

# 电工电子技术 实验教程

主 编 邱世卉 范玲俐

副主编 范 钧

主 审 罗 乐



重庆大学出版社

## 内容提要

本书以“保证基础知识,精选教材内容”为指导思想,以培养学生分析问题、解决问题的能力为目的,内容简明扼要,通俗易懂,实现了理论与实践的有机结合。本书包括两部分。第一部分为电工电子技术实验,共16个实验,内容覆盖了电工电子技术实验课程的基本内容;第二部分为附录,其中附录1为数字电子技术实验箱基本单元组成及功能介绍,附录2为常用数字电路外引线图。

本书可作为高等学校机械电子工程、机械工程、材料成型及控制工程等相关工科非电专业本科教材、大专高职院校工科非电专业的教辅用书,也可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验教程 / 邱世卉, 范伶俐主编. — 重庆: 重庆大学出版社, 2019. 8

ISBN 978-7-5689-1580-9

I. ①电… II. ①邱… ②范… 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(2019)第 147511 号

## 电工电子技术实验教程

主 编 邱世卉 范伶俐

策划编辑:曾显跃

副主编 范 钧

主 审 罗 乐

责任编辑:文 鹏 谢 芳 版式设计:曾显跃

责任校对:万清菊 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆荟文印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.75 字数:270千

2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷

印数:1—3 600

ISBN 978-7-5689-1580-9 定价:31.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

实验教学是学生在学校学习期间理论联系实际不可或缺的途径,对提高学生的综合素质、培养学生的实践能力和创新精神具有极为重要的作用。电工电子技术实验是与电工电子技术课程理论教学相配套的同步实践教学环节,编写此书的目的一方面在于通过理论联系实际,使学生巩固和强化对所学基本理论的理解,提高分析问题和解决问题的能力;另一方面使学生通过较为系统的电工和电子实践技能的基本训练,树立工程实践观点和严谨的科学作风。

本书可供非电类专业本科、非电类专业专科选择使用。内容覆盖了非电类专业电工与电子技术等课程的基本内容,充分体现了应用型人才培养需要,突出提升学生解决问题的实践能力和创新能力。

编者希望:

①学生能够在每次实验前,认真地进行预习,明确实验目的,理解实验原理,熟悉实验步骤,了解所需的实验设备和仪器仪表的规格、使用条件和使用方法。

②在实验过程中,学生应严格遵守实验室的各项规章制度和安全操作规程,认真进行实践操作,严格遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作程序,在老师的指导下准确、安全地完成实验。

③学生在实验结束时,应将实验数据提交给老师,经指导老师检查后,方可拆除电路,并在做好仪器设备的整理和环境的清洁工作后离开实验室。

④学生在实验课后,要认真整理、分析实验数据,写出数据真实、条理清楚、内容完整的实验报告。

编者  
2018年8月

# 目 录

实验 1	直流电工仪器仪表的使用(叠加原理的验证)	1
实验 2	戴维宁定理的验证	6
实验 3	RLC 串、并联交流电路及功率因数的提高	10
实验 4	三相交流电路电压、电流的测量	16
实验 5	常用电子仪器的使用	19
实验 6	R,L,C 元件阻抗特性的测定	35
实验 7	单级放大电路	38
实验 8	集成运算放大器应用	42
实验 9	集成逻辑门逻辑功能测试与应用电路	46
实验 10	与非门参数测试及逻辑电平转换	52
实验 11	译码器与编码器	56
实验 12	数据选择器逻辑功能	60
实验 13	触发器及其应用	64
实验 14	中规模集成计数器及其应用	70
实验 15	555 时基电路	77
实验 16	A/D 和 D/A 转换器及其应用电路	81
附录		93
附录 1	数字电子技术实验箱基本单元组成及功能	93
附录 2	常用数字集成电路外引线图	94
参考文献		100

# 实验 I

## 直流电工仪器仪表的使用(叠加原理的验证)

### 一、实验目的

- (1)学会直流电压源、电流源的使用。
- (2)学会用直流电压表和直流电流表测量直流电压和直流电流。
- (3)验证线性电路叠加原理的正确性,加深对线性电路叠加性的认识和理解。

