



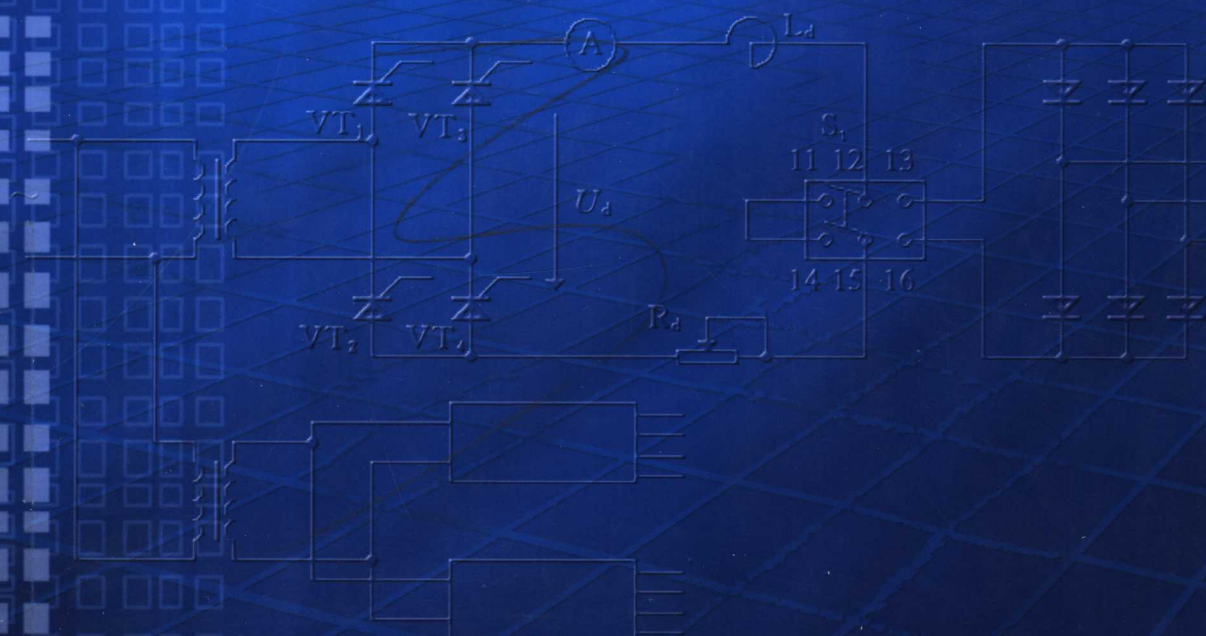
新世纪高等院校精品教材

DIANLI DIANZI JISHU

YU YUNDONG KONGZHI XITONG SHIYAN

电力电子技术 与运动控制系统实验

潘再平 唐益民 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

TM1-33/20

2008

新世纪高等院校精品教材

电力电子技术与运动控制系统 实 验

潘再平 唐益民 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

内 容 简 介

本书以 MCL 电力电子技术与运动控制系统实验装置为主线,较为详细地介绍了“电力电子技术”、“运动控制系统”、“电机控制”、“自动控制原理与系统”、“电力拖动自动控制系统”等课程的实验内容及相关的实验原理、实验装置等。

本书可供电气工程及其自动化、自动化及其他电气类、自动化类大中专学生作为“电力电子技术”、“运动控制系统”、“电机控制”、“自动控制原理与系统”、“电力拖动自动控制系统”等相关课程的实验教学用书。对从事电力电子技术、运动控制技术工作的工程技术人员也有较好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术与运动控制系统实验 / 潘再平, 唐益民
编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2008. 3
新世纪高等院校精品教材
ISBN 978-7-308-05814-8

I. 电… II. ①潘…②唐… III. ①电力电子学—实验—
高等学校—教材②运动控制—控制系统—实验—高等学
校—教材 IV. TM1-33 TP24-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 020662 号

电力电子技术与运动控制系统实验

潘再平 唐益民 编著

责任编辑 阮海潮(ruanhc@163.com)

封面设计 宋纪浔

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

<http://www.press.zju.edu.cn>)

电话: 0571-88925592, 88273066(传真)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州浙大同心教育彩印有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11

