

高等学校教材

# 电工与电子技术实验

徐晓冰 江萍 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



高等学校教材

# 电工与电子技术实验

徐晓冰 江萍 主编



机械工业出版社

本书是根据教育部 1995 年颁发的高等工业学校“电工技术（电工学 I）”和“电子技术（电工学 II）”两门课程的基本教学要求而编写的，作为与理论课程配套的实验教材。

全书分为五章，共包括 39 个基本实验。介绍电工、电子技术中的基本实验和基本测试方法，并结合常用电工、电子仪器的使用，电子仿真（EWB）使用，对一些常用电路进行典型分析，有利于培养学生的实验兴趣，提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书可作为高等工业学校非电类和部分电类本科专业的电工电子实验教材。也可供相关的专科专业和从事电工电子技术的工程技术人员使用。

## 图书在版编目（CIP）数据

电工与电子技术实验/徐晓冰，江萍主编. —北京：机械工业出版社，2003.10

高等学校教材

ISBN 7-111-13134-7

I. 电... II. ①徐...②江... III. ①电工技术—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TM—33②TN—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 086095 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：余茂祚 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣

封面设计：张 静 责任印制：路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 10 印张 · 240 千字

0 001—5 000 册

定价：16.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

电工、电子技术课程是一门实践性很强的技术基础课。为了增强学生基本实验技能、培养学生的实际动手能力，我们在总结多年教学工作，广泛吸取各高校实验经验的基础上，编写了这本实验教材。该教材适用于高等院校本科非电类各专业和电类部分专业实验教学，也可供专科院校相关专业师生及从事电工电子技术工作的工程技术人员参考。

本书着重介绍电工、电子技术的基本实验内容和实验方法。书中的每一个实验都以电工、电子技术基本理论为基础，提出实验目的和内容，学生通过预习，对实验内容进行理论分析，并经过电子仿真和独立实验，验证理论结果，分析实验中出现的問題，找出产生误差的原因。在编写实验教学内容时，我们以培养学生综合运用课本知识，独立解决实际问题能力为出发点，在编排上：①以实验内容为核心，讲述实验内容和实验方法，使教材自成体系；②安排预习内容及思考题，增强学生独立思考和解决实际问题的能力；③增加 EWB 电子仿真内容，通过在 EDA 软件平台进行虚拟实验，使学生能初步掌握使用计算机辅助分析工具分析电路的方法，提高工程实践能力；④采用固定电路和学生自己搭接电路相结合的方式，保证学生在对基本理论消化吸收的基础上，提高学生的实践操作能力。

全书共分为五章，39 个基本实验。第一章为电工实验；第二章为模拟电子技术实验；第三章为数字电子技术实验；第四章为综合实验；第五章为虚拟电子工作台（EWB）使用。分别介绍了电工、电子技术中的基本实验和基本测试方法，结合常用电工、电子仪器的使用，对一些常用电路进行典型分析。

书中凡是带 \* 的为选作实验。

本书由徐晓冰（编写第二章、第四章的实验一至三和第五章）和江萍（编写第一章的实验二至九和第三章）主编，第一章实验一由苗沛荣编写；第一章实验十、十一由邓凡李编写、第四章的实验四至六由戴雷编写。在编写过程中，得到了合肥工业大学电气与自动化工程学院电工理论及新技术系和电工电子实验室全体老师的大力支持，在此表示感谢。

限于编者水平和编写时间仓促，书中不妥和错误之处在所难免，敬请读者不吝指正。

编 者

# 目 录

## 前言

### 第一章 电工实验

实验一、电位、电压的测量及基尔霍夫定律的验证 .....	1
实验二、叠加原理和戴维南定理 .....	3
实验三、元器件伏安特性的测量 .....	6
实验四、正弦稳态交流电路相量的研究 .....	9
实验五、交流电路参数测量与功率因数的改善 .....	11
实验六、 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 串联谐振 .....	14
实验七、三相交流电路 .....	17
实验八、典型电信号的观察与测量 .....	20
实验九、 $RC$ 一阶线性电路暂态响应的调整与观测 .....	22
实验十、异步电动机点动与自锁控制 .....	26
实验十一、异步电动机正反转控制 .....	28

