

电 工 学

基 础 实 验 及 应 用

中国纺织出版社

电工学基础实验及应用

刘重轩 高 茅 李水龙 周 镭 编
刘育明 郭育武 朱俊华 贺小莉

中国纺织出版社

38898

(京)新登字 037 号

内 容 提 要

本书编著的基本思想是加强实验课教学过程,提高学生实际操作能力,拓宽非电专业学生应用电工、电子技术知识,解决本专业生产实际问题的基本能力。本书除编出与教材内容相配合的二十个基本实验外,还编写了供学生课外学习的十个应用提高实验,以满足对电工电子技术有兴趣的学生扩大知识面和加强动手能力。

图书在版编目(CIP)数据

电工学基础实验及应用/刘重轩等编. --北京:中国纺织出版社,1995

ISBN 7-5064-1147-4

I. 电… II. 刘… III. 电工学-实验-应用 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 02279 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街4号

邮政编码:100027 电话:010-4168226

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

1995年3月第一版 1995年3月第一次印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:7.75

字数:188千字 印数:1-4000册

定价:6.90元

编 者 的 话

本书是根据1987年国家教委批准的“电工技术(电工学Ⅰ)”与“电子技术(电工学Ⅱ)”课程教学基本要求中关于实验课的基本要求编著的。实验课教学是本科生、工程师基本训练的重要内容之一,本书编著的基本思想是加强实验课教学过程,提高学生实际操作能力,拓宽非电专业学生应用电工、电子技术知识,解决本专业生产实际问题的基本能力。使学生做了电工实验后,对电工、电子方面的仪器、仪表及各种电器、电子元件有一初步认识,并能熟悉电工、电子电路的基本构成规律和性能测试方法。本书除编出与教材内容相配合的二十个基本实验外,还编写了供学生课外学习的十个应用提高实验,以满足对电工电子技术有兴趣的学生扩大知识面和加强动手能力。此外,还编写了常用电工电子计测仪器、仪表的原理、结构和使用方法,供学生实验前自学。为了便于学生掌握实验技能和规范实验课教学,还配有系列实验录像教材。

本书全部采用1987年国家标准局颁布的新国家标准GB4728《电气用图形符号》,既可用于分散安排实验,也可以作为单独设立实验课的教材。

本书是作者根据多年的电工学教学经验,在校内实验指导书(1991年版)基础上修订的,该书及其它电工学有关教材项目,1993年获陕西省优秀教学成果奖。

参加这次编著工作的有刘重轩(实验二十二、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八,附录一、三),李水龙(实验四、六、七、二十一、二十三、二十九),刘育明(实验十六、十七、十八、十九、二十、三十、附录七、十),郭育武(实验八、十三、十五、附录二、四、五、六、八、九、十一),周镭(实验一、二、三、五),王晓雪(实验九、十、十一、十二、十四),贺小莉(绘制全书实验及仪器图)。由刘育明、周镭统稿及文字润色。周镭担任全书终校工作。聘请高茅副教授作全文审定。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容难免不够完善,甚至会有错误之处。希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后修订提高。

刘重轩 李水龙 周 镭

于西北纺织学院 1994年5月

目 录

第一章 实验须知	(1)
第二章 实验报告的基本要求	(2)
第三章 应用提高实验的实施办法及要求	(2)
第四章 电工学基础实验最低要求项目开设分类表	(3)
第五章 实验项目	(4)
第一节 电工技术部分	(4)
实验一 戴维宁定理	(4)
实验二 功率因数补偿及功率测量	(7)
实验三 三相交流电路	(9)
实验四 RLC 串联电路的谐振	(12)
实验五 异步电动机自动往返控制	(14)
实验六 三相异步电动机的直接起动及正反转控制	(15)
实验七 三相异步电动机的时间控制	(17)
第二节 电子技术部分	(18)
实验八 电子学常用仪器的使用及元件测试	(18)
(I) 电子学常用仪器的使用	(18)
(II) 晶体管的万用表测试	(20)
实验九 单管交流放大电路	(22)
实验十 两级阻容耦合放大电路及负反馈的应用	(25)
(I) 阻容耦合放大电路	(25)
(II) 负反馈放大电路	(28)
实验十一 射极输出电路	(31)
实验十二 晶体二极管整流滤波电路	(33)
实验十三 串联直流稳压电路	(36)
实验十四 差动放大电路	(38)
实验十五 集成运算放大器的应用	(41)
实验十六 加法器运算电路	(42)
实验十七 触发器集成电路	(45)
实验十八 集成移位寄存器	(48)
实验十九 异步计数器集成电路	(50)
实验二十 555 集成定时器电路	(52)
第三节 应用提高实验部分	(55)
实验二十一 RC 电路的频率特性及其测定	(55)
实验二十二 异步电动机的能耗制动	(57)