### 二、仪器使用说明

#### 1. 实验台

SBL-1 型实验台如图 1.1 所示。



图 1.1 SBL-1 型实验台

电工实验中,直流实验所用的电源设备是直流稳压电源和恒流源,所用的测量仪表是直流电压表和直流电流表,所用的负载是电阻元件。

SBL-1 型实验台上的电路基本量测量仪器有电量仪、直流电压表、直流电流表,还有各种实验用电源,包括交流电源(380 V, 50 Hz)、直流稳压源、恒流源。

SBL-1 型实验台的直流电源和直流仪器有指针显示和数字显示,它们之间的数据显示存在一定的误差,通常以仪表的测量值为准。直流电源和直流仪表都有正、负极之分,都存在一

定的容量和范围,使用时,应注意正、负极性,注意仪器的范围和仪表的量程。

当实验发生故障时,实验台会自动报警,告警指示灯红灯闪烁,发出告警声音,并且接触器跳开。此时立即按下告警指示的红灯键,即可停止发出告警声,然后查出原因,恢复正常后重新启动,才能继续实验。



图 1.2 直流稳压电源



图 1.3 直流数显恒流源

## 2. 直流稳压电源

此仪器左右对称,是两路可同时输出的电压源,如图 1.2 所示。

(1) 实验台开机后,打开稳压电源开关,红色指示灯亮。

(2) 输出端红色接线柱为电源正极,黑色接线柱为电源负极,调节输出调节旋钮,可使其输出电压在 0 ~ 30 V 之间调节。

(3) 右边输出端与左边对称相同。

(4) 注意电压源不能短路,否则仪器将自动保护,时间长了甚至会被烧坏。

## 3. 直流数显恒流源

直流数显恒流源是可输出恒定电流的直流电流源,如图 1.3 所示。

(1) 在实验台开机状态下,将负载接到恒流源输出端后,打开恒流源开关,红色指示灯亮。

**注意:**恒流源不能开路使用,必须接入电路或将其短路后,方可打开开关。

(2) 恒流源输出端输出电流,红色接线柱为电源正极,黑色接线柱为电源负极,电流从电源正极流出,经负载从电源负极流入,形成回路,“电流指示”窗口直接数字显示电流源输出电流数据。

(3) 输出电流的大小由“输出开关”(其范围分别为 20 mA, 200 mA)和输出调节旋钮实现。

(4) 注意电流源不能开路,否则无电流输出,调节电流值会使电流源两端产生高电压。使用时,应先正确选择电流源粗调范围,再细调到给定值,否则会发生错误,给电路造成故障,甚至损坏元器件。

## 4. 直流电压表

直流电压表(见图 1.4)并联接在电路中,用以测量电路的各电压值。

(1) 直流电压表端口红色接线柱为表正极,黑色接线柱为表负极,量程为 0 ~ 20 V。

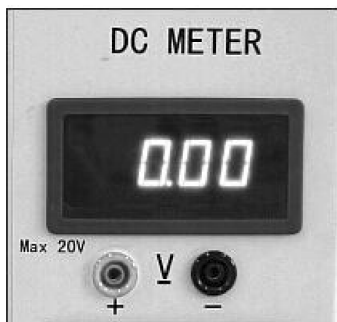


图 1.4 直流电压表

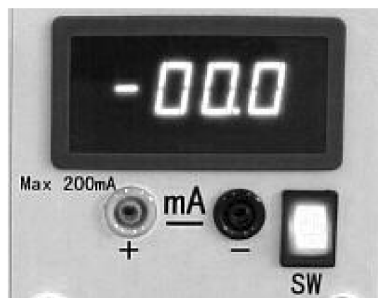


图 1.5 直流电流表

(2)测量时,电压表直接数字显示直流电压值。当电压表正极接高电位,负极接低电位时,显示正电压值;当电压表正极接低电位,负极接高电位时,直接显示负电压值。

(3)若测量值超出量程,电压表会显示“1”表示错误,此时应停止实验,关闭电源,查出原因,恢复正常后才能继续实验。

### 5. 直流电流表

直流电流表(见图 1.5)串联接在电路中,用以测量各支路的电流值。

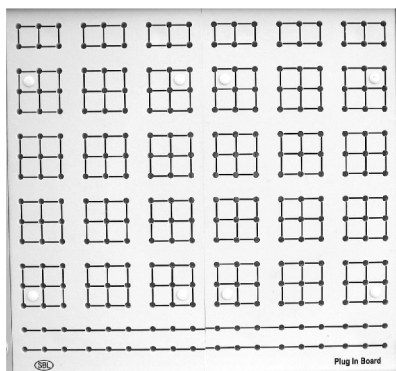
(1)直流电流表端口红色接线柱为表正极;黑色接线柱为表负极,最大量程为 200 mA。