### 第二章 模拟电子实验

实验一、常用电子仪器的使用 .....	31
实验二、晶体管共射极单管放大器 .....	35
实验三、场效应晶体管放大器 .....	40
实验四、 $RC$ 耦合多级放大电路 .....	43
实验五、射极输出器 .....	47
实验六、差动放大器 .....	50
实验七、集成运算放大器的应用（模拟运算电路） .....	54
实验八、集成运算放大器的应用（信号处理—电压比较器） .....	59
实验九、晶闸管可控整流电路 .....	63
实验十、 $RC$ 正弦波振荡器 .....	66
实验十一、直流稳压电源 .....	68

### 第三章 数字电子技术实验

实验一、TTL 集成逻辑门电路 .....	71
实验二、组合逻辑电路分析与设计 .....	74
实验三、译码器及其应用 .....	77
实验四、触发器的逻辑功能测试及其应用 .....	80
实验五、计数器及其应用 .....	84

实验六、TTL集电极开路门与三态输出门的应用 .....	87
实验七、移位寄存器及其应用 .....	91
实验八、脉冲分配器及其应用 .....	96
实验九、单稳态触发器与施密特触发器—脉冲延时与波形整形电路— .....	98
实验十、555 时基电路及其应用 .....	102
实验十一、D/A、A/D 转换器 .....	107

#### 第四章 综合实验

实验一、受控源电路的研究 .....	112
实验二、有源滤波器 .....	114
实验三、运算放大器的应用——万用电表的设计与调试 .....	117
实验四、分秒计时器 .....	120
实验五、数字频率计 .....	125
实验六、交通灯控制电路 .....	128

#### 第五章 虚拟电子工作台 (EWB) 使用

一、EWB 概述 .....	130
二、EWB 的基本界面 .....	130
三、EWB 的基本操作方法 .....	136
四、EWB 的基本分析方法 .....	146
参考文献 .....	151

# 第一章 电工实验

## 实验一、电位、电压的测量及基尔霍夫定律的验证

### 一、实验目的

1. 用实验证明电路中电位的相对性、电压的绝对性。
2. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
3. 掌握直流电工仪表的使用方法，学会使用电流插头、插座测量支路电流的方法。

### 二、实验原理

在一个确定的闭合电路中，各点电位的高低视所选的电位参考点的不同而变，但任意两点间的电位差（即电压）则是绝对的，它不因参考点电位的变动而改变。据此性质，可用一只电压表来测量出电路中各点的电位及任意两点间的电压。

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及多个元件两端的电压，应能分别满足基尔霍夫电流定律的电压定律。即对电路中的任一个节点而言，应有  $\Sigma I = 0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有  $\Sigma U = 0$ 。运用该定律时必须注意电流的正方向（此方向可预先任意设定）。

### 三、实验内容

实验电路如图 1-1-1 所示。将两路直流稳压电源接入电路，令  $E_1 = 6V$ ， $E_2 = 12V$ 。

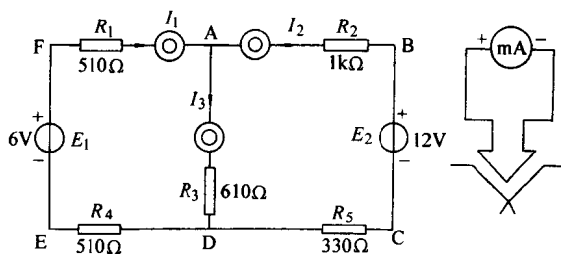


图 1-1-1 基尔霍夫定律实验电路

#### 1. 电压、电位的测量

(1) 以图中的 A 点作为电位的参考点，分别测量 B、C、D、E、F 各点的电位值  $U$  及相邻两点之间的电压值  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CD}$ 、 $U_{DE}$ 、 $U_{EF}$  及  $U_{FA}$ ，数据记入表 1-1-1 中。

(2) 以 D 点作为电位的参考点，重复实验内容 (1) 的步骤。

#### 2. 基尔霍夫定律的验证

(1) 实验前先任意设定三条支路的电流参考方向，如图中的  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  所示，熟悉电流插头的结构，注意直流毫安表读出电流值的正、负。

