



高职高专“十一五”规划教材

# 电气实验

穆念强 高红 编

中国石油大学出版社

# 电气实验

穆念强 高红 编

## 图书在版编目(CIP)数据

电气实验/穆念强,高红编. —东营:中国石油大学出版社,2007.3

ISBN 978-7-5636-2372-3

I. 电… II. ①穆…②高… III. 电气—实验 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 030591 号

书 名: 电气实验  
作 者: 穆念强 高 红

---

策划编辑: 宋秀勇(电话 0546—8392139)

责任编辑: 宋秀勇 刘 清

封面设计: 人和视觉

---

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: [yibian@hdpu.edu.cn](mailto:yibian@hdpu.edu.cn)

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)

开 本: 180×235 印张: 11.25 字数: 220 千字

版 次: 2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 17.00 元

## 内容简介

本书经过多年实践教学的筛选、修改,内容简洁、实用。全书分六篇,包括电工基础、模拟电子技术、数字电子技术、电机与拖动、工厂电气控制设备、可编程序控制器等课程的实验,共42个实验课题,各专业可根据本专业教学大纲的要求选做。

本书适合高等职业技术学院及高等专科学校机械、电气、冶金、化工、计算机等各类开设相关课程的专业使用。

编 工 高 理念理

## 前 言

高等职业教育的任务是培养具有较强实际操作能力的技术应用型人才。电气实验教学是高等职业教育工科各专业电气基础知识和能力教学的重要组成部分。通过实验不仅使学生验证、消化、巩固所学的基本理论,更重要的是训练学生运用电气基础知识、掌握电气检测基本技能,培养学生的综合工作能力。

本书是编者在总结山东铝业职业学院多年实践教学经验的基础上,对原校内电气实验指导书进行修订而成的。根据高等职业院校培养目标的要求,当前大多数高等职业院校机、电类专业都开设了电工实训课程,对电类理论课程随课实验的要求相对减少,同时新技术的应用又使课程内容有了新的补充,因此在编写过程中对实验课题又作了进一步的筛选、修改和补充,使内容更加简洁、实用。全书分六篇,包括电工基础、模拟电子技术、数字电子技术、电机与拖动、工厂电气控制设备、可编程序控制器等课程的实验,共42个实验课题,各专业可根据本专业教学大纲的要求选做。

本书适合高等职业技术学院及高等专科学校机械、电气、冶金、化工、计算机等各类开设相关课程的专业使用。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者指正。

编 者

2007年2月

# 目 录

|           |   |
|-----------|---|
| 实验须知..... | 1 |
|-----------|---|

## 第一篇 电 工 基 础

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 实验一 电位、电压及电源外特性的测定 ..... | 5  |
| 实验二 基尔霍夫定律.....          | 8  |
| 实验三 叠加定理、戴维南定理.....      | 10 |
| 实验四 $RLC$ 串联谐振电路 .....   | 14 |
| 实验五 单相交流电路和功率因数的提高 ..... | 17 |
| 实验六 三相交流电路 .....         | 20 |
| 实验七 电流表、电压表的量程扩展.....    | 24 |

## 第二篇 模拟电子技术

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 实验一 稳压二极管伏安特性曲线的绘制 ..... | 29 |
| 实验二 晶体三极管特性曲线的绘制 .....   | 31 |
| 实验三 低频小信号放大电路 .....      | 33 |
| 实验四 负反馈放大电路 .....        | 36 |
| 实验五 互补对称功率放大器 .....      | 39 |
| 实验六 差动放大器 .....          | 42 |
| 实验七 模拟信号运算电路 .....       | 45 |
| 实验八 正弦波振荡电路 .....        | 48 |
| 实验九 单相桥式整流、滤波电路.....     | 50 |
| 实验十 串联型直流稳压电源 .....      | 52 |

## 第三篇 数字电子技术

|                      |    |
|----------------------|----|
| 实验一 分立元件组成的门电路 ..... | 57 |
| 实验二 基本门电路 .....      | 59 |
| 实验三 组合逻辑电路 .....     | 62 |
| 实验四 集成触发器 .....      | 65 |
| 实验五 时序逻辑电路 .....     | 68 |

