

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工与电子技术 实验与实训

第2版

主编 程 周



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工与电子技术实验与实训

(第2版)

主编 程周

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材《电工与电子技术》(第2版)的配套教学用书,为配合主教材的修订,在2001年版《电工与电子技术实验与实训》的基础上修订而成。

本书删除了第1版书中一些过细过难的实验原理讲授、难度较大的制作项目以及较复杂的附录内容,贴近实际,以应用为主。本书包括14个实验与实训项目:基尔霍夫定律验证及电位的测量,荧光灯电路的接线及功率因数的提高,三相电路中负载的连接,单相变压器,三相异步电动机的简单测试及试运行,三相异步电动机点动、连续运行控制,三相异步电动机正、反转控制,常用电子仪器的使用,单相桥式整流电容滤波电路,单管电压放大器的组装与调试,晶闸管交流调压电路,运算放大器的应用,集成与非门电路逻辑功能及应用,计数、译码、显示电路。7个附录:晶体管(电子管)毫伏表,兆欧表和绝缘电阻的测量,钳形电流表及使用,示波器,信号发生器,电子电路的焊接工艺,印制电路板的设计与制作。本书含与实验实训配套的报告册。

本书配有多媒体辅助教学光盘,主要包含实验实训的操作演示、仪器仪表的仿真使用以及模拟实验实训的练习等。

本书参照了教育部颁发的中等职业学校电工与电子技术教学大纲,故也可配合其他版本的《电工与电子技术》教材使用。本书可作为中等职业学校工科近电类(如机电类、仪表类、数控类)专业学生的实验与实训辅导书,也可作为岗位培训及职业技能鉴定考试的学习辅导资料。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验与实训/程周主编. —2版.

—北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019729-4

I. 电... II. 程... III. ①电工技术—专业学校—
教学参考资料②电子技术—专业学校—教学参考资料
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 019250 号

策划编辑	韦晓阳	责任编辑	李葛平	封面设计	李卫青	责任绘图	尹文军
版式设计	胡志萍	责任校对	杨雪莲	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 7.5
字 数 170 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2001年7月第1版
2006年6月第2版
印 次 2006年6月第1次印刷
定 价 18.50元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19729-00

第2版前言

本书是中等职业教育国家规划教材《电工与电子技术》(第2版)的配套教学用书,为配合主教材的修订,在2001年版的《电工与电子技术实验与实训》的基础上修订而成。

第1版教材自出版以来,作为主教材的有力补充,得到了中等职业学校教学一线教师的好评。但是中等职业教育培养目标与教学模式的变化对“电工与电子技术实验实训”课程提出了新的要求。编者根据自己的教学和实践经历,也逐渐在使用过程中感觉到该教材的一些不足之处。例如,在实验原理与说明上叙述得过细,重复了《电工与电子技术》教材上的内容;部分实验后附的小制作难度较大,不适合中等职业学校学生制作,只能在条件较完善的实验室完成;某些附录的内容过于专业化,已经超出了中等职业教育对学生的要求等。针对这些问题,编者在本次修订中进行了修改与完善。

本次修订力求贴近实际,以应用为主,删除了第1版书中一些过细过难的实验原理讲授,难度较大的制作项目,以及附录中“电工仪表的基本常识”、“电子元件引脚识别”、“集成电路使用注意事项”3个内容。修订后,本书包括14个实验与实训项目:基尔霍夫定律验证及电位的测量,荧光灯电路的接线及功率因数的提高,三相电路中负载的连接,单相变压器,三相异步电动机的简单测试及试运行,三相异步电动机点动、连续运行控制,三相异步电动机正、反转控制,常用电子仪器的使用,单相桥式整流电容滤波电路,单管电压放大器的组装与调试,晶闸管交流调压电路,运算放大器的应用,集成与非门电路逻辑功能及应用,计数、译码、显示电路;7个附录:晶体管(电子管)毫伏表,兆欧表和绝缘电阻的测量,钳形电流表及使用,示波器,信号发生器,电子电路的焊接工艺,印制电路板的设计与制作。书末附实验实训报告册。书中带“*”部分为选学内容。

本书配有多媒体辅助教学光盘,主要包含实验实训的操作演示、仪器仪表的仿真使用以及模拟实验实训的练习等。

本书参照了教育部颁发的中等职业学校电工与电子技术教学大纲,故也可配合其他版本的《电工与电子技术》教材使用。本书可作为中等职业学校工科近电类(如机电类、仪表类、数控类)专业学生的实验与实训辅导书,也可作为岗位培训及职业技能鉴定考试的学习辅导资料。

本书由安徽职业技术学院实训中心程周任主编,在编写过程中得到常辉、黄琼的大力支持。本书由安徽职业技术学院张栩副教授主审,审者以严谨认真的态度审阅了书稿,并提出许多宝贵意见,提高了本书的质量,在此一并表示感谢。

