mu\text{F}$,2组 $0.1\sim 10.9\ \mu\text{F}$)

(12) $1.9\ \text{k}\Omega$ 、 $0.65\ \text{A}$ 双臂滑线电阻器

(13)DK16:PWM(PWM信号发生电路)、BH(主电路过流保护电路)、GTO(GTO驱动与保护电路)、GTR(GTR驱动与保护电路)、MOSFET(MOSFET驱动与保护电路)、IGBT(IGBT驱动与保护电路)、DY(控制电源组)、LB(直流滤波电路)

(14)DK17:变频器功率电路、功率器件驱动电路、微机控制部分、采样和保护电路、电源部分

(15)DK18:各单元名称与DK17组件挂箱中的单元相同

(16)DK20:主电路及驱动电路、软启动电路、过流检测电路、PWM调制及脉冲分配电路

§ 2-2 主控制屏 DK01 介绍

一、电源部分

电源部分的面板如图 2-2 所示。在面板上布置了主电源、低压直流电源的输出端及控制开关、励磁电源输出端、交流电压表、交流电流表、转速表、直流电压表、直流电流表等。

1. 主电路电源

主电路电源由面板上部的按钮开关控制,按“闭合”按钮,则主电路电源接通,“主电路电源输出”端 A_2 、 B_2 、 C_2 带电。三相交流电源电压由左上部的交流电压表指示,并由“交流电源电压指示”开关控制而分别观测 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 三个线电压。

三相电源均配置有带氖泡指示(熔丝熔断时亮)的 $3\ \text{A}$ 保险丝。主电路电源输出端装有三相电流互感器,为电流反馈、零电流检测、过流保护等提供电流信号,其输出端 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 已通过内部连接接至 DK02 组件挂箱中电流变换器的相应输入端。

主电路电源的输出电压由“调速电源选择开关”控制:当开关置“直流调速”档时, A_2 、 B_2 、 C_2 输出线电压为 $220\ \text{V}$;当开关置“交流调速”档时, A_2 、 B_2 、 C_2 输出线电压为 $250\ \text{V}$ 。

2. 励磁电源

若开关拨向“开”,则励磁电源输出为 $220\ \text{V}$ 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 $0.5\ \text{A}$ 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. 低压直流控制电源

低压直流控制电源由面板左上角的“低压控制电源”开关控制,“低压电源输出”端有 $\pm 15\ \text{V}$ 、 $+5\ \text{V}$,两组 $+24\ \text{V}$ 低压直流控制电源。其中 $\pm 15\ \text{V}$ 电源作为控制系统的电源,其