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 实验六 | 脉冲波形的产生与整形电路 ..... | 70 |
|-----|--------------------|----|

## 第四篇 电机与拖动

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 实验一 | 单相变压器变比测定与极性判别 .....       | 75 |
| 实验二 | 单相变压器的空载、短路实验 .....        | 77 |
| 实验三 | 三相变压器的极性和连接组别的测定 .....     | 82 |
| 实验四 | 直流发电机 .....                | 87 |
| 实验五 | 他励直流电动机的工作特性与调速性能的测定 ..... | 91 |
| 实验六 | 他励直流电动机机械特性的测定 .....       | 96 |
| 实验七 | 异步电动机参数的测定 .....           | 99 |

## 第五篇 工厂电气控制设备

|     |                          |     |
|-----|--------------------------|-----|
| 实验一 | 三相异步电动机启动、停止及点动控制 .....  | 107 |
| 实验二 | 三相异步电动机正、反转控制 .....      | 108 |
| 实验三 | 三相异步电动机星-三角形降压启动控制 ..... | 109 |
| 实验四 | 三相异步电动机反接制动控制 .....      | 111 |
| 实验五 | 三相异步电动机多机顺序启动控制 .....    | 112 |

## 第六篇 可编程序控制器

|     |                       |     |
|-----|-----------------------|-----|
| 实验一 | 编程器的基本操作 .....        | 117 |
| 实验二 | 交流电动机的正、反转控制 .....    | 132 |
| 实验三 | 交通信号灯的自动控制 .....      | 135 |
| 实验四 | 三条皮带输送机的自动控制 .....    | 138 |
| 实验五 | 用移位寄存器实现彩灯控制 .....    | 141 |
| 实验六 | 四路智力抢答器的 PLC 控制 ..... | 145 |
| 实验七 | 编程软件 CX-P 的使用 .....   | 149 |

## 附 录

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 附录一 | YB4320A 型双踪示波器 ..... | 159 |
| 附录二 | XD1 型低频信号发生器 .....   | 163 |
| 附录三 | 直流稳压电源 .....         | 164 |
| 附录四 | TPE-D3 型数字实验箱 .....  | 165 |
| 附录五 | MF-10 型万用表 .....     | 168 |
| 附录六 | 常用集成电路管脚排列图 .....    | 170 |

## 实 验 须 知

### 一、实验目的和要求

实验是理论课程中重要的实践性教学环节,实验的目的不仅是帮助学生巩固和加深理解所学的知识,重要的是训练他们实际的操作技能,能够独立进行实验,并在实验过程中树立工程实际观点和严谨的科学作风。对学生实验技能训练的具体要求是:

1. 能按电路图正确接线和查线。
2. 能正确使用常用的电工仪表、电工设备及常用的电子仪器。
3. 能查阅手册,掌握常用的电子元器件使用的基本知识。
4. 能整理分析实验数据,独立写出内容完整、条理清楚、整洁的实验报告。

为了保证实验课达到预期目的,学生实验时必须遵守如下一些规定。

### 二、实验课前预习

实验前应充分预习,认真阅读实验内容,明确实验目的、任务,搞清实验原理、电路及有关电工仪表、电子仪器的正确使用方法,并对规定的内容进行理论计算,做到实验前心中有数。

### 三、实验操作要求

1. 学生应按时到实验室参加实验,认真听取实验教师的讲解。
2. 接线前应先熟悉实验设备、仪器和仪表,了解它们的性能和使用方法,并检查仪器设备是否完好。
3. 认真按图接线、按图查线。接线时应合理安排各种设备和线路的位置,用线该长则长,该短则短,导线尽量分色,布线合理、清楚,以易于检查和便于操作测试。最后经教师检查无误后才能通电实验。
4. 正确读取实验数据,仔细观察波形,并分析实验结果是否合理,认为实验结果正确才能继续下一项实验。实验中应培养独立实验的能力。
5. 全部实验数据必须经教师检查后才能拆除线路。
6. 实验完毕应整理好设备、器材和导线。
7. 实验要严肃认真,保持安静、整洁的学习环境。



