

第 1 章 实验概述

电力电子技术是自动化专业、电气工程及自动化专业的电子技术基础课程之一,电机与拖动、电机学、电力拖动自动控制系统、运动控制系统等课程是这些专业重要的专业课或专业基础课,上述课程涉及电气、电子、控制、计算机等领域,而实验教学是这些专业课程的重要组成部分。本运动控制系统实验教程涵盖了电力电子技术基础、电机学和电力拖动自动控制系统——运动控制系统的基本知识,自成体系,便于实验教学,并通过实验教学帮助加深对基本理论的理解,综合相关知识,进行设计型综合实验甚至研究型实验项目,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 实验要求

电力电子技术、电机学、电力拖动自动控制系统、运动控制系统的实验教学内容繁多,实验系统比较复杂,系统性较强,特别是运动控制系统专题实验教学是上述课程理论教学的重要补充、继续和深化。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基础理论及基本知识去分析和解决实际系统中出现的各种问题,去发现新现象、新规律,并能提高动手能力,进行综合型和设计型实验,最终达到实验性研究的目的;同时,通过实验来加深理解理论,促使理论和实践相结合,使认识不断提高、深化。具体地说,学生在完成本实验教学之后可以具有以下能力:

(1)掌握电力电子器件的主电路、驱动电路的构成及调试方法,以及设计和应用这些电路的方法。

(2)掌握直流、交流、伺服电机的主要结构、工作原理及技术参数的测定方法。

(3)掌握交流、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。

(4)熟悉设计交流、直流电机调速系统的具体实验线路。

(5)熟悉实验装置、测试仪器的基本构造、性能和使用方法。

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

(7)能够综合实验数据,分析实验现象,编写实验报告,完成实验思考题。

本实验教程介绍了 45 个电力电子技术、电机学和运动控制系统的实验项目。电力电子技术实验可优先选做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、功率器件(GTR、GTO、MOSFET、IGBT)开关特性实验、交-直-交变频电路的性能研究等实验;电机学基础实验可选做直流、交流、伺服电机的基本特性实验;运动控制系统实验可选做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、DSP 控制的方波无刷直流电机(BLDCM)调速系统、微机控制交流调速系统、双闭环三相异步电机调压调速系统、双闭环三相异步电机串级调速系统、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

实验准备即实验的预习阶段,是保证实验教学顺利进行的必要环节。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中不能准确掌握实验的基本原理,浪费时间,达不到实验要求,甚至损坏实验装置。因此,实验前应做到以下几点:

(1)复习理论课程中与实验有关的基本内容,熟悉与本次实验相关的理论知识。

(2)阅读实验教程或实验指导,了解本次实验的目的和内容,掌握本次实验的实验原理和实验方法。

(3)写出预习报告,其中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、显示仪表等。

(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,交流、直流调速系统实验小组和伺服调速系统实验小组为每组 2~3 人。

1.3 实验实施

在完成理论学习、实验预习等环节后,便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做检查,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做介绍,要求学生熟悉本次实验使用的实验设备、测试仪器、显示仪表,明确这些设备的基本功能和使用方法。

(3)按实验小组进行实验。实验小组成员应进行明确的分工,每个人的任务应在实验进行中实行轮换,以使所有实验参加者能全面掌握实验技术,提高动手能力,并能分析各种实现现象,发现实验中出现的問題。

(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,也可以由2人同时进行主电路和控制电路的接线。

(5)在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、挂箱模块、负载的位置、极性等是否正确;并联支路则检查其两端的连接点是否正确。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。除做阶跃起动实验外,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,必须断开主电路电源。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、工具等,使之物归原位。

1.4 实验分析

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,分析实验现象和实验中出现的各种问题,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。如果实验结果与理论有较大出入,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真正原因。

实验报告的基本内容如下:

- (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、列表、计算,并列出计算所用的公式;
- (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和总结,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 实验装置

2.1 概述

NMCL-Ⅲ型电力电子及运动控制实验教学装置(见图2-1)是由浙江大学电气学院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、电机学、电力拖动自动控制系统、运动控制系统等系列课程的全部教学实验,并可单独开设运动控制系统专题实验。