由于编者学识和水平有限,对本书中存在的缺点和疏漏,恳请使用本书的教师和其他读者批评指正。联系电子信箱:ahchzh@163.com。

编 者

2006年1月

第1版前言

本书根据2000年8月教育部颁发的中等职业学校非电类相关专业3、4年制通用(少学时)电工与电子技术教学大纲编写,与中等职业教育国家规划教材《电工与电子技术》配套使用。本书主编作为教育部文指委委员、全国中专电工学与工业电子学课程组成员,参加了该教学大纲的全部起草、审定工作,在这个过程中,感到原有教材与新教学大纲存在一定差距。为了及时出台与新教学大纲配套的教材,在编制教学大纲的同时,编者即着手考虑教材的编写工作,编写时还参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。

本书始终贯穿适当降低理论深度、扩大知识面和加强应用性的编写原则,突出中等职业教育的特色,加强电工技术、电子技术在工业生产和日常生活中的应用,注意培养学生认识问题及解决问题的能力。在实验、实训中增加小制作内容,既可提高学生实验技能及学习兴趣,又能对实验内容的掌握起到进一步的巩固和深化,达到举一反三的目的。

本书包括基础实验8个,选做实验6个,其中,打“*”号的实验是供选做的内容,对应教学大纲中的选做实验,其余内容是教学大纲所要求的必做的基本实验。

本书由安徽省轻工业学校程周主编,田啸参编。程周编写实验1~7、附录1~10、小制作和报告册;田啸编写实验8~14;全书由程周统稿。

本书由北方交通大学周晖老师主审,提出了许多宝贵的修改意见,对提高本书的质量起到很好的作用。在编写过程中,安徽省轻工业学校的领导也给予了很多的关心和支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者学识和水平有限,对本书中存在的缺点和疏漏,恳请使用本书的教师和其他读者批评指正。

编 者

2001年1月

目 录

实验 1 基尔霍夫定律验证及电位的 测量实验	1	实验 1 基尔霍夫定律验证及电位的 测量实验报告册	68
实验 2 荧光灯电路的接线及功率因数 提高实训	4	实验 2 荧光灯电路的接线及功率因数 提高实训报告册	71
实验 3 三相电路中负载的连接实验	8	实验 3 三相电路中负载的连接实验 报告册	73
* 实验 4 单相变压器实验	12	* 实验 4 单相变压器实验报告册	76
* 实验 5 三相异步电动机的简单测试 及试运行实训	15	* 实验 5 三相异步电动机的简单测试 及试运行实训报告册	79
实验 6 三相异步电动机点动、连续 运行控制实训	20	实验 6 三相异步电动机点动、长期 运行控制实训报告册	83
* 实验 7 三相异步电动机正、反转控 制实训	24	* 实验 7 三相异步电动机正、反转控 制实训报告册	86
实验 8 常用电子仪器的使用实训	26	实验 8 常用电子仪器的使用实训 报告册	89
* 实验 9 单相桥式整流电容滤波电路 实验	30	* 实验 9 单相桥式整流电容滤波电路 实验报告册	92
实验 10 单管电压放大器的组装与 调试实训	32	实验 10 单管电压放大器的组装与 调试实训报告册	95
* 实验 11 晶闸管交流调压电路实训	35	* 实验 11 晶闸管交流调压电路实训 报告册	98
实验 12 运算放大器的应用实训	38	实验 12 运算放大器的应用实训 报告册	101
实验 13 集成与非门电路逻辑功能 及应用实验	42	实验 13 集成与非门电路逻辑功能 及应用实验报告册	104
* 实验 14 计数、译码、显示电路实验	45	* 实验 14 计数、译码、显示电路实验 报告册	107
附录 1 晶体管(电子管)毫伏表	50	参考书目	110
附录 2 兆欧表和绝缘电阻的测量	52		
附录 3 钳形电流表及使用	54		
附录 4 示波器	55		
附录 5 信号发生器	60		
附录 6 电子电路的焊接工艺	63		
附录 7 印制电路板的设计与制作	66		

实验 1 基尔霍夫定律验证及电位的测量实验

1.1 目的要求

1. 学会搭接简单电路。
2. 学会使用万用表测量电阻、电流和电压。
3. 验证基尔霍夫定律。
4. 初步学会测量电路中各点的电位值。

1.2 预习内容

1. 阅读本书附录中稳压电源的内容,学会其使用方法。
2. 学会使用直流电流表和直流电压表。
3. 复习基尔霍夫定律。
4. 复习电路中电位的概念和计算方法。

1.3 仪器与设备

- | | |
|--------------|-----|
| 1. 直流稳压电源 | 1 台 |
| 2. 直流电流表 | 3 只 |
| 3. 直流电压表 | 1 只 |
| 4. 电阻器 | 3 个 |
| 5. 干电池(或蓄电池) | 1 个 |
| 6. 刀开关 | 3 个 |
| 7. 万用表 | 1 只 |