(2)测量时,正确连接极性,所测电流值应小于 200 mA。当电流从电流表正极流向负极时,电流表显示正值。当电流从电流表负极流向表正极时,电流表直接显示负值。

(3)若测量值超过量程,电流表会显示“1”表示错误,此时应停止实验,关闭电源,查出原因,恢复正常后才能继续实验。

### 6. 实验九孔万能插件板及元件

实验九孔万能插件板(见图 1.6(a)),“田”字方格内的 9 个孔内部相连。实验元件(见图 1.6(b))使用时插入九孔万能插件板。



(a)



(b)

图 1.6 实验九孔万能插件板及元件

## 三、实验原理

叠加原理是指在有多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

在应用叠加原理时,应保持电路的结构不变。实验中,在某一电源单独作用时,若其他电源的内阻不能忽略,则要用与之相等的电阻代替。本次实验所用直流稳压电源,其内阻很小,可忽略不计,即可视为理想电压源。所以当其不用时,可用短路线代替。而所用直流恒流源,其内阻很大(近似认为无穷大),故视为理想电流源,当其不用时,应将其开路。

#### 四、实验设备

实验设备如表 1.1 所示。

表 1.1

序号	设备名称	型号与规格	数量
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	1
2	可调直流恒流源	0 ~ 200 mA	1
3	直流数字电压表	0 ~ 20 V	1
4	直流数字电流表	0 ~ 200 mA	1
5	电阻	510 Ω × 3, 1 kΩ × 1, 330 Ω × 1	5

#### 五、实验内容

##### 1. $U_s, I_s$ 共同作用

按图 1.7 在九孔万能插件板上安装元件并接线。用直流数字电压表监测,将电压源的输出调节为 9 V,接入电路的  $U_s$  处;将恒流源的输出调节为 7 mA,接入电路的  $I_s$  处;用直流数字毫安表测量各支路电流  $I_1, I_2, I_3$  (毫安表的正负极取决于电路图中的箭头方向);用直流数字电压表测量各电阻元件两端的电压。数据记入表 1.2 中。