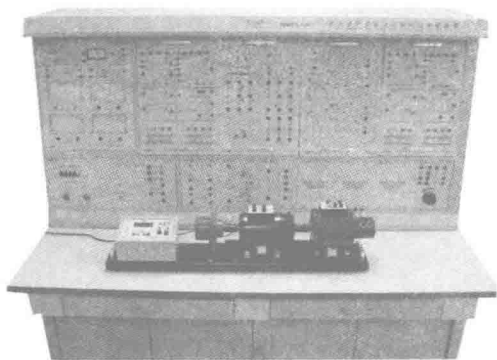


图2-1 NMCL-Ⅲ型电力电子及运动控制实验教学装置外观图

2.2 实验装置的主要特点

NMCL-Ⅲ型实验装置的主要特点如下:

(1)采用固定式模块(测量仪表、交直流电源、质量较重的模块采用固定式结构)和挂箱式模块相结合的独特结构设计,既具有常用模块的不变性,又具有不同模块的自由组合性,可以完成众多不同实验,具有较强的灵活性和可扩展性;可以减少指导教师实验前的准备工作强度。而目前市场上大多采用全挂箱式模块,每次更换实验挂箱时,需要更换多个实验箱,指导教师和学生的劳动强度较大,学生

的实验操作也较为复杂。

(2)该实验装置在完成传统的实验项目的同时,突出对现代电力电子技术、电机学的最新成果和现代运动控制系统专题实验的综合设计与实验研究。实验装置可分成三大部分:器件的研究、线路的研究和系统的研究。

①器件的研究:主要是对 GTR、GTO、MOSFET、IGBT 的开关特性及其驱动电路、控制电路、缓冲和保护电路进行研究。可通过改变不同的参数来研究器件的特性,具有综合设计的研究价值;而采用驱动电路直接连接至电力电子器件上,只具备验证性,无研究可言。

②线路的研究:主要有 Buck-Boost 电路、开关电源、单相交流调压电路、全桥 DC/DC 变换、软开关、整流电路的有源功率因数提高等。

③系统的研究:主要有直流脉宽调速系统(采用 MOSFET 或 IGBT)、交流变频调速系统(功率器件采用 IPM 智能功率模块)、伺服调速系统。

学生通过完成以上实验,能对各种器件在不同场合的应用有一个深刻的了解,对目前流行的各种线路均能熟练掌握,直至能够独立地设计各种线路和电路系统。

(3)实验装置设置了完善的人身安全和设备安全保护功能。设备交流电源的输出设计了过流保护功能,并在各触发脉冲观察孔端设有高压保护电路,功率器件设有安全保护线路。为了不使强电信号混入弱电电路中,采用了三种不同种类的实验导线,使学生接线时高低压线路不会插错,从而避免低压电路的损坏。

(4)实验电机:采用的实验电机功率在 100~300 W 之间,均经过特殊设计,其参数和特性可模拟中小型电机。

实验教学平台的总体结构由仪表屏、电源控制屏、实验挂箱区、下组件区和实验桌组成。

仪表屏:提供实验时需要的仪表,根据用户的需要配置指针式和数字式表。

电源控制屏:对整个实验台的电源进行控制,并通过隔离变压器保障三相交流电源。

实验桌:桌内可放置各种组件及电机,桌面上放置电机导轨。

实验挂箱区:放置实验时所需的功能组件——实验挂箱。这些组件在实验台上可任意移动。组件内容可以根据实验要求进行搭配。

下组件区:主要放置实验时经常需要的直流电源以及变压器、电抗器、电阻盘等。

2.3 实验装置及电机的技术参数

1. 实验装置及技术参数

- (1) 整机容量: $<1.5 \text{ kV} \cdot \text{A}$ 。
- (2) 工作电源: $3 \text{ N}/380 \text{ V}/50 \text{ Hz}/3 \text{ A}$ 。
- (3) 尺寸: $162 \text{ cm} \times 75 \text{ cm} \times 160 \text{ cm}$ 。
- (4) 质量: $<150 \text{ kg}$ 。

2. 实验电机及技术参数

(1) M01 型直流复励发电机的技术参数: $P_N=100 \text{ W}$, $U_N=200 \text{ V}$, $I_N=0.5 \text{ A}$, $n_N=1600 \text{ r/min}$ 。

(2) M03 型直流并励电机的技术参数: $P_N=185 \text{ W}$, $U_N=220 \text{ V}$, $I_N=1.1 \text{ A}$, $n_N=1600 \text{ r/min}$ 。

(3) M04A 型三相鼠笼型异步电机的技术参数: $P_N=100 \text{ W}$, $U_N=220 \text{ V}(\triangle)$, $I_N=0.48 \text{ A}$, $n_N=1420 \text{ r/min}$ 。

