



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

# 电工电子 实验实践教程

DIANGONG DIANZI SHIYAN SHIJIAN JIAOCHENG

主 编 王 斌



电工电子  
实验实践教程

主  
编  
王  
斌

北京出版集团公司  
北京出版社

北京出版集团公司  
北 京 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验实践教程 / 王斌主编. — 北京 : 北京出版社, 2014.5 (2020 重印)

ISBN 978-7-200-10700-5

I. ①电… II. ①王… III. ①电工试验—高等教育—教材②电子技术—实验—高等教育—教材  
IV. ① TM3 ② TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 114233 号

电工电子实验实践教程

DIANGONG DIANZI SHIYAN SHIJIAN JIAOCHENG

---

主 编: 王 斌

出 版: 北京出版集团公司

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: [www.bph.com.cn](http://www.bph.com.cn)

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2014 年 5 月第 1 版 2020 年 9 月修订 2020 年 11 月第 3 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 14.5

字 数: 309 千字

书 号: ISBN 978-7-200-10700-5

定 价: 38.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572750 010-58572393

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一篇 电工电子实验基本知识            | 1  |
| 一 实验的重要意义                 | 1  |
| 二 实验课的目的和要求               | 1  |
| 三 实验的主要步骤                 | 2  |
| 四 检查故障的方法                 | 2  |
| 五 编写实验报告                  | 3  |
| 六 仪表的选择                   | 5  |
| 七 安全操作知识                  | 7  |
| 第二篇 电工实验实训                | 8  |
| 实验一 电工测量仪表的使用             | 8  |
| 实验二 线性与非线性元件伏安特性的测定       | 10 |
| 实验三 直流电路中电位及其电压关系的研究      | 13 |
| 实验四 基尔霍夫定律的验证             | 15 |
| 实验五 戴维南定理和诺顿定理            | 17 |
| 实验六 交流电路参数的测量             | 20 |
| 实验七 $RLC$ 元件在正弦交流电路中的特性实验 | 22 |
| 实验八 串联谐振电路实验              | 25 |
| 实验九 改善功率因数实验              | 27 |
| 实验十 三相电路的连接和功率的测量         | 29 |
| 实验十一 一阶电路实验               | 31 |
| 实验十二 单相变压器                | 33 |
| 实验十三 综合实训 室内照明电路的安装       | 36 |
| 第三篇 低压电气控制实训              | 43 |
| 实验一 常用低压电器的认识             | 43 |
| 实验二 安装点动正转控制电路            | 52 |
| 实验三 安装电动机单向控制线路           | 58 |
| 实验四 电气控制线路故障检修            | 63 |
| 实验五 安装电动机正反转控制线路          | 67 |
| 实验六 安装电动机降压启动控制线路         | 74 |
| 第四篇 模拟电子技术实验实训            | 80 |
| 实验一 常用电子仪器的使用             | 80 |
| 实验二 二极管整流与滤波              | 86 |
| 实验三 三极管特性测试               | 88 |

|             |                                                |            |
|-------------|------------------------------------------------|------------|
| 实验四         | 晶体管共射极单管放大器 .....                              | 91         |
| 实验五         | 负反馈放大器 .....                                   | 98         |
| 实验六         | 模拟运算电路 .....                                   | 102        |
| 实验七         | 低频 OTL 功率放大器 .....                             | 107        |
| 实验八         | 串联型晶体管直流稳压电源 .....                             | 111        |
| 实验九         | 集成直流稳压电源 .....                                 | 117        |
| 实验十         | 综合实训一 集成运算放大器的应用——波形发生器 .....                  | 122        |
| 实验十一        | 综合实训二 函数信号发生器的组装与调试 .....                      | 127        |
| 实验十二        | 综合实训三 用运算放大器组成万用电表的设计与调试 .....                 | 130        |
| <b>第五篇</b>  | <b>数字电子技术实验实训 .....</b>                        | <b>135</b> |
| 实验一         | 晶体管开关特性、限幅器与钳位器 .....                          | 135        |
| 实验二         | TTL 集成逻辑门的逻辑功能 .....                           | 140        |
| 实验三         | 组合逻辑电路的设计与测试 .....                             | 143        |
| 实验四         | 译码器及其应用 .....                                  | 146        |
| 实验五         | 触发器及其应用 .....                                  | 152        |
| 实验六         | 计数器及其应用 .....                                  | 159        |
| 实验七         | 脉冲分配器及其应用 .....                                | 165        |
| 实验八         | 自激多谐振荡器 .....                                  | 169        |
| 实验九         | 555 时基电路及其应用 .....                             | 173        |
| 实验十         | D/A、A/D 转换器 .....                              | 179        |
| 实验十一        | 综合实训一 智力竞赛抢答装置 .....                           | 185        |
| 实验十二        | 综合实训二 电子秒表 .....                               | 187        |
| 实验十三        | 综合实训三 数字频率计 .....                              | 192        |
| 实验十四        | 综合实训四 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表 .....            | 199        |
| <b>附录</b>   | <b>.....</b>                                   | <b>205</b> |
| 附录 I        | 常用仪表及设备的符号表 .....                              | 205        |
| 附录 II       | 电阻器 .....                                      | 206        |
| 附录 III      | 电容器 .....                                      | 209        |
| 附录 IV       | 半导体器件 .....                                    | 212        |
| 附录 V        | 半导体集成电路 .....                                  | 215        |
| 附录 VI       | 常用 TTL 和数字集成电路型号及引线排列表 .....                   | 218        |
| 附录 VII      | 用万用电表对常用电子元器件检测 .....                          | 220        |
| 附录 VIII     | CC7107A/D 转换器组成的 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表 ..... | 223        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>                                   | <b>225</b> |

# 第二篇 电工实验实训

## 实验一 电工测量仪表的使用

### 一、实验目的

- 1. 学习常用磁电式电工仪表的工作原理及分类。
- 2. 掌握使用常用电工仪表测量电流、电压、功率及电阻的基本方法。

### 二、实验内容及步骤

- 1. 记录本实验台配备的一块直流电压表、一块直流电流表、一块交流电压表和一块交流电流表的表盘符号,并说明意义。
- 2. 选用本实验台配备的交流电压表测量实验台上三相交流电源输出端的各线电压和相电压,填入表 2. 1. 1 中。

表 2. 1. 1

| 项目    | $U_{UV}$ | $V_{VW}$ | $W_{WU}$ | $U_N$ | $V_N$ | $W_N$ |
|-------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| 电压(V) |          |          |          |       |       |       |

- 3. 按图 2. 1. 1 接线,用交流电压表监视从实验台调压器输出的 20V 和 25V 交流电压,选用直流电压表,测量输出的直流电压,并填入表 2. 1. 2。

| 表 2. 1. 2 |           |
|-----------|-----------|
| 交流输出电压(V) | 直流输出电压(V) |
| 20        |           |
| 25        |           |

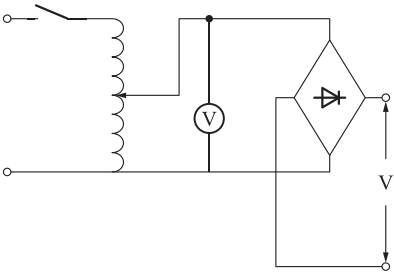


图 2. 1. 1

4. 选用三相灯泡负载,电流测量插口单元板和实验台上的调压器,按图 2.1.2 接线。从调压器输出 220V 交流电压,改变每组灯泡数,测量灯泡两端电压,并用电流插头测量电流  $I$ 。数据记录在表 2.1.3 中。

表 2.1.3

| 第一组三盏<br>第二组一盏 |              | 第一组二盏<br>第二组二盏 |              |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| $U_{AB}$ (V)   | $U_{BC}$ (V) | $U_{AB}$ (V)   | $U_{BC}$ (V) |
|                |              |                |              |
| $I$ (A)        |              | $I$ (A)        |              |
|                |              |                |              |

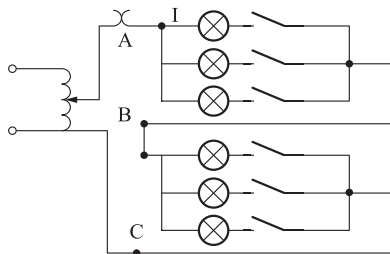


图 2.1.2

5. 按图 2.1.3 接线,测量每个灯泡实际消耗的电功率,并填写表 2.1.4。

表 2.1.4

| 标示功率 | 25W | 50W | 75W |
|------|-----|-----|-----|
| 实验功率 |     |     |     |

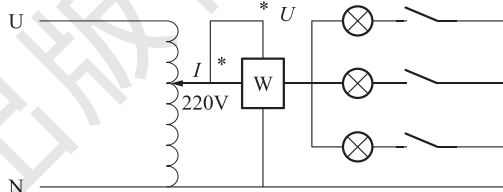


图 2.1.3

### 三、实验仪器设备与器件

1. 实验台电源箱(调压器、整流器)。
2. 电流测量插口单元板一块。
3. 灯泡负载。
4. 直流电压表一块、交流电压表一块、交流电流表一块、功率表一块和万用表一块。

### 四、实验总结

1. 写明实验目的、步骤和测量数据。
2. 问题讨论:为什么要合理选择电压表和电流表的量程?量程选择不恰当对测量的精确度有什么影响?量程选择怎样才算恰当?