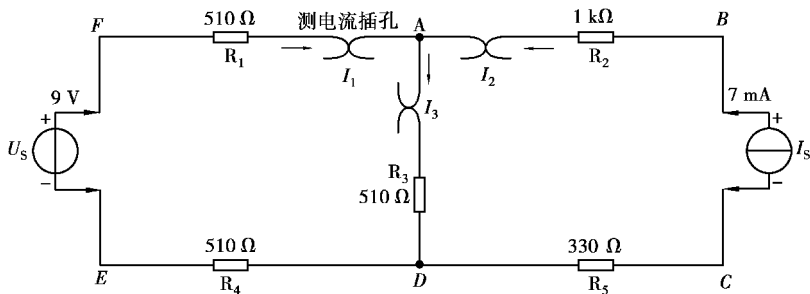


图 1.7

##### 2. $I_s$ 单独作用

按图 1.8 在九孔万能插件板上安装元件并接线。重复实验步骤 1 中的测量步骤,数据记入表 1.2 中。

**注意:**电压源  $U_s$  不作用,是指去掉  $U_s$  后电路的空缺处用短路线代替,而不是将  $U_s$  本身短路。

##### 3. $U_s$ 单独作用

按图 1.9 在九孔万能插件板上安装元件并接线。重复实验步骤 1 中的测量步骤,数据记入表 1.2 中。

注意:恒流源  $I_s$  不作用,是指去掉  $I_s$  后,电路的空缺处不作任何处理。

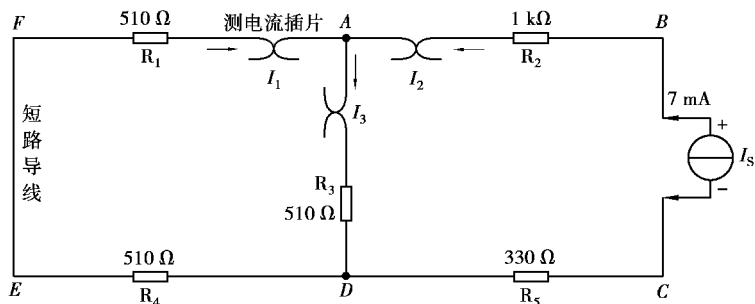


图 1.8

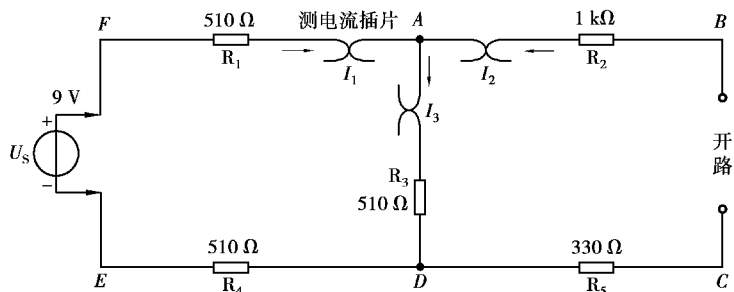


图 1.9

表 1.2

测量项目 / 实验内容	$U_s$ /V	$I_s$ /mA	$I_1$ /mA	$I_2$ /mA	$I_3$ /mA	$U_{AB}$ /V	$U_{CD}$ /V	$U_{AD}$ /V	$U_{DE}$ /V	$U_{FA}$ /V
$U_s, I_s$ 共同作用										
$I_s$ 单独作用										
$U_s$ 单独作用										

### 六、实验注意事项

(1)用电流表测量各支路电流时,或者用电压表测量电压时,应注意仪表的极性,并正确判断测得值的正负。

(2)改接线路时,要关闭电源。

### 七、实验报告

按规定格式书写,整理实验数据并进行分析、比较,归纳、总结实验结论,即验证线性电路的叠加性。

# 实验 2

## 戴维宁定理的验证

### 一、实验目的

- (1) 验证戴维宁定理的正确性,加深对该定理的理解。
- (2) 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

### 二、实验原理

#### 1. 戴维宁定理

戴维宁定理指出:任何一个线性有源二端网络,总可以用一个等效电压源来代替,此电压源的电动势  $U_s$  等于这个有源二端网络的开路电压  $U_{oc}$ ,其等效内阻  $R_0$  等于该网络中所有独立源均置零(理想电压源视为短接,理想电流源视为开路)时的等效电阻。如图 2.1 所示,  $U_{oc}$  ( $U_s$ ) 和  $R_0$  称为有源二端网络的等效参数。

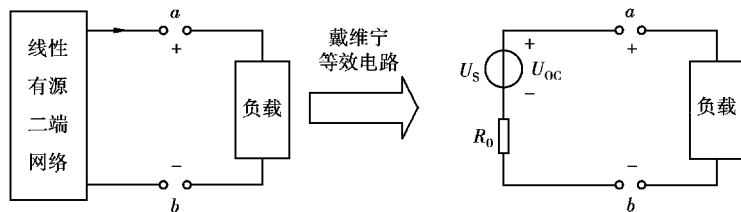


图 2.1

#### 2. 有源二端网络等效参数的测量方法

##### (1) 开路电压、短路电流法

在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测量其输出端的开路电压  $U_{oc}$ ,然后再将其输出端短路,用电流表测量其短路电流  $I_{sc}$ ,则等效内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

如果二端网络的内阻很小,若将其输出端短路,则易损坏其内部元件,因此不宜用此法测等效内阻。

(2) 伏安法

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性,并绘出外特性曲线,如图 2.2 所示。根据外特性曲线求出斜率  $\tan \varphi$ , 则内阻

$$R_0 = \tan \varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$$

也可以先测量开路电压  $U_{OC}$ , 再测量电流为额定值  $I_N$  时的输出端电压值  $U_N$ , 则内阻

$$R_0 = \frac{U_{OC} - U_N}{I_N}$$

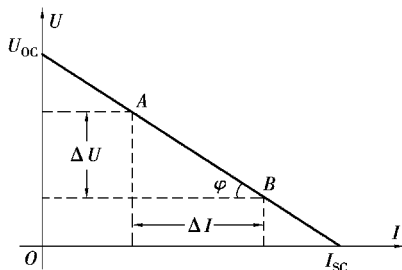


图 2.2

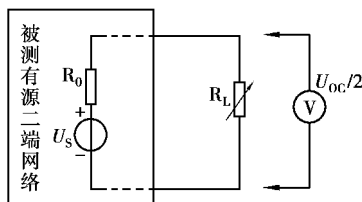


图 2.3

(3) 半电压法

如图 2.3 所示,当负载电压为被测网络开路电压的一半时,负载电阻即为被测有源二端网络的等效内阻值。

(4) 零示法

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时,用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响,往往采用零示测量法,如图 2.4 所示。