字 数 282 千

版 印 次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05814-8

定 价 19.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

前 言

本实验教程是综合了“电力电子技术”、“运动控制系统”、“电机控制”、“自动控制原理与系统”、“电力拖动自动控制系统”等课程教学大纲中的实验内容,以浙江大学电机系和浙江求是科教设备有限公司合作研制的“MCL 电力电子技术与运动控制系统实验装置”为实验设备而编写的。内容主要包括实验装置中各控制单元的介绍及实验原理,并介绍了“电力电子技术”、“电机控制”、“自动控制原理与系统”、“电力拖动自动控制系统”等课程的 40 余个相关实验的实验原理和实验方法,除保留传统实验项目外,还增加了电流控制型脉宽调制开关稳压电源研究、Buck-Boost 变换器研究、单相斩波交流调压实验、单相正弦波 (SPWM) 逆变电路实验、整流电路的有源功率因数校正实验、SPWM 变频调速系统、SVPWM 变频调速系统、采用 DSP 的磁场定向变频调速系统与直接转矩变频调速系统、采用 DSP 控制的直流方波无刷电机调速系统等实验项目。

本教程在实验内容的编排上以相关新型实验设备为主线,既反映了学科本身的系统性,也反映了本学科的最新技术成果,全面满足了上述课程实验教学大纲的要求。本教材可供工科院校电气工程及其自动化、自动化及其他电类、控制类专业的“电力电子技术”、“运动控制系统”、“电机控制”、“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。

实验环节是电力电子技术、运动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,加强学生探索、创新、开拓的精神以及培养严肃认真、实事求是的科学作风。本实验教程自成体系,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。教材在理论和实际结合的内容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。

“MCL 电力电子技术与运动控制系统实验装置”是一种依据“组件化”、“模块化”理念而设计的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、运动控制技术的发展而开发新的组件挂箱,开设新实验;各学校可根据自身需要,选择相关组件挂箱。除本教程列出的实验项目外,学生还可以此实验装置为平台,进行相应的设计研究型实验。

本教材的编写、出版得到了浙江大学出版社的大力支持,浙江求是科教设备有限公司提供了大量相关资料,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

目 录

第 1 章 电力电子技术与运动控制系统实验概述	(1)
§ 1-1 实验的特点和要求	(1)
§ 1-2 实验准备	(1)
§ 1-3 实验实施	(2)
§ 1-4 实验总结	(2)
第 2 章 MCL 现代运动控制技术实验装置介绍	(4)
§ 2-1 技术特性	(4)
§ 2-2 主控制屏介绍	(7)
§ 2-3 控制柜介绍	(10)
第 3 章 实验装置控制组件介绍	(13)
§ 3-1 MCL 主控屏	(13)
§ 3-2 电流变送器与过流过压保护	(13)
§ 3-3 逻辑无环流可逆直流调速系统组件挂箱	(14)
§ 3-4 晶体管触发电路组件挂箱	(17)
§ 3-5 单相并联逆变和晶闸管直流斩波器组件挂箱	(21)
§ 3-6 电力电子器件器件的特性及驱动电路组件挂箱	(22)
§ 3-7 电流控制型脉宽调制开关稳压电源组件挂箱	(25)
§ 3-8 电机变频调速组件挂箱	(27)
§ 3-9 直流脉宽调速组件挂箱	(28)
§ 3-10 正弦波逆变电源和单相斩波调压组件挂箱	(29)
§ 3-11 给定、零速封锁器、速度变换器、速度调节器、电流调节器组件挂箱	(30)
§ 3-12 自关断功率半导体器件实验组件挂箱	(34)
§ 3-13 正弦脉宽(SPWM)变频调速系统组件挂箱	(38)
§ 3-14 空间电压矢量脉宽调制(SVPWM)变频器实验组件挂箱	(41)
§ 3-15 双闭环可逆直流 PWM 调速系统组件挂箱	(42)
第 4 章 电力电子技术基础实验	(45)
§ 4-1 单结晶体管触发电路及单相半波可控整流电路实验	(45)
§ 4-2 正弦波同步移相触发电路实验	(48)
§ 4-3 锯齿波同步移相触发电路实验	(49)
§ 4-4 单相桥式半控整流电路实验	(51)
§ 4-5 单相桥式全控整流及有源逆变电路实验	(54)
§ 4-6 三相半波可控整流电路实验	(56)
§ 4-7 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	(58)