### 五、预习要求

阅读实验附录中有关电工仪器部分内容和实验台使用说明。

## 实验二 线性与非线性元件伏安特性的测定

### 一、实验目的

- 1. 学习直流式仪表和晶体管直流稳压电源等设备的使用方法。
- 2. 掌握线性电阻元件、非线性电阻元件的伏安特性的测试技能。
- 3. 加深对线性电阻元件、非线性电阻元件伏安特性的理解。

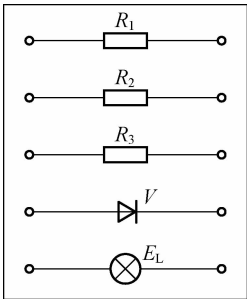


图 2.2.1

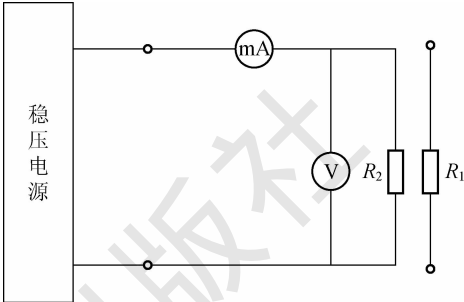


图 2.2.2

### 二、实验内容及步骤

#### 1. 测定线性电阻的伏安特性

本实验在伏安特性单元板上进行,其面板如图 2.2.1 所示。

取单元板上  $R_1 = 200\Omega$  和  $R_2 = 2000\Omega$  电阻作为被测元件,并按图 2.2.2 接好线路。经检查无误后打开直流稳压电源开关,依次调节直流稳压电源的输出电压为表 2.2.1 中所示值,并将相应的电流值记录在表 2.2.1 中。

表 2.2.1

|                  | $U(\text{V})$  | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|------------------|----------------|---|---|---|---|---|----|
| $R = 200\Omega$  | $I(\text{mA})$ |   |   |   |   |   |    |
| $R = 2000\Omega$ | $I(\text{mA})$ |   |   |   |   |   |    |

#### 2. 测定半导体二极管的伏安特性

##### (1) 正向特性

按图 2.2.3(a) 接好电路。经检查无误后,开启稳压电源,输出电压调至 10V。调节可变电阻  $R$ ,使电压表读数分别为表 2.2.2 中取值,并将相对应电流读数记录在表 2.2.2 中。



### 三、实验设备与器件

1. 直流电压表、直流电流表各一块。
2. 滑动变阻器( $1000\Omega$ ) 一块。
3. 伏安特性实验单元板一块。
4. 万用表一块。

### 四、实验总结

1. 按要求填写实验报告。
2. 根据实验中所得数据,在坐标纸上绘制两个线性电阻,作出半导体二极管、小灯泡伏安特性曲线。
3. 问题讨论:现有一负载电阻  $20\Omega$ , 希望得到  $0 \sim 30\text{V}$  的可调电压, 现有直流电源  $30\text{V}$ 、 $2.5\text{A}$  (内阻忽略不计)。若选用一个“ $0 \sim 3000\Omega$ 、 $0.5\text{A}$ ” 的滑线变阻器作分压器是否合适?为什么?

### 五、预习要求

1. 在通读实验指导书的基础上,着重考虑将滑线变阻器接成分压器电路时应注意哪些问题。
2. 一只  $0.5$  级有  $1.5\text{V}$ 、 $3\text{V}$ 、 $7.5\text{V}$  三个量程的直流电压表,标尺上均匀地刻有  $150$  分格。当使用它的  $1.5\text{V}$  量程测电压偏转了  $100$  分格,仪表指示值是多少?如果是  $7.5\text{V}$  量程,仪表指示值又是多少?

### 实验三 直流电路中电位及其电压关系的研究

#### 一、实验目的

- 1. 通过实验加深对电位、电压及其相互关系的理解。
- 2. 通过对不同参考点电位及电压的测量和计算,加深对电位的相对性及电压与参考点选择无关性质的认识。

#### 二、实验内容及步骤

本实验在直流电路单元板上进行,实验电路如图 2.3.1 所示。

- 1. 接好电路后,在接入电源  $U_1$ 、 $U_2$  之前,应将直流稳压电源的输出调节旋钮调至最小位置。然后打开电源开关,调节电压,使  $U_1 = 10\text{V}$ ,  $U_2 = 10\text{V}$ 。

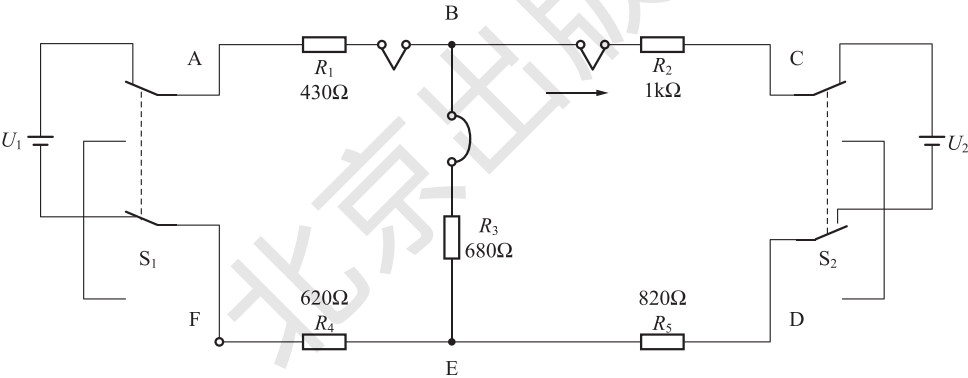


图 2.3.1

- 2. 将开关  $S_1$ 、 $S_2$  合向电源一侧。
- 3. 分别以电路中 D、E、F 为参考点,分别测量 A、B、C、D、E、F 各点电位及每两点间的电压  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{BE}$ 、 $U_{ED}$ 、 $U_{FE}$ 、 $U_{AF}$  及  $U_{AD}$ ,将测量结果分别填入表 2.3.1 和表 2.3.2 中。

表 2.3.1

| 电位<br>参考点 | $U_A(\text{V})$ | $U_B(\text{V})$ | $U_C(\text{V})$ | $U_D(\text{V})$ | $U_E(\text{V})$ | $U_F(\text{V})$ |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| D         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| E         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| F         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |

表 2.3.2

| <div>电位</div> <div>参考点</div> | $U_{AB}(\text{V})$ | $U_{BC}(\text{V})$ | $U_{BE}(\text{V})$ | $U_{AD}(\text{V})$ | $U_{ED}(\text{V})$ | $U_{FE}(\text{V})$ | $U_{AF}(\text{V})$ |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| D                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| E                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| F                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |

4. 以电路中 E 点为电位参考点,按步骤 3 测量各点电位,并根据测量电位值计算电压值,将结果分别填入表 2.3.1 和表 2.3.2。

5. 以 F 为电位参考点,按步骤 3 再次测量各点电位,并计算电位值,填入表 2.3.1 和表 2.3.2。

### 三、实验设备与器件

1. 本实验台电源箱中的双路直流稳压电源。
2. 直流电压表一块。
3. 直流电路单元板一块。
4. 万用表一块。

### 四、实验总结

1. 明确实验目的、原理及实验电路。
2. 根据表 2.3.1 和表 2.3.2 中的数据总结电位和电压的关系,分析参考点的选择对电压、电位的影响。
3. 问题讨论:电位与电压的关系是怎样的?两者之间有何区别与联系?

### 五、预习要求

考虑如何用单向偏转的直流电压表测量电路中的电位,特别是如何确定电路中某点电位的正负。

## 实验四 基尔霍夫定律的验证

### 一、实验目的

- 1. 通过实验验证基尔霍夫电流定律和电压定律,巩固所学理论知识。
- 2. 加深对参考方向概念的理解。

### 二、实验内容及步骤

#### 1. 验证基尔霍夫电流定律(KCL)

本实验在直流电路单元板上进行,按图 2. 4. 1 接好线路,图中  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$  为节点 B 的三条支路电流测量接口。

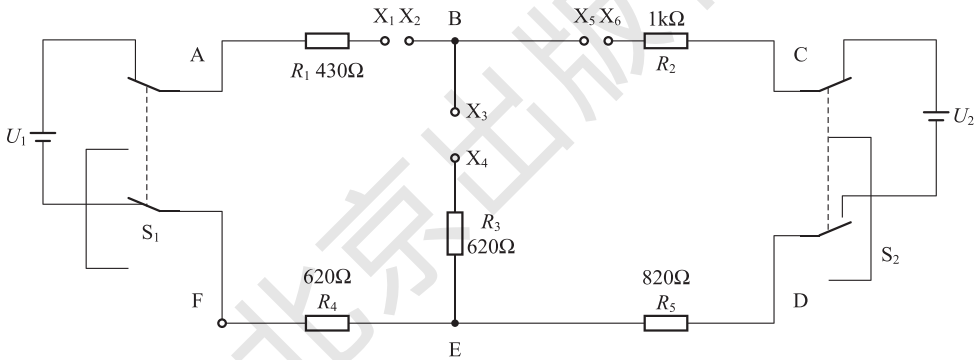


图 2. 4. 1

测量某支路电流时,将电流表的两支表笔接在该支路接口上,并将另两个接口用线短接。验证 KCL 定律时,可假定流入该节点的电流为正(反之也可),并将表笔负极接在节点接口上,表笔正极接到支路接口上。若指针正向偏转则取为正值,若反向偏转倒换电流表表笔正极,重新读数,其值取负。将测量结果填入表 2. 4. 1。