实验二十三	运算放大器的非线性应用	(60)
实验二十四	按控电子延时开关制作实验	(62)
实验二十五	门电路应用于液位控制	(63)
实验二十六	电子式定额用电开关设计与调试	(65)
实验二十七	自动照明控制电路——数字集成电路的应用及调试	(66)
实验二十八	温控晶闸管及应用电路设计实验	(68)
实验二十九	D触发器及555定时器的应用	(70)
实验三十	数字钟设计与调试	(72)

附录 常用电工电子仪器原理及使用 (75)

一、MF-30型万用表的原理及使用	(75)
二、DT-830型数字式万用表的使用	(76)
三、功率表的原理及使用	(79)
四、直流稳压电源的使用	(82)
五、电子示波器的原理综述	(83)
六、XJ-17型通用电子示波器的使用	(90)
七、SR8-A双踪示波器的使用	(95)
八、XFD-7A型低频信号发生器的使用	(103)
九、GB-9B型电子管毫伏表的使用	(105)
十、82-B型微机实验器的使用	(107)
十一、晶体管特性图示仪简介	(109)

第一章 实验须知

一、实验的安全

1. 注意人身安全，严禁带电操作。接线时应最后接电源线。以确保安全。
2. 爱护国家财产，严格按实验线路接线，正确使用仪器。对尚未了解其使用方法的仪器设备，不能进行操作。
3. 接线完毕后，应先由同组同学相互检查，然后经教师检查合格后，方可接通电源进行实验。
4. 实验过程中，应始终注意仪表、仪器等设备工作是否正常，如有意外，应立即切断电源并保留现场，在教师指导下检查原因。
5. 实验完毕后，应将导线、仪器、设备整理好，再离开实验室。
6. 实验室内物品未经允许不准带出室外。
7. 实验室内严禁吸烟、喧哗和随地吐痰。

二、实验前的预习

1. 每次实验前必须仔细阅读实验指导书，明确实验目的、内容原理和方法步骤。
 2. 用实验报告专用纸编写预习报告。
- 预习报告应完成以下内容：目的、实验线路、实验方法和简明扼要的操作步骤，记录数据的表格和规定预习时计算的内容。
3. 进实验室后，应先将预习报告交教师审阅。无预习报告者不得进行实验。

三、实验操作

做实验时应注意以下几点：

1. 接线。
 - (1) 检查仪器设备的配备与完好情况。
 - (2) 接线前应按照
 - ①调节读数方便；
 - ②接线简单交叉少；
 - ③操作安全的原则，把仪器设备摆在恰当位置后再接线。
 - (3) 接线时按电路原理一个回路一个回路地依次联接每个电气元件或设备，可先接串联支路，后接并联支路。接线长度应适当，每个接线柱上线头不宜过多。
2. 仪表。
 - (1) 使用仪表时要轻拿轻放。
 - (2) 使用仪表前应调零点。
 - (3) 电流表一般不直接串接在线路中，而用电流插箱代替它。电流表则接在插头的引线上。测量时将插头插入插座。不用时便抽出。电压表一般也不直接并接于线路中。而用测试笔并联在被测电压的电路两端。这样不仅保护仪表不受意外损害，而且还可以提高仪表的利用率。