(4) M09 型三相绕线式异步电机的技术参数: $P_N=100 \text{ W}$, $U_N=220 \text{ V}(Y)$, $I_N=0.55 \text{ A}$, $n_N=1420 \text{ r/min}$ 。

(5) M15 型直流无刷伺服电机的技术参数: $P_N=40 \text{ W}$, $U_N=36 \text{ V}(Y)$, $I_N=1.3 \text{ A}$, $n_N=1500 \text{ r/min}$ 。

(6) M21D 交流伺服电机的技术参数: $U_N=220 \text{ V}$, $I_N=3 \text{ A}$, $n_N=3000 \text{ r/min}$, $T_R=0.95 \text{ N} \cdot \text{m}$, $P_N=300 \text{ W}$ 。

NMEL-30 交流伺服电机控制系统中永磁交流伺服电机驱动器主要技术参数:

- ① AC220V 电源供电;
- ② 控制模式: 位置/速度/转矩;
- ③ 编码器形式: 增量型;
- ④ 可记忆 10 组错误历史;
- ⑤ RS232 串行口。

(7) 电机导轨、光电码盘和转速表: 导轨可放置各种实验电机, 并保持上下、左右同心度偏差小于或等于 $\pm 0.05 \text{ mm}$, 通过橡皮连轴头和编码器连接, 并用底脚固定螺丝固定电机。导轨上装有 0.5 级转速表指示电机正转、反转转速。采用特制的低纹波系数编码器, 可克服传统的测速发电机引起的不对称性以及非线性, 提高测量精度, 以保证闭环系统的稳定。提供 6 位数字转速表, 精度为 0.5 级。

2.4 实验装置的挂箱配置

实验装置的挂箱配置见表 2-1。

表 2-1 实验装置的挂箱或组件配置一览表

序号	型号	挂箱或组件名称	备注
1	NMCL-32	电源控制屏	
2	NMCL-31	低压控制电路及仪表	
3	NMCL-05E	触发电路	
4	NMCL-05F	KC08 过零触发器	
5	NMCL-03	可调电阻	
6	NMCL-331	平波电抗器(含阻容吸收电路)	
7	NMCL-35	三相变压器	
8	NMCL-33	触发电路和晶闸管主回路	
9	NMCL-22	现代电力电子电路和直流脉宽调速	
10	NMCL-18	直流调速控制单元	
11	NMCL-07C	功率器件(IGBT、MOSFET、GTR、GTO)	
12	NMCL-09A	微机控制脉宽调制(SPWM)变频调速系统	
13	NMCL-13B	基于 DSP(TMS320F2812)的研究型变频调速系统	
14	NMCL-14A	DSP 控制的高性能直流无刷电机调速实验系统	
15	应用软件	直流无刷电机调速系统和伺服系统软件(含控制、波形采集)	
16	电机导轨	电机固定导轨及转速计显示器	
17	M01	复励直流发电机	
18	M03	直流他励电机/并励电机	
19	M15	直流无刷伺服电机	
20	M04A	三相鼠笼式异步电机及光电编码盘(2 048 脉冲/转)	
21	M09	三相绕线式异步电机	
22	XDS-510	DSP 仿真器(USB2.0,与 NMCL-13B 共用)	
23	运动控制卡	PCI 板卡(Matlab/Simulink 实时控制模块库)	
24	NMEL-30	直流伺服电机控制系统	
25	M30	直流伺服电机	
26	NMEL-21D	交流伺服电机控制系统	
27	M21D	交流伺服电机	

2.5 实验装置的安全与保护

1. 设备的人身安全保护

(1)三相隔离变压器的浮地保护,将实验用电与电网完全隔离,对人身安全起到有效的保护作用。

(2)三相电源输入端设有电流型漏电保护器,设备的漏电流大于 30 mA 即可断开开关,符合国家标准对低压电器安全的要求。

(3)三相隔离变压器的输出端设有电压型漏电保护,一旦实验台有漏电压,将会自动保护跳闸。

(4)强电实验导线采用全塑封闭型手枪式导线,导线内部为无氧铜抽丝而成发丝般细的多股线,质地柔软,护套用粗线径、防硬化化学制品制成,插头采用实芯铜质件,避免操作者触摸到金属部分而引起的双手带电操作触电的可能。