§ 4-8	单相并联逆变电路实验	(61)
§ 4-9	晶闸管斩波电路实验	(63)
§ 4-10	单相交流调压电路实验	(65)
§ 4-11	三相交流调压电路实验	(68)
§ 4-12	自关断器件及其驱动与保护电路实验	(70)
§ 4-13	电力晶体管(GTR)驱动电路研究	(72)
§ 4-14	电力晶体管(GTR)特性研究	(76)
§ 4-15	功率场效应晶体管(MOSFET)特性与驱动电路研究	(79)
§ 4-16	绝缘栅双极型晶体管(IGBT)特性与驱动电路研究	(83)
§ 4-17	电流控制型脉宽调制开关稳压电源研究	(86)
§ 4-18	直流斩波电路(Buck-Boost 变换器)研究	(89)
§ 4-19	单相正弦波(SPWM)逆变电源研究	(92)
§ 4-20	采用自关断器件的单相交流调压电路实验	(96)
§ 4-21	直流斩波电路的性能研究	(98)
§ 4-22	单相交直交变频电路的性能研究	(100)
§ 4-23	半桥型开关稳压电源的性能研究	(102)
§ 4-24	整流电路的有源功率因数校正研究	(104)
§ 4-25	移相控制全桥零电压开关 PWM 变换器研究	(109)
第 5 章	直流电机调速系统实验	(113)
§ 5-1	晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定	(113)
§ 5-2	单闭环晶闸管直流调速系统	(117)
§ 5-3	双闭环晶闸管不可逆直流调速系统	(121)
§ 5-4	逻辑无环流可逆直流调速系统	(125)
§ 5-5	双闭环可逆直流脉宽调速系统	(129)
§ 5-6	基于 DSP 的方波无刷直流电动机(BLDCM)调速系统	(134)
第 6 章	交流电机调速系统实验	(141)
§ 6-1	双闭环三相异步电动机调压调速系统	(141)
§ 6-2	双闭环三相异步电动机串级调速系统	(144)
§ 6-3	正弦脉宽调制(SPWM)变频调速系统	(148)
§ 6-4	空间电压矢量脉宽调制(SVPWM)变频调速系统	(152)
§ 6-5	基于 DSP 的矢量变换控制与直接转矩控制变频调速系统	(155)
§ 6-6	单相交直交变频调速系统	(159)
附 录	实验报告实例	(161)
实例一	单相桥式半控整流电路实验报告	(161)
实例二	正弦脉宽调制(SPWM)变频调速系统实验报告	(164)
参考文献		(170)

第1章 电力电子技术与运动控制系统实验概述

“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”、“运动控制系统”、“电力拖动自动控制系统”等课程是这些专业重要的专业课,上述课程涉及电气、电子、控制、计算机等领域,而实验环节是这些课程的重要组成部分,通过实验,可以帮助加深对理论的理解,培养和提高实践动手能力、分析和解决问题的独立工作能力。

§ 1-1 实验的特点和要求

电力电子技术与机电运动控制系统实验的内容多,实验系统也比较复杂,系统性较强。电力电子技术与机电运动控制系统实验是上述课程理论教学的重要补充和继续,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的各种问题,提高动手能力;同时通过实验来验证理论,促使理论和实践相结合,使认识不断提高、深化。具体说,学生在完成指定的实验后,应具有以下能力:

(1)掌握电力电子装置的主电路、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。

(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40余个电力电子技术、机电运动控制类实验项目。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、各类驱动触发电路、单相交流调压电路、自关断电力电子器件的驱动与保护电路、交直交变频电路的性能研究、开关稳压电源的性能研究等实验;机电运动控制系统实验可选择双闭环晶闸管不可逆直流调速系统、直流脉宽可逆调速系统、双闭环三相异步电动机调压调速系统、正弦波脉宽调制(SPWM)变频调速系统、基于DSP的矢量变换控制与直接转矩控制变频调速系统等实验。

