



新世纪教改系列教材

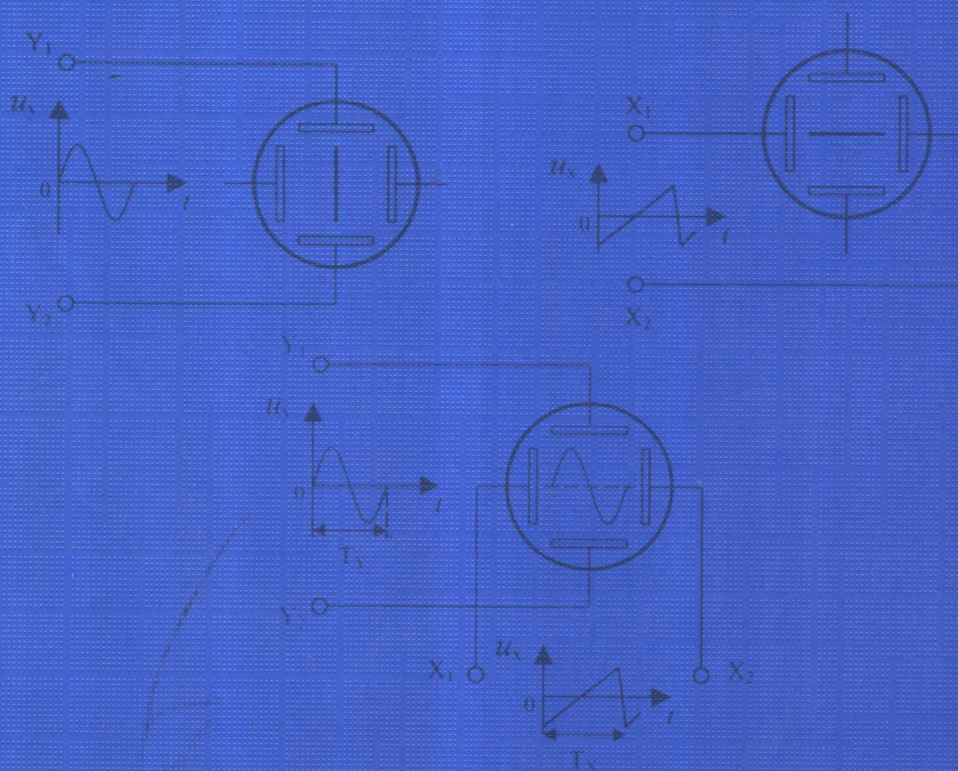
电工学 I

DIANGONGXUE

主编 王英 曾欣荣

电工技术实验

DIANGONG JISHU SHIYAN



西南交通大学出版社
Http://press.swjtu.edu.cn

电 工 技 术 实 验

(电 工 学 I)

王 英 曾欣荣 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本教材是根据国家教育委员会颁布的高等工业学校“电工技术(电工学 I)”课程的教学基本要求编写的。书中系统介绍了电工测量基础知识、实验操作过程和故障处理、安全用电规则、实验数据分析方法及电路的设计方法。

本书共有电工、电子测量基础,电路基础实验(12个实验)、变压器与电机控制(6个实验)和常用仪器仪表说明书(7种常见仪器仪表)四大部分;既保留了经典的实验,又增添了灵活应用新技术的实验;既有验证性实验,又有设计型和综合型的实验。实验内容十分丰富,便于不同学科、不同教学课程要求进行实验,同时为开放性实验奠定了教学基础。

本书可作为高等学校工科“电工学 I”实验课程的教材或实验指导书。

----- 图书在版编目(CIP)数据

电工技术实验(电工学 I) / 王英, 曾欣荣主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2004.10
ISBN 7-81057-966-5

I. 电... II. ①王...②曾... III. 电工学 — 高等学校 — 教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 091488 号

电工技术实验 (电工学 I)

王 英 曾欣荣 主编

*

责任编辑 陈渝生

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

新华书店 经销

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 总印张: 6.625

总字数: 155 千字 印数: 1—3000 册

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-966-5/TM · 356

定价: 9.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: (028) 87600562

前 言

西南交通大学“电工学”课程 1993 年被列为铁道部首批重点建设课程, 1995 年被评为西南交通大学一类课程, 1995—2003 年连续五届荣获西南交通大学教学改革成果奖, 2003 年又被列入西南交通大学“精品课程”建设项目。

“电工学”课程从教学内容及安排上一般分为“电工技术”(电工学 I)和“电子技术”(电工学 II)两个部分。该课程的特点之一是强调实践。通过精心安排的一系列实验项目, 训练学生在提出理论问题或面对实际问题时, 如何设计实验方案、利用实验工具和手段完成实验、整理和分析实验数据、判断理论的正误以及最终解决问题的能力。