2. 设备的安全保护体系

(1)三相交流电源输出设有电子线路和保险丝双重过流及短路保护功能,其输出电流大于 3 A 即可断开电源,并告警指示。

(2)晶闸管的门极、阴极和各触发电路的观察孔设有高压保护功能,避免操作者误接线。

(3)实验台采用三种实验导线,相互间不能互插,强电采用全塑型封闭安全实验导线,弱电采用金属裸露实验导线(其铜质实芯直径大于强电导线),观察孔采用 2[#] 实验导线,避免操作者误操作将强电接到弱电的可能。

(4)实验台交直流电源设有过流保护功能。

3. 电源控制屏的上电操作方法

(1)推上空气开关(具有断路漏电保护功能),此时红色按钮即断开指示灯点亮。电源控制屏上所有单相电源有交流 220 V 电压,控制交流、直流仪表的电源和实验台上的所有挂箱电源均通电。

(2)按下绿色按钮,则闭合指示灯点亮,听到继电器吸合声,红色按钮即断开指示灯熄灭,三相交流电源和直流高压电源通电。

(3)各类实验均可按照本实验教程的要求完成。

(4)如果不需要用三相交流电输出、直流高压电源,可不必按下绿色闭合按钮。

4. 电源控制屏的断电操作方法

(1)按下红色按钮,则断开指示灯点亮,将所有实验挂箱及仪表显示器的电源开关拨向“OFF”。

(2)断开漏电保护器。

5. 注意事项

(1)如果设备的问题需要检查或更换保险丝,必须断电操作。若有保险丝烧坏,可用同规格保险丝更换,但保险丝不可增大或减小容量。

(2)电阻盘转动不要用力过猛,以免损坏电阻盘。

(3)使用变压器时不应超负荷运行。

(4)挂箱搬动需轻拿轻放,以免损坏挂件。

(5)用烙铁时需用电烙铁架,不应直接放于实验桌上,以免烧坏实验桌及其他设备。

(6)双踪示波器有两个探头,可以同时测量两个信号,但这两个探头的地线都与示波器的外壳相连接,所以两个探头的地线不能同时接在某一电路的不同两点上,否则将使这两点通过示波器发生电气短路。为此,在实验中可将其中一根探头的地线取下或外包以绝缘,只使用其中一根地线。当需要同时观察两个信号时,必须在电路上找到这两个被测信号的公共点,将探头的地线接上,两个探头各接至信号处,即能在示波器上同时观察到两个信号,而不致发生意外。

2.6 实验装置的实验项目

1. 电力电子技术(半控型晶闸管特性部分)

- (1)单结晶体管触发电路;
- (2)正弦波同步移相触发电路实验;
- (3)锯齿波同步移相触发电路实验;
- (4)单相半波可控整流电路实验;
- (5)单相桥式半控整流电路实验;
- (6)单相桥式全控整流;
- (7)单相桥式全控有源逆变电路实验;
- (8)三相半波可控整流电路实验;
- (9)三相桥式半控整流电路实验;
- (10)三相半波有源逆变电路实验;
- (11)三相桥式全控整流及有源逆变电路实验;
- (12)单相交流调压电路实验;
- (13)单相交流调功电路实验;
- (14)三相交流调压电路实验。

2. 电力电子技术(全控型器件典型线路部分)

- (1) 可关断晶闸管(GTO)特性实验;
- (2) 功率场效应管(MOSFET)特性实验;
- (3) 电力晶体管(GTR)特性实验;
- (4) 绝缘双极型晶体管(IGBT)特性实验;
- (5) 直流斩波电路的性能研究;
- (6) 单相交-直-交变频电路的性能研究;
- (7) 采用自关断器件的单相交流调压实验研究;
- (8) 全桥 DC/DC 变换电路实验研究。

3. 电机学基础实验

- (1) 直流并励电机特性实验;
- (2) 直流串励电机基础实验;
- (3) 直流他励电机的机械特性测试;
- (4) 直流发电机特性实验;
- (5) 三相鼠笼异步电机的工作特性;
- (6) 三相异步电机的起动与调速;
- (7) 异步电机的单相电容起动;
- (8) 三相同步电机工作特性实验;
- (9) 三相同步电机参数的测定。

4. 直流调速系统实验

- (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控制单元调试;
- (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) 双闭环可逆的直流脉宽调速系统。

5. 变频原理实验

- (1) 三相正弦波脉宽调制(SPWM)变频原理同步调制实验;
- (2) 三相正弦波脉宽调制(SPWM)变频原理异步调制实验;
- (3) 三相正弦波脉宽调制(SPWM)变频原理混合调制实验;
- (4) 三相电压空间矢量脉宽调制(SVPWM)变频原理同步调制实验;
- (5) 三相正弦波脉宽调制(SPWM)变频原理异步调制实验;
- (6) 三相正弦波脉宽调制(SPWM)变频原理混合调制实验;