(2) 用直流毫安表分别测出三条支路的电流值并记入表 1-1-2 中。

(3) 用直流电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值并记入表 1-1-2 中。

表 1-1-1 电位、电压测量数据记录和计算

电位参考点	项目	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_D$	$U_E$	$U_F$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CD}$	$U_{DE}$	$U_{EF}$	$U_{FA}$	$U_{AD}$
		V						V						
A	计算值													
	测量值													
	相对误差													
D	计算值													
	测量值													
	相对误差													

表 1-1-2 用毫安表测出的数据记录与计算

被测量	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$E_1$	$E_2$	$U_{FA}$	$U_{AB}$	$U_{AD}$	$U_{CD}$	$U_{CE}$
	mA			V		V				
计算值										
测量值										
相对误差										

#### 四、实验设备及仪表 (表 1-1-3)

表 1-1-3 实验设备及仪表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流稳压电源	DF1731	1	
2	万用表	MF47	1	
3	直流电流表		1	
4	实验电路板		1	

#### 五、实验注意事项

(1) 测量电位时, 用万用表的直流电压档测量时, 用负表棒 (黑色) 接参考电位点, 用正表棒 (红色) 接被测各点, 若指针正偏或显示正值, 则表明该点电位为正 (即高于参考点电位); 若指针反向偏转, 此时应调换万用表的表棒, 然后读出数值并在电位值前加一负号 (表明该点电位低于参考点电位)。

(2) 用指针式电流表测量电流时, 要识别电流表的极性, 并正确读出支路电流在给出正方向下的正负值。

(3) 防止电源两端碰线而短路。

(4) 所有需要测量的电压值, 均以电压表测量的读数为准, 不得以电源表盘指示值为准。

#### 六、预习思考题

(1) 根据图 1-1-1 中的电路参数, 计算出待测量的电流、电压、电位值, 记入表中, 以便与实验测量的数据比较, 并帮助正确选定测量仪表的量程。

(2) 若以 F 点作为参考电位点, 实验测得各点的电位值; 现令 E 点作为参考电位点, 试问此时各点的电位值应有何变化?

#### 七、实验报告

(1) 完成数据表格中的计算, 进行必要的误差分析。

(2) 总结电位相对性和电压绝对性的原理。

(3) 根据实验数据, 选定实验电路中的任一个节点 (任一闭合回路), 验证 KCL (KVL) 的正确性。

(4) 心得体会及其它。



## 实验二、叠加原理和戴维南定理

### 一、实验目的

1. 牢固掌握叠加原理的基本概念，进一步验证叠加原理的正确性。
2. 验证戴维南定理。
3. 掌握测量等效电动势与等效内阻的方法。

### 二、实验原理

叠加原理：在线性电路中，有多个电源同时作用时，在电路的任何部分所产生的电流或电压，等于这些电源分别单独作用时在该部分产生的电流或电压的代数和。

为了验证叠加原理，可就图 1-2-1 的电路来研究。当  $E_1$  和  $E_2$  同时作用时，在某一支路中所产生的电流  $I$ ，应为  $E_1$  单独作用在该支路中所产生的电流  $I'$  和  $E_2$  单独作用在该支路中所产生的电流  $I''$  之和，即  $I = I' + I''$ 。实验中可将电流表串接到所研究的支路中分别测得在  $E_1$  和  $E_2$  单独作用时，及它们共同作用时的电流和电压加以验证。

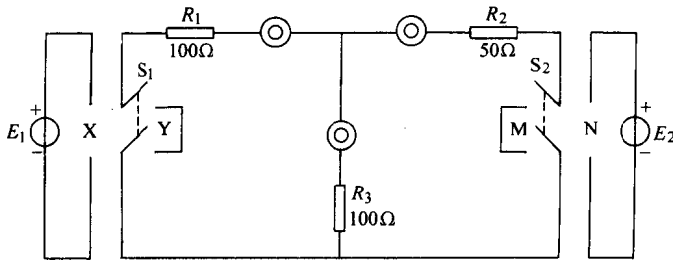


图 1-2-1 叠加原理实验电路

戴维南定理：一个有源的二端网络就其外部性能来说，可以用一个等效电压源来代替，该电压源的电动势  $E$  等于网络的开路电压  $U_{oc}$ ；该电压源的内阻等于网络的人端电阻（内电阻） $R_i$ 。