#### 四、实验总结报告要求

对实验现象和数据按实验要求进行整理、计算,绘制曲线与波形,写出实验报告。编写实验报告是一个整理、总结实验结果,进行理论分析的提高过程,因而必须重视并认真写好实验报告。

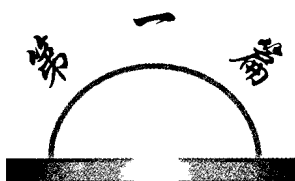
实验报告一律用学校规定的实验报告纸认真书写。实验报告的具体内容如下:

1. 实验目的。
2. 实验主要仪器设备的型号规格。
3. 实验原理及接线图。
4. 对实验原始数据和观察到的现象进行整理,并根据实验要求进行理论计算、绘制波形和曲线(用坐标纸)。
5. 根据各课题中的“实验报告要求”对实验结果进行分析和回答问题。

#### 五、安全操作规则

安全用电是电气实验中始终需要注意的重要问题。为了保证人身及设备安全,实验操作时必须遵守下列规则:

1. 自觉遵守实验室各项规定,服从教师指导,严禁吸烟、随地吐痰、大声喧哗、打闹。
2. 在接线、拆线和改接实验线路时,必须切断电源,不得带电操作,以保证人身和设备、器材的安全。
3. 在设备通电情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属部分。万一遇到触电事故,应立即切断电源,进行必要的处理。
4. 实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现超量程、过热、异味、异响、冒烟、火花等应立即切断电源,并请教师检查处理。
5. 了解有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按照规定值使用。注意仪表的种类、量程和连接使用方法。例如不得用万用表电阻挡、电流挡和电流表测量电压。
6. 做电机实验时,注意长发、围巾、衣物等不能接触电机旋转部分,以免造成事故。
7. 做电子技术实验,必须正确调好仪器输出的电源电压,使电压的大小和直流电压的极性符合实验要求。
8. 非本次实验所用仪器设备,未经教师允许不得动用。没有看懂仪器仪表及设备的使用方法前,不得贸然使用。若有损坏,必须立即报告教师,并登记损坏情况,责任事故要酌情赔偿。



# 电工基础



## 实验一 电位、电压及电源外特性的测定

### 一、实验目的

1. 通过电位、电压的测定,验证电位值的相对性和电压值的绝对性。
2. 理解电源的端电压和负载电流的关系及影响端电压的因素。
3. 掌握简单电路的连接方法及万用表的使用方法。

### 二、实验设备与器材

1. 双路直流稳压电源 1 台。
2. 数字万用表 1 只。
3. 直流毫安表 1 只。
4. 元件及导线:若干。

### 三、实验原理

#### 1. 电位和电压

在直流电路中计算或测量各点电位时,需要先选定一个参考点,并且规定此参考点的电位为零,则电路中某一点的电位就等于该点与参考点之间的电压。由于所选参考点不同,电路中各点电位的极性和数值也随之而异。

电压系指电路中任意两点间的电位之差,它的大小和极性与电位参考点无关。

#### 2. 电源外特性

能保持其端电压为定值的电压源称为理想电压源,理想电压源的伏安特性如图 1.1(a)所示,理想电压源实际上是不存在的。实际电压源总是有一定大小的内阻。因此,实际电压源可用一个理想电压源和一个电阻相串联表示。当电压源中有电流流过时,必然会在内阻上产生电压降。因此,实际电压源的端电压  $U$  可表示为

$$U = U_s - IR_s$$

式中  $I$ ——流过电压源的电流;

$U_s$ ——理想电压源的电压;

$R_s$ ——电压源的内阻。

由上式可得实际电压源的伏安特性如图 1.1(b)所示。

显然,实际电压源的内阻  $R_s$  越小,其特性越接近于理想电压源。



## 2. 电源的外特性

- (1) 在空载情况下,将直流稳压电源的一路输出电压调至 6 V。
- (2) 选取  $R_1=1\ \Omega$  的电阻作为稳压电源的内阻,与稳压电源相串联组成一个实际电压源模型。
- (3) 按图 1.3 连接实验电路,检查无误后,开启电源。
- (4) 开关 S 置断开位置,负载开路状态。
- (5) 读出电流表、电压表数值并记入表 1.2 中。