1.4 原理与说明

1. 电阻、电流和电压的测量

可以利用万用表直接测量电阻元件的电阻值,也可以利用电压表、电流表测量该电阻两端的电压和流过电阻的电流,再应用欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 计算电阻值。

测量电阻元件两端的电压时,应将量程合适的电压表并联在电阻元件两端。

测量通过电阻元件的电流时,应将量程合适的电流表串联在电阻元件所在的电路中。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律描述了电路中电流和电压应遵循的基本规律,由基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)组成。

基尔霍夫电流定律:任一瞬间电路中流过任一结点电流的代数和为零,即

$$\sum I = 0$$

基尔霍夫电压定律:电路中沿任一闭合回路中各段电压降低的代数和等于电压升高的代数和,即

$$\sum U_{\text{降}} = \sum U_{\text{升}}$$

3. 电路中电位的测量

电路中参考点的选定是任意的,它只是一个公共点,不过一经选定,在测量过程中不允许改变,且规定该点的电位值为零,电路中电位的高低、正负都是针对该参考点而言的。若参考点发生变化,电路中各点电位都会随之发生变化,这就是电位的单值性。

电压是电路中两点之间的电位之差,该值与电位参考点的选择无关,因为参考点变化时,各点电位同时升高或降低同一数值,而它们之间的相对值(电压)是不会发生变化的。

1.5 内容与步骤

1. 用万用表测电阻

用万用表测电阻前,先将万用表的选择开关置于“ Ω ”挡位置,按被测电阻值选定测量挡位(例如“ $R \times 10$ ”或“ $R \times 1 \text{ k}$ ”挡)。并将测试棒短接,调节“调零电位器”,使万用表指针对准“零”欧姆位置。再将测试棒并接在电阻的两端进行测量,将测量结果记录于书后“实验1 基尔霍夫定律验证及电位的测量实验报告册”(以下简称报告册)的报告册表1.1中。

2. 用直流电流表、电压表测电流和电压计算电阻值

按图1.1接线,图中电阻 R 仍为用万用表测电阻实验时的电阻。

闭合开关 S ,断开开关 S_1 、 S_2 ,读取电流表的数值记录于报告册表1.1中。

闭合开关 S_1 、 S_2 , S ,读取电压表的数值记录于报告册表1.1中。

3. 验证基尔霍夫定律

验证基尔霍夫电流定律:按图1.2接线,闭合开关 S ,读取各电流表数值记录于报告册表1.2中(电流值的正、负根据电流表“+”、“-”端与所测电路电流方向连接方式判断)。

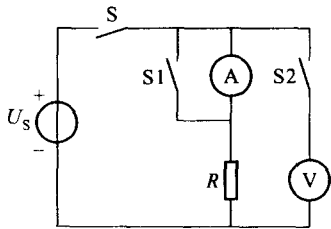


图 1.1 测量电路电流和电压

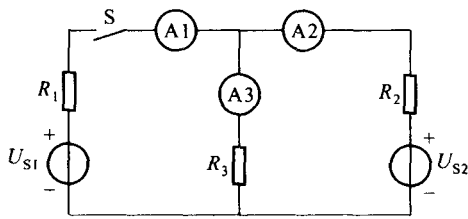


图 1.2 验证基尔霍夫电流定律电路

验证基尔霍夫电压定律:按图1.3接线。闭合开关 S ,使用电压表按图中绕行方向依次测量各元件两端的电压数值并记录于报告册表1.2中(电压值的正、负根据电压表“+”、“-”端与所测电路电压方向连接方式判断)。