图 1-2-2 的实验电路，现研究其中的一条支路（如 A-R<sub>F</sub>-B 支路）。那么可以把这条支路以外的其余部分看作是以 AB 为端点的有源二端网络，再把这个有源网络变换成等效电动势和内阻  $R_i$  串联的有源支路与 AB 支路构成等效电路。

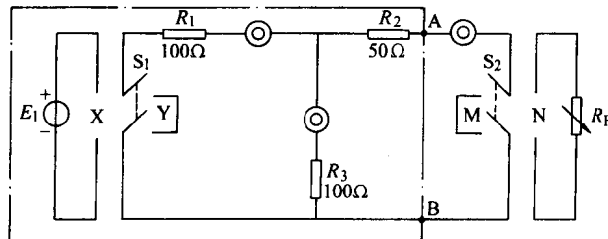


图 1-2-2 戴维南定理实验电路

### 三、实验设备及仪表（表 1-2-1）

表 1-2-1 实验设备及仪表

序号	名称	规格与型号	数量
1	直流稳压电源	DF1731 双路	1
2	电流表	直流 0 ~ 1A	1
3	万用表	MF-47	1
4	电阻		4
5	直流电路实验板		1

#### 四、实验内容

##### 1. 叠加原理实验

按图 1-2-1 接线,  $E_1$ ,  $E_2$  由稳压电源供电, 其中  $E_1 = U_1 = 6V$ ,  $E_2 = U_2 = 4V$ 。 $U_1$ 、 $U_2$  两电源是否作用于电路, 分别由开关  $S_1$  和  $S_2$  来控制, 当开关投向短侧时说明该电源不作用于电路。

实验前, 将开关  $S_1$ 、 $S_2$  投向短路一侧, 调节稳压电源  $U_1$ 、 $U_2$  分别为 6V 和 4V。

(1) 接通  $U_1 = 6V$  电源,  $S_2$  投短路侧, 测量  $U_1$  单独作用时各支路电流, 测量结果填入表 1-2-2 中。

(2) 接通  $S_1$  投向短路侧,  $U_2 = 4V$  电源, 测量  $U_2$  单独作用时各支路电流, 测量结果填入表 1-2-2 中。

(3) 接通  $U_1 = 6V$  电源,  $U_2 = 4V$  电源, 测量  $U_1$  和  $U_2$  共同作用下各支路电流, 测量结果填入表 1-2-2 中。

表 1-2-2 数据记录与计算

电源电压	$I_1/mA$			$I_2/mA$			$I_3/mA$		
	测量	计算	误差	测量	计算	误差	测量	计算	误差
$U_1 = 6V$									
$U_2 = 4V$									
$U_1 = 6V$									
$U_2 = 4V$									

##### 2. 戴维南定理实验

按图 1-2-2 接线, (即将图 1-2-1 中  $E_2$  去掉, 改接  $R_F$ ),  $E_1$  保持 6V。

(1) 测网络的开路电压  $U_{OC}$ ,  $S_1$  投向 X,  $R_F$  断开 ( $S_2$  放中间位置), 用电压表测含源一端口网络开路电压  $U_{OC}$  (A、B 两点间电压), 即得等效电压源的等效电动势  $E_S$ 。记入表 1-2-3 中。

(2) 测网络的短路电流  $I_{SC}$ ,  $S_1$  投向 X,  $S_2$  投向 M 位置, 用电流表测含源一端口网络短路电流  $I_{SC}$ , (A-M-B 支路的电流), 即得等效电压源的等效电动势  $E_S$ 。记入表 1-2-3 中。