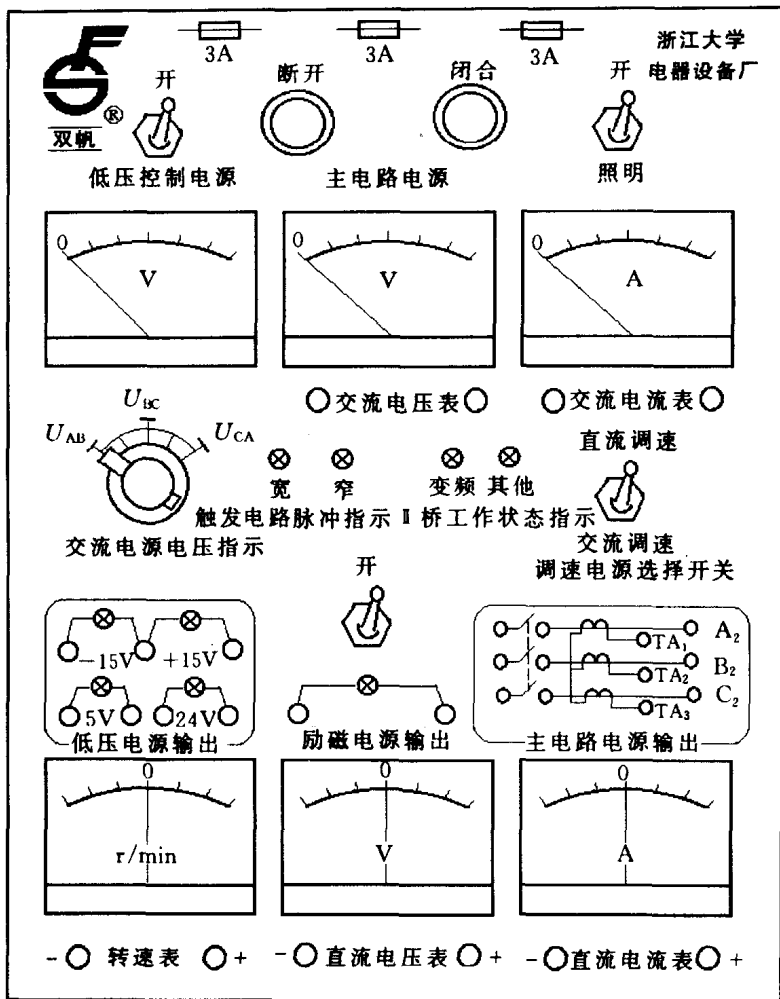


图 2-2 主控制屏电源部分面板图

中一组与 $\pm 15\text{V}$ 共地的 $+24\text{V}$ 作为脉冲功放级电源,同时连线至DK01上的五芯插座,另一组地线单独的 24V 连线至DK01左边面板上的输出插口; $+5\text{V}$ 电源为交、直流调速系统进行微机控制实验提供了条件。

4. 脉冲选择及工作状态指示

在面板中间有“触发电路脉冲指示”及“Ⅱ桥工作状态指示”。

当“触发电路脉冲指示”指示为“宽”时,晶闸管上的触发脉冲为后沿固定、前沿可变的宽脉冲链;当“触发电路脉冲指示”指示为“窄”时,晶闸管上的触发脉冲为互差为 60° 的双窄脉冲。当“Ⅱ桥工作状态指示”指示为“变频”时,Ⅱ组晶闸管上的触发脉冲来自DK06组件挂箱上环形分配器产生的逆变器触发脉冲;当“Ⅱ桥工作状态指示”指示为“其他”时,Ⅱ组晶闸管上的触发脉冲为来自GT(变流桥触发电路)板的双窄脉冲。“触发电路脉冲指示”和“Ⅱ桥工作状态指示”由控制柜内GT板和AP2(脉冲放大器)板上的钮子开关来分别控制。

5. 面板仪表

电源面板下部设置有 $\pm 2000\text{ r/min}$ 的转速表、 $\pm 300\text{ V}$ 直流电压表, $\pm 2\text{ A}$ 的直流电流

表,均为中零式,能为可逆调速系统提供转速、电压、电流指示。转速表的输入信号为测速发电机的输出信号,如实际转速与指示转速不相符,可打开控制屏后盖,调节表后部的电位器进行校正,使两者相符。面板上部有交流电压表和交流电流表,可供交流调速系统实验时使用。