表 2. 4. 1

|            | 计算值 | 测量值 | 误差 |
|------------|-----|-----|----|
| $I_1$ (mA) |     |     |    |
| $I_2$ (mA) |     |     |    |
| $I_3$ (mA) |     |     |    |
| $\sum I =$ |     |     |    |

#### 2. 验证基尔霍夫回路电压定律(KVL)

实验电路与图 2. 4. 1 相同,用连接导线将三个电流接口短接。取两个验证回路:回路 1

为 ABEFA,回路 2 为 BCDEB。用电压表依次测取 ABEFA 回路中各支路电压  $U_{AB}$ 、 $U_{BE}$ 、 $U_{EF}$  和  $U_{FA}$ ,BCDEB 回路中支路电压  $U_{BC}$ 、 $U_{CD}$ 、 $U_{DE}$ 、 $U_{EB}$ ,将测量结果填入表 2.4.2 中。测量时可选顺时针方向为绕行方向,并注意电压表偏转方向及取值的正负。

表 2.4.2

|     | $U_{AB}$ | $U_{BE}$ | $U_{EF}$ | $U_{FA}$ | 回路 $\sum U$ | $U_{BC}$ | $U_{CD}$ | $U_{DE}$ | $U_{EB}$ | 回路 $\sum U$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| 计算值 |          |          |          |          |             |          |          |          |          |             |
| 测量值 |          |          |          |          |             |          |          |          |          |             |
| 误 差 |          |          |          |          |             |          |          |          |          |             |

### 三、实验设备与器件

1. 本实验台电源箱上的双路直流稳压电源。
2. 直流毫安表一块、直流电压表一块、直流电路单元板、指针式万用表一块。

### 四、实验总结

1. 利用测量的数据验证基尔霍夫两个定律,并写出实验报告。
2. 问题讨论:比较测量值与计算值,分析其产生误差原因。

### 五、预习要求

理解基尔霍夫两个定律,认真阅读实验指导书。



值,测取电流和电压,填入表 2.5.2,将表 2.5.1 和 2.5.2 中的数据进行比较,验证戴维南定理。

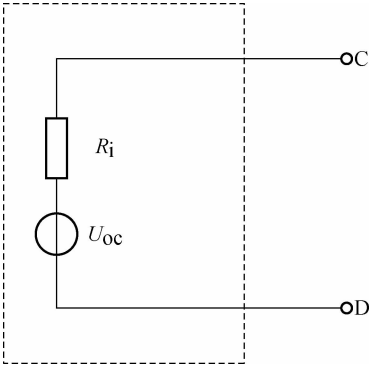


图 2.5.2

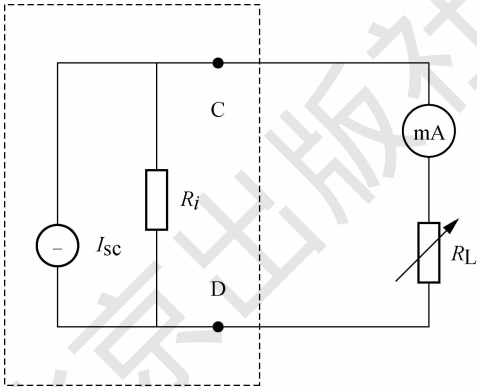


图 2.5.3

表 2.5.2

|                |   |              |             |               |             |               |    |
|----------------|---|--------------|-------------|---------------|-------------|---------------|----|
| $R_L(\Omega)$  | 0 | 500 $\Omega$ | 1k $\Omega$ | 1.5k $\Omega$ | 2k $\Omega$ | 2.5k $\Omega$ | 开路 |
| $I(\text{mA})$ |   |              |             |               |             |               |    |
| $U(\text{V})$  |   |              |             |               |             |               |    |

3. 验证诺顿定理

按图 2.5.3 接线,其中  $I_{sc}$  需用可调电流源。接上负载  $R_L$ ,调节  $R_L$  分别为表 2.5.3 中数据,测取相应的电流和电压填入表 2.5.3 中,比较表 2.5.1 和表 2.5.3 中数据,验证诺顿定理。

表 2.5.3

|                |   |              |             |               |             |               |    |
|----------------|---|--------------|-------------|---------------|-------------|---------------|----|
| $R_L(\Omega)$  | 0 | 500 $\Omega$ | 1k $\Omega$ | 1.5k $\Omega$ | 2k $\Omega$ | 2.5k $\Omega$ | 开路 |
| $I(\text{mA})$ |   |              |             |               |             |               |    |
| $U(\text{V})$  |   |              |             |               |             |               |    |

### 三、实验设备与器件

1. 直流稳压源一台。
2. 电流表一块、电压表一块。
3. 检流计(或直流微安表)一块。
4. 十进制电阻箱二只。
5. 滑线变阻器一只。

### 四、实验总结

1. 利用测量的数据验证戴维南定理和诺顿定理,并写出实验报告。
2. 问题讨论:在同一张坐标纸上画出原端口网络和各等效网络的伏安特性曲线,并做比较分析,说明如何验证戴维南定理和诺顿定理。

### 五、预习要求

理解戴维南定理和诺顿定理,认真阅读实验指导书。

## 实验六 交流电路参数的测量

### 一、实验目的

1. 学习用交流电流表、交流电压表和功率表测定交流电路中未知阻抗元件参数的办法。
2. 学习用三电压表法测量未知阻抗元件参数的办法。
3. 进一步掌握功率表的使用方法。

### 二、实验内容及步骤

1. 用镇流器作为待测元件,按图2.6.1接线,调节调压器电压,监视电流表的示数,使 $I$ 为镇流器在日光灯电路中的额定电流,即 $I = 0.4\text{A}$ ,然后测量电压 $U$ 和功率 $P$ ,并计算 $r$ 、 $X$ 和 $L$ 。
2. 按图2.6.2接线, $U$ 为调压器输出电压, $R$ 为滑线变阻器电阻,用欧姆表测量使 $R = 200\Omega$ 。调节 $U$ ,使 $I = 0.4\text{A}$ ,分别测量 $U$ 、 $U_1$ 、 $U_2$ ,并做好记录。

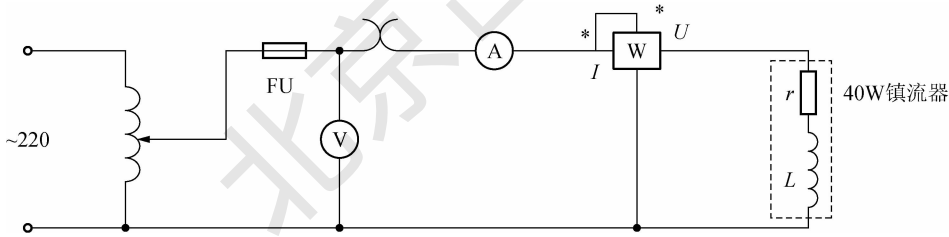


图 2.6.1

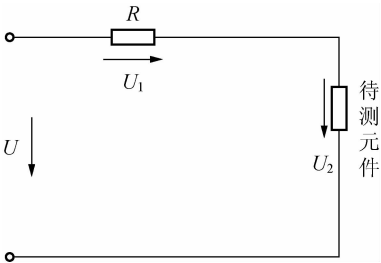


图 2.6.2

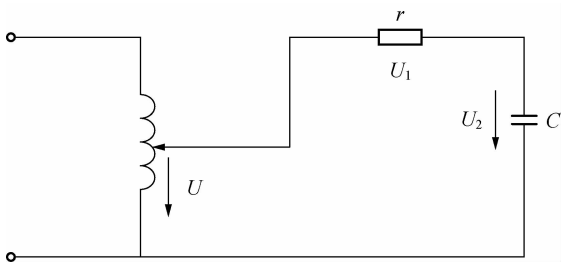


图 2.6.3

3. 将图2.6.1中的镇流器取下,换上电阻与电容 $C$ 串联的待测阻抗,其中 $r$ 为滑线变阻器上的某一电阻, $C$ 为动态电路板上标称值为 $4\mu\text{F}$ 的电容器(以此为待测电阻和电容),取 $U = 200\text{V}$ ,测量 $I$ 和 $P$ ,并计算 $r$ 和 $C$ 值。

4. 按图2.6.3接线,使 $U = 200\text{V}$ ,测量 $U_1$ 和 $U_2$ ,并用 $U$ 、 $U_1$ 和 $U_2$ 组成封闭三角形,计算 $r$ 和 $C$ 。

### 三、实验设备与器件

1. 实验板一块。
2.  $4\mu\text{F}$  电容一只。
3. 镇流器一只。
4. 低功率因数瓦特表( $0 \sim 300\text{V}$ 、 $0 \sim 0.5 \sim 1\text{A}$ 、 $\cos\Phi = 0.2$ ) 一只。
5. 交流电压表一只。
6. 交流电流表一只。
7. 万用表一只。

### 四、实验总结

1. 说明实验目的和原理,画出实验电路图。
2. 整理实验数据,用电压、电流及功率表法和三电压表法分别计算待测镇流器在额定工作状态下的等值电阻和电感值。
3. 问题讨论:为什么电压与电流的乘积不等于测量出的电功率?