§ 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,达不到实验要求,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) 阅读实验教程中的实验指导,了解本次实验的目的和内容;掌握本次实验的工作原理和方法。

(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,电力电子技术实验小组为每组 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 etc 是否正确;并联支路则检查其两端的连接点是否在正确的位置。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,经指导教师同意后,方可合闸通电,开始实验。

(6) 实验时,应按实验教程所提出的要求及步骤,逐项进行实验和操作。除做阶跃起动试验外,系统起动前,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,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。每个实验参与者均应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,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、姓名、同组者姓名、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,并列出计算所用的计算公式。

(5)绘制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2章 MCL 现代运动控制技术实验装置介绍

MCL 现代运动控制技术实验装置是由浙江大学电机系和浙江求是科教设备有限公司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”、“电气控制技术”、“运动控制系统”、“自动控制原理与系统”系列课程的全部教学实验。

§ 2-1 技术特性

一、特点

(1)采用模块化、组件化结构,可根据不同内容进行组合,故结构紧凑,使用方便灵活,并且可随着功能的扩展只需增加组件即可,能在一套装置上完成“电力电子技术”、“电气控制技术”、“运动控制系统”、“自动控制原理与系统”等课程的主要实验。

(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 3kW 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,学生可通过面板的示意查寻故障,分析工作原理。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)实验线路典型,配合教学内容,满足教学大纲要求。控制电路全部采用模拟和数字集成芯片,可靠性高,维修、检测方便。

(6)装置具有较完善的过流、过压等保护功能,提高了设备的运行可靠性和抗干扰能力。

(7)面板上有多只发光二极管指示每一个脉冲的有无和熔断器的通断。触发脉冲可外加,也可采用内部的脉冲触发晶闸管,并可模拟整流缺相和逆变颠覆等故障现象。

(8)空间电压矢量脉宽调制变频调速装置能反映 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。

二、技术参数

(1)输入电源:三相四线 $\sim 380\text{V} \pm 10\%$, $(50 \pm 1)\text{Hz}$

(2)工作条件:环境温度: $-5 \sim 40^\circ\text{C}$;相对湿度: $< 75\%$ (25°C);海拔: $< 1000\text{m}$

(3)装置容量: $< 1\text{kVA}$

(4)电机容量: $< 200\text{W}$

(5)外形尺寸:长 2300mm $\times$ 宽 800mm

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及单相半波可控整流电路
- (2) 正弦波同步移相触发电路及单相半波可控整流电路
- (3) 锯齿波同步移相触发电路
- (4) 单相桥式半控整流电路
- (5) 单相桥式全控整流、有源逆变电路
- (6) 三相半波可控整流、有源逆变电路
- (7) 三相桥式半控整流电路
- (8) 三相桥式全控整流、有源逆变电路
- (9) 晶闸管斩波电路
- (10) 单相并联逆变电路
- (11) 单相交流调压电路
- (12) 三相交流调压电路
- (13) 功率场效应晶体管(MOSFET)的主要参数测量
- (14) 功率场效应晶体管(MOSFET)的驱动电路研究
- (15) 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)特性及其驱动电路的研究
- (16) 电力晶体管(GTR)驱动电路的研究
- (17) 电力晶体管(GTR)的特性研究
- (18) 门极可关断晶闸管(GTO)及驱动与保护电路的研究
- (19) 直流斩波电路(升压斩波、降压斩波)的性能研究
- (20) 单相交直交变频电路的性能研究
- (21) 半桥型开关稳压电源的性能研究
- (22) 电流控制型脉宽调制开关稳压电源研究
- (23) 直流变换电路(Buck-Boost 变换器)研究
- (24) 采用自关断器件的单相交流调压实验
- (25) 单相正弦波(SPWM)逆变电路实验
- (26) 整流电路的有源功率因数校正实验
- (27) 全桥零电压开关 PWM 变换器实验