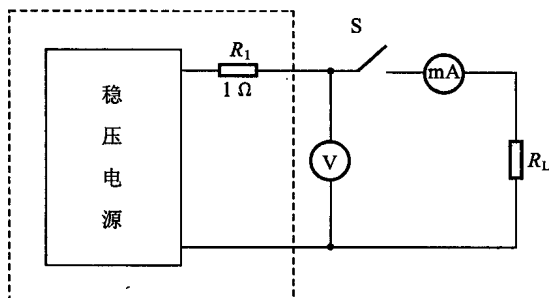


图 1.3 电源的外特性实验电路图

- (6) 开关 S 闭合,分别接入负载电阻  $1\ \text{k}\Omega$ 、 $300\ \Omega$ 、 $200\ \Omega$  时,读出 3 种不同负载电阻时电流表和电压表的数值,记入表 1.2 中。
- (7) 将  $R_1$  电阻换为  $100\ \Omega$ ,重复上述步骤(4)、(5)、(6),并将结果记入表 1.2 中。

表 1.2

|     | $R_1=1\ \Omega$ |                         |                   |                   | $R_1=100\ \Omega$ |                         |                   |                   |
|-----|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|     | 负载开路            | $R_L=1\ \text{k}\Omega$ | $R_L=300\ \Omega$ | $R_L=200\ \Omega$ | 负载开路              | $R_L=1\ \text{k}\Omega$ | $R_L=300\ \Omega$ | $R_L=200\ \Omega$ |
| 电流值 |                 |                         |                   |                   |                   |                         |                   |                   |
| 电压值 |                 |                         |                   |                   |                   |                         |                   |                   |

## 五、实验报告要求

1. 整理实验数据,用实验数据在坐标纸上绘制电源外特性曲线  $U=f(I)$ 。
2. 分析实验结果,并分析误差原因。
3. 回答思考题:
  - (1) 总结电位和电压的关系及参考点对电位、电压值的影响。
  - (2) 若误用电流表去测量电压,将会产生什么后果?
  - (3) 由电源的外特性曲线,总结端电压和负载的关系并分析影响电压高低的因素。

## 实验二 基尔霍夫定律

### 一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性,从而加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 加深对参考方向的理解。

### 二、实验设备与器材

1. 双路直流稳压电源 1 台。
2. 数字万用表 1 只。
3. 直流毫安表 3 只。
4. 元件及导线:若干。

### 三、实验原理

基尔霍夫定律是电路理论中最基本也是最重要的定律之一。它概括了电路中电流及电压分别应遵循的基本定律,其内容有二:一是基尔霍夫电流定律;二是基尔霍夫电压定律。

基尔霍夫电流定律:电路中,任意时刻,流进和流出节点电流的代数和为零,即

$$\sum I = 0$$

上式表明基尔霍夫电流定律规定了节点上支路电流的约束与支路上元件的性质无关,不论元件是线性的或非线性的,含源或不含源的,时变或时不变的等都适用。

基尔霍夫电压定律:电路中,任意时刻,闭合回路的电压降的代数和为零,即

$$\sum U = 0$$

上式表明任意闭合回路中各支路电压降必须遵守的规律,它是电压与路径无关性的反映。同样,这一结论只与电路的结构有关,而与支路上元件的性质无关,不论元件是线性的或非线性的,含源或不含源的,时变或时不变的等都是适用的。

参考方向:参考方向并不是一个抽象的概念,它具有具体的意义。例如:图 1.4 为某网络中的一条支路 AB,在事先并不知道该支路电压的极性情况下,如何测量该支路的电压降  $U$  呢? A 端电位高,还是 B 端电位高呢? 应先假设一个电压降的方向。设  $U$