零示法测量原理:用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较,当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时,电压表的读数将为“0”;然后将电路断开,测量此时稳压电源的输出电压,此输出电压即为被测有源二端网络的开路电压。

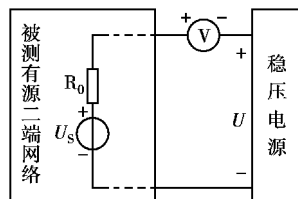


图 2.4

3. 负载  $R_L$  获得最大功率的条件

在图 2.3 中调节负载电阻  $R_L$ , 测量其电压、电流,当  $R_L = R_0$  时,测得的电压与电流的乘积即  $R_L$  的功率为最大,即  $R_L = R_0$  是负载获得最大功率的条件。

三、实验设备

实验设备如表 2.1 所示。

表 2.1

序号	设备名称	型号与规格	数量
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	1
2	可调直流恒流源	0 ~ 200 mA	1
3	直流数字电压表	0 ~ 20 V	1

续表

序号	设备名称	型号与规格	数量
4	直流数字电流表	0 ~ 200 mA	1
5	电阻	510 Ω × 2, 10 Ω × 1, 330 Ω × 1	4

#### 四、实验内容

(1) 按图 2.5 在九孔万能插件板上安装元件并接线。用直流数字电压表监测, 将电压源的输出调节为 12 V, 接入电路的  $U_s$  处; 将恒流源的输出调节为 10 mA, 接入电路的  $I_s$  处。

(2) 用开路电压、短路电流法测定戴维宁等效电路的  $U_{oc}$  和  $I_{sc}$ 。在图 2.5 中, 用电压表测量 A, B 端的电压即可测定  $U_{oc}$ ; 用电流表测量 A, B 端的电流 (相当于网络短路) 即可测定  $I_{sc}$ 。根据欧姆定律计算出  $R_0$  (四舍五入取整), 记入表 2.2 和表 2.3 中。

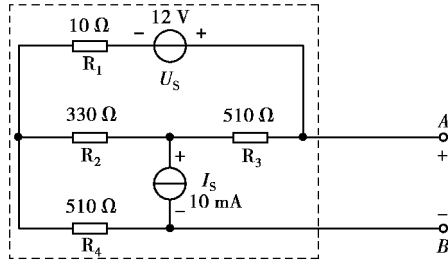


图 2.5  
表 2.2

$$U_s = 12 \text{ V} \quad I_s = 10 \text{ mA}$$

$U_{oc}/\text{V}$	$I_{sc}/\text{mA}$	$R_0/\Omega$

#### (3) 负载实验

按图 2.6 将负载电阻  $R_L$  接入电路。改变  $R_L$  的阻值 (见表 2.3), 测量对应各不同负载时的电压和电流, 记入表 2.3 中。

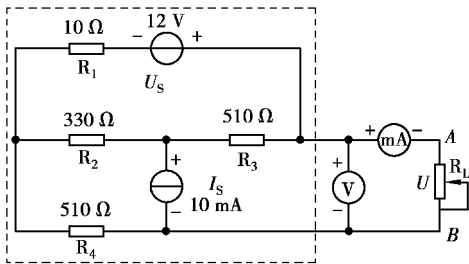


图 2.6

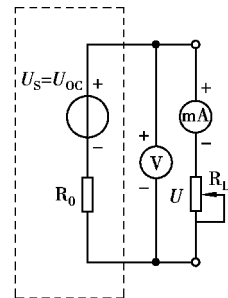


图 2.7

(4) 验证戴维宁定理

将直流稳压电源的输出电压调到表 2.2 所测得的开路电压  $U_{oc}$  的值,按图 2.7 在九孔万能插件板上安装元件并接线。依照步骤“(3)负载实验”测其外特性,对戴维宁定理进行验证,记入表 2.3 中。

**注意:**图中电阻  $R_0$  如果没有合适的固定电阻,可用几只电阻串并联后得到。

表 2.3

$U_{oc} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}, R_0 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

测 量	$R_L/\Omega$	$\infty$	1 k $\Omega$	$R_0 =$	220 $\Omega$	0
图 2.6	$U/\text{V}$					
	$I/\text{mA}$					
图 2.7	$U/\text{V}$					
	$I/\text{mA}$					