(4) 使用仪表时, 要注意选择合适的类型和量程。

(5) 读数时要眼睛垂直对着仪表(对有反射镜的仪表, 应让指针与影象重合)。要弄清楚每一小格刻度所代表的数量。要注意有效数字的位数和基本误差。

3. 数据的观测和记录。

(1) 通电后不要急于记录数据。应先观察仪器的工作是否正常, 如没有问题, 再按规定步骤进行实验观测。

(2) 当同一实验步骤中有几个仪表时, 应尽量做到同时读数。

(3) 数据应记录在预习时准备好的表格中, 并随时校核数据的合理性, 当实验数据偏离预习估值时, 应重新测量。

(4) 所测数据经教师审阅后, 再切断电源, 进行拆线。

第二章 实验报告的基本要求

1. 实验目的。

2. 实验预习报告。

(1) 实验线路图设计、实验数据记录表设计。

(2) 实验步骤简记。

3. 实验数据记录。

4. 实验数据处理。

5. 结论。

6. 习题解答。

7. 疑难问题申报。

要求字迹端正、图规整符合国标。教师应根据实验情况评出: 优、良、中、及格、不及格, 并记入学业成绩登记册。

第三章 应用提高实验的实施办法及要求

本书共编了电工、电子方面应用提高实验共十项, 其中有课堂内容加深类实验, 有课外制作类实验, 有设计调试类实验。这些实验是专供学习成绩良好, 课后有空余时间, 并对电工电子技术有浓厚兴趣的学生, 在课外组成电工电子技术小组, 在教师、实验人员的指导下进行的实验。学生可任选其中几个, 写出申请报告, 提前到实验室预约实验时间。对于制作实验, 在实验室材料、元件不能满足时, 可由学生自筹部分资金, 制作成品, 学生可购回自用。

第四章 电工学基础实验最低要求 项目开设分类表

类 别 序 号	实 验 名 称 及 内 容	课 程 学 时 类 别				
		140	120	100	90	70 (专科)
1	实验一 戴维宁定理	✓	✓	✓	✓	✓
2	实验二 功率因数补偿及功率测量	✓	✓	✓	✓	✓
3	实验三 三相交流电路	✓	✓	✓	✓	✓
4	实验四 RLC 串联电路的谐振	✓				
5	实验五 异步电动机自动往返控制					
6	实验六 三相异步电动机的直接起动及正反转控制	✓	✓	✓	✓	✓
7	实验七 三相异步电动机的时间控制	✓	✓	✓		
8	实验八 电子学常用仪器的使用及元件测试 (1) 电子学常用仪器的使用 (2) 晶体管的万用表测试	✓	✓	✓	✓	✓
9	实验九 单管交流放大电路	✓	✓	✓	✓	✓
10	实验十 两级阻容耦合放大电路及负反馈的应用 (1) 阻容耦合放大电路 (2) 负反馈放大电路	✓	✓	✓	✓	
11	实验十一 射极输出电路	✓				
12	实验十二 晶体二极管整流滤波电路	✓	✓	✓		
13	实验十三 串联直流稳压电路					
14	实验十四 差动放大电路	✓				
15	实验十五 集成运算放大器的应用	✓	✓			
16	实验十六 加法器运算电路	✓	✓			
17	实验十七 触发器集成电路	✓	✓			
18	实验十八 集成移位寄存器	✓	✓			
19	实验十九 异步计数器集成电路	✓				
20	实验二十 555 集成定时器电路	✓	✓			

第五章 实验项目

第一节 电工技术部分

实验一 戴维宁定理

一、实验目的

1. 通过实验验证戴维宁定理。
2. 通过实验加深对等效概念的理解。

二、实验内容

戴维宁定理指出：任何一个线性有源两端网络，对外部电路而言，总可以用一个理想电压源和电阻相串联的有源支路来等效代替（如图 1-1 所示）。其理想电压源的电压等于原网络端口的开路电压 U_k ，其电阻等于原网络中所有电源为零值时的入端等效电阻 R_r 。