4. 电位的测量

按图 1.4 接线。以 a 为参考点,测量 b、c、d、e 各点的电位值记录于报告册表 1.3 中,再测量 b、c 之间电压值记录于报告册表 1.3 中。

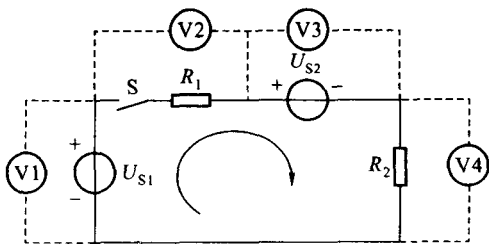


图 1.3 验证基尔霍夫电压定律电路

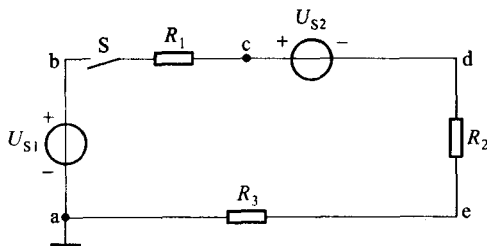


图 1.4 测量电路中的电位

以 e 为参考点,测量 a、b、c、d 各点的电位值记录于报告册表 1.3 中,再测量 b、c 之间电压值记录于报告册表 1.3 中。

1.6 注意事项

1. 稳压电源

稳压电源的内阻很小,在使用时严禁输出端短路,一般也不能作为反电动势使用。在图 1.3 验证基尔霍夫电压定律电路中, U_{S1} 选用稳压电源, U_{S2} 选用干电池或蓄电池。使用稳压电源时要注意该电源的额定输出电流,防止输出电流过大,引起稳压电源工作不正常。

2. 电压表和电流表

在使用直流电压表和直流电流表时,要注意它们的极性,即仪表的“+”极性端应接电路的高电位端,“-”极性端(或“*”端)应接电路的低电位端,不能接反,否则仪表指针会反向偏转。

实验过程中要合理选用仪表的量程。量程选大了会增大误差,量程选小了可能会损坏仪表。如果实验前无法估计被测试值的大小,应先用仪表的最高量程试测,然后根据测试结果,再选用适当的量程进行测量。

电压表的内阻很大,不要串联在电路中,应并联在被测元件的两端。若使用测试棒测量直流电压,应注意使测试棒的颜色与仪表的极性相对应。

电流表的内阻很小,切不可并联在被测元件或电源两端,这样极易损坏仪表或引起电源短路。测量时只能串联在被测电路中。一般情况下不使用测试棒测电流,应将电流表通过导线和端钮固定接入电路。

3. 定值电阻

实验电路中定值电阻的选择,一要满足实验对电阻值大小的要求,二要防止电阻因过载而烧毁。使用时应根据 $P = \frac{U^2}{R} = RI^2$ 对电阻器的功率进行验算,若所选电阻器额定功率过小,应换同等阻值较大功率的电阻器进行实验。

4. 蓄电池

蓄电池应保持充电达到额定值状态,对其充、放电的操作应按规定条件进行,防止损坏蓄电池。

实验 2 荧光灯电路的接线及功率因数提高实训

2.1 目的要求

1. 学会连接荧光灯电路。
2. 了解并联电容器提高电路功率因数的方法。

2.2 预习内容

1. 复习教材中电阻、电感串联电路的有关内容。
2. 复习教材中功率因数的概念。
3. 学习本实验原理与说明中有关荧光灯工作原理的内容。
4. 阅读本实验注意事项中有关单相功率表及接线等内容。

2.3 设备与仪器

- | | |
|-----------|-----|
| 1. 单相功率表 | 1 只 |
| 2. 交流电流表 | 1 只 |
| 3. 交流电压表 | 1 只 |
| 4. 电容箱 | 1 个 |
| 5. 荧光灯实验板 | 1 块 |
| 6. 刀开关 | 2 个 |

2.4 原理与说明

1. 荧光灯电路

荧光灯电路是由荧光灯管、镇流器、启辉器组成。镇流器又分成单绕组(只有一个线圈)和有主、副绕组(有两个相互耦合的线圈)两种,荧光灯的组成电路如图 2.1 所示。

① 荧光灯管 灯管两端装有灯头,每个灯头上固定有两个金属插脚,用于对外连接交流电源,对内连接灯丝,灯丝在交流电源作用下发射电子。灯管内抽真空后充入少量的汞蒸气和惰性气体,例如氩、氪、氙等。惰性气体的作用是减少阴极的蒸发和帮助灯管启动。

② 启辉器 启辉器底座上固定有两个螺母形电极,使用时将其插在启辉器座上。启辉器的玻璃泡内充有惰性气体,并装有由膨胀系数不同的双金属片组成的 U 形触点,触点两端并联有 $0.005 \sim 0.02 \mu\text{F}$ 的电容器。启辉器相当于一个自动开关,其作用是在灯丝电路接通后又自动断开。并联电容器可减弱荧光灯启动时产生的无线电辐射,减小对邻近无线电音频、视频设备的干扰。