五、实验注意事项

- (1) 测量时应注意正确接入电流表、电压表的正负极。
- (2) 改接线路时,要关掉电源。

六、实验报告

根据实验数据总结实验结论,即验证戴维宁定理的正确性。

# 实验 3

## RLC 串、并联交流电路及功率因数的提高

### 一、实验目的

- (1) 验证正弦稳态交流串、并联电路中电压、电流及阻抗之间的关系。
- (2) 理解改善电路功率因数的意义并掌握其方法。
- (3) 学习单相电量仪、单相调压器的使用方法。
- (4) 认识日光灯电路。

### 二、实验原理

(1) 在正弦交流电路中,相量形式的基尔霍夫电压定律为  $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$ ,基尔霍夫电流定律为  $\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C$ ,即为相量和关系,而非代数和关系, $U \neq U_R + U_L + U_C, I \neq I_R + I_L + I_C$ 。

(2) 日光灯电路如图 3.1 所示。图中 R 是日光灯管,L 是镇流器,S 为启辉器,C 是补偿电容器(用以改善电路的功率因数  $\cos \varphi$ )。

(3) 灯管工作时,可以认为是一电阻负载。镇流器是一个铁芯线圈,可以认为是一个电感量较大的感性负载,两者串联构成一个 RL 串联电路。日光灯启辉过程如下:当接通电源后,启辉器内双金属片动片与定片间的气隙被击穿,连续产生火花,双金属片受热伸长,使动片与定片接触。灯管灯丝接通,灯丝预热而发射电子,此时,启辉器两端电压下降,双金属片冷却,因而动片与定片分开。镇流器线圈因灯丝电路断电而感应出很高的感应电动势,与电源电压串联加到灯管两端,使管内气体电离产生弧光放电而发光。此时启辉器停止工作,镇流器在正常工作时起限流作用。

①未接电容  $C(C=0)$  时:电路为日光灯 R 与镇流器 L,  $r$ (内阻)的串联电路,此时:

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_{Lr} = (R + r + j\omega L) \dot{I}_{Lr}$$

$$U_R = I_{Lr} R$$

$$U_{Lr} = \sqrt{r^2 + X_L^2} \cdot I_{Lr}$$

$$P = I^2 (R + r)$$

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

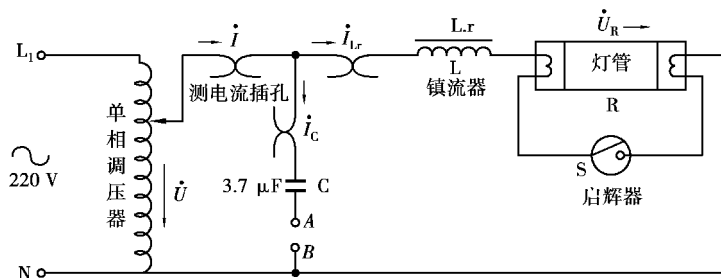


图 3.1 日光灯电路

其相量图如图 3.2(a) 所示。

②接上电容 C 时: 电路为电阻、电感串联再与电容并联的电路, 此时:

$$\dot{i} = \dot{i}_{Lr} + \dot{i}_C$$

其相量图如图 3.2(b) 所示。

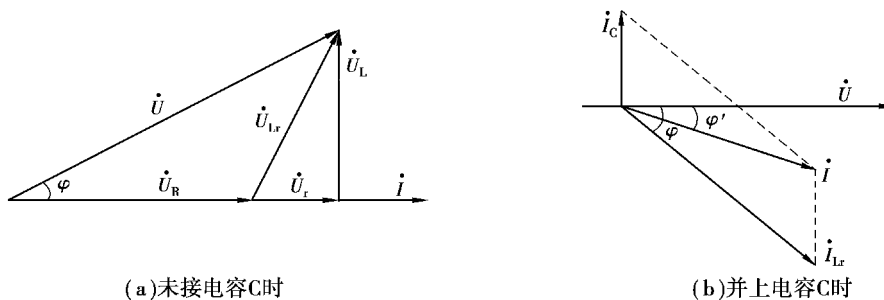


图 3.2 相量图

#### (4) 功率因数的提高

在日常生活和工业生产中, 负载多为感性, 如电动机、变压器、日光灯等, 且功率因数较低。理论上, 用电器功率因数越低, 输电线上电流越大, 线路损耗也越大, 电能传输效率低, 网络占有无功功率 ( $Q = UI \sin \varphi$ ) 越大, 供电设备的容量就得不到充分利用。因此, 常采用在网络端口并联电容器的方法提高功率因数 ( $\cos \varphi$ ), 从而提高电源设备的利用率和传输效率。