(3) 测含源一端口网络入端电阻  $R_i$ 。三种方法测量, 结果记入表 1-2-3 中。

1) 将  $S_1$  投向 Y,  $R_F$  断开。用万用表测出 A、B 两点间的电阻  $R_{AB}$  ( $R_{AB} = R_i$ )。

2) 测含源一端口网络开路电压  $U_{OC}$  和含源一端口网络短路电流  $I_{SC}$ , 求出入端电阻  $R_i$  ( $R_i = U_{OC} / I_{SC}$ )。

3) 先断开  $R_F$ , 测网络的开路电压  $U_{OC}$ 。再将  $R_F$  接上 ( $S_2$  投向 N 位置), 用电压表测负载  $R_F$  的两端电压  $U_{AB}$ , 调节, 使  $U_{AB} = (1/2) \times U_{OC}$ , 则有  $R_i = R_F$ 。(为什么?)

(4) A、B 间接  $R_F$  (任意值),  $S_1$  投向 X,  $S_2$  投向 N 位置, 测  $R_F$  两端电压和流过  $R_F$  上

的电流记入表 1-2-4 中。

表 1-2-3 数据记录与计算

项 目	开路电压 $U_{OC}/V$	短路电流 $I_{SC}/mA$	等效内阻 $R_i$		
			1)	2)	3)
测量值					
计算值					

表 1-2-4 数据记录与计算

电阻值	$U_{RF}/V$		$I_{RF}/mA$	
	计算值	测量值	计算值	测量值
$R_F =$				
$R_F =$				

### 五、实验注意事项

(1) 测量各支路的电流、电压时，应注意仪表的极性以及数据表格中“+、-”号的记录。

(2) 电源不作用时，不可将稳压源直接短路。

(3) 用万用表直接测内阻时，网络内的独立电源必须先置零，以免损坏万用表，其次，欧姆表必须经调零后再进行测量。

(4) 改接电路时，要关掉电源。

### 六、实验要求和实验报告

(1) 实验前做好预习，根据实验电路及元件参数进行电路计算，结果填入表中。

(2) 用实验测量值验证叠加原理和戴维南定理，进行必要的误差分析。

## 实验三、元器件伏安特性的测量

### 一、实验目的

1. 学会识别常用电路元器件的方法。
2. 掌握线性电阻和非线性电阻伏安特性的逐点测试法。
3. 掌握直流电工仪表和设备的使用方法。

### 二、实验原理

任何一个二端元件的特性可用该元件上的端电压  $U$  与通过该元件的电流  $I$  之间的函数关系  $I=f(U)$  来表示，即用  $I-U$  平面上的一条曲线来表征，这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

(1) 线性电阻的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，如图 1-3-1 中 1 所示，该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

(2) 一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态，其灯丝电阻随着温度的升高而增大，通过白炽灯的电流越大，其温度越高，阻值也越大，一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至几十倍，所以它的伏安特性如图 1-3-1 中曲线 3 所示。

(3) 一般的半导体二极管是一个非线性器件，其特性如图 1-3-1 中曲线 4。正向电压很小（一般锗管约为  $0.2\sim 0.3\text{V}$ ，硅管约为  $0.6\sim 0.7\text{V}$ ），正向电流随着正向电压的升高而急骤上升，而反向电压增加时，其反向电流增加很小，粗略地可视为零。可见，二极管具有单向导电性，但反向电压加得过高，超过管子的极限值，则会导致管子击穿而损坏。

(4) 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管，其正向特性与普通二极管类似，但其反向特性较特别，如图 1-3-1 中曲线 2。在反向电压开始增加时，其反向电流几乎为零，但当反向电压增加到某一数值时（称为管子的稳压值，有各种不同稳压值的稳压管）电流将突然增加，以后它的端电压将维持恒定，不再随外加电压升高而增大。

### 三、实验内容

#### 1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 1-3-2 接线，调节稳压电源的输出电压  $U$ ，从  $0\text{V}$  开始缓慢增加，一直到  $10\text{V}$ ，记下相应的电压表和电流表的读数。