③
器产生
2.
合
电,同
示。在
电极很
0.5 ~
当
V),再
作状
作过
启动

灯
同
示

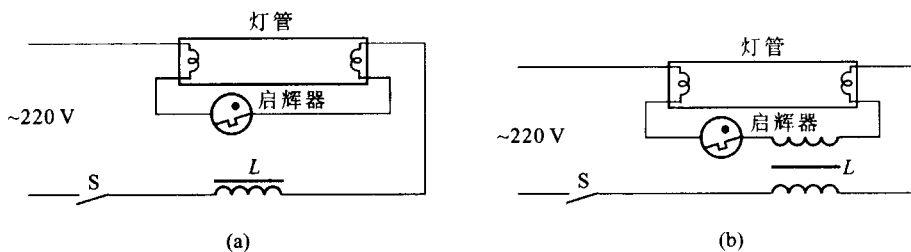


图 2.1 荧光灯电路

(a) 单绕组镇流器电路 (b) 有副绕组镇流器电路

③ 镇流器 镇流器是电感量较大的铁心线圈。无论哪种结构的镇流器,都是用来配合启辉器产生瞬间高压使灯管发光,在灯管正常发光后又能起到限制灯管电流的作用。

2. 荧光灯工作原理

合上荧光灯电路的电源开关后,电压首先加在启辉器的两个电极上,使两电极间产生辉光放电,同时产生大量的热。U 形双金属片受热而变形,将两电极接通,此时电流通路如图 2.2(a) 所示。在此电流的作用下,灯丝被加热,发射出大量电子。启辉器两个电极闭合后,辉光放电消失,电极很快冷却,双金属片又恢复到原始状态而导致电极断开,这段时间实际是灯丝预热过程(约 0.5 ~ 2 s)。

当启辉器中电极突然断开灯丝预热回路时,镇流器上产生很高的感应电压(约 800 ~ 1 500 V),再加上电源电压的共同作用,在灯管两端建立起很高的电压,迫使荧光灯进入正常的发光工作状态。如果启辉器经过一次闭合、断开,荧光灯管仍然不能点亮,启辉器就会继续重复上述动作过程,直至灯管点亮。

灯管点亮后,电路中电流在镇流器上产生很大电压降,使灯管两端电压很低,小于启辉器的启动电压,启辉器不再动作,电路电流通路如图 2.2(b) 所示。

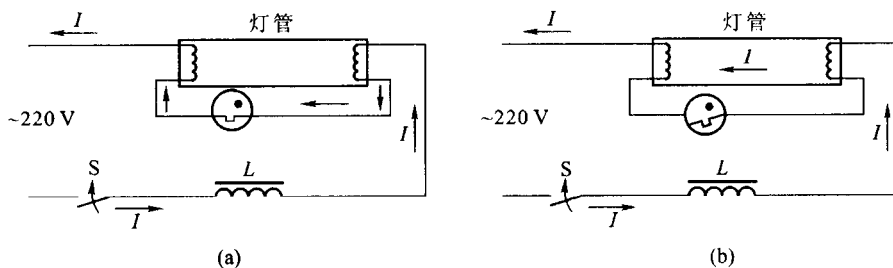


图 2.2 荧光灯的电流通路

(a) 灯丝预热时 (b) 灯丝点燃后

3. 并联电容器提高功率因数

对于一般的感性负载,可以通过并联适量电容器的方法来提高整个电路的功率因数。荧光灯电路就是一个功率因数较低的电感性负载,一般情况下约为 0.5。在荧光灯电路两端并联不同容量的电容器,可以改善电路的功率因数,其电路图和相量图如图 2.3 所示。图中 L 、 r 等效表示镇流器, R 等效表示灯管。

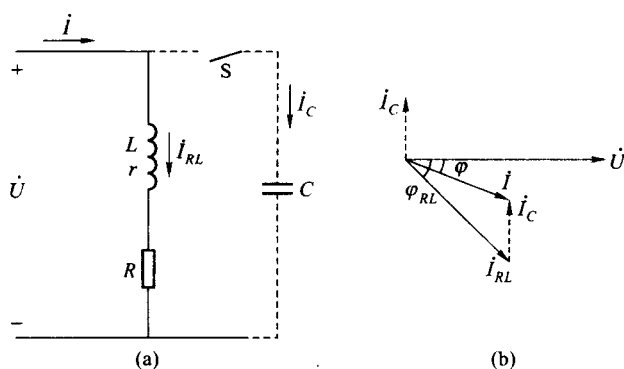


图 2.3 荧光灯并联电容器前、后电路图和相量图

(a) 电路图 (b) 相量图

由图可知,并联电容器前,荧光灯电路的功率因数为

$$\cos \varphi_{RL} = \frac{P}{I_{RL} U}$$

式中, P ——荧光灯支路的有功功率,可用功率表测量; I_{RL} ——荧光灯支路电流,可用电流表测量; U ——电路总电压,可用电压表测量。

并联电容器以后,整个电路功率因数为

$$\cos \varphi = \frac{P}{IU}$$

式中, P ——整个电路的有功功率; I ——整个电路总电流; U ——电路总电压。

由图 2.3 (b) 相量图可见,并联电容器后,其功率因数角减小,电路的功率因数提高,即 $\varphi < \varphi_{RL}$, $\cos \varphi > \cos \varphi_{RL}$,为提高电路功率因数所需的那部分无功电流是由电容器提供的。

