

教育部推荐教材 ● 21世纪高职高专系列规划教材 ● 高职高专“工学结合”试点教材



电工电子实训

主 编 王淑文 李光兰
副主编 胥宝萍 韩彬彬
参 编 陈 龙 刘景文

21SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE GUIHUA JIAOCAI

DIANGONG
DIANZI SHIXUN



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

本书可作为职业院校电气专业及相关专业的教材，也可供从事电气工作的工程技术人员参考。



电工电子实训

主编 陈国良 副主编 陈国良
编委 陈国良 陈国良 陈国良
编委 陈国良 陈国良 陈国良
编委 陈国良 陈国良 陈国良

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

高职高专“工学结合”试点教材

电工电子实训

主 编 王淑文 李光兰

副主编 胥宝萍 韩彬彬

参 编 陈 龙 刘景文



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

电工电子实训 / 王淑文, 李光兰主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2008.1

教育部推荐教材

ISBN 978-7-303-09000-6

I. 电… II. ①王…②李… III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 191784 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 15.75

字 数: 352 千字

版 次: 2008 年 2 月第 1 版

印 次: 2008 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

责任编辑: 周光明 装帧设计: 李葆芬

责任校对: 李 茵 责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

前言

电工电子技术是电子、电气、自动化、机电、计算机等专业的专业基础课程,该门课程的实践性很强。《电工电子实训》教材是根据高等职业教育的特点,结合高职工科电类及非电类各专业知识结构的要求而编写的。

本教材有着鲜明的职业教育特色,按照高等职业学校的培养目标和人才规格,注重实践能力的培养和创新能力的开发,通过实验和实训,使学生学会常用电子仪器的使用、掌握仪表测量和调试各种电路的方法,培养处理实验数据、分析实验结果、书写实验报告的能力,培养学生专业基本技能,逐步达到掌握分析和设计复杂电路的能力,安装调试电子产品的方法,具有分析和解决电路故障的能力,为今后学习专业课和生产实践打下坚实的基础。

本教材具有以下主要特点:

- (1) 内容由浅入深,循序渐进,学生通过实际操作,逐渐掌握专业知识和技能。
- (2) 实用性强。强调高职高专特点,以突出实践能力的培养为主线,所选实验实训项目、综合实训与设计课题涵盖了电工技术、模拟电子技术、数字电子技术的主要内容和典型应用。这些项目和课题具有代表性、实用性和可操作性。
- (3) 体现先进性。注重介绍新器件,在电子电路设计中应用新技术。综合性设计与实训采用 Protel 软件设计电路。
- (4) 突出创新能力的培养。在每个实训后都编写了具有一定难度且与实际结合的思考题,以扩展学生的创造思维,培养学生的创新能力。

本书由天津滨海职业学院王淑文、天津冶金职业技术学院李光兰担任主编,由天津滨海职业学院胥宝萍、天津天狮职业技术学院韩彬彬担任副主编,参加编写的还有天津滨海职业学院陈龙、刘景文。其中第1章、第2章由李光兰编写,第3章、第5章(5.1~5.3)由胥宝萍编写,第4章、第5章(5.4、5.6)由王淑文编写,第6章、第7章由韩彬彬编写,第5章(5.8~5.9)、第8章由陈龙编写,第5章(5.5、5.7)由刘景文编写。王淑文负责全书的内容组织和统稿,胥宝萍、李光兰参加了统稿并做了大量工作。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2007年9月