#### 2. 测定非线性白炽灯的伏安特性

将图 1-3-2 中的  $R_L$  换成一只小灯泡，重复 1 的步骤。将测试结果填入表 1-3-1 中。

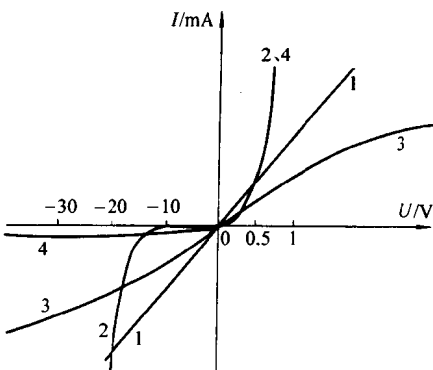


图 1-3-1 二端元件的伏安特性

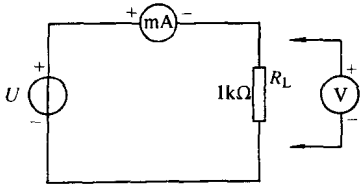


图 1-3-2 电阻和白炽灯伏安特性测试电路

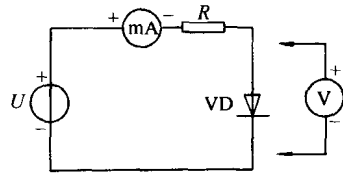


图 1-3-3 二极管伏安特性测试电路

表 1-3-1 数据记录

项目	$U/V$	0	2	4	6	8	10
线性电阻	$I/mA$						
小灯泡	$I/mA$						

### 3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 1-3-3 接线,  $R$  为限流电阻, 测二极管 VD 的正向特性时, 其正向电流不得超过 25mA, 正向电压可在 0~0.75V 之间取值。特别是在 0.5~0.75V 之间应更多取几个测量点。作反向特性实验时, 只需将图 1-3-3 中的二极管 VD 反接, 其反向电压可加到 30V 左右。

### 4. 测定稳压二极管的伏安特性

将图 1-3-3 中的二极管换成稳压二极管, 重复 3 的内容。将测试结果填入表 1-3-2 中。

表 1-3-2 数据记录

二极管	正向	$U/V$	0							0.75	
		$I/mA$									
	反向	$U/V$	0								-30
		$I/mA$									
稳压二极管	正向	$U/V$	0							0.75	
		$I/mA$									
	反向	$U/V$	0								
		$I/mA$									

## 四、实验设备及仪表 (表 1-3-3)

表 1-3-3 实验设备及仪表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流稳压电源	DF1731	1	
2	直流毫安表		1	
3	万用表	MF47	1	
4	二极管	2CP15	1	
5	稳压管	2CW51	1	
6	白炽灯泡	12V/0.1A	1	
7	线性电阻	200Ω, 1kΩ	1	

## 五、实验注意事项

(1) 测二极管正向电压时，稳压电源输出应由小到大逐渐增加，应时刻注意电流表读数不得超过 25mA。

(2) 进行不同实验时，应先估算电压和电流值，合理选择仪表的量程，注意仪表的极性不要接错。

#### 六、实验报告

(1) 根据各实验结果，分别在方格纸上绘制出伏安特性曲线（其中二极管和稳压管的正向、反向特性曲线要求画在同一张图中，正、反向电压可取为不同的比例尺）。

(2) 根据实验结果，总结、归纳各被测元器件的特性。

(3) 进行必要的误差分析。

## 实验四、正弦稳态交流电路相量的研究

### 一、实验目的

1. 加深对交流电路中相位概念的理解。
2. 通过对荧光灯（日光灯）照明灯具的安装和测量，加深对单相照明电路的认识和理解。
3. 学会使用电磁式仪表及单相调压器。

### 二、实验原理

(1) 在单相正弦交流电路中，用交流电流表测得各支路的电流值，用交流电压表测得回路各元件两端的电压值，它们之间的关系满足相量形式的基尔霍夫定律，即

$$\sum \dot{i} = 0 \quad \sum \dot{U} = 0$$

(2) 如图 1-4-1 所示的 RC 串联电路，在正弦稳态信号  $\dot{U}$  的激励下， $\dot{U}_R$  与  $\dot{U}_C$  保持有  $90^\circ$  的相位差，即当阻值  $R$  改变时， $\dot{U}_R$  的相量轨迹是一个半圆， $\dot{U}$ 、 $\dot{U}_R$ 、 $\dot{U}_C$  三者形成一个直角形的电压三角形。 $R$  值改变时，可改变  $\varphi$  角的大小，从而达到移相的目的。