2. 直流调速实验

- (1) 晶闸管直流调速系统参数和环节特性的测定
- (2) 晶闸管直流调速主要单元调试
- (3) 不可逆单闭环直流调速系统静特性的研究
- (4) 双闭环晶闸管不可逆直流调速系统
- (5) 逻辑无环流可逆直流调速系统
- (6) 双闭环控制的直流脉宽(PWM)调速系统

3. 交流调速实验

- (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) 正弦脉宽调制 (SPWM) 变频调速系统
- (4) 空间电压矢量脉宽调制 (SVPWM) 变频调速系统
- (5) 采用 DSP 的磁场定向变频调速系统与直接转矩变频调速系统
- (6) 采用 DSP 控制的直流方波无刷电机调速系统
- (7) 微机控制的脉宽调制 SPWM 变频调速系统

四、组件配置

1. 实验机组

- (1) 直流电动机: $P_N = 185\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 1.1\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$
- (2) 绕线式异步电机: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 0.55\text{A}$, $n = 1350\text{r/min}$
- (3) 直流复励发电机: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 200\text{V}$, $I_N = 0.5\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$
- (4) 三相笼型异步电动机: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 0.48\text{A}$, $n = 1400\text{r/min}$
- (5) 直流方波无刷电机: $P_N = 40\text{W}$, $U_N = 36\text{V}$, $I_N = 1.3\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$

2. 实验挂箱

(1) MCL 现代运动控制技术实验台主控屏: I 组晶闸管、II 组晶闸管、二极管三相整流桥、脉冲触发电路、电流互感器、电压互感器、过流保护、电流反馈、平波电抗器、RC 阻容吸收、三相芯式变压器

(2) 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)、AR(反号器)实验挂箱

(3) 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实验挂箱

(4) 单相并联逆变器及直流斩波器实验挂箱

(5) IGBT、VDMOS、GTR 电力电子器件实验挂箱

(6) 直流斩波开关稳压电源实验挂箱

(7) 直流脉宽调速系统实验挂箱

(8) 三相正弦波 (SPWM) 逆变电源及单相交流调压实验挂箱

(9) 采用 DSP 控制的变频调速实验挂箱

(10) DSP 控制的高性能直流方波无刷电机调速实验挂箱

(11) 整流电路的有源功率因数校正实验挂箱

(12) 直流斩波电路、单相交直交变频电路、半桥型开关稳压电源实验挂箱

(13) 软开关技术实验挂箱

(14) 速度变换器、转速调节器、电流调节器、电流互感器、电压互感器、过流保护、给定、电流反馈组件挂箱

(15) 电容组件挂箱

§ 2-2 主控制屏介绍

一、电源部分

电源部分的面板如图 2-1 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。

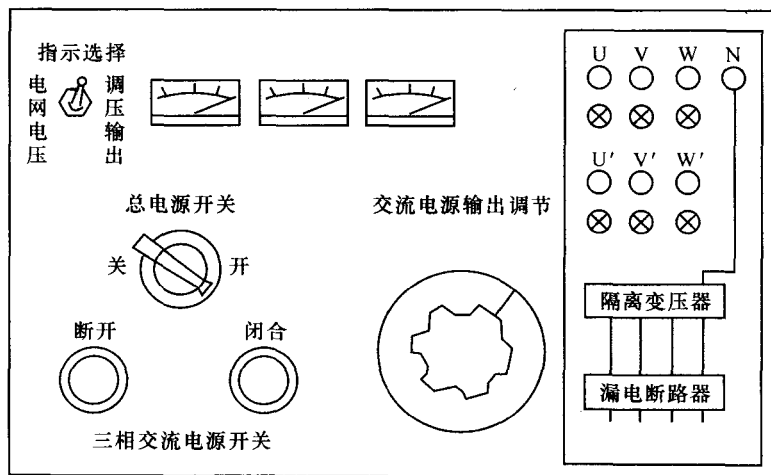


图 2-1 主控制屏主电源开关及仪表部分面板图

1. 主电路电源

主电路电源由电网三相 380V 电压经过漏电断路器、三相隔离变压器、 U' 、 V' 、 W' 输出，再经过自耦调压器调节输出电压 U 、 V 、 W 。主电源由面板下部的钥匙开关控制，打开钥匙开关，该实验装置低压控制电源同时打开。按“闭合”按钮，则主电路电源接通，根据需要用自耦调压器调节输出电压 U 、 V 、 W 。三相交流电源电压交流电压表指示，由左上部的“指示选择”开关控制而分别观测“电网电压”与“调压输出” U_{UV} 、 U_{VW} 、 U_{WU} 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 3A 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 已通过内部连线接至主控制屏中电流变换器的相应输入端。