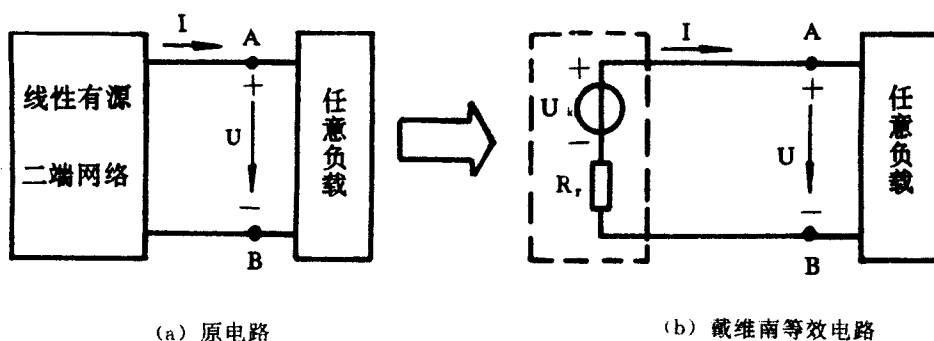


图 1-1 理想电压源和电阻相串联的有源支路示意图

三、实验步骤

1. 测定线性有源二端网络的外特性（即伏安特性） $U=f(I)$ 。按图 1-2 接线，调节直流稳压电源，使其输出为 12V（用万用表测量）。调节滑线电阻 R_L ，在不同 R_L 值的情况下，测出相应的 U_{AB} 和 I 的值，记录在表 1-1 中，并作出相应的外特性曲线（注意应保持稳压电源输出为 12V 恒定）。

2. 测量网络开路电压 $U_k = \underline{\hspace{2cm}}$ (V)（用万用表 25V 档测）。

表 1-1 测定有源两端网络外特性数据记录表

U_{AB} (V)									
I (mA)									

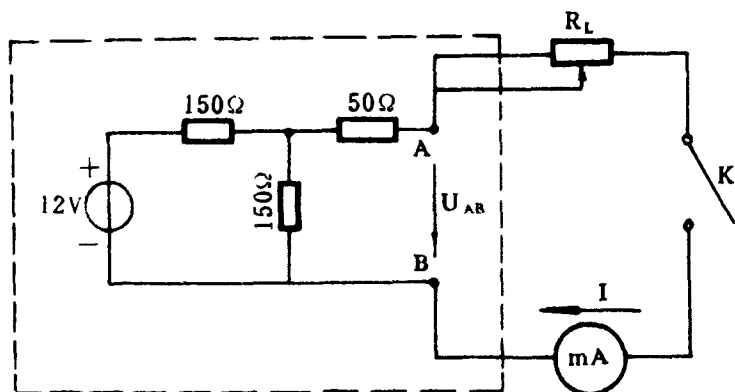


图 1-2 测定线性有源二端网络外特性接线图

3. 求 R_r 。拆除直流稳压电源，并将接电源处短路，A、B 端外加电压（直流稳压电源 12V）如图 1-3。测量 U_0 和 I_0 值并计算

$$R_r = \frac{U_0}{I_0}$$

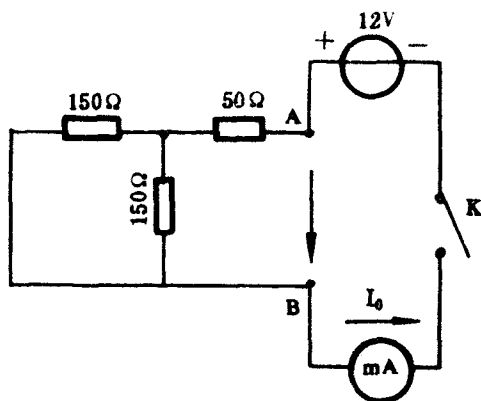


图 1-3 测定等效电阻接线图

4. 测戴维宁等效电路的外特性。将稳压电源的输出电压调至 U_k 值，旋钮式电阻箱旋至 R_r 值，并将两者串联，作为上述网络的戴维宁等效电路。按图 1-4 接线，改变 R_L 测出相应的 U 、 I 值，记入表 1-2，作出该等效电路的外特性曲线（输出电压 U_k 值应始终保持不变）。

表 1-2 测定等效电路外特性数据记录表

U (V)									
I (mA)									