### 三、实验设备

实验设备如表 3.1 所示。

表 3.1

序号	设备名称	型号与规格	数量
1	单相调压器	220 V/0 ~ 250 V	1
2	单相电量仪	500 V/2A	1
3	日光灯灯管	18 W	1
4	镇流器	与 18 W 灯管配用	1
5	启辉器	与 18 W 灯管配用	1
6	电容器	3.7 μF/500 V	1
7	电流插座		3

## 四、仪器介绍及使用

### 1. 单相电量仪

单相电量仪是一款具有测量、显示、数字通信、继电器输出、电能计量等功能的可编程电力仪表。该仪表采用三排数码显示,能够在线完成多种常用的电参量测量,如图 3.3(a)所示。

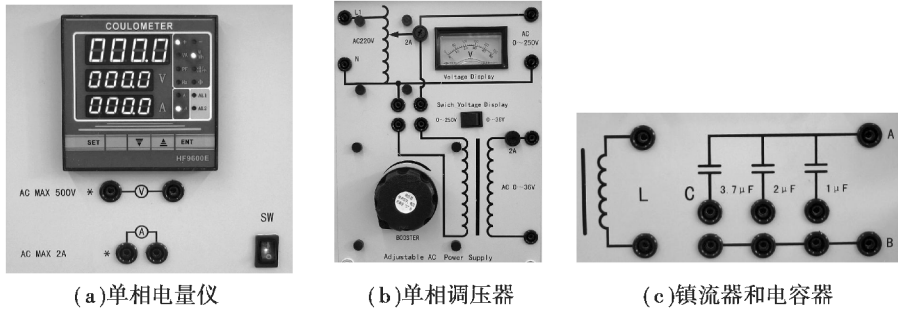


图 3.3 实验所使用的仪器及设备

#### (1) 接线

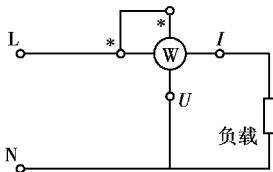


图 3.4 单相电量仪接线图

单相电量仪的接线如图 3.4 所示,此时可测量电压、电流、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、四象限角度以及电能等参数。也可以单独连接电压端口或电流端口当作交流电压表、交流电流表使用。

#### (2) 操作说明

单相电量仪前面板(见图 3.5)共有 4 个按钮,每一个按钮都具有两种功能,分别是正常使用的的基本功能和进入设置界面的特殊功能。

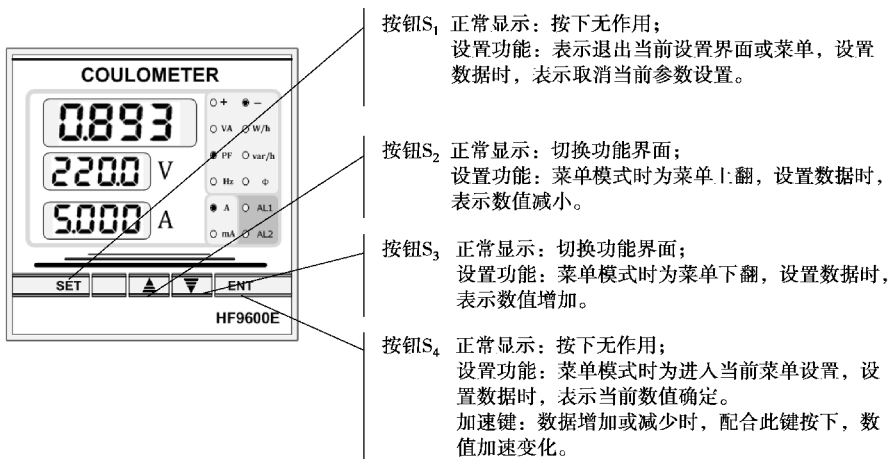


图 3.5 单相电量仪前面板

- 按下  $S_1$ : 正常状态下,单独按下此键时,无作用,和  $S_4$  配合使用时,将会提示进入设置界面。
- 按下  $S_2$ : 切换显示内容与  $S_3$  反方向。