二、主电路及触发电路部分

该部分面板装有 12 只晶闸管、6 只整流二极管、触发电路、脉冲功放电路及同步变压器、电抗器等,其面板如图 2-3 所示。

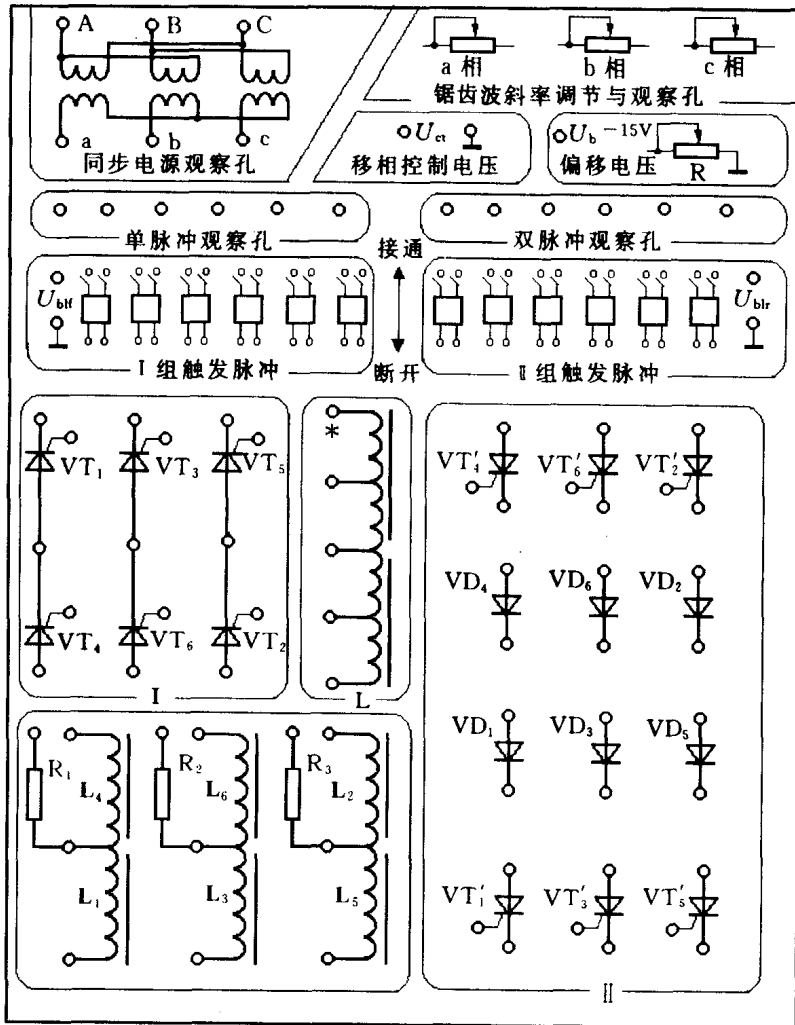


图 2-3 主控制屏主电路及触发电路部分面板图

1. 功率半导体元件

面板上有两组晶闸管变流桥。其中 $VT_1 \sim VT_6$ 为正组桥 (I 组桥), 由 KP5-8 晶闸管元件构成, 一般不可逆、可逆系统的正桥、交-直-交变频器的整流部分均使用正组元件; 由 $VT'_1 \sim VT'_6$ 组成反组桥 (II 组桥), 元件为 KP5-12 晶闸管, 可逆系统的反桥、交-直-交变频器的逆变部分使用反组元件; 同时还配置了 6 只整流二极管 $VD_1 \sim VD_6$, 可用作串联二极管

式逆变器中的二极管,也可构成不可控整流桥作为直流电源,元件的型号为KZ5-10。所有这些功率半导体元件均配置有阻容吸收、熔丝保护,电源侧、直流环节、电机侧均配置有压敏电阻或阻容吸收等过电压保护装置。

2. 同步变压器

面板上部为同步变压器,其连线已在内部接好,连接组为 $\Delta/Y-1$ 。可在“同步电源观察孔”观察同步电源的相位。

3. 电抗器

主回路中使用的平波电抗器L放置在面板的中间,共有4档电感值,分别为50 mH、100 mH、200 mH、700 mH,可根据实验需要选择电感值。

4. 触发电路

面板上有GTF正组(I组)触发脉冲装置和GTR反组(II组)触发脉冲装置,分别通过开关连至VF正组晶闸管和VR反组晶闸管的门极、阴极。开关拨向“接通”时,晶闸管上接有触发脉冲;开关拨向“断开”时,晶闸管上没有触发脉冲。正、反组的脉冲功放电路分别由 U_{blf} 和 U_{blr} 控制,将 U_{blf} 、 U_{blr} 接地,则相应的脉冲功放级开放,晶闸管上有脉冲; U_{blf} 、 U_{blr} 悬空,则相应的晶闸管无脉冲。开关上方有“单脉冲观察孔”和“双脉冲观察孔”,当“触发电路脉冲指示”为“窄”时,在此两组观察孔中观察到的分别是单脉冲和互差为 60° 的双脉冲;如“触发电路脉冲指示”为“宽”时,则观察到的是后沿固定、前沿可变的宽脉冲链。这两组观察孔一般只观察正组变流桥的触发脉冲。