注 万用表测两个外特性时，应选用同一电压档。

四、实验仪器及设备

1. 实验线路板

一块

2. MF-30 万用表

一块

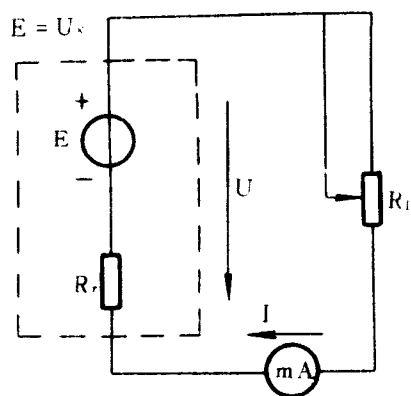


图 1-4 测定等效电路外特性接线图

3. C-31 型直流电流表
4. 直流稳压电源
5. 滑线变阻器
6. 旋钮式变阻箱
7. 导线
8. 电流表插头、插箱

一块
一台
一个
一个
若干
一套

五、思考题和作业

在同一坐标系上作出实验步骤 1、4 中的两条外特性曲线，并加以比较。加深对戴维宁定理和等效概念的理解。

附 电流表插箱的使用方法（由插座和插头组成）：

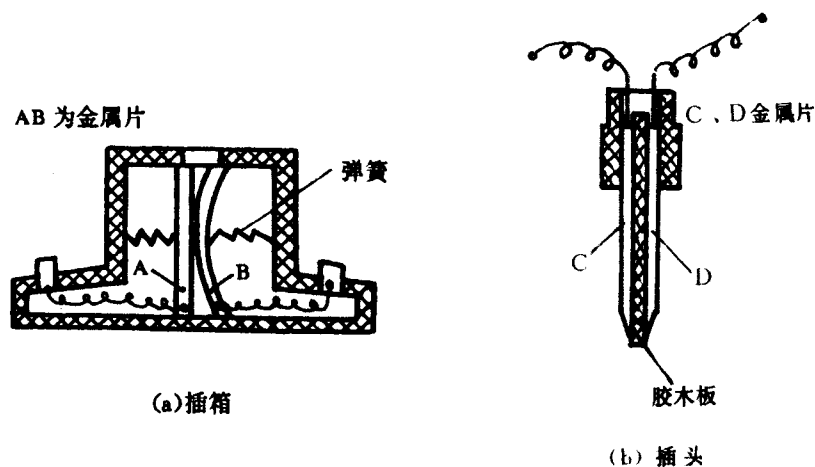


图 1-5 插箱和插头示意图

插箱的插座是由两块铜片 A、B 作成，用弹簧紧紧地压 A、B 压紧，使用时将它串入所测电路中，就象一根导线一样。如图 1-5 插头是 C、D 两块铜片，中间隔一层胶木板绝缘，外面用绝缘材料罩上做成手柄。C、D 两端通过导线可接至电流表。测量时：把插头插入插座，插头顶开 A、B 使 C 与 A 接触，D 与 B 接触，而 C、D 间有绝缘层隔开，所以电流只能通过电流表，这样就可以测出该电路的电流值。如图 1-6。

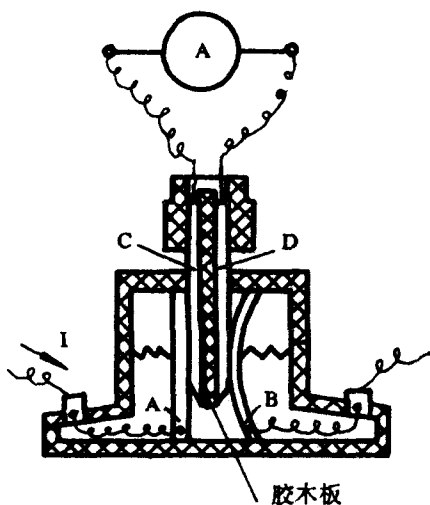


图 1-6 测量电路电流值示意图

实验二 功率因数补偿及功率测量

一、实验目的

1. 学习提高感性负载功率因数的方法。
2. 了解日光灯的工作原理。
3. 掌握功率表的正确使用。

二、实验内容

1. 日光灯电路。日光灯电路由灯管、镇流器和起辉器三部分组成。如图 2-1 所示。

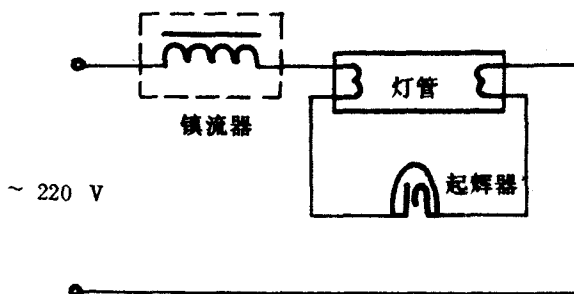


图 2-1 日光灯电路组成

灯管是一根玻璃管，管子内壁均匀地涂着一层薄的荧光粉，灯管两端各有一组灯丝，灯丝上涂有一层电子粉，管内充有惰性气体（如氩）和水银蒸汽。

镇流器实际上是一个铁芯线圈，它与灯管串联使用，其作用是：

- (1) 限制灯管电流。
- (2) 日光灯起燃时，由于线路内电流突变而在灯管两端产生一脉冲高压，起燃日光灯。镇流器必须按电源电压和日光灯功率配制，不能互相混用。