### 五、预习要求

阅读交流电流表、交流电压表和功率表测量交流电路中未知阻抗元件参数的办法。

## 实验七 $RLC$ 元件在正弦交流电路中的特性实验

### 一、实验目的

1. 加深对  $RLC$  元件在正弦交流电路中的基本特性认识。
2. 研究  $RLC$  元件并联电路中总电流和各支路电流之间的关系。
3. 通过实验验证  $RL$  和  $RC$  串联电路的电压关系。
4. 加深对交流电路欧姆定律的理解。

### 二、实验内容及步骤

#### 1. $RLC$ 各元件中电流和并联后总电流的测量

(1) 用实验板上的  $L = 10\text{mH}$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$ , 调节电位器电阻为  $620\Omega$ , 按图 2.7.1 接线。

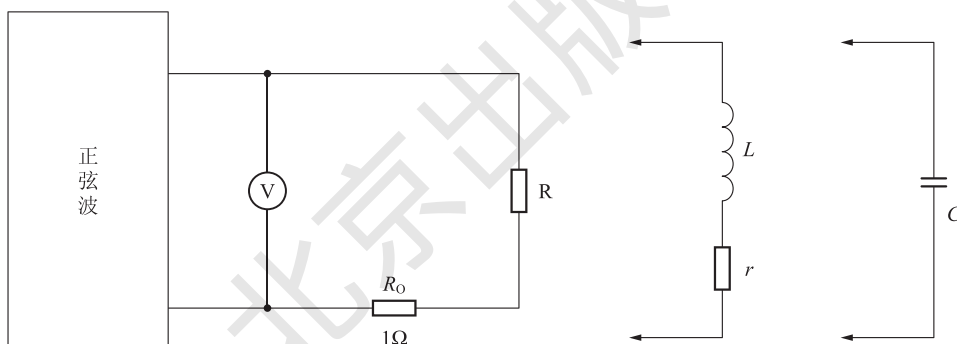


图 2.7.1

(2) 打开实验台上的函数发生器, 取正弦波信号, 调节输出电压为  $3\text{V}$ , 频率为  $2\text{kHz}$ 。分别与  $R$ 、 $L$ 、 $C$  相接, 测量出电流  $I_R$ 、 $I_L$ 、 $I_C$ , 然后把  $R$ 、 $C$ 、 $L$  并联起来, 测其总电流  $I$ 。此实验中电压的测量要用晶体管或真空管电压表, 不能用普通机电指针表。电流的测量用间接法, 用毫伏表测量  $R_0 = 1\Omega$  上的电压, 即可得电流。

(3) 重复步骤 1, 2, 保持正弦信号源电压为  $3\text{V}$ , 调节输出频率分别为  $10\text{kHz}$ 、 $20\text{kHz}$ , 测量相应数据, 并记录在同学们自行设计的表格中。

#### 2. $RL$ 和 $RC$ 串联电路中电压的测量

(1) 按图 2.7.2 连接线路, 接通电源后, 用电压表测量  $U_R = U_{ab}$ ,  $U_C = U_{bc}$ ,  $U = U_{ac}$ , 用电流表测量  $I$ 。

(2) 用代数和方法计算  $U_R + U_C$ , 验证  $U_R + U_C \neq U$ 。

(3) 用求相量和的方法计算  $U_r + U_c$ , 验证

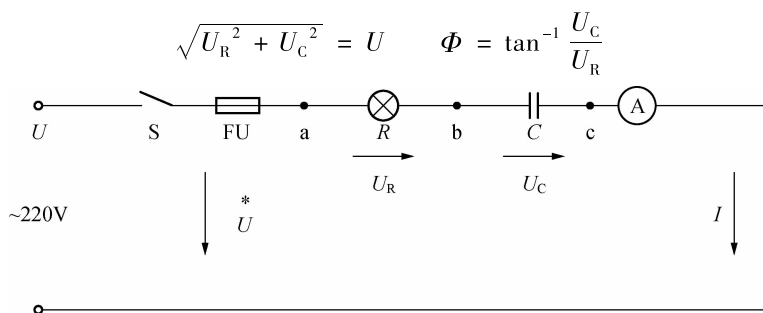


图 2.7.2

(4) 按图 2.7.3 连接线路,使调压器输出为零,滑线变阻器电阻为  $100\Omega$ ,即  $R = 100\Omega$ 。

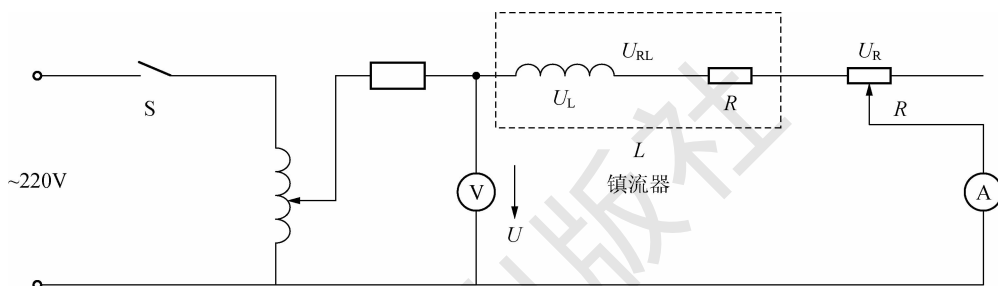


图 2.7.3

(5) 接通电源,使调压器输出由零逐渐升高,注意电流表和电压表的数值,在电流  $I = 0.4\text{A}$  时,记录电流  $I$  和此时的电压  $U_1$ 。

(6) 调压器输出回零,切断电源。

(7) 调整滑动变阻器阻值为  $200\Omega$ ,即  $R = 200\Omega$ 。

(8) 重复步骤(5)的实验内容,使  $I$  仍为  $0.4\text{A}$ ,记录此时的电压  $U_2$ ,将实验结果填入表 2.7.1 中。

表 2.7.1

|   | 测量值         |                |               |                           |                          | 计算值                        |                        |                          |
|---|-------------|----------------|---------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
|   | $R(\Omega)$ | $I(\text{mA})$ | $U(\text{V})$ | $U_{\text{RL}}(\text{V})$ | $U_{\text{R}}(\text{V})$ | $I_{\text{RL}}(\text{mA})$ | $X_{\text{L}}(\Omega)$ | $U_{\text{L}}(\text{V})$ |
| 1 |             |                |               |                           |                          |                            |                        |                          |
| 2 |             |                |               |                           |                          |                            |                        |                          |

### 三、实验设备与器件

1. 正弦波信号源。
2. 电压表一块。
3. 实验模块若干。
4. 频率计一台。

5. 单相调压器(实验台上已备)。
6. 滑线变阻器  $0 \sim 1000\Omega$  一只。
7. 万用表一块。

#### 四、实验总结

1. 根据实验结果,说明  $R$ 、 $L$ 、 $C$  元件在交流电路中的特性。
2. 说明在正弦波信号作用下, $R$ 、 $L$ 、 $C$  并联电路中各支路电流与总电流的关系。
3. 问题讨论:做出  $RC$  及  $RL$  串联电路矢量图。说明串联电路中测量的各元件上电压总和为什么不等于总电压。
4. 注意事项:为取得良好的效果,在改变电源频率时,要随时注意输出电压的指示,当输出电压随频率变化时,要调节电压保持不变。

#### 五、预习要求

熟悉正弦波信号作用下  $R$ 、 $L$ 、 $C$  串联、并联电路中电流、电压与总电流、总电压间的关系。

## 实验八 串联谐振电路实验

### 一、实验目的

1. 测量  $RLC$  串联电路的谐振曲线,通过实验进一步掌握串联谐振的条件和特点。
2. 研究电路参数对谐振特性的影响。

### 二、实验内容及步骤

1. 本实验电路元件选实验板的  $L = 10\text{mH}$ ,  $C = 0.01\mu\text{F}$ ,  $R$  调至  $620\Omega$ , 连线如图 2.8.1, 图中  $r$  为电感线圈的电阻。

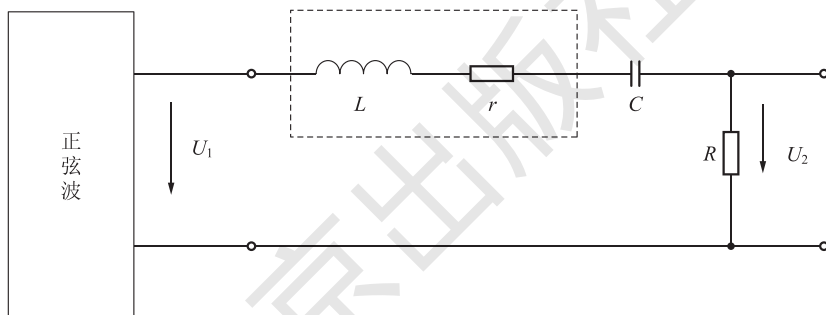


图 2.8.1

2. 调节正弦波信号源输出,使  $U_1 = 3\text{V}$ ,调节信号源的频率输出,观察  $U_2$  输出电压的变化,找到使  $U_2$  达到最大值的频率,此频率就是使电路达到谐振状态的谐振频率。将此频率和测量  $U_2$ 、 $U_C$  和  $U_L$  的值填入表 2.8.1 的中间部分,然后在谐振频率之下和谐振频率之上分别选 4 至 5 个测量点,将测量的频率值和电压值填入表 2.8.1 中。(注意,调频率时应调整电压为  $3\text{V}$ 。)

表 2.8.1

| 频率(kHz)         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $U_2(\text{V})$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $U_C(\text{V})$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $U_L(\text{V})$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. 将图 2.8.1 中的电阻改为  $1300\Omega$ ,重做上述内容,并把所测量的数据填入表中,同表 2.8.1,这里略。

### 三、实验设备与器件

1. 正弦波信号发生器。
2. 毫伏表一台。

### 四、实验总结

1. 根据测得的数据绘制  $RLC$  串联电路的谐振曲线,写出实验报告。
2. 问题讨论:若信号频率不变, $RLC$  串联电路可以改变什么使电路谐振?为什么有时谐振时电容元件上电压比总电压高?