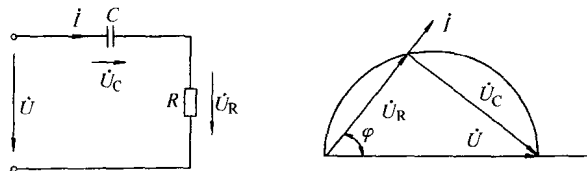


图 1-4-1 RC 串联电路

(3) 荧光灯的安装与测量。荧光灯的供电电路如图 1-4-2 所示。实际接线时注意开关要接相线以保证人身安全。

荧光灯工作原理：荧光灯由灯管、镇流器和启辉器三部分组成。荧光灯刚接上 220V 电源时，启辉器的两个触头是分开的，因灯管并未导通（电路中没有电流），220V 电压全部加在启辉器的两个触头之

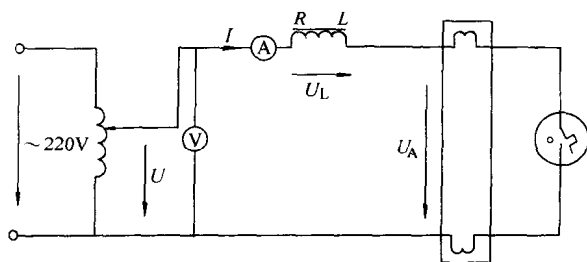


图 1-4-2 荧光灯电路

间，引起辉光放电产生高温、呈红光，动触头因为受热膨胀，使动、静两触头闭合，接通电路，电流流经灯管两端的灯丝，灯丝产生热电子发射，同时因启辉器两触头闭合，辉光放电停止，动触头因冷却复位而使电路断开。在静、动触头分开的瞬时，镇流器两端产生了相当高的自感电动势，它与电源电压一起加在灯管两端，灯管两端受到高电压，使管内气体电离产生辉光放电，放电时产生的紫外线照射到灯管内壁的荧光粉上而发出可见光，荧光灯导通。

荧光灯点燃后，灯管两端工作电压较低，20W 的荧光灯约为 60V，40W 的荧光灯约为 110V 左右，在此电压下，启辉器不再起作用，电源电压大部分都降在镇流器上，此时镇流器起降压限流作用。

### 三、实验内容

### 1. RC 串联电路电压三角形测量

(1) 用两只 220V, 25W 的白炽灯泡 (可用三相灯箱中的一组灯泡) 和  $4.7\mu\text{F}/450\text{V}$  电容器组成如图 1-4-1 所示的实验电路, 经教师检查后, 接通市电 220V 电源, 记录  $U$ ,  $U_R$ ,  $U_C$  值, 验证电压三角形关系。

(2) 改变  $R$  阻值 (用一只灯泡), 重复 (1) 内容, 验证  $U_R$  相量轨迹。将测试结果填入表 1-4-1 中。

表 1-4-1 数据记录与计算

白炽灯泡组数	测量值			计算值	
	$U/\text{V}$	$U_R/\text{V}$	$U_C/\text{V}$	$U/\text{V}$	$\varphi$
2					
1					

### 2. 荧光灯电路接线与测量

按图 1-4-2 接线, 经教师检查后接通市电 220V 电源, 调节自耦调压器的输出, 使其输出电压缓慢增大, 直到荧光灯刚启辉点亮时, 记下各表的指示值。然后将电压调至 220V, 测量电流  $I$ , 电压  $U$ ,  $U_L$ ,  $U_A$  等值, 验证电压、电流的相位关系。将测试结果填入表 1-4-2 中。

表 1-4-2 数据记录

荧光灯状态	$I/\text{A}$	$U/\text{V}$	$U_L/\text{V}$	$U_A/\text{V}$
启辉值				
正常工作值				

## 四、实验设备及仪表 (表 1-4-3)

表 1-4-3 实验设备及仪表

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	交流电压表		1	
2	交流电流表		1	
3	功率表		1	
4	自耦调压器		1	
5	荧光灯	20W	1	
6	电容器	$4.7\mu\text{F}/450\text{V}$	1	
7	白炽灯	25W/220V	1	