2.5 内容与步骤

1. 安装荧光灯电路

按图 2.4 接线。在合上电源开关 S1 前,开关 S2 应闭合,防止荧光灯较大的启动电流冲击功率表和电流表。电容器箱开关全部断开,暂时不要把电容器并联在电路上。

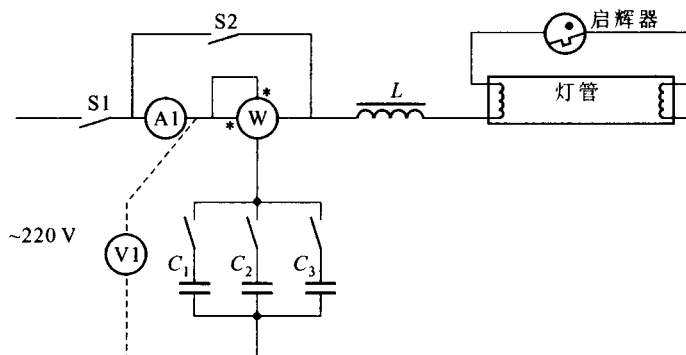


图 2.4 荧光灯与并联电容器电路

闭合开关 S1, 荧光灯应能正常发光, 如果不能正常发光, 应仔细检查线路连接是否正确。

2. 并联电容器提高功率因数

在图 2.4 荧光灯正常发光的基础上, 对荧光灯(没有并联电容器)电路的功率因数进行测算。断开 S2, 读取电流表、功率表、电压表数值记录于报告册表 2.1 中。此时因为电容器没有接入电路, 电流表的读数就是荧光灯(等效为 R 、 L 串联电路)支路电流 I_{RL} , 功率表的读数为荧光灯支路有功功率 P , 电压表的读数为总电压 U , 应用公式 $\cos \varphi_{RL} = \frac{P}{I_{RL}U}$ 可计算出未并联电容器时, 荧光灯支路的功率因数, 记录于报告册表 2.1 中(此时对应电容量为 0 的一栏)。

接入电容器, 逐次增加电容量, 观察电流表、功率表、电压表的读数。此时因为并入电容器, 电流表的读数不仅包括荧光灯支路电流, 还包括电容器支路电流, 是电路的总电流 I 。再根据功率表测得的有功功率 P , 电压表测得的电压 U , 应用 $\cos \varphi = \frac{P}{IU}$ 可计算并联电容器后整个电路的功率因数, 并记录于报告册表 2.1 中。

改变电容器值, 重复测量记录相应的电流、功率和电压, 并计算功率因数, 记录于报告册表 2.1 中。

2.6 注意事项

1. 单相功率表

单相功率表共有 2 个线圈, 4 个接线端钮, 其中 2 个是电压线圈的接线端钮, 测量时应与被测电路并联, 另外 2 个是电流线圈的接线端钮, 测量时应与被测电路串联。电流线圈和电压线圈接线的一端标有“*”符号, 称为电源端, 应接到电源的高电位端(相线)。

单相功率表接线示意图如图 2.5 所示, 注意接线端不可接错。

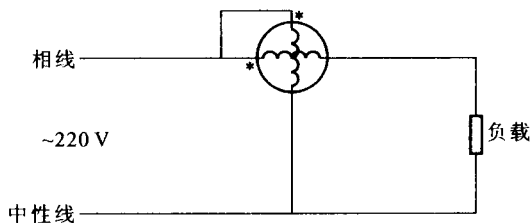


图 2.5 交流功率表接线示意图

2. 电容箱

电容器在实验前应处于断开状态, 根据实验情况逐步增大并联电容量。应注意电容箱中电容器的耐压要符合要求。

3. 荧光灯电路连接要正确, 防止损坏灯管。

实验3 三相电路中负载的连接实验

3.1 实验目的

1. 学会三相负载的星形联结。
2. 学会三相负载的三角形联结。
3. 检验在对称负载下,电压、电流的“线量”与“相量”关系。
4. 了解星形联结时,中性线的作用。

3.2 预习内容

1. 复习三相负载星形联结方式,了解中性线的作用。
2. 复习三相对称负载三角形联结方式。
3. 复习三相负载在两种接法时,“线量”与“相量”之间关系。

3.3 仪器与设备

- | | |
|-----------|-----|
| 1. 三相负载灯箱 | 1 个 |
| 2. 交流电压表 | 1 只 |
| 3. 交流电流表 | 1 只 |
| 4. 三相调压器 | 1 台 |
| 5. 三相刀开关 | 1 个 |

3.4 原理与说明

1. 三相负载星形联结

当三相负载的额定电压等于电源的相电压时,负载应作星形联结。图 3.1(a)为负载星形联结原理图,图 3.1(b)为负载星形联结线路图,这种连接方式的特点是三相负载的末端连在一起,而始端分别接到电源的三根相线上。