### 五、预习要求

预习串联谐振的条件和特点,理解电路参数对谐振特性的影响。

## 实验九 改善功率因数实验

### 一、实验目的

- 1. 掌握日光灯电路的工作原理及电路连接方法。
- 2. 通过测量电路功率,进一步掌握功率表的使用方法。

### 二、实验内容及步骤

1. 用镇流器、开关、启辉器、熔断器、电流测量接口、并联电容器组等单元板与实验台上的日光灯管连接成图 2.9.1 所示电路。

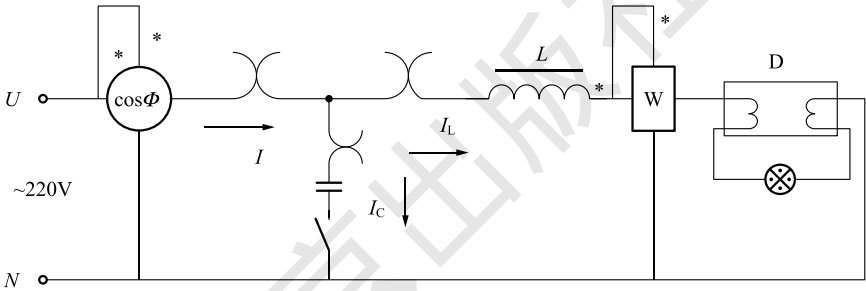


图 2.9.1

2. 并联电容前,使日光灯正常工作后,测量灯管两端的电压  $U_D$ ,镇流器两端电压  $U_L$ ,总电流  $I$  及总功率  $P$  和灯管所消耗的功率  $P_D$ ,将数据填入表 2.9.1,然后选择  $4\mu\text{F}$  电容并入电路,除重新测量上述数据外,测量通过电容器的电流  $I_C$  和通过灯管中的电流  $I_D$ ,测量日光灯管消耗功率  $P_D$  数据填入表 2.9.1 中。

表 2.9.1

| 电容  | 测量值            |                  |                  |               |                 |                 |               |                 | 计算值        |               |               |               |
|-----|----------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------------|---------------|---------------|---------------|
|     | $I(\text{mA})$ | $I_D(\text{mA})$ | $I_C(\text{mA})$ | $U(\text{V})$ | $U_D(\text{V})$ | $U_L(\text{V})$ | $P(\text{W})$ | $P_D(\text{W})$ | $\cos\phi$ | $R_D(\Omega)$ | $R_L(\Omega)$ | $L(\text{H})$ |
| 并联前 |                |                  |                  |               |                 |                 |               |                 |            |               |               |               |
| 并联后 |                |                  |                  |               |                 |                 |               |                 |            |               |               |               |

### 三、实验设备与器件

- 1. 日光灯、管座一套。
- 2. 镇流器、开关单元板各一块。

3. 熔断器、启辉器单元板各一块。
4. 动态电路单元板一只。
5. 交流电流表一只。
6. 交流电压表一只。
7. 功率表一块。
8. 功率因数表一块。

#### 四、实验总结

1. 根据测得的数据写出实验报告。
2. 问题讨论:日光灯电路并联电容器后为什么总电流会减小?但电容容量超过一定值后,总电流又上升了,这是什么原因?

#### 五、预习要求

1. 预习日光灯电路的工作原理及电路连接方法。
2. 改善功率因数提高的方法。

## 实验十 三相电路的连接和功率的测量

### 一、实验目的

1. 学习三相电路中负载的星形和三角形连接方法。
2. 通过实验验证对称负载做星形和三角形连接时,负载的线电压  $U_L$  和相电压  $U_P$ ,负载的线电流  $I_L$  和相电流  $I_P$  间的关系。
3. 了解不对称负载做星形连接时中线的作用。
4. 学习用三瓦特表和二瓦特表法测量三相电功率。

### 二、实验内容及步骤

#### 1. 星形连接负载

(1) 选取灯泡负载单元板,电流测量插口单元板及三相负荷开关单元板,安放在实验台框架的合适位置上,按图 2.10.1 将电灯负载接成星形接法的实验电路。

(2) 每相均开 3 盏灯(对称负载)。

(3) 测量各线电压,线电流、相电压、中线电流及用三瓦特计法和二瓦特计法测量三相电功率,并将所测得的数据填入表中(自制)。

(4) 将三相负载分别改为 1、2、3 盏灯,接上中线,观察各灯泡亮度是否有差别,然后断开中线开关,再观察各灯亮度是否有差别。重复步骤(3)并测量无中线时电源中性点  $N$  与负载中性点  $N'$  的电位差  $U_{NN'}$ ,并记录。注意,在断开中线时,观察亮度及数据时动作要迅速。不平衡负载无中线时,有的相电压太高,容易烧毁灯泡。

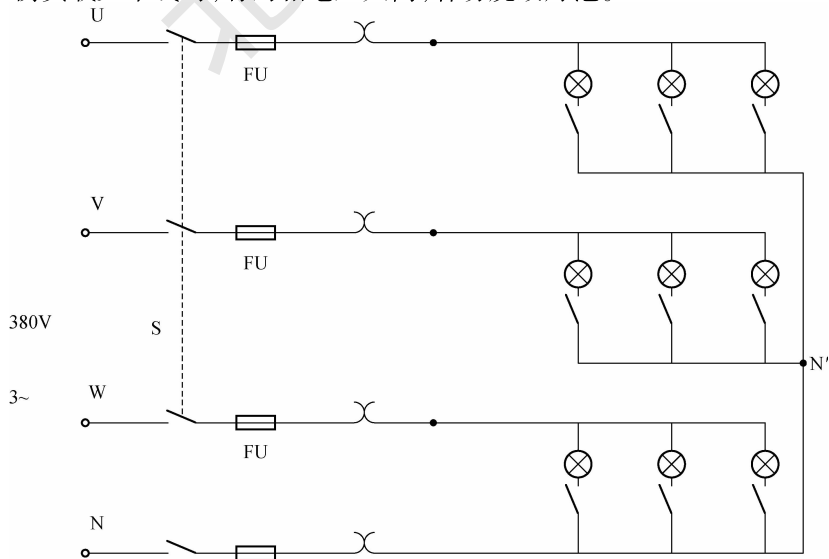


图 2.10.1

## 2. 三角形连接负载

(1) 按照图 2.10.2 连接三相负载电路。注意此时需要三相调压器, 将线电压调为 220V。

(2) 对称负载时测量各线电压、线电流及用三瓦特计法测功率和二瓦特计法测功率, 记入自制的表中。

(3) 关闭部分灯泡(不对称)重复步骤(2)。

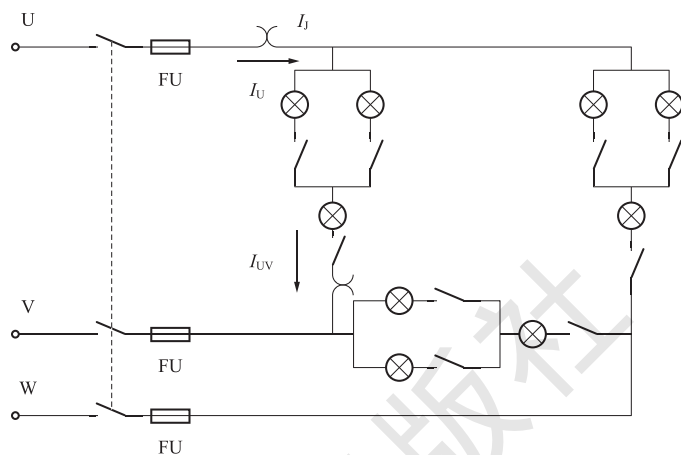


图 2.10.2

## 三、实验设备与器件

1. 单相瓦特表三只。
2. 三相调压器一只。
3. 交流电流表。
4. 交流电压表。
5. 灯泡负载。

## 四、实验总结

1. 根据测得的数据写出实验报告。
2. 问题讨论: 三相负载在什么情况下接成星形连接? 在什么情况下接成三角形连接? 在什么情况下应接成有中线的星形连接? 中线上为什么不能安装熔断器?