## 五、实验注意事项

- (1) 本实验用交流市电 220V, 务必注意用电和人身安全。
- (2) 在接通电源前, 应先将自耦调压器手柄置在零位上。
- (3) 电压、电流表要正确接入电路, 读数时要注意量程和实际读数的换算关系。
- (4) 如接线正确, 荧光灯不能正常启辉时, 应检查启辉器及其接触是否良好。

## 六、实验报告

- (1) 完成数据表格中的计算, 进行必要的误差分析。
- (2) 根据实验数据, 分别绘出电压、电流的相量图, 验证相量形式的基尔霍夫定律。
- (3) 写出装接荧光灯电路的心得体会。



## 实验五、交流电路参数测量与功率因数的改善

### 一、实验目的

1. 通过对  $RL$  串联电路及其与  $C$  并联的单相交流电路的实际测定，查找出它们的电压、电流及功率之间的关系。
2. 学习电路元件参数的测量方法（间接法测定  $R$ 、 $r$ 、 $L$ 、 $C$  等）。
3. 掌握感性负载并联电容提高功率因数的方法，并进一步理解其实质。
4. 学习并掌握功率表的使用。

### 二、实验原理

#### 1. $RL$ 串联电路 (图 1-5-1)

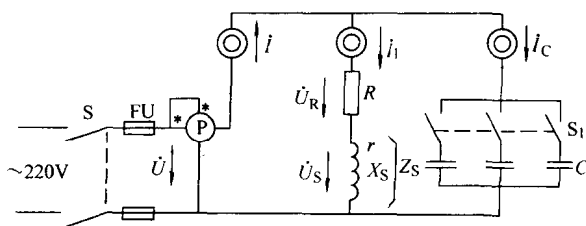


图 1-5-1 单相交流电路的实验电路

根据  $\Sigma \dot{U} = 0$

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_S = \dot{U}_R + \dot{U}_r + \dot{U}_L$$

电感线圈上的正弦电压  $U_S$  将超前电流  $I$  一个  $\varphi_1$  角度，相量图如图 1-5-2 所示。由相量图上的电压三角形，根据余弦定理，得

$$U_S^2 = U_R^2 + U^2 - 2UU_R \cos \varphi_1$$

从而求出  $\varphi_1$ ，而  $U_{(R+r)} = U \cos \varphi_1$

式中  $U_{(R+r)} = U_R + U_r$

又因为  $U_L = U \sin \varphi_1$

这样可求得  $R = U_R / I_1$ ;  $r = U_r / I_1$ ;  $X_L = U_L / I_1$ ;

$$L = X_L / \omega = X_L / 2\pi f$$

#### 2. 研究感性负载电路提高功率因数的方法

感性负载电路的功率因数一般比较低，为了提高电路的功率因数，常在感性负载电路的两端并联电容器，以提高电路的功率因数。并入电容后的电压、电流相量图如图 1-5-3 所示。电容支路的电流  $I_C$  在相位上超前电源电压  $90^\circ$ （以  $U$  为参考）。

$$\text{并联电容后线路的总电流} \quad \Sigma \dot{I} = 0 \quad \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_C$$

由图 1-5-3 的相量图，根据余弦定理得  $I_1^2 = I_C^2 + I^2 - 2II_C \cos(90^\circ + \varphi)$

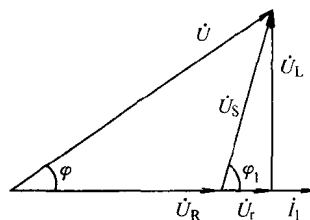


图 1-5-2  $RL$  串联电路中电压、电流相量图

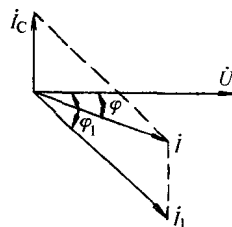


图 1-5-3 感性负载并联电容后的电压、电流相量图