目录

Contents

第1章 电路与电工基本技能实训	(1)
1.1 基本电工仪表的使用及测量误差的计算	(1)
1.2 基尔霍夫定律及叠加定理的验证	(10)
1.3 戴维南定理和诺顿定理的验证——有源二端网络等效参数的测定	(15)
1.4 正弦交流电路参数的测量——用三表法测量电路特效参数	(19)
1.5 日光灯照明电路及功率因数的提高	(22)
1.6 单相电度表的校验	(25)
1.7 三相交流电路电压、电流的测量	(28)
第2章 电动机及控制实训	(33)
2.1 单相变压器实验	(33)
2.2 三相鼠笼式异步电动机	(36)
2.3 三相鼠笼式异步电动机正、反转控制	(42)
2.4 三相鼠笼式异步电动机 Y- Δ 降压起动控制	(47)
2.5 三相异步电动机顺序控制	(52)
第3章 模拟电子技术实训	(57)
3.1 共发射极放大电路	(57)
3.2 负反馈放大电路	(63)
3.3 射极输出器	(68)
3.4 RC 正弦波振荡器	(70)
3.5 LC 正弦波振荡器	(73)
3.6 集成运算放大器的基本应用——信号运算电路	(76)
3.7 集成运算放大器的基本应用——电压比较器	(82)
第4章 数字电子技术实训	(86)
4.1 集成逻辑门电路逻辑功能及参数测试	(86)
4.2 组合逻辑电路的分析与设计	(89)
4.3 译码器及其应用	(94)
4.4 触发器及其应用	(98)

4.5	计数器的分析与设计	(101)
4.6	移位寄存器及其应用	(106)
4.7	555 定时器及其应用	(110)
第 5 章	综合性设计与实训	(115)
5.1	运算放大器应用——万用表的设计与调试	(115)
5.2	直流稳压电源的安装与调试	(119)
5.3	触摸延时开关电路	(124)
5.4	数控步进电机	(127)
5.5	60s 脉冲发生器	(130)
5.6	时间优先鉴别电路	(132)
5.7	N 进制计数电路	(134)
5.8	数字钟电路	(135)
5.9	电子抢答器	(141)
第 6 章	常用电子仪器仪表	(146)
6.1	稳压电源	(146)
6.2	数字万用表	(154)
6.3	示波器	(158)
6.4	函数信号发生器	(176)
6.5	晶体管毫伏表	(183)
第 7 章	常用电子元器件	(186)
7.1	电阻器和电位器	(186)
7.2	电容器	(198)
7.3	电感线圈和变压器	(208)
7.4	半导体分立元件	(215)
7.5	集成电路	(222)
第 8 章	电子工艺技术	(228)
8.1	焊接技术	(228)
8.2	印制电路板	(234)
8.3	电子产品的安装与调试	(238)
8.4	电子工艺实习	(240)
参考文献		(243)

第1章 电路与电工基本技能实训



内容提要

本章首先通过基本电工仪表的使用及测量误差实验,使学生了解测量误差的概念,并掌握电压表、电流表的内阻在测量过程中产生的误差及如何减小测量误差的方法;其次通过基尔霍夫定律、戴维南定理、叠加定理等验证型实验,使学生掌握基础性实验的操作与测量的基本方法;然后在此基础上进行正弦交流电路参数的测定、单相电度表的校验、日光灯照明电路及功率因数的提高、三相交流电路电压与电流的测量等4项实验,既循序渐进地锻炼了学生分析问题和解决问题的能力,又培养了学生科学实验的良好习惯。

1.1 基本电工仪表的使用及测量误差的计算

实验一 电压表、电流表的使用及测量误差的计算

一、实验目的

- (1) 掌握指针式电压表、电流表内阻的测量方法。
- (2) 熟悉电工仪表测量误差的计算方法。

二、实验设备

- (1) 可调直流稳压电源(0~30V、二路)。
- (2) 可调恒流源(0~200mA)。
- (3) 指针式万用表(MF系列或其他)。
- (4) 可调电阻箱(0~9999.9 Ω)。
- (5) 电阻器。