## 五、预习要求

1. 预习三相电路中负载的星形和三角形连接方法和不对称负载做星形连接时中线的作用。
2. 预习三瓦特表和二瓦特表法测量三相电功率的方法。

## 实验十一 一阶电路实验

### 一、实验目的

1. 观察一阶电路的过渡过程,研究元件参数改变时对过渡过程的影响。
2. 学习脉冲信号发生器和示波器的使用方法。

### 二、实验内容及步骤

#### 1. 观察并记录 RC 的电路过渡过程

(1) 在实验板上调节  $R = 300\Omega$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$ ,按图 2.11.1 接线,信号源频率取  $1\text{kHz}$ ,幅值  $2.5\text{V}$ ,观察波形,测量时间常数  $t$ ,然后与电路参数计算值比较。

(2) 观察并记录电阻上电压随时间的变化规律  $U_R(t)$ 。

按图 2.11.2 接好电路,取  $R = 300\Omega$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$ ,调整方波频率为  $1\text{kHz}$ ,幅值为  $2.5\text{V}$ ,观察  $U_R(t)$  波形。

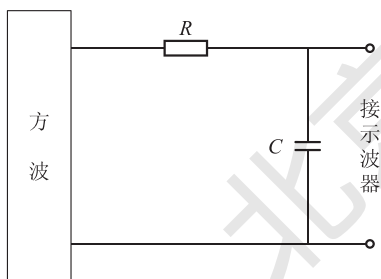


图 2.11.1

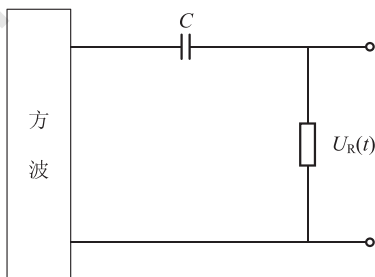


图 2.11.2

#### 2. 观察并记录 RL 电路的过渡过程

(1) 调节方波幅度值为  $2.5\text{V}$ ,调节实验板电位器电阻为  $300\Omega$ ,取  $L = 10\text{mH}$ ,如图 2.11.3 接线,观察并记录  $U_L(t)$ 。

(2) 按图 2.11.4 接线,使  $R = 300\Omega$ ,  $L = 10\text{mH}$ ,观察并记录  $U_R(t)$ 。

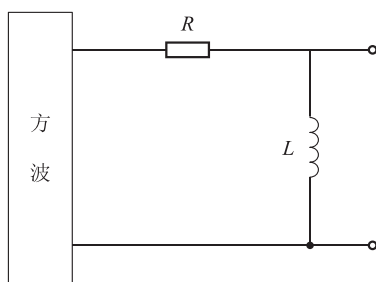


图 2.11.3

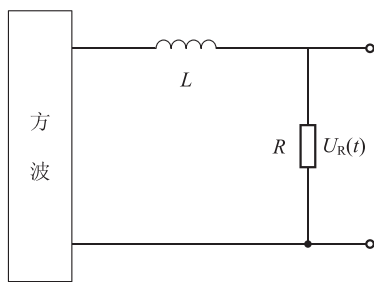


图 2.11.4

### 三、实验设备与器件

1. 双踪示波器一台。
2. 方波信号源一台。
3. 实验板一块。

### 四、实验总结

1. 整理测量的数据：
  - (1) 用方格纸绘制所得波形；
  - (2) 计算实验参数；
  - (3) 写出实验报告。
2. 问题讨论：如何用示波器测量信号电压和信号周期？测量时要注意什么问题？

### 五、预习要求

阅读有关脉冲信号发生器和示波器的使用方法内容。

## 实验十二 单相变压器

### 一、实验目的

- 1. 测定变压器空载特性,通过空载特性曲线判定磁路的工作状态。
- 2. 测定变压器的外特性。
- 3. 学习通过变压器短路实验测量变压器铜损的方法。

### 二、实验内容及步骤

#### 1. 空载实验

按图 2. 12. 1 接线,变压器采用副绕组加电压原绕组开路的方法,副绕组选 110V 组。

调节自耦调压器使输出电压为低压侧额定值并测高压侧电压  $U_0$ , 低压侧空载时电流  $I_0$ , 空载损耗  $P_0$ , 计算变比  $K$ , 填入表 2. 12. 1 中。

表 2. 12. 1

| $U$  | $U_0$ | $K = U_0/U$ | $I_0$ | $P_0$ |
|------|-------|-------------|-------|-------|
| 110V |       |             |       |       |

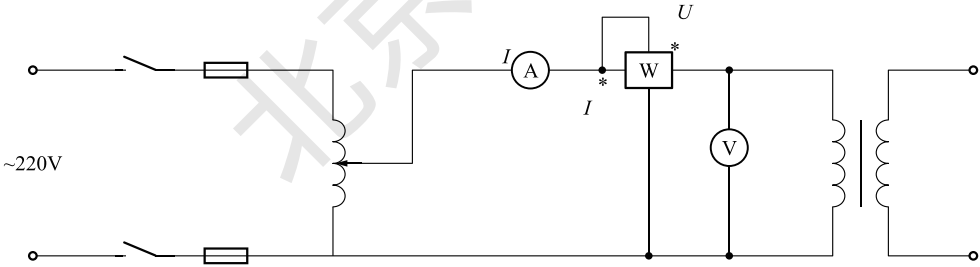


图 2. 12. 1

将电压升高到  $1.2U$  值, 然后逐渐降低至  $0.2U$  为止, 取 7 ~ 9 个点, 读取相应的电压、电流和功率数填入表 2. 12. 2 中。

表 2. 12. 2

| 测量项目     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U(V)$   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $I_0(A)$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $P_0(W)$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

注: 变压器空载时功率因数很低, 所以要用低功率因数功率表测功率。

2. 测定变压器的外特性(电阻性负载)

按图 2. 12. 2 连接线路,用自耦调压器维持单相变压器原边电压 220V 始终不变。从空载起到副边电流达额定值为止,在此范围内读取五六个数(包括空载和满载)记录于表 2. 12. 3 中。

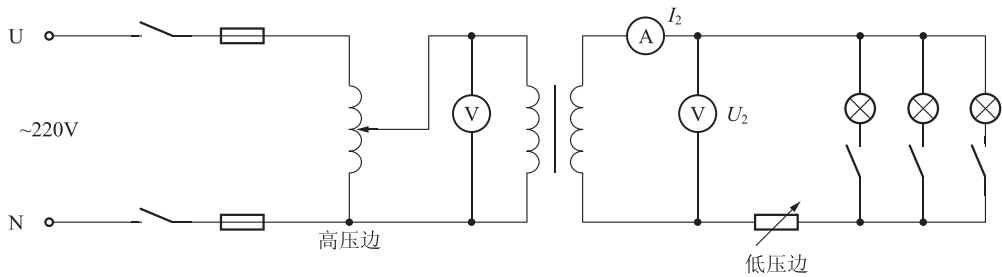


图 2. 12. 2

表 2. 12. 3

| 测量项目      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_2$ (V) |   |   |   |   |   |   |   |
| $I_2$ (A) |   |   |   |   |   |   |   |

3. 短路实验

用导线将副边短路,按图 2. 12. 3 接线。

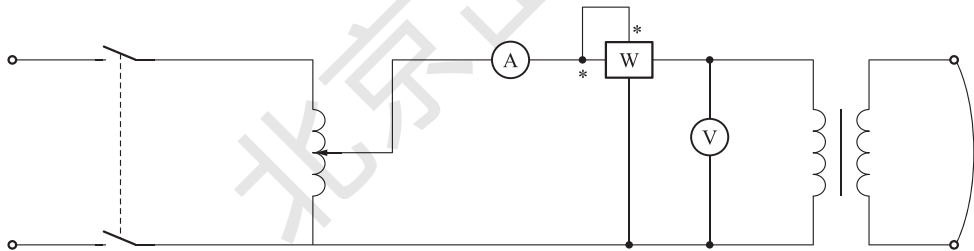


图 2. 12. 3

由于短路电压一般都很低,所以调压器一定要旋到零位才能闭合电源开关,然后逐渐增加电压,使高压侧达到额定电流值。测定此时的电压、电流和功率,并填入表 2. 12. 4 中。

表 2. 12. 4

| 测量项目 | $U_K$ | $I_K$ | $P_K$ |
|------|-------|-------|-------|
| 数 据  |       |       |       |

三、实验设备与器件

1. 自耦调压器。
2. 交流电压表、交流电流表各一块。

3. 低功率因数瓦特表一块。
4. 单相变压器。
5. 滑线电阻器一只。
6. 灯泡负载。

#### 四、实验总结

1. 整理测量的数据写出实验报告。
2. 问题讨论:实验中,变压器接上电阻负载时,副绕组电压将随着负载电流增大而逐渐下降。如变压器的负载不是电阻而是电感性或电容性负载,则情况将会怎么样?

#### 五、预习要求

预习变压器工作原理和工作特性。电路中接入变压器的目的是什么?变压器能起什么样的作用?