(7)不同的变频模式下磁通轨迹测试与实验分析。

6. 交流调速系统实验

- (1)双闭环三相异步电机调压调速系统实验;
- (2)双闭环三相异步电机串级调速系统实验;
- (3)采用 DSP 控制的直流方波无刷电机调速系统。

7. 研究型交流变频实验系统

- (1)采用 SPWM 调制方式下调速系统的实验研究;
- (2)采用电压空间矢量脉宽调制(SVPWM)方式下调速系统的实验研究;
- (3)采用磁场定向控制(FOC)的高性能变频调速实验;
- (4)采用直接转矩控制(DTC)的高性能变频调速实验;
- (5)基于上述不同控制方式的感应电机变频调速系统比较研究。

8. 伺服调速系统实验研究

- (1)直流伺服调速系统;
- (2)交流伺服调速系统;
- (3)基于 DSP 的同步电机伺服调速实验。

2.7 主要实验挂箱的使用说明

2.7.1 电源控制屏

合上空气开关(具有断路漏电保护功能,是实验台总电源开关),红色按钮即断开指示灯点亮,此时电源控制屏的隔离变压器单相电源插孔均有 220 V 电压输出,同时实验台通过航空插座给所有实验挂箱提供电源。实验时,确认实验接线正确无误后,按下绿色按钮则闭合指示灯点亮,此时三相电源经断路器、主接触器、隔离变压器、过流保护之后输出电压,即 U、V、W 接线端口有 220 V 电压输出。实验完毕后,按下红色按钮则断开指示灯点亮,此时便断开 U、V、W 接线端口的电压输出。

三相电源 U、V、W 接线端口处带有熔断器形成过流保护,当输出电流超过 3 A 或发生短路时,熔断器起到保护作用,从而避免烧毁变压器。

交流电源输出电压选择开关切换隔离变压器的副边输出电压。当切换到“直流调速”时,U、V、W 输出线电压为 200 V;当切换到“交流调速”时,U、V、W 输出线电压为 230 V。由于目前大部分地区电网电压都偏高,实际输出电压都高于上述电压。

直流电机励磁电源的电压通过隔离变压器副边输出再经过整流滤波后得到,输出电压随着电网电压及负载的变化而改变,实验中,电压范围在 $200 \sim 270 \text{ V}$ 。当有电压输出时,对应的发光二极管发亮;如无电压输出,可检查是否由于电流太大而烧毁了熔断器。

电源控制屏 NMCL-32 的详细说明见图 2-2。

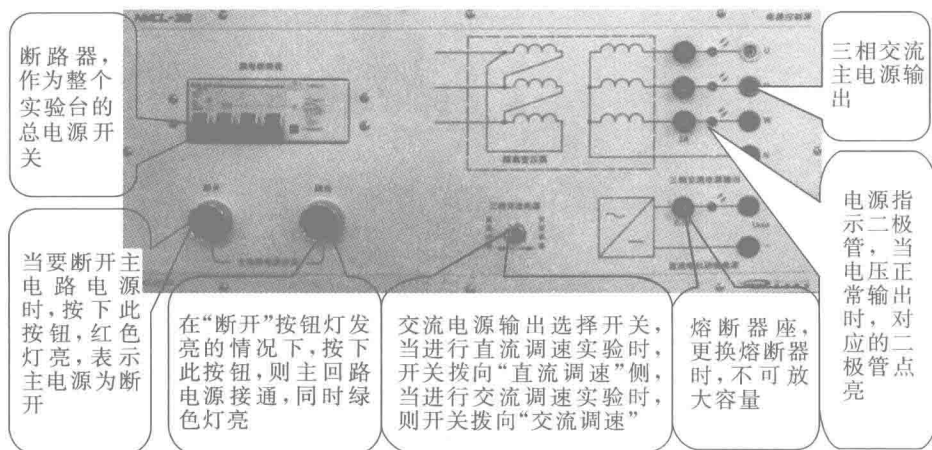


图 2-2 电源控制屏(NMCL-32)面板使用说明

2.7.2 低压控制电路及仪表

1. 给定模块 G: 提供实验需要的直流可调低压电源

钮子开关 S_1 拨向上方, 调节正给定电位器旋钮 RP_1 可以获得 $0 \sim 12 \text{ V}$ 的输出电压; 钮子开关 S_1 拨向下方, 调节负给定电位器旋钮 RP_2 可以获得 $0 \sim -12 \text{ V}$ 的输出电压, 电压数值可由给定模块 G 右侧的电压表读出。给定模块 G 的钮子开关 S_2 的功能如下所述:

(1) 若 S_1 置于“正给定”位, 扳动 S_2 由“零”位到“给定”位即能获得 0 V 跳变到某正电压的阶跃信号; 同理, 再扳动 S_2 由“给定”位扳到“零”位能获得某正电压跳变到 0 V 的阶跃信号。

(2) 同理, 若 S_1 置于“负给定”位, 扳动 S_2 能得到 0 V 到某负电压或者某负电压到 0 V 的突变信号。

(3) 同理, S_2 放在“给定”位, 扳动 S_1 能得到某正电压到某负电压或者某负电压到某正电压的突变信号。

注意: 给定输出有电压时, 不能长时间短路, 特别是输出电压较高时, 否则容易

烧坏限流电阻。

2. 低压电源模块

低压电源模块为实验台提供 $\pm 15\text{ V}$ 的直流低压电源,该电源由钮子开关控制,当钮子开关拨向“ON”时,接线端口输出 $\pm 15\text{ V}$ 电压,同时对应的红黄发光二极管发亮。该电源能够输出的最大电流为 0.5 A ,内部由熔断器进行保护。千万注意,给定模块G所需要的电源也由该 $\pm 15\text{ V}$ 电源提供,所以如果低压电源的开关拨向“OFF”,则给定模块将无电压输出,同时,实验台也通过实验挂箱区各个航空插座将该低压电源提供给实验挂箱。低压控制电路及仪表模块的详细说明见图2-3。

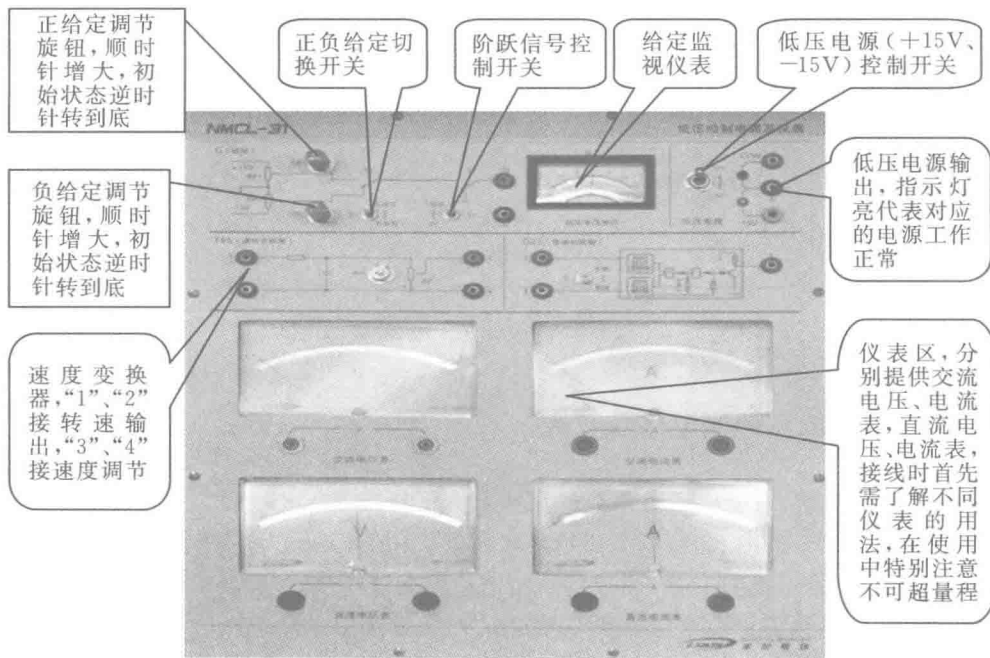


图 2-3 低压控制电路及仪表(NMCL-31)面板

2.7.3 可调电阻

电阻盘由三组可调电阻组成,每相有一只电阻,并可通过下方的旋钮进行阻值调节。其中,每相电阻为 $0\sim 600\ \Omega$,允许电流为 0.5 A ,为了防止电流过大损坏电阻,每只电阻串接了一个相应容量的熔断器。另外,电阻盘的上方还设有2个 $2\ \Omega$ 的固定电阻,可以用于电机特性测试等特殊场合。

在实验中,电阻盘的使用方法有以下四种:

(1)每只电阻单独使用,每相电阻为 $0 \sim 600\ \Omega$,允许电流为 $0.5\ \text{A}$,通过下方的调节旋钮完成。

(2)串联使用,即在实验中,单个电阻的阻值不够大时,可把两个电阻串联起来使用。

(3)并联使用,即在实验中,单个电阻流过的电流可能大于额定电流时,需把两个电阻并联起来使用。

(4)分压器接法,即根据实验的需要,最上部 $600\ \Omega$ 电阻除了作可变电阻使用外,还可采用电位器接法作分压器用。例如,他励直流电机励磁电压调节就是采用电位器接法。固定电压施加在 A_2A_4 端,而可变电压可以从 A_3A_2 端引出。

注意事项:

(1)在使用中,为了避免电流过大,一般在上电前,先把电阻盘下方的调节旋钮逆时针调到底使阻值最大,再根据实验需要,顺时针调节旋钮使阻值逐渐减小。

(2)当熔断器烧毁时,只能更换同容量的熔断器,绝对不可任意放大容量,否则有可能损坏电阻盘。

(3)调节电阻盘下方的旋钮时,需缓慢调节,当感觉调到底时,不可加大力气,强行调节,否则可能损坏电阻两端的卡位装置。

图 2-4 为可调电阻(NMCL-03)面板示意图。

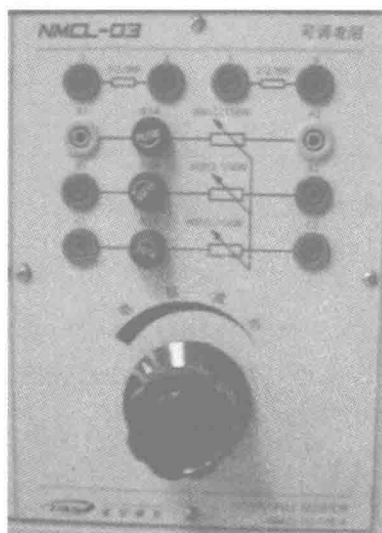


图 2-4 可调电阻(NMCL-03)面板示意图

2.7.4 触发电路和晶闸管主回路

NMCL-33 由同步电压观察模块,脉冲观察及通断控制模块,脉冲移相控制模块,脉冲放大电路控制模块,FBC+FA(电流反馈及过流保护)模块,I 组晶闸管,II 组晶闸管,以及二极管整流桥组成。NMCL-33 挂箱的详细说明见图 2-5。