三、预习要求

- (1) 预习本实验的内容,写出有效数字的正确表示、有效数字的运算规

则、有效数字的修约规则。

(2) 熟悉实验室各类电源及各类测量仪表的布局和使用方法。

四、实验原理

(1) 为了准确地测量电路中实际的电压和电流,必须保证仪表接入电路后不会改变被测电路的工作状态。这就要求电压表的内阻为无穷大,电流表的内阻为零。而实际使用的指针式电工仪表都不能满足上述要求。因此,当测量仪表一旦接入电路,就会改变电路原有的工作状态,这就导致仪表的读数与电路原有的实际值之间出现误差。误差的大小与仪表本身内阻的大小密切相关。只要测出仪表的内阻,即可计算出由其产生的测量误差。以下介绍几种测量指针式仪表内阻的方法。

(2) 用分流法测量电流表的内阻。

如图 1.1.1 所示, A 为被测内阻 (R_A) 的直流电流表。测量时先断开开关 S, 调节电流源的输出电流 I 使 A 表指针满偏转。然后合上开关 S, 并保持 I 值不变, 调节电阻箱 R_B 的阻值, 使电流表的指针指在 $1/2$ 满偏转位置, 此时有

$$I_A = I_S = I/2$$

$$\therefore R_A = R_B // R_1$$

R_1 为固定电阻器之值, R_B 可由电阻箱的刻度盘上读得。

(3) 用分压法测量电压表的内阻。

如图 1.1.2 所示, V 为被测内阻 (R_V) 的电压表。测量时先将开关 S 闭合, 调节直流稳压电源的输出电压, 使电压表 V 的指针为满偏转。然后断开开关 S, 调节 R_B 使电压表 V 的指示值减半。

此时有

$$R_V = R_B + R_1$$

电压表的灵敏度为: $S = R_V / U$ (Ω/V)。式中 U 为电压表满偏时的电压值。

(4) 仪表内阻引起的测量误差 (通常称之为方法误差, 而仪表本身结构引起的误差称为仪表基本误差) 的计算。

① 以图 1.1.3 所示电路为例, R_1 上的电压为

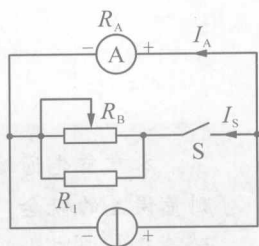


图 1.1.1 用分流法测量电流表的内阻

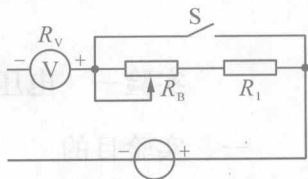


图 1.1.2 用分压法测量电压表的内阻

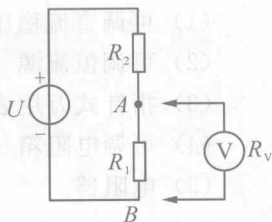


图 1.1.3 用内阻为 R_V 的电压表来测量 U_{R1}

$U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$, 若 $R_1 = R_2$, 则 $U_{R1} = \frac{1}{2} U$ 。现用一个内阻为 R_V 的电压表来

测量 U_{R1} 值, 当 R_V 与 R_1 并联后, $R_{AB} = \frac{R_V R_1}{R_V + R_1}$, 以此来替代上式中的 R_1 , 则

$$\text{得 } U'_{R1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U$$

$$\text{绝对误差为 } \Delta U = U'_{R1} - U_{R1} = U \left[\frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right]$$

$$\text{化简后得 } \Delta U = \frac{-R_1^2 R_2 U}{R_V (R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2) + R_1 R_2 (R_1 + R_2)}$$

$$\text{若 } R_1 = R_2 = R_V, \text{ 则得 } \Delta U = -\frac{U}{6}$$

$$\text{相对误差 } \Delta U\% = \frac{U'_{R1} - U_{R1}}{U_{R1}} \times 100\% = \frac{-U/6}{U/2} \times 100\% = -33.3\%$$

由此可见, 当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时, 测量的误差是非常大的。

②伏安法测量电阻的原理如下。

测出流过被测电阻 R_X 的电流 I_R 及其两端的电压降 U_R , 则其阻值 $R_X = U_R / I_R$ 。实际测量时, 有两种测量线路, 即相对于电源而言:

- 电流表 A (内阻为 R_A) 接在电压表 V (内阻为 R_V) 的内侧;
- A 接在 V 的外侧。

两种线路如图 1.1.4 (a)、(b) 所示。

由线路图 1.1.4 (a) 可知, 只有当 $R_X \ll R_V$ 时, R_V 的分流作用才可忽略不计, A 的读数接近于实际流过 R_X 的电流值。图 1.1.4 (a) 的接法称为电流表的内接法。

由线路图 1.1.4 (b) 可知, 只有当 $R_X \gg R_A$ 时, R_A 的分压作用才可忽略不计, V 的读数接近于 R_X 两端的电压值。图 1.1.4 (b) 的接法称为电流表的外接法。

实际应用时, 应根据不同情况选用合适的测量线路, 才能获得较准确的测量结果。以下举实例说明。

在图 1.1.4 中, 设: $U = 20V$, $R_A = 100\Omega$, $R_V = 20k\Omega$ 。假定 R_X 的实际值为 $10k\Omega$ 。

如果采用线路图 1.1.4 (a) 测量, 经计算, A、V 的读数分别为 $2.96mA$

和 19.73V, 故

$R_X = 19.73 \div 2.96 = 6.667 \text{ k}\Omega$, 相对误差为: $(6.667 - 10) \div 10 \times 100 = -33.3\%$ 。

如果采用线路图 1.1.4 (b) 测量, 经计算, A、V 的读数分别为 1.98mA 和 20V, 故

$R_X = 20 \div 1.98 = 10.1 \text{ k}\Omega$, 相对误差为: $(10.1 - 10) \div 10 \times 100 = 1\%$ 。

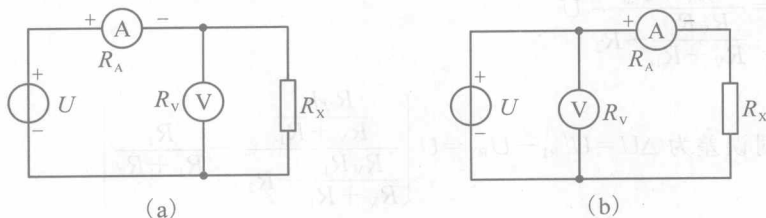


图 1.1.4 电流表的接法

(a) $R_X \ll R_V$ 电流表的内接法; (b) $R_X \gg R_A$ 电流表的外接法

五、实验内容与步骤

(1) 根据“分流法”原理测定指针式万用表 (MF-47 型或其他型号) 直流电流 0.5mA 和 5mA 挡量限的内阻, 线路如图 1.1.1 所示, R_B 可选用电阻箱 (下同)。实验数据记录在表 1.1.1 中。

表 1.1.1

被测电流 表量限 (mA)	S 断开时的 表读数 (mA)	S 闭合时的 表读数 (mA)	$R_B (\Omega)$	$R_1 (\Omega)$	计算内阻 $R_A (\Omega)$
0.5					
5					

(2) 根据“分压法”原理按图 1.1.2 接线, 测定指针式万用表直流电压 2.5V 和 10V 挡量限的内阻。实验数据记录在表 1.1.2 中。

表 1.1.2

被测电压表 量 限 (V)	S 闭合时 表读数 (V)	S 断开时 表读数 (V)	$R_B (\text{k}\Omega)$	$R_1 (\text{k}\Omega)$	计算内阻 $R_V (\text{k}\Omega)$	$S (\Omega/\text{V})$
2.5						
10						

(3) 用指针式万用表直流电压 10V 挡量程测量图 1.1.3 电路中 R_1 上的电压 U'_{R1} 之值, 并计算测量的绝对误差与相对误差。实验数据记录在表 1.1.3 中。

表 1.1.3

U (V)	R_2 (k Ω)	R_1 (k Ω)	R_{10V} (k Ω)	计算值 U_{R1} (V)	实测值 U'_{R1} (V)	绝对误差 ΔU	相对误差 $(\Delta U/U) \times 100\%$
12	10	50					