## 实验十三 综合实训 室内照明电路的安装

### 一、实验目的

- 1. 能正确识别照明器件与材料,并能检查好坏和正确使用。
- 2. 能根据控制要求以及提供的器件,设计出控制原理图。
- 3. 学会照明电路各种线路敷设的装接与维修,掌握工艺要求。

### 二、照明电路常用电器

照明电路的组成包括电源引入、单相电能表、空气开关(漏电保护器)、熔断器、插座、灯头、开关、照明灯具和各类电线及配件辅料。照明电路的安装与检修,是家庭、楼宇及工矿企业综合布线中最简单、最基本的内容,也是电气职业人员必须掌握的一项基本功。

#### 1. 开关

##### (1) 结构与选用

开关在照明电路中通常可分为单联开关与双联开关两种。从开关的外部结构来看两者没太大区别,但内部却有很大的不同,如图 2. 13. 1 所示。

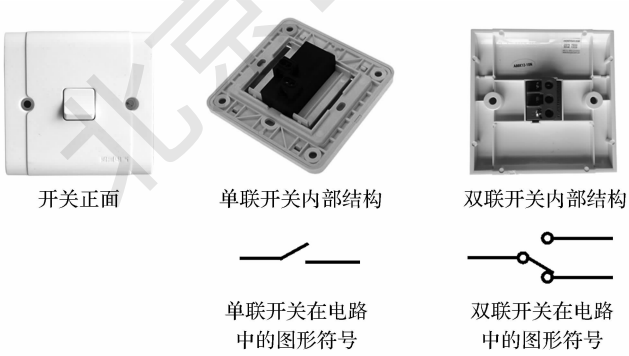


图 2. 13. 1 开关结构和图形符号

##### (2) 安装

“相线进开关,零线进灯头”。开关在使用中要将相线接入开关中,以达到控制负载通断的目的。

电灯开关的内部接线桩如图 2. 13. 2 所示。电灯开关接线时,一个接线桩与电源的相线相连,另一个接至灯座的接线桩。

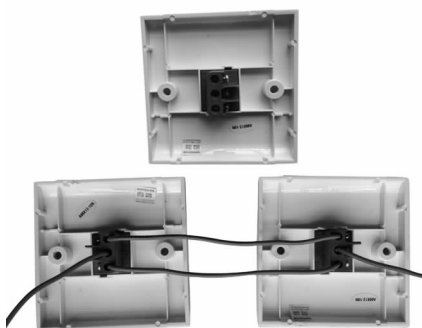


图 2.13.2 电灯开关内部接线图

## 2. 灯座

### (1) 结构与选用

灯座又称灯头,用以固定、接通灯具。常用灯座的外形结构如图 2.13.3 所示。

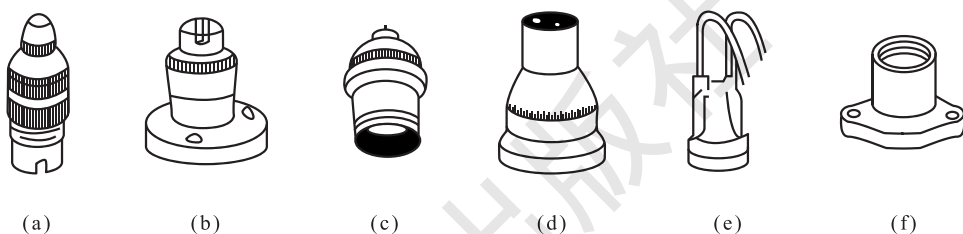


图 2.13.3 常用灯座外形图

插口吊灯座如图 2.13.3(a) 所示,插口平灯座如图 2.13.3(b) 所示,螺口吊灯座如图 2.13.3(c) 所示,螺口平灯座如图 2.13.3(d) 所示,适用于户内一般场合的吊式灯和平装灯;防水吊灯座如图 2.13.3(e) 所示,防水平灯座如图 2.13.3(f) 所示,适用于户外或户内潮湿的场所。

### (2) 安装

① 灯座上的两个接线桩,一个与电源的零线相连,另一个与来自开关的相线相连。

② 螺口灯座接线时,零线必须接在连通螺纹圈的接线桩上,来自开关的相线必须接在连通中心簧片的接线桩上,如图 2.13.4 所示。

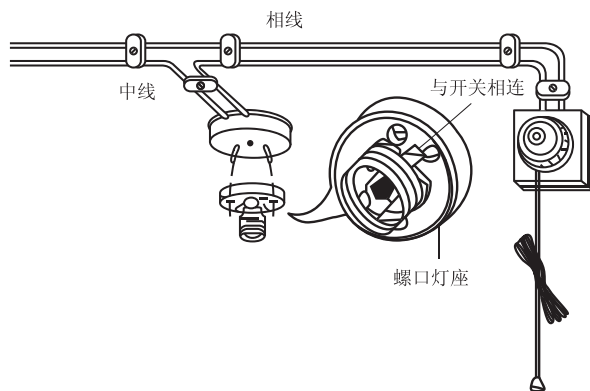


图 2.13.4 螺口灯座安装示意图

③ 吊灯灯座必须采用塑料软线(或花线)作为电源的引线,在灯座接线桩的近端和灯座罩盖的近端均应打结,如图 2.13.5 所示。

④ 吊灯的挂线盒和平灯座均应安装在木台上。

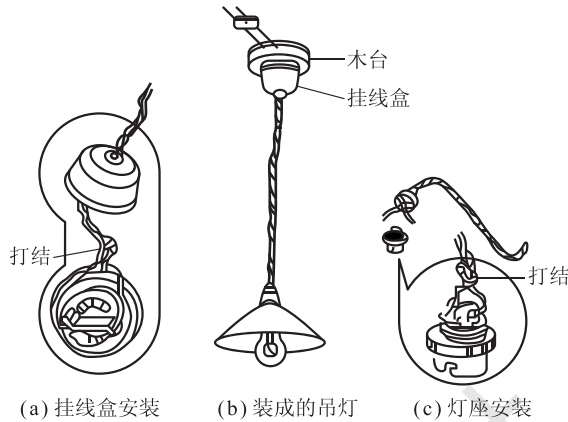


图 2.13.5 吊灯灯座安装示意图

3. 空气开关

空气开关在电路中接通和断开电源,对电路进行过载保护、短路保护、漏电保护与人身触电保护等作用。

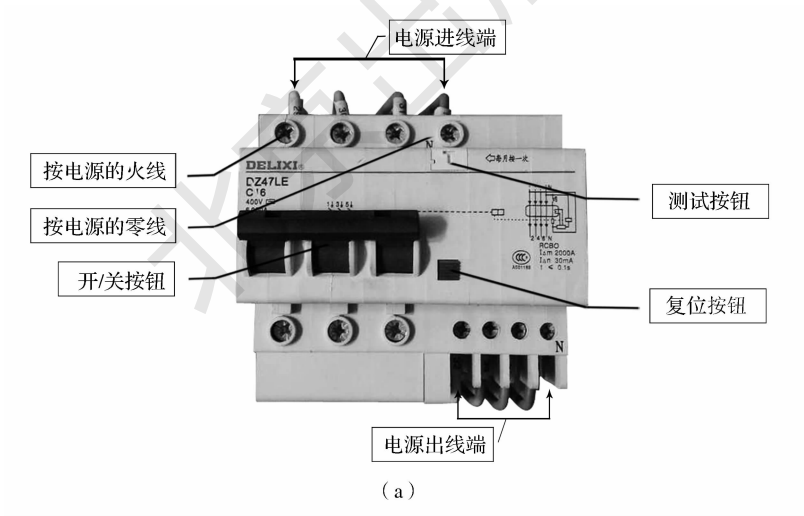


图 2.13.6 空气开关外形图与符号

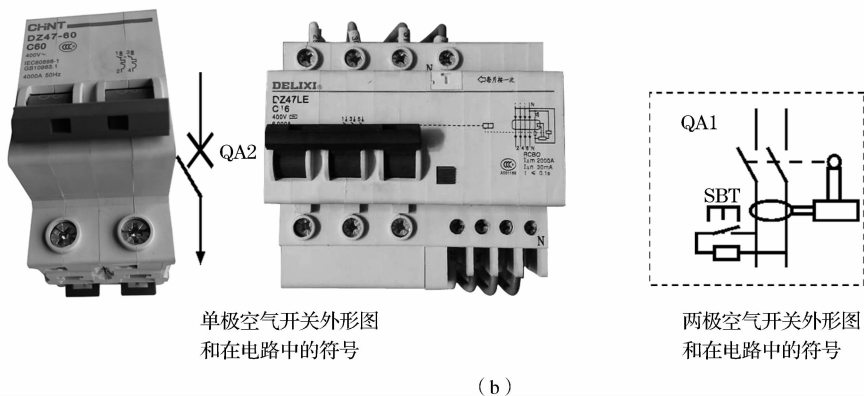


图 2.13.6(续) 空气开关外形图与符号

#### 4. 插座

与插头配合使用接入用电设备,如图 2.13.7 所示。

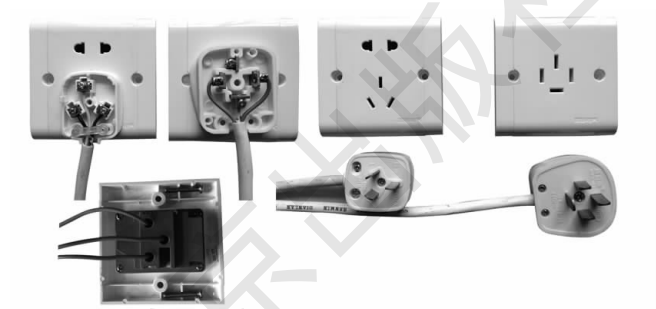


图 2.13.7 插座插头外形图与内容结构

#### 5. 灯具

##### (1) 白炽灯

白炽灯结构简单,使用可靠,价格低廉,其相应的电路也简单,因而应用较广。其主要缺点是发光效率较低,寿命较短。图 2.13.8 为白炽灯泡外形。

白炽灯泡由灯丝、玻壳和灯头三部分组成。其灯丝一般由钨丝制成。玻壳由透明或不同颜色的玻璃制成。40W 以下的灯泡,将玻壳内抽成真空;40W 及以上的灯泡,在玻壳内充有氩气或氮气,使钨丝不易挥发,以延长灯泡寿命。灯泡的灯头,有插(卡)口和螺口两种形式。功率超过 300W 的灯泡,一般采用螺口式灯头。