2. 励磁电源

开关拨向“开”，则励磁电源输出为 220V 的直流电压，开关并带有发光管指示电源是否正常，励磁电源由 0.5A 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

打开主控屏总电源钥匙开关，三相电源不用合闸(红灯亮)，该实验装置就有 $\pm 15V$ ， $+5V$ ， $+24V$ 低压直流控制电源输出。其中， $\pm 15V$ 电源作为控制系统的电源， $+5V$ 电源为交、直流调速系统微机控制实验提供了直流电源。

4. 面板仪表

主控制屏仪表部分面板图如图 2-2 所示。该部分面板装有：3A 交流功率表 2 只，1A 交

流电流表 1 只, 500V 交流电压表 2 只, 450V 交流电压表 3 只, 300V 交流电压表 1 只, 300V 直流电压表 1 只, 20mV~2A、2A~5A 直流电流表 1 只各 1 只, 转速表 1 只, 转矩显示表 1 只。

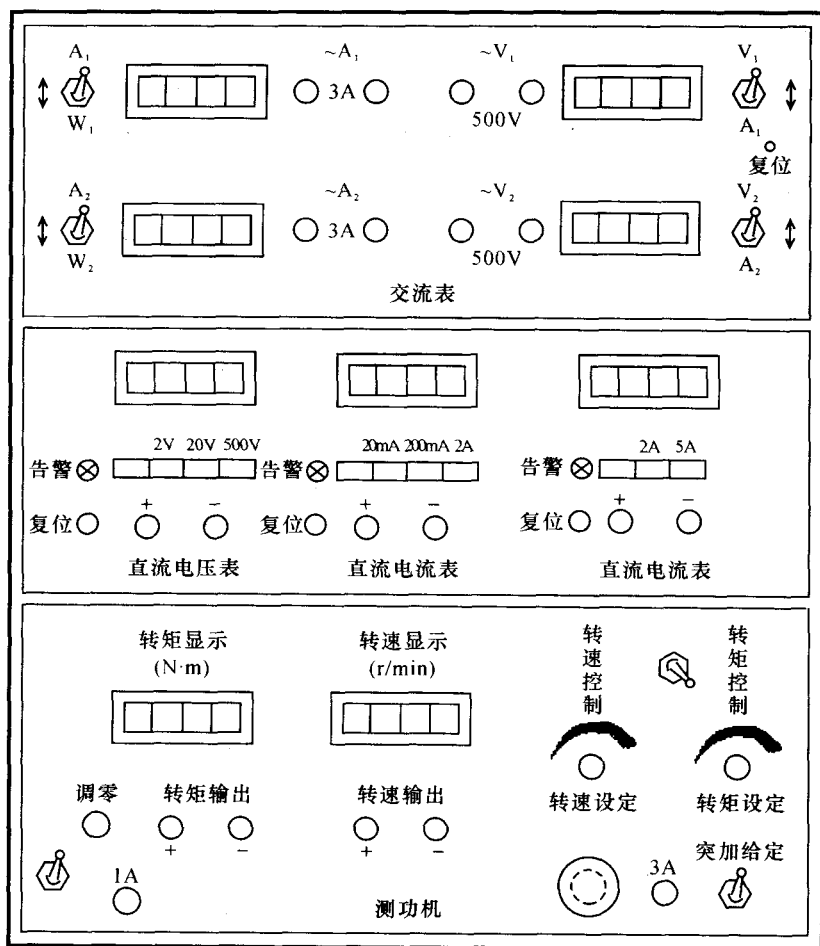


图 2-2 主控制屏仪表部分面板图

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。

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 $VD_1 \sim VD_6$ 六只整流二极管, 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