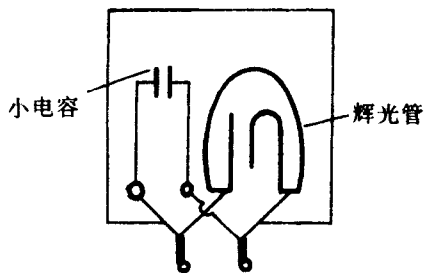


图 2-2 起辉器构造图

起辉器是由封装在玻璃泡内（泡内充惰性气体）的小电容和两个电极组成。如图 2-2 所示。电极由一个为直形金属片和另一个为倒 U 形双金属片组成。接通电源时，电源电压全部加在起辉器的两个电极之间，气隙被击穿，连续发生火花，并激发惰性气体发桔红色。双金属片受热膨胀，使二电极相碰。相碰后，极间电压降到零，双金属片冷却复原。由此可知，起辉器的作用是使电路接通和自动切断。起辉器的规格根据日光灯管的功率来决定。镇流器在工作时，也要消耗有功功率，可用电阻与电感的串联组合等效代替。小电容的作用是防止

日光灯在起动过程中对附近无线电设备产生的高频干扰。整个日光灯电路的等效电路如图 2-3 所示。

2. 日光灯工作原理。当日光灯刚接通电源时，起辉器放电导通，使两组灯丝串联接在电源上，灯丝加热发射出大量电子，起辉器放电时双金属片受热膨胀，使两金属片相互接触，导致起辉器放电熄灭，双金属片冷却，随即断开。由于双金属片的突然断开导致线路电流的突然变化，于是在镇流器两端产生开路脉冲电压，使管内的氩气电离，氩气放电后，管内温度升高，使水银蒸汽压上升，由于电子撞击水银蒸汽，从而灯管由氩气放电过渡到水银蒸汽放电，放电时辐射出紫外线，激励管壁上的荧光粉，使它发出象日光的光。

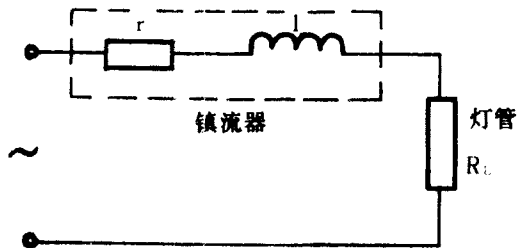


图 2-3 日光灯等效电路

灯管放电后，灯管两端电压较低，即起辉器两电极间的电压较低，不足以使起辉器继续放电。

电路所消耗的功率为 $P = UI \cos \varphi$ 。

$\cos \varphi$ 为电路的功率因数。

日光灯电路工作时，线路中有镇流器存在（电感），功率因数较低，为了提高日光灯电路的功率因数，可采用并联电容器的方法。这时电容器提供超前的无功电流以补偿感性负载中滞后的无功电流，从而使电路中总电流的无功分量减小。

当并联电容器 C 增加时，电路总电流减小，而 I_L 不变，整个电路的功率因数提高。当 C 达到一定值时，总电流 I 最小， $\cos \varphi = 1$ ，即 $\varphi = 0$ 。电路出现并联谐振现象。若电容 C 值继续增加， $\cos \varphi$ 反而降低，成了过补偿，总电流又会增加。

三、实验步骤

1. 按图 2-4 接线。在线路中接入了三相插座，可以用一只电流表测几处的电流，可以达到一表多用。
2. 测量电源电压 U 、镇流器电压 U_L 、灯管电压 U_R 、电流 I 、日光灯电路的有功功率 P ，计算日光灯电路的功率因数 $\cos \varphi$ 。
3. 电容 C 为不同值时，测出 I 、 I_L 、 I_C 和日光灯电路的功率，并计算 $\cos \varphi$ 值，填入表 2-1。
4. 注意断开电源后，将可变电容箱开关合上，将电容器放电，然后拆线。