图 1.4 参考方向示意图

的方向为由 A 至 B, 这就是电压的参考方向。则电压表的正极和负极分别与 A 端和 B 端相连, 电压表指针若顺时针偏转, 则读数为正, 说明参考方向与实际方向一致; 反之, 电压表指针若逆时针偏转, 则读数为负, 说明参考方向与实际方向相反, 即  $U$  的实际方向为由 B 至 A。

测量该支路电流时与测量电压时情况相同。

#### 四、实验内容及步骤

##### 1. 基尔霍夫电流定律的验证

(1) 在空载情况下将直流稳压电源的一路输出电压调至 9 V, 另一路输出电压调至 12 V。

(2) 关闭电源, 按图 1.5 连接实验电路, 开关  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  均处于断开位置。

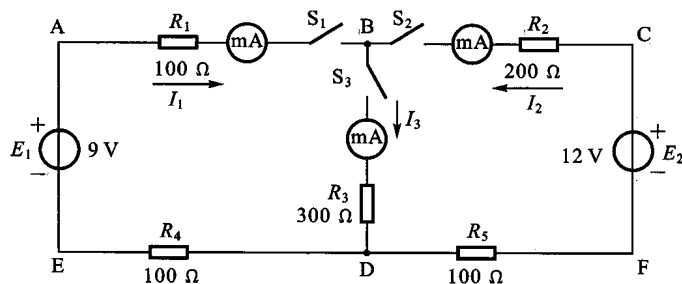


图 1.5 基尔霍夫定律实验电路图

(3) 检查无误后开启电源, 分别闭合  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  并观察各毫安表指针偏转方向。若表针反偏, 要迅速断开开关, 将毫安表调转  $90^\circ$ , 重新接入电路。

(4) 读出各毫安表的电流值即  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ , 将结果记入表 1.3 中。

表 1.3 基尔霍夫电流定律测量数据

|     | $I_1/\text{mA}$ | $I_2/\text{mA}$ | $I_3/\text{mA}$ |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 计算值 |                 |                 |                 |
| 测量值 |                 |                 |                 |

##### 2. 基尔霍夫电压定律的验证

实验电路同图 1.5, 操作步骤同前。用万用表依次读取回路 ABDEA 的支路电压  $U_{AB}$ 、 $U_{BD}$ 、 $U_{DE}$ 、 $U_{EA}$  以及回路 BCFDB 的支路电压  $U_{BC}$ 、 $U_{CF}$ 、 $U_{FD}$ 、 $U_{DB}$ , 将测量结果记入表 1.4 中。



表 1.4 基尔霍夫电压定律测量数据

|     | $U_{AB}$ | $U_{BD}$ | $U_{DE}$ | $U_{EA}$ | $U_{BC}$ | $U_{CF}$ | $U_{FD}$ | $U_{DB}$ | $\sum U_{ABDEA}$ | $\sum U_{BCFDB}$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|------------------|
| 计算值 |          |          |          |          |          |          |          |          |                  |                  |
| 测量值 |          |          |          |          |          |          |          |          |                  |                  |

### 五、实验报告要求

1. 根据实验电路图先计算各支路电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ ，与测量值比较，核对在节点 B 是否  $\sum I=0$ 。验证基尔霍夫电流定律的正确性。
2. 根据基尔霍夫电压定律，对回路 ABDEA 和回路 BCFDB 进行计算，并与实际值进行比较，核对是否  $\sum U=0$ 。验证基尔霍夫电压定律的正确性。
3. 计算数据与实验数据有误差，请分析误差原因。
4. 回答思考题：  
已知某支路的电流为 3 mA 左右，现有量程分别为 5 mA 和 10 mA 的两只电流表，你将使用哪只电流表测量？为什么？

## 实验三 叠加定理、戴维南定理

### 一、实验目的

1. 通过实验验证叠加定理、戴维南定理。
2. 学会测量等效内阻和开路电压的方法。
3. 通过实验证明负载上获得最大功率的条件。

### 二、实验设备与器材

1. 双路直流稳压电源 1 台。
2. 数字万用表 1 只。

3. 直流毫安表 1 只。
4. 元件及导线：若干。