白炽灯的工作原理:当钨丝通以电流时,因发热至白炽而发光。

白炽灯的规格很多,按其工作电压,可分为 6V、12V、24V、36V、110V 和 220V 六种。安装使用时,必须注意工作电压应与线路电压一致。

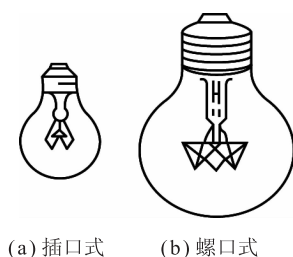


图 2.13.8 白炽灯

## (2) 日光灯

日光灯也叫荧光灯,也是应用较普遍的一种照明灯具。日光灯由灯管、启辉器、镇流器、灯架及灯座(脚)等组成。

### ① 灯管

灯管由玻璃管、灯丝及引出脚(灯脚)等组成,如图 2.13.9 所示。玻璃管内抽成真空并充入少量的水银和氙等惰性气体,管壁涂有荧光粉,灯丝涂有电子粉。

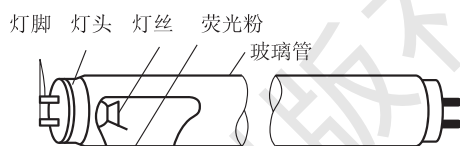


图 2.13.9 日光灯管

### ② 启辉器

启辉器由氖泡、纸介电容、出线脚及外壳等组成,如图 2.13.10 所示。氖泡内装有 U 型双金属片,根据氖泡放电发热情况而通断。

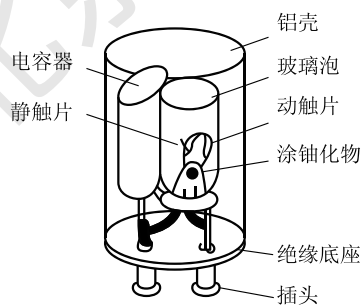


图 2.13.10 启辉器

### ③ 镇流器

镇流器(电感型)主要由铁芯和线圈等组成。其气隙大小与镇流器的功率有关,镇流器功率必须与灯管功率相一致。

另一类型的镇流器是电子镇流器,它也被广泛地使用着。

### ④ 灯架与灯座

灯架用于支撑、安装灯管及启辉器座等,有木质和铁质两种,其规格应与灯管长度相适应。灯座用以卡接灯管,有开启式和弹簧式(插入式)两种。

灯座规格有大型的和小型的两种,大型的适用于 15W 及以上的灯管,小型的适用于 6W、8W 及 12W 的灯管。

日光灯的工作原理:接通电源后,电源电压经由镇流器、启辉器、灯丝并引起氖泡辉光放电;氖泡内双金属 U 型片因辉光放电发热而向外伸胀,至一定程度后 U 型片接通,组成电流回路,灯丝预热并发射电子(此时灯管两端发红而中间未点燃)。U 型片接通后因无电压而停止辉光放电,并因逐渐冷却而收缩,至一定程度分断,电流的回路断开;断开瞬间,在镇流器两端产生高压并加至灯管两端,使灯管内惰性气体被电离而引起弧光放电,汽化水银,水银蒸气发射出紫外线,紫外线激发管壁的荧光粉,发出近似日光的灯光。

日光灯电路如图 2.13.11 所示。

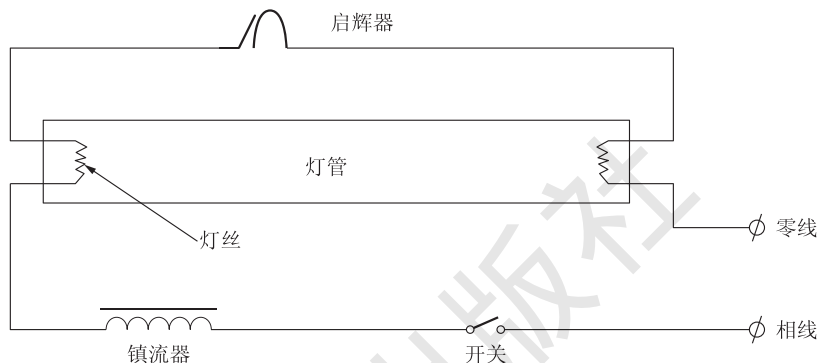


图 2.13.11 日光灯电路图

### 三、常用照明电路的安装

安装照明电路必须遵循的总原则是:火线必须进开关,开关灯具要串联,照明电路间要并联。

#### 1. 白炽灯电路的安装

白炽灯照明电路较为简单,就其控制方式而言,有单联开关控制和双联开关控制两种,如图 2.13.12 所示。

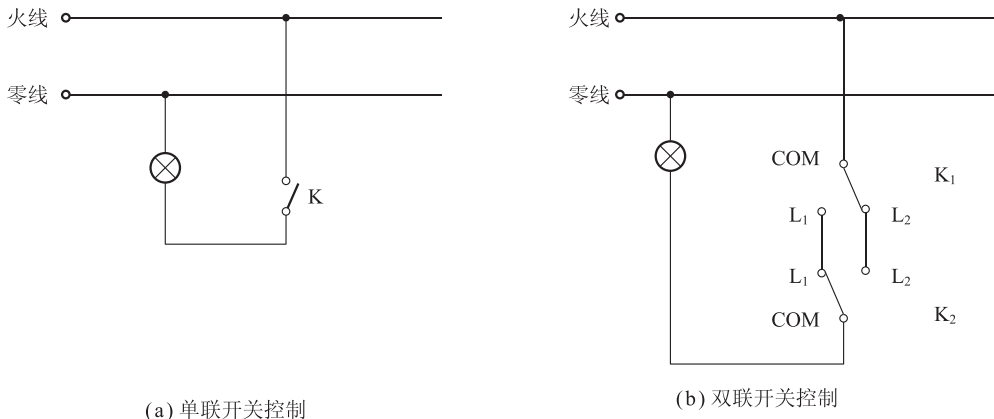


图 2.13.12 白炽灯电路

## 2. 双联开关两地控制一盏灯

图 2.13.13 为双联开关两地控制一盏灯的安装图。

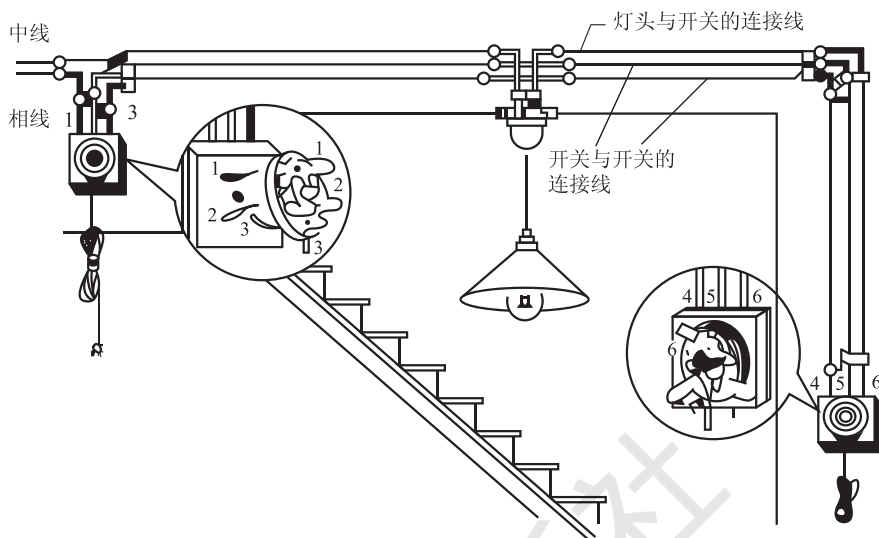


图 2.13.13 楼梯上下双联开关控制

## 四、实验仪器设备

1. 单相电能表。
2. 空气开关(漏电保护器)。
3. 插座、灯头、开关。
4. 照明灯具和各类电线及配件辅料。
5. 万用表和其他各种工具。

## 五、实验总结

写明实验目的,总结照明电路安装与调试工艺要求。

## 六、预习要求

1. 照明电路中控制开关为什么必须接在火线上?
2. 照明电路有哪些部件组成? 各部件的作用?
3. 日光灯电路中镇流器起何作用? 为什么灯管正常工作后,启辉器不再起作用?
4. 日光灯电路中启辉器起何作用? 若没有启辉器你能否用其他办法使日光灯工作?