实验注意事项

①在开启电源开关前，应将两路电压源的输出调节旋钮调至最小（逆时针旋到底），并将恒流源的输出粗调旋钮拨到 2mA 挡，输出细调旋钮应调至最小。接通电源后，再根据需要缓慢调节。

②当恒流源输出端接有负载时，如果需要将其粗调旋钮由低挡位向高档位切换时，必须先将其细调旋钮调至最小。否则输出电流会突增，可能会损坏外接器件。

③电压表应与被测电路并联，电流表应与被测电路串联，并且都需要注意正、负极性与量程的合理选择。

④实验内容（1）、（2）中， R_1 的取值应与 R_B 相近。

⑤本实验仅测试指针式仪表的内阻。由于所选指针表的型号不同，本实验中所列的电流、电压量程及选用的 R_B 、 R_1 等均会不同。实验时应按选定的表型自行确定。

六、实验报告

- 列表记录实验数据，并计算各被测仪表的内阻值。
- 分析实验结果，总结应用场合。
- 计算思考题。
- 其他（包括实验的心得、体会及意见等）。

七、思考题

（1）根据实验内容（1）和（2），若已求出 0.5mA 挡和 2.5V 挡的内阻，可否直接计算得出 5mA 挡和 10V 挡的内阻？

（2）用量程为 10A 的电流表测实际值为 8A 的电流时，实际读数为 8.1A，求测量的绝对误差和相对误差。

实验二 减小仪表测量误差的方法

一、实验目的

- (1) 进一步了解电压表、电流表的内阻在测量过程中产生的误差及其分析方法。
- (2) 掌握减小因仪表内阻所引起的测量误差的方法。

二、实验设备

- (1) 直流稳压电源 (0~30V)。
- (2) 指针式万用表 (MF 系列或其他)。
- (3) 直流数字毫安表 (0~200mA)。
- (4) 可调电阻箱 (0~9999.9Ω)。
- (5) 电阻器。

三、预习要求

- (1) 预习本实验的内容, 写出绝对误差、相对误差的计算公式。
- (2) 试观察万用表的表盘标记。

四、实验原理

减小因仪表内阻而产生的测量误差的方法有以下两种。

1. 不同量程两次测量计算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时, 可利用多量程仪表对同一被测量用不同量程进行两次测量, 用所得读数经计算后可得到较准确的结果。

如图 1.1.5 所示电路, 欲测量具有较大内阻 R_0 的电动势 U_s 的开路电压 U_0 时, 如果所用电压表的内阻 R_V 与 R_0 相差不大时, 将会产生很大的测量误差。

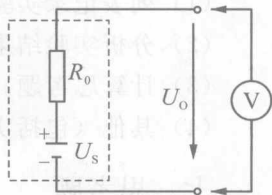


图 1.1.5 电压测量

设电压表有两挡量程, U_1 、 U_2 分别为在这两个不同量程下测得的电压值, 令 R_{V1} 和 R_{V2} 分别为这两个相应量程的内阻, 则由图 1.1.5 可得出

$$U_1 = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} U_s \quad U_2 = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} U_s$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 。其中 U_s (即 U_0) 为

$$U_s = \frac{U_1 U_2 (R_{V2} - R_{V1})}{U_1 R_{V2} - U_2 R_{V1}}$$

由此式可知,当电源内阻 R_0 与电压表的内阻 R_V 相差不大时,通过上述的两次测量结果,即可计算出开路电压 U_0 的大小,且其准确度要比单次测量好得多。

对于电流表,当其内阻较大时,也可用类似的方法测得较准确的结果。如图 1.1.6 所示电路,不接入

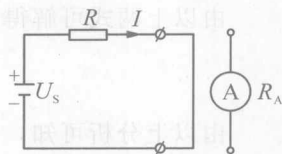


图 1.1.6 电流测量

电流表时的电流为 $I = \frac{U_s}{R}$, 接入内阻为 R_A 的电流表

A 时,电路中的电流变为 $I' = \frac{U_s}{R+R_A}$ 。

如果 $R_A = R$, 则 $I' = I/2$, 出现很大的误差。如果用有不同内阻 R_{A1} 、 R_{A2} 的两挡量程的电流表作两次测量并经简单的计算就可得到较准确的电流值:

按图 1.1.6 电路,两次测量得

$$I_1 = \frac{U_s}{R+R_{A1}} \quad I_2 = \frac{U_s}{R+R_{A2}}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R , 进而可得

$$I = \frac{U_s}{R} = \frac{I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2})}{I_1 R_{A1} - I_2 R_{A2}}$$

2. 同一量限两次测量算法

如果电压表(或电流表)只有一挡量限,且电压表的内阻较小(或电流表的内阻较大)时,可用同一量限两次测量法减小测量误差。其中,第一次测量与一般的测量并无两样。第二次测量时必须在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 电压测量——测量如图 1.1.7 所示电路的开路电压 U_0 。

设电压表的内阻为 R_V 。第一次测量时电压表的读数为 U_1 。第二次测量时应与电压表串接一个已知阻值的电阻器 R , 电压表读数为 U_2 。由图可知

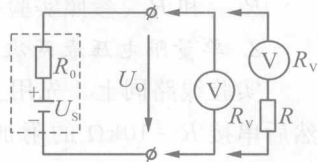


图 1.1.7 二次电压测量

$$U_1 = \frac{R_V U_s}{R_0 + R_V} \quad U_2 = \frac{R_V U_s}{R_0 + R + R_V}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 , 其中 U_s (即 U_0) 为

$$U_s = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_V (U_1 - U_2)}$$

(2) 电流测量——测量如图 1.1.8 所示电路的电流 I 。

设电流表的内阻为 R_A 。第一次测量电流表的读数为 I_1 。第二次测量时应与电流表串接一个已知阻

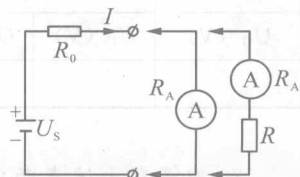


图 1.1.8 二次电流测量

值的电阻器 R ，电流表读数为 I_2 。由图可知

$$I_1 = \frac{U_s}{R_0 + R_A} \quad I_2 = \frac{U_s}{R_0 + R_A + R}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 ，从而可得

$$I = \frac{U_s}{R_0} = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 (R_A + R) - I_1 R_A}$$

由以上分析可知，当所用仪表的内阻与被测线路的电阻相差不大时，采用多量限仪表不同量限两次测量法或单量限仪表两次测量法，通过计算就可得到比单次测量准确得多的结果。

五、实验内容及步骤

1. 双量限电压表两次测量法

按图 1.1.7 所示电路，实验中利用直流稳压电源，取 $U_s = 2.5\text{V}$ ， R_0 选用 $50\text{k}\Omega$ （取自电阻箱）。用指针式万用表的直流电压 2.5V 和 10V 两挡量限进行两次测量，最后算出开路电压 U'_0 之值。实验数据记录在表 1.1.4 中。

表 1.1.4

万用电表 电压限 (V)	内阻值 ($\text{k}\Omega$)	两个量 限的测 量值 U (V)	电路计 算值 U_0 (V)	两次测量 计算值 U'_0 (V)	U 的相对 误差值 (%)	U'_0 的相对误差 (%)
2.5						
10						

$R_{2.5\text{V}}$ 和 $R_{10\text{V}}$ 参照实验一的结果。

2. 单量限电压表两次测量法

实验线路同上。先用上述万用表直流电压 2.5V 量限挡直接测量，得 U_1 。然后串接 $R = 10\text{k}\Omega$ 的附加电阻器再测量一次，得 U_2 。计算开路电压 U'_0 之值。实验数据记录在表 1.1.5 中。