2. 三相负载三角形联结

当三相负载的额定电压等于电源的线电压时,负载作三角形联结。图 3.2(a)为负载三角形联结原理图,图 3.2(b)为负载三角形联结线路图,这种连接方式特点是三相负载的始端和末端依次连接,然后将三个连接点分别接至电源的三根相线上。

3. 电流、电压的“线量”与“相量”关系

测量电流与电压的线量与相量关系,是在对称负载的条件下进行的。本实验采用三相负载

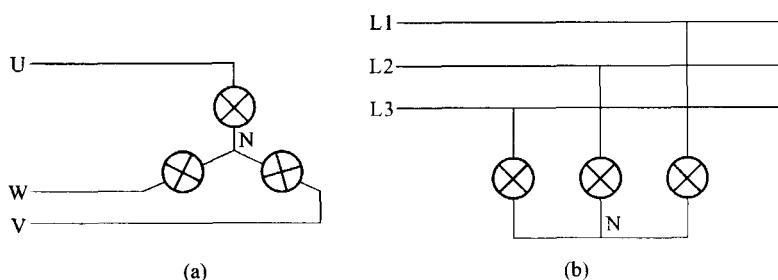


图 3.1 三相负载星形联结

(a) 原理图 (b) 线路图

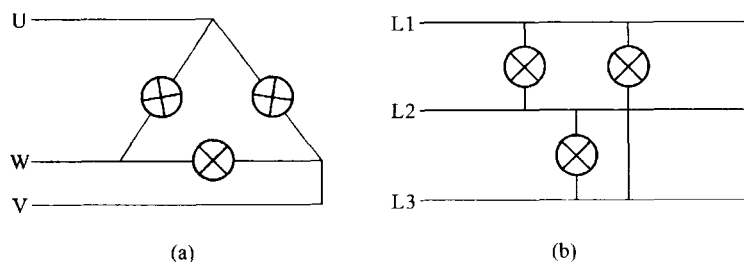


图 3.2 三相负载三角形联结

(a) 原理图 (b) 线路图

灯箱,每个灯箱中有若干只白炽灯作为负载,在实验过程中,三相负载都开启相同数量的白炽灯,以保证负载的对称。

负载星形联结时,线量与相量的关系为

$$U_L = \sqrt{3} U_p \quad (\text{线电压为相电压的}\sqrt{3}\text{倍})$$

$$I_L = I_p \quad (\text{线电流等于相电流})$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W = 0 \quad (\text{中性线电流即三相电流矢量和为零})$$

负载三角形联结时,线量与相量关系为

$$U_L = U_p \quad (\text{线电压等于相电压})$$

$$I_L = \sqrt{3} I_p \quad (\text{线电流为相电流的}\sqrt{3}\text{倍})$$

4. 星形联结时中性线的作用

三相四线制是目前供电系统中普遍采用的一种供电方式。中性线的作用是将三相电源及负载变成三个独立回路。所以不论由于哪一相负载变动造成三相负载不对称,每相负载所承受的电压不变,因而每相负载均能正常工作,如图 3.3(a) 所示。

如果中性线断开,这时线电压仍然对称,但每相负载原先所承受的对称相电压被破坏,各相负载承受的电压高低不一,如图 3.3(b) 所示。在 V 相灯未打开(断路)的情况下, U 相和 W 相各个灯的额定功率、额定电流都相等, U 相等效电阻为 W 相的 $\frac{1}{2}$, 所以线电压按阻值大小分压给 U、W 相负载时, U 相负载因阻值小而分得的电压低于额定电压, 灯光暗; W 相负载因阻值大而分得电压超过额定值, 灯光过亮, 严重时灯将烧毁, 造成 U 相灯也因回路不通而断电, 不发光。

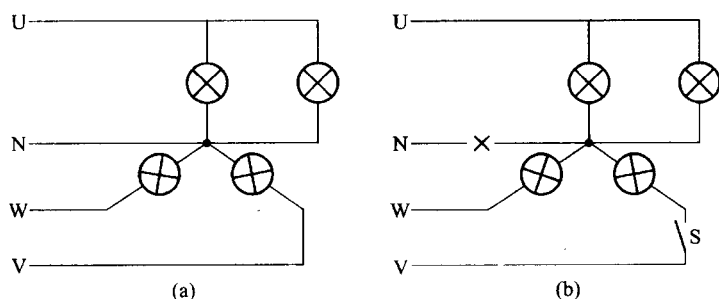


图 3.3 星形联结中性线作用
(a) 三相四线制连接 (b) 中性线断开

3.5 内容与步骤

1. 三相负载星形联结

按图 3.4 接线,检查无误后先闭合开关 S_N 、 S_U 、 S_V 、 S_W ,后闭合开关 QS ,接通电源,所有白炽灯应正常发光。分别测量线电压 U_{UV} 、 U_{VW} 、 U_{WU} ,相电压 U_{UN} 、 U_{VN} 、 U_{WN} ,线电流 I_U 、 I_V 、 I_W 和中性线电流 I_N 的数值,记录于报告册表 3.1 中。线电流和中性线电流的测量可以采用断开对应的开关,将电流表跨接于开关两端(串入电路)的方法。