面板右上角有“锯齿波斜率调节与观察孔”、“移相控制电压”和“偏移电压”。从锯齿波斜率调节观察孔中能观察到集成触发电路a、b、c三相的锯齿波,调节相应的电位器可使锯齿波斜率发生变化,a、b、c三相的锯齿波斜率应该相同。偏移电压调节电位器可调节偏移电压 U_b 的数值。移相控制电压输入端应接实验时所需的移相电压 U_{ct} 。

5. 串联电感及电阻

在面板的左下角安放着一组供串联电感式变频调速系统实验使用的电感及电阻。

§ 2-3 控制柜介绍

控制柜的左面装有主控制屏DK01,右面是组件挂箱的安装架,其下部装有5芯、9芯及14芯插座,通过连线与有关挂箱相连,其中DK06组件挂箱使用14芯插座,DK10、DK20组件挂箱使用5芯插座,DK17、DK18组件挂箱直接连220V交流电源,其余使用9芯插座。控制柜上部有照明日光灯,由主控制屏电源部分面板右上角的“照明”开关控制。

控制柜的左、右两侧均装有三相电源和单相电源插座,方便用户使用示波器等仪器。

控制柜内(即主控制屏DK01后面)装有实验装置所需的变压器、电抗器、电流互感器、阻容吸收、压敏电阻、熔断器及各种功率半导体元件。变流桥触发板(GT)、正组脉冲功放板(AP1)、反组脉冲功放板(AP2)也装在控制柜内。

一、触发装置(GT)

GT为变流桥触发电路,其原理线路如图2-4所示。

在由KC04、KC42、KC41集成触发芯片电路的基础上,增加了由CD4066、CD4069等芯

片构成的模拟开关,以控制输出触发脉冲的形式。当GT板上的钮子开关拨向“窄脉冲”时,主控制屏面板上的“触发电路脉冲指示”指示“窄”,触发电路输出三相六路互差 60° 的双窄脉冲,以实现一般的三相变流桥的触发控制;当开关拨向“宽脉冲”时,“触发电路脉冲指示”指示“宽”,触发电路输出三相六路后沿固定、前沿可变的宽脉冲链(最大脉宽接近 180°),用于三相交流调压调速时反并联晶闸管触发。

二、正、反组脉冲放大器(AP1、AP2)

由GT板或DK06组件挂箱中环形分配器产生的脉冲经脉冲功放电路后送到相应晶闸管的门极、阴极。正组脉冲功放电路(AP1)的原理图如图2-5所示。由GT板输出的 GT_1 信号经功放电路中的 VT_1 、 VT_2 晶体管放大后由脉冲变压器输出至晶闸管 VT_1 的门极和阴极。 U_{bif} 即为DK01面板上的 U_{bif} ,接地即可使 VT_2 导通,脉冲变压器输出脉冲;否则,脉冲变压器无脉冲输出。 $GT_2 \sim GT_6$ 信号的功放原理与 GT_1 完全相同。

图2-6为反组脉冲功放电路(AP2)的原理图,其功放部分与(AP1)相同,只是在其输入端加上了CD4066模拟开关,用来控制输出脉冲形式,用钮子开关来控制CD4066的开通情况。当开关拨至“变频”时,DK01面板上的“Ⅱ桥工作状态指示”指示“变频”,功放级输入为来自环形分配器的六路互差 60° 的 120° 宽脉冲链,经放大后输至逆变器的晶闸管,用以完成变频调速系统的各项实验;当开关拨至“其他”时,“Ⅱ桥工作状态指示”指示“其他”,则功放电路输入常规三相六路双窄脉冲,使反组桥作为一般的三相可控桥工作,完成双桥反并联的直流可逆调速系统等实验。