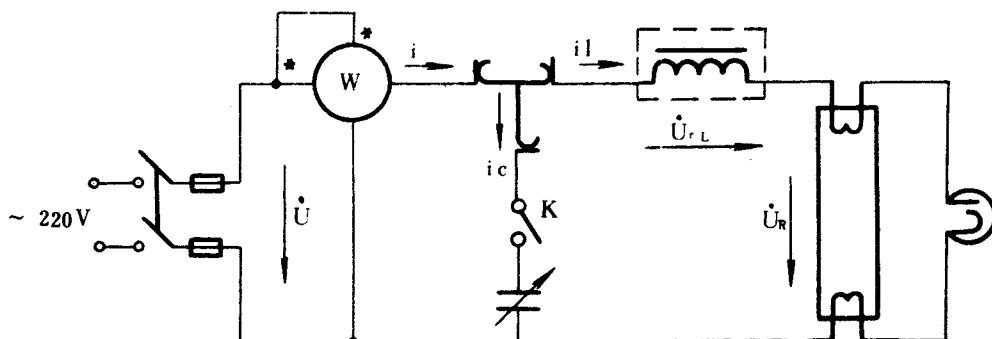


图 2-4 实验接线图

表 2-1 实验数据表

C (μf)	0	1	2	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
I (A)											
I_L (A)											
I_C (A)											

四、实验仪器及设备

- | | |
|---------------------------------|----|
| 1. 40W 日光灯管、灯座、起辉器、镇流器 | 一套 |
| 2. 可变电容箱 0~6.5 μf | 一只 |
| 3. 交流电流表 0.5~1A | 一只 |
| 4. 交流电压表 150/300/600V | 一只 |
| 5. 单相功率表 0.5A~1A/125V/250V/500V | 一只 |
| 6. 三孔插座和插头 | 一套 |

五、思考题和作业

- 在毫米方格纸上作出 $\cos\varphi=0.9$ 时, I 、 I_L 、 I_C 、 U 的矢量图。
- 在毫米方格纸上作出电源电压 U 、镇流器电压 U_{rL} 及灯管电压 U_R 组成的电压三角形。为什么不是直角三角形? 并从该电压三角形求取镇流器电感及等效电阻。

实验三 三相交流电路

一、实验目的

- 熟悉三相负载在星形、三角形连接时, 其线电压, 相电压; 线电流, 相电流间的关系。
- 了解三相四线制中线的作用。
- 学习三相功率的测量方法。

二、实验内容

星形连接的对称三相负载, 接在对称的三相交流电源时, $U_L = \sqrt{3} U_P$; $I_L = I_P$ 。且有 $I_A + I_B + I_C = 0$ 即中线电流等于零。因此, 可以不用中线。当此负载不对称而有中线时, 中线电流

虽不等于零, 但 $U_L = \sqrt{3} U_P$ 。如中线断开时, 则仅有 $I_A + I_B + I_C = 0$ 。且由于负载不对称, 则每相负载上的电压将不相等。

对于三角形联接的负载对称时, 不论三相负载是否对称, 接对称三相交流电源时, $U_L = U_P$, 而只是在三相负载对称时, $I_L = \sqrt{3} I_P$ 。

在三相四线制中, 用三瓦计法测量三相功率, 对于对称三相负载, 也可用一瓦计法测量三相功率。在三相三线制中, 一般采用二瓦计法测量三相功率, 三相有功功率为二瓦特表读数之和。

三、实验仪器及设备

1. 三相灯泡板

2. 电流表插箱

3. 交流电压表 150/300/600V

4. 交流电流表 0.5/1A

5. 灯泡 220V/100W

6. 瓦特表 125/250/500V 0.5~1A
- 一块

一只

一只

一只

八只

一只

四、实验步骤

1. 本实验用线电压为 380V 的三相交流电源。用 220V/100W 灯泡六个 (或八个) 接成三相负载。
2. 按图 3-1 接成星形负载。
- (1) 负载对称, 不接中线, 测量各相电流值, 各相电压值和线电压值记入表 3-1 中。核算线电压与相电压数量之间的关系。
- (2) 负载对称, 接通中线, 测量各电压值。电流值是否发生变化。