2. 三相负载三角形联结

按图 3.5 接线。检查无误后,闭合开关 S_{WU} 、 S_{UV} 、 S_{VW} ,将调压器的输出电压调节到 220 V 后,闭合开关 QS ,接通电源,所有灯应正常发光。分别测量线电压 U_{UV} 、 U_{VW} 、 U_{WU} ,相电流 I_{UN} 、 I_{VN} 、 I_{WN} ,线电流 I_U 、 I_V 、 I_W 的数值,记录于报告册表 3.2 中。测量线电流时,可采用拆除熔断器中的熔丝,将电流表跨接在熔断器 FU 两端的方法进行测量。相电流的测量可以采用断开对应的开关,将两电流表跨接于开关两端(串入电路)的方法进行测量。

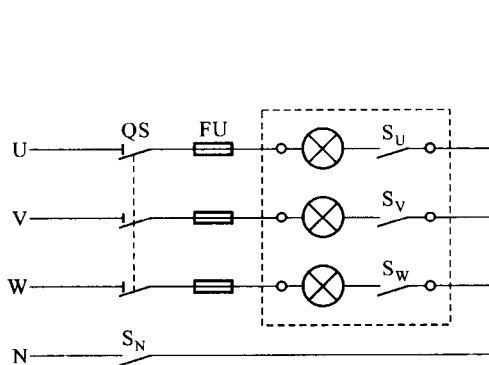


图 3.4 负载星形联结实验电路

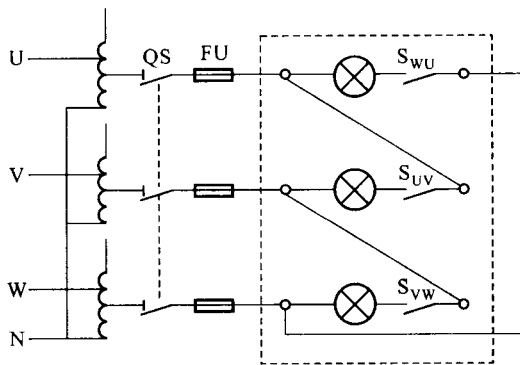


图 3.5 负载三角形联结实验电路

3. 星形联结中性线作用

按图 3.6 接线。检查无误后,先闭合开关 S_N 、 S_{U1} 、 S_{U2} 、 S_V 、 S_W ,再闭合开关 QS ,此刻,负载不对称,中性线连接正常,测量各相电压数值,观察各相白炽灯亮暗程度,记录于报告册表 3.3 中。

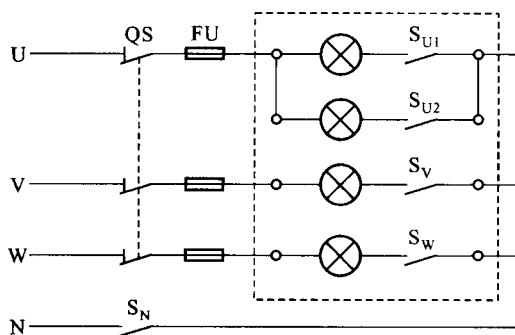


图 3.6 星形联结有中性线

继上实验,断开中性线开关 S_N (相当于无中线情况),断开开关 S_W ,测量各相负载相电压,观察各相白炽灯亮暗程度,记录于报告册表 3.3 中。

3.6 注意事项

1. 实验前检查三相负载灯箱中各相负载所使用的白炽灯额定功率是否一致,以保证负载对称。要接入不对称负载,可利用开关接通或断开该相负载白炽灯即可。
2. 三相调压器引线较多,要注意正确接线。调压器的中性点必须与电源中性线连接。
3. 在进行三相负载三角形联结实验时,在没有三相调压器的情况下,也可利用三个单相调压器连接成三相调压器。或者不使用调压器,而是将两个规格相同的白炽灯串联起来,组成对称的三角形联结,直接接入 380 V 交流电源。
4. 由于三相三线制不对称负载星形联结(如图 3.6 中 S_N 断开)时,各相负载承受的相电压不等,有些白炽灯承受的电压已超过其额定值。所以测量、读数要迅速,读数完毕立即断电,以免损坏设备。