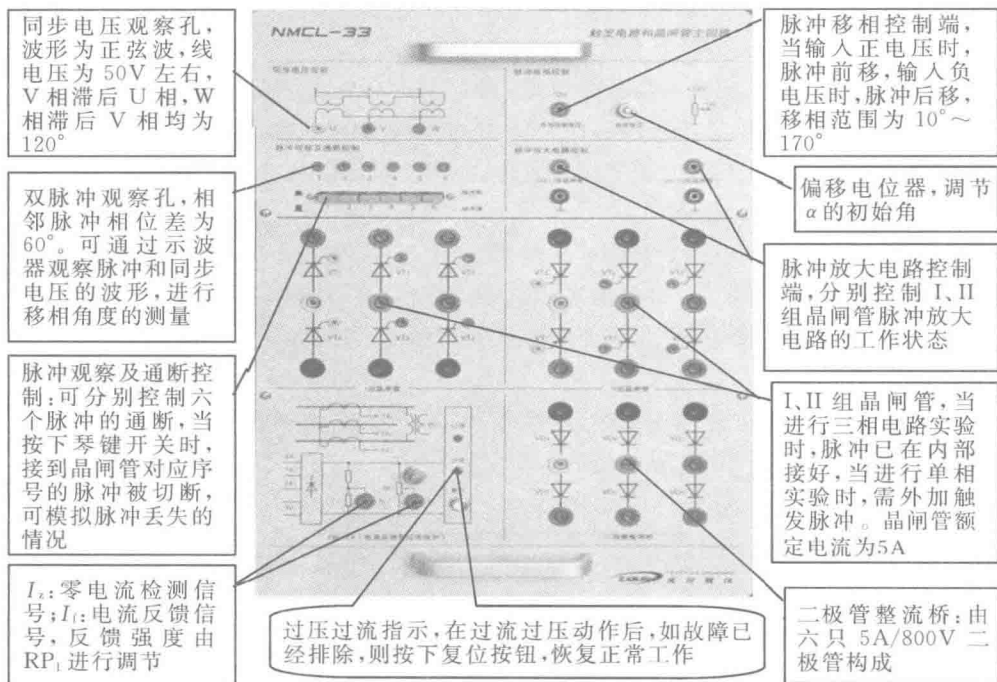


图 2-5 触发电路和晶闸管主回路(NMCL-33)挂箱使用说明

1. 触发电路

实验台提供相位差为 60° 的六组双脉冲, 分别由两路功放进行放大, 分别由 U_{blf} 和 U_{blr} 进行控制。当 U_{blf} 接地时, 第一组脉冲放大电路进行放大。当 U_{blr} 接地时, 第二组脉冲放大电路进行工作。

注意事项:

(1) 观察孔在挂箱上均为小孔, 仅能接示波器, 不能接任何信号。特别是六路双脉冲观察孔, 绝对不可和 I、II 组晶闸管的控制极相连。

(2) 每组晶闸管 1-6 的双脉冲相位差为 60° , 且后一组脉冲滞后前一组脉冲。如果出现后一组脉冲超前前一组脉冲, 则说明实验台输入的三相电源相序错误, 只

要更换三相电源插座任意两相即可。

2. 电流反馈及过流保护(FBC+FA)

此单元有三种功能:一是检测电流反馈信号,二是发出过流信号,三是发出过压信号。

(1)电流变送器(FBC)。电流变送器适用于晶闸管直流调速装置中,与电流互感器配合,检测晶闸管变流器交流进线电流,以获得与变流器电流成正比的直流电压信号、零电流信号和过电流逻辑信号等。

(2)过流过压保护(FA)。当主电路电流超过某一数值后(2 A 左右),电压超过 260 V,接触器动作,断开交流主电路,同时过流过压指示发光二极管亮。

3. 主回路

使用时注意,外加触发脉冲时,必须切断内部触发脉冲。

2.7.5 功率器件

如图 2-6 所示,功率器件包括 GTR,GTO,MOSFET 和 IGBT。

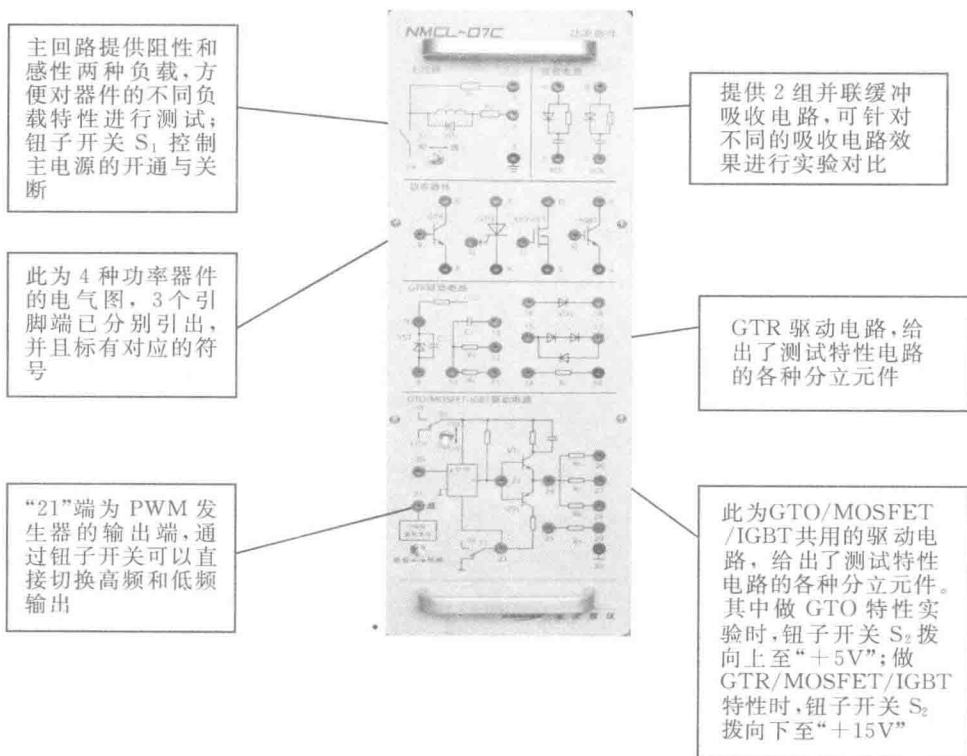


图 2-6 功率器件(NMCL-07C)挂箱使用说明