表 3-1 负载对称时实验数据表

	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_0
无中线										
有中线										

- (3) 负载不对称, 接通中线, 观察各相灯泡的亮度, 并测量各电压值和电流值记在表 3-2 中。断开中线, 观察各相灯泡亮度的变化, 测量各电压值和电流值, 以及中线电流值。从中了解中线的作用。

表 3-2 负载不对称时实验数据表

	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	I_0
无中线										
有中线										

- (4) 在第(3)项的有中线的情况下, 用三瓦计法测量三相功率, 记入表 3-3 中。如图 3-2 所示。

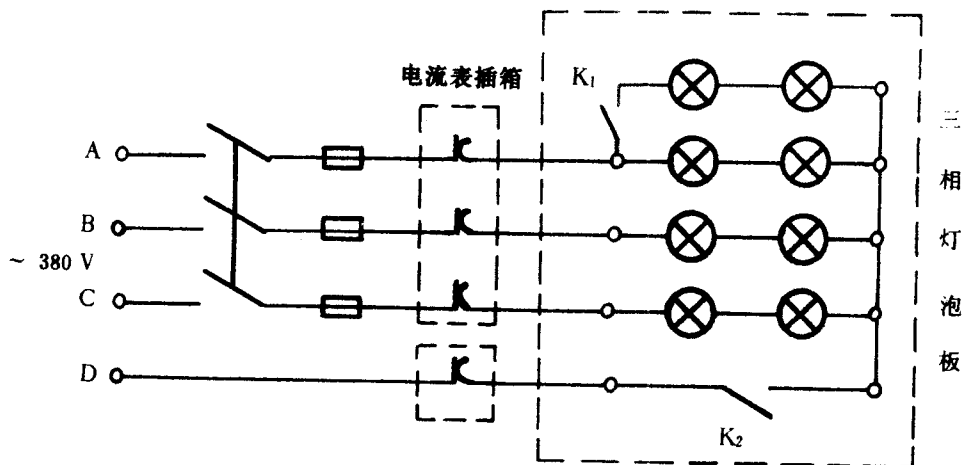


图 3-1 星形负载接线图

表 3-3 测定三相功率数据表

W_1	W_2	W_3	倍率	三相总功率

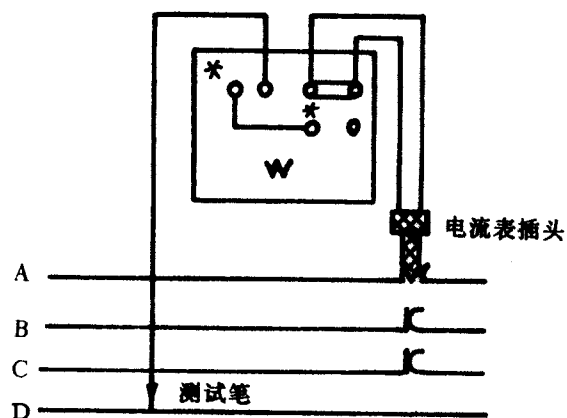


图 3-2 三瓦计法测量功率接线图

3. 按图 3-3 接成三角形负载。

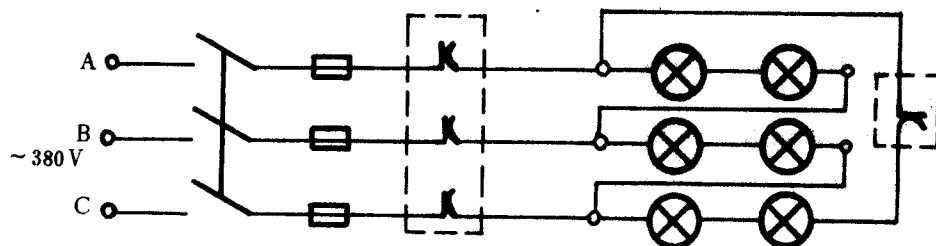


图 3-3 三角形负载接线图

(1) 测量线电压、相电压、线电流及一相电流的数值，记入表 3-4 中，并核算电流的相值与线值之间的关系。