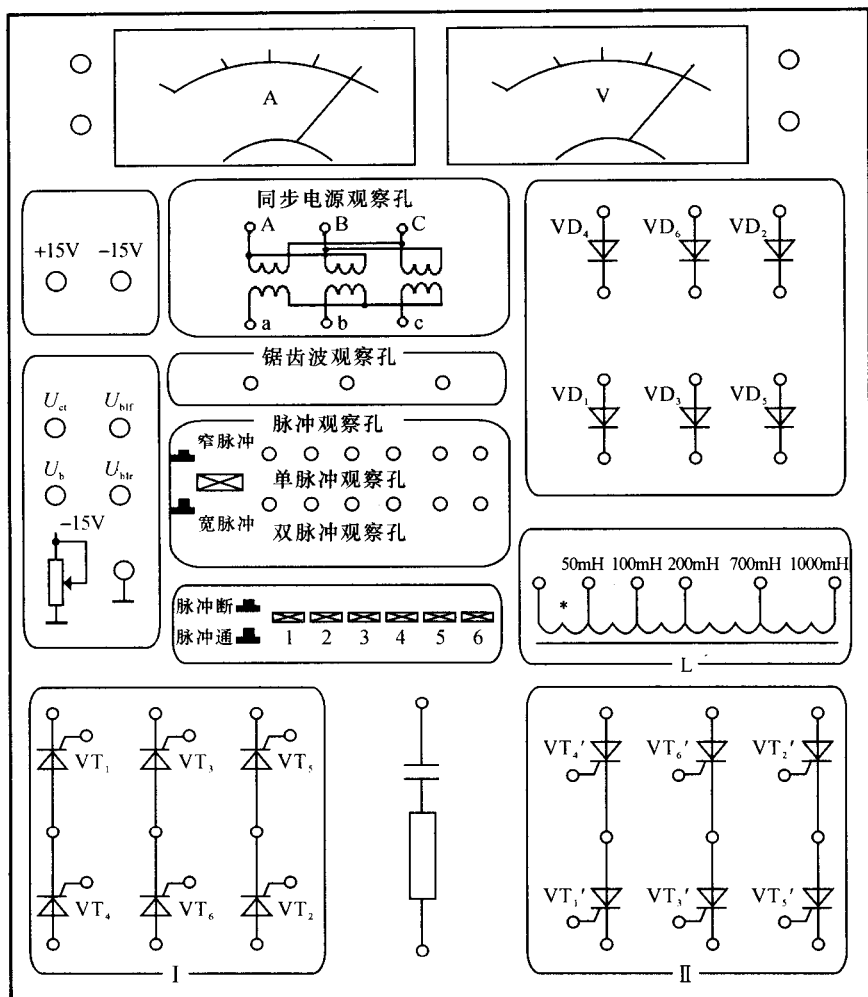


图 2-3 主控制屏主电路及触发电路部分面板图

或阻容吸收等过电压保护措施。

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 5 档电感值,分别为 50mH、100mH、200mH、700mH、1000mH,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。按键开关按下时,晶闸管上没有触发脉冲;按键开关弹回时,晶闸管上接有触发脉冲。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”,当按键开关按下时,在

此两组观察孔观察到的分别是单脉冲和互差为 60° 的双脉冲;而当按键开关弹回时,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。

面板中间有“锯齿波观察孔”,从锯齿波观察孔中能观察到集成触发电路 A、B、C 三相的锯齿波。面板左侧的 U_a 为移相控制电压的输入端; U_b 为偏移电压的输入端。

5. 串联电阻电容

在面板的下方安放着一组供调速系统吸收回路实验使用的电阻电容。

§ 2-3 控制柜介绍

控制柜的左面装有主控制屏,右面是组件挂箱的安装架,其下部装有插座,通过连线与有关挂箱相连,控制柜上部有照明日光灯,由主控制台左侧面下方的开关控制。

控制柜的左、右两侧均装有三相电源和单相电源插座,单相电源插座电源来自电源隔离变压器,方便用户使用示波器、计算机等仪器的安全措施。

控制柜内(即主控制屏后面)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。

控制柜背后装备有导线架,便于整理、安放导线。

一、GT(触发装置)

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 板上的按键开关拨向“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、AP1、AP2(正、反脉冲放大器)