表 1.1.5

实际计算值	两次测量值		测量计算值	U_1 的相对误差	U'_0 的相对误差 (%)
U_0 (V)	U_1 (V)	U_2 (V)	U'_0 (V)	(%)	

3. 双量限电流表两次测量法

按图 1.1.8 线路进行实验， $U_s = 0.3\text{V}$ ， $R = 300\Omega$ （取自电阻器），用万万

表 0.5mA 和 5mA 两挡电流量限进行两次测量, 计算出电路的电流值 I' 。实验数据记录在表 1.1.6 中。

表 1.1.6

万用表电流量限 (mA)	内阻值 (Ω)	两个量限的测量值 I_1 (mA)	电路计算值 I (mA)	两次测量计算值 I' (mA)	I_1 的相对误差 (%)	I' 的相对误差 (%)
0.5						
5						

$R_{0.5mA}$ 和 R_{5mA} 参照实验一的结果。

4. 单量限电流表两次测量法

实验线路同 3。先用万用表 0.5mA 电流量限直接测量, 得 I_1 。再串联附加电阻 $R=30\Omega$ 进行第二次测量, 得 I_2 。求出电路中的实际电流 I' 之值。实验数据记录在表 1.1.7 中。

表 1.1.7

实际计算值 I (mA)	两次测量值		测量计算值 I' (mA)	I_1 的相对误差 (%)	I' 的相对误差 (%)
	I_1 (mA)	I_2 (mA)			

实验注意事项

①在开启电源开关前, 应将两路电压源的输出调节旋钮调至最小 (逆时针旋到底), 并将恒流源的输出粗调旋钮拨到 2mA 挡, 输出细调旋钮应调至最小。接通电源后, 再根据需要缓慢调节。

②采用不同量限两次测量法时, 应选用相邻的两个量限, 且被测值应接近于低量限的满偏值。否则, 当用高量限测量较低的被测值时, 测量误差会较大。

③实验中所用的 MF 系列万用表属于较精确的仪表。在大多数情况下, 直接测量误差不会太大。只有当被测电压源的内阻 $>1/5$ 电压表内阻或者被测电流源内阻 <5 倍电流表内阻时, 采用本实验的测量、计算法才能得到较满意的结果。

六、思考题

- (1) 完成各项实验内容的计算。
- (2) 实验的收获与体会。

1.2 基尔霍夫定律及叠加定理的验证

实验一 基尔霍夫定律

一、实验目的

- (1) 验证基尔霍夫定律的正确性, 加深对基尔霍夫定律的理解。
- (2) 学会用电流插头、插座测量各支路电流。

二、实验设备

- (1) 直流可调稳压电源 (0~30V、二路)。
- (2) 万用表 (MF-47 或其他)。
- (3) 直流数字电压表 (0~200V)。
- (4) 实验电路板 (510Ω: 3 个; 1kΩ: 1 个; 330Ω: 1 个)。

三、预习要求

- (1) 预习本实验的内容, 写出基尔霍夫电压定律、电流定律。熟悉直流稳压电源和万用表的使用方法。
- (2) 计算实验线路如图 1.2.1 所示的电路参数。

四、实验原理

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每个元件两端的电压, 应能分别满足基尔霍夫电流定律 (KCL) 和电压定律 (KVL)。即对电路中的任一个节点而言, 应有 $\sum I=0$; 对任何一个闭合回路而言, 应有 $\sum U=0$ 。

运用上述定律时必须注意各支路或闭合回路中电流的正方向, 此方向可预先任意设定。

五、实验内容与步骤

实验线路如图 1.2.1 所示, 按图接线。

- (1) 实验前先任意设定 3 条支路和 3 个闭合回路的电流正方向。图 1.2.1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 的方向已设定。3 个闭合回路的电流正方向可设为 ADEFA、BADCB 和 FBCEF。