由 GT 板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_{bf} 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,其功放部分与 AP1 相同, U_{bf} 接地即可使反组脉冲功放电路输出脉冲。

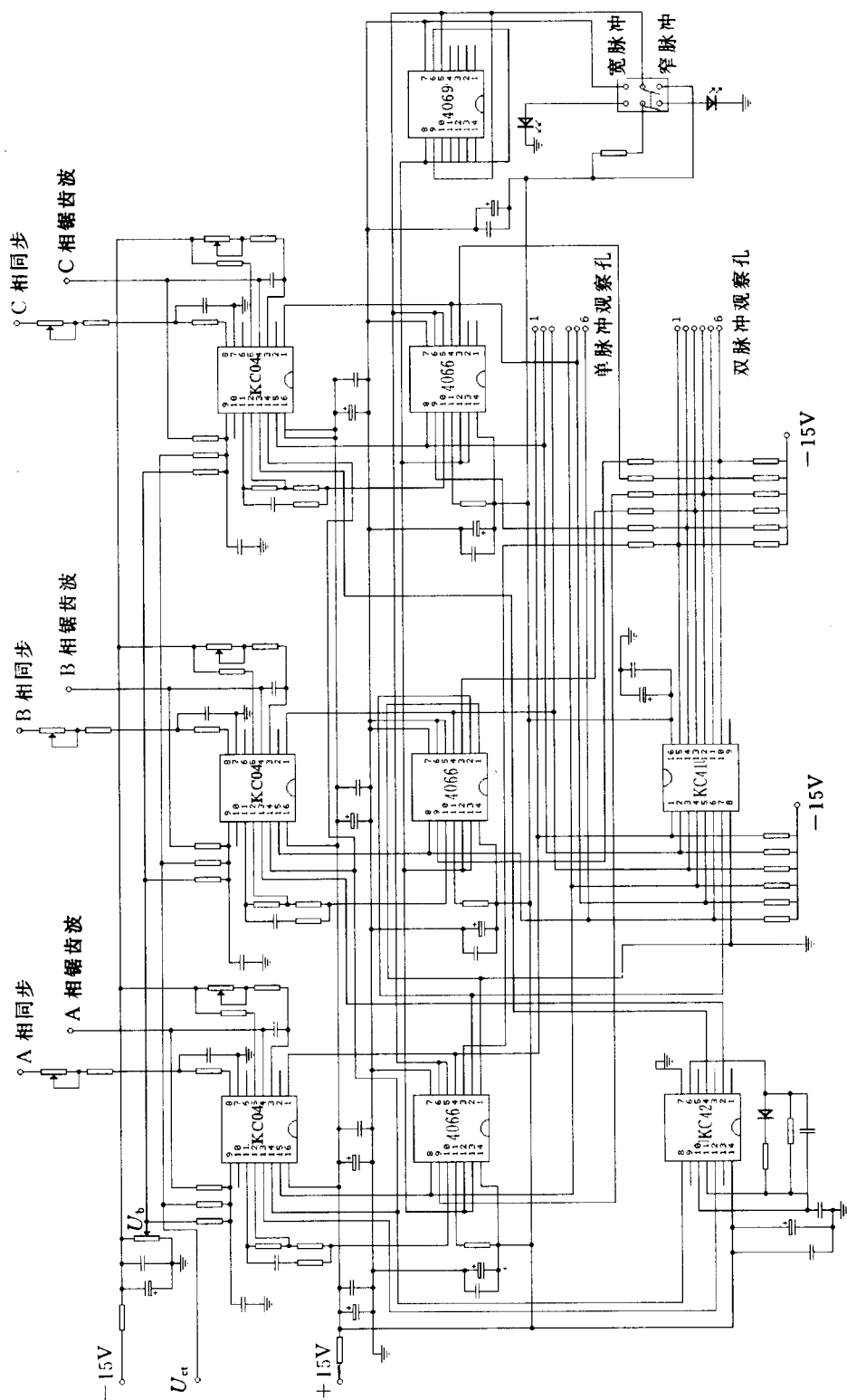


图 2-4 交流桥触发电路原理图