《电工技术实验》是课程“电工学 I”的实验指导书。本实验指导书是编者在多年进行教学观念创新, 课程体系改革, 通过试点班实践, 以及充实和提高实验教学的基础上编写的。既保留了经典的实验, 又增添了灵活应用新技术的实验; 既有验证性实验, 又有设计型和综合型的实验。实验内容十分丰富, 便于不同学科、不同教学课程要求进行实验, 同时为开放性实验奠定了教学基础。

实验安全是实验教学中不容忽视的基本内容, 本实验指导书用专门的章节指导学生, 加强安全防范意识, 训练应急保护方法。

本实验指导书的内容有 4 部分, 共分 4 章: 第 1 章主要讨论了两方面的问题, 一是电工测量的基础知识以及测量误差分析; 二是实验操作规则、实验故障处理分析方式方法、实验报告要求以及实验安全用电规则。第 2 章是电路基础实验, 编有 12 个实验, 重点掌握实验数据的测量方式方法, 以及对实验数据进行分析讨论。第 3 章是变压器与电机控制实验, 编有 6 个实验, 其中, 设计型实验的线路图和实验操作方法由学生自己拟订, 待教师审查后方可进行实验。第 4 章为常用仪器仪表说明书。

本书主要编写者: 王英、曾欣荣、何朝晖、谢美俊、宋小青、张艳莉和甘萍。第 1 章、第 2 章和第 3 章由王英主编, 第 4 章由曾欣荣主编。

本书在编写过程中得到李春茂、王莉、张晓龙、龙绪民等许多老师的关心和指导, 在此真诚致谢。

由于编者水平有限, 书中难免有错误和不妥之处, 望读者批评指正, 提出改进意见, 以便今后修订提高。

编 者

2004 年 10 月于成都

目 录

第 1 章 电工、电子测量基础	1
1.1 电工、电子测量基础知识概论	1
1.2 电工学实验须知	6
1.3 实验规则	7
1.4 实验故障处理	8
1.5 实验报告	8
1.6 实验安全用电规则	9
第 2 章 电路基础实验	10
2.1 实验一 伏安特性测量	10
2.2 实验二 叠加原理	15
2.3 实验三 戴维南定理及实验电路的设计	19
2.4 实验四 示波器的使用	23
2.5 实验五 交流电路参数的测量及功率因数提高实验	30
2.6 实验六 RLC 串联谐振电路	35
2.7 实验七 RC 电路的频率特性	40
2.8 实验八 三相交流电路	45
2.9 实验九 一阶电路的时域响应	49
2.10 实验十 谐振电路的设计	51
2.11 实验十一 简单移相电路设计	53
2.12 实验十二 三相交流电路功率因数提高设计	54
第 3 章 变压器与电机控制	56
3.1 实验一 单相变压器	56
3.2 实验二 三相异步电动机的基本控制	59
3.3 实验三 三相异步电动机的正反转控制	62
3.4 实验四 电动机点动与长动控制电路设计	65
3.5 实验五 电动机 $Y-\Delta$ 启动控制电路设计	66
3.6 实验六 电动机自动正反转控制电路设计	67
第 4 章 常用仪器仪表说明书	69
4.1 附录一 MF 47 型万用电表使用说明书	69
4.2 附录二 T23-MA、A、V 毫安表/安培表/伏特表使用说明书	73
4.3 附录三 D39-W 型电动系低功率因数瓦特表使用说明书	75
4.4 附录四 DF2173B 交流电压表使用说明书	77
4.5 附录五 DF1701SB/SC 可调式直流稳压、稳流电源使用说明书	78
4.6 附录六 DF1640B、DF1647 函数发生器/数字频率计使用说明书	83
4.7 附录七 DF4320 型 20 MHz 双通道示波器使用说明书	88

第1章 电工、电子测量基础

1.1 电工、电子测量基础知识概论

1.1.1 电工、电子测量

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。电工测量是以电工技术理论为依据,借助于电工仪表,测量电路中的电压、电流、电功率及电能等物理量。电子测量则是以电子技术理论为依据,借助电子测量设备,测量有关电子学的量值(如电信号的特性、电子电路性能指标、电子器件的特性曲线及参数)。电工、电子测量内容通常包含以下几个方面:

1) 能量的测量:

如电压、电流、电功率、电能等。

2) 元件参数的测量:

如电阻、电容、电感、阻抗、功率因数、品质因数、电压变比、电子器件的性能指标等。

3) 电信号特性的测量:

如电信号的频率、相位、失真度、幅频特性、相频特性等。

4) 电子电路性能的测量:

如放大倍数、通频带、灵敏度、衰减度等。

5) 非电量的测量:

如温度、压力、速度等。

上述各项测量参数中,电压、频率、阻抗、相位等是基本电参数,它们在其他参数测量的基础。如电功率的测量,可通过电压、阻抗的测量实现;如放大器的增益测量,可通过输入、输出端电压的测量实现。

1.1.2 测量误差

在测量过程中,由于受到测量设备、测量方法、测量经验等多种因素的影响,使测量的结果与被测量的真实数值之间产生差别,这种差别称为测量误差。

1) 测量标准:

不同的测量,对其测量误差的大小要求标准是不同的。目前,测量标准分为三种。

(1) 层级分类:按照标准化层级标准作用和有效的范围,将标准划分为不同层次和级别的标准,一般有:国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准、企业标准等。

① 国际标准：由国际标准化或标准组织制定，并公开发布的标准是国际标准。如国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）批准、发布的标准是目前主要的国际标准。

② 区域标准：由某一区域标准化或标准组织制定，并公开发布的标准是区域标准。如欧洲标准化委员会（CEN）发布的欧洲标准（EN）就是区域标准。

③ 国家标准：由国家标准团体制定，并公开发布的标准是国家标准。如 GB、ANSI、BS 分别是中、美、英国国家标准代号。

④ 行业标准：由行业标准化团体或机构制定，并公开发布的标准是行业标准。这是在行业内统一实施的标准，又称为团体标准。

⑤ 地方标准：由一个国家的地方部门制定，并公开发布的标准是地方标准。

⑥ 企业标准：由企事业单位自行制定，并公开发布的标准是企业标准。企业标准在有的国家又称为公司标准。

（2）对象分类：按照标准对象的名称归属分类，将标准划分为产品标准、工程建设标准、工艺标准、环境保护标准、数据标准等。

（3）性质分类：按照标准的属性分类，将标准划分为基础标准、技术标准、管理标准、工作标准等。

测量标准分类方法较多，如根据标准实施的强制程度，将标准分为强制标准、暂行标准、推荐标准。

2) 测量常用术语：

（1）真值。被测量的参数量本身所具有的真实值称为真值。真值是一个理想的概念，一般是不知道的。

（2）实际值。通常将精度较高的标准仪器仪表所测量的值作为“真值”，但它并非是真的“真值”，所以把它称为实际值。

（3）标称值。测量器件、设备上所标出的数值称为标称值。如标准电阻、电容等器件上标出的参数值。

（4）示值。测量仪器所指示出的测量数据称为示值。示值是指测量结果的数值。

（5）精度。精度是指测量仪器的读数或测量结果与被测量真值一致的程度。精度高，说明测量误差小；精度低，说明测量误差大。因此，精度是测量仪表的重要性能指标，同时也是评定测量结果的最主要最基本的指标。

精度还可以用精密度、正确度、准确度三个指标来表征。

① 精密度：精密度是表示仪表在同一测量条件下对同一被测量进行多次测量时，所得到的测量结果的分散程度。它说明仪表指示值的分散性。

② 正确度：正确度是说明仪表指示偏离真实值的程度。

③ 准确度：准确度是精密度和正确度的综合反映。当用于测量结果时，表示测量结果与被测量真值之间的一致程度；当用于测量仪器时，则表示测量仪器的示值与真值之间的一致程度。准确度是一种定性的概念。

3) 测量误差的计算：

测量误差通常用绝对误差和相对误差来表示。

（1）绝对误差。测量的示值 X 与被测量真值 X_0 之间的差值称为绝对误差，用 ΔX 表示。

$$\Delta X = X - X_0 \quad (1-1)$$

在实际测量中,常用精度高一级的标准仪器仪表测量的示值作为 X_0 。对同一被测量值而言,测量的绝对误差越小,测量就越准确;对于不同的被测量值,则测量的绝对误差不能反映测量的准确程度。因此,为了弥补绝对误差的不足,提出了相对误差的概念。

(2) 相对误差。相对误差能够反映被测量的测量准确程度。

在实际应用中,相对误差可分为实际相对误差、示值相对误差和满度相对误差。

① 实际相对误差:测量的绝对误差 ΔX 与被测量的真值 X_0 之比,称为实际相对误差,用符号 γ_0 表示。

$$\gamma_0 = \frac{\Delta X}{X_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

② 示值相对误差:测量的绝对误差 ΔX 与仪器仪表示值 X 之比,称为示值相对误差,用符号 γ_X 表示。

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1-3)$$

③ 满度相对误差:测量仪器仪表各量程内最大绝对误差 ΔX_m 与测量仪器仪表满度值(量程上限值) X_m 之比,称为满度相对误差,用符号 γ_m 表示。

$$\gamma_m = \frac{\Delta X_m}{X_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

满度相对误差也叫满度误差、引用误差。

我国电工仪表的准确度等级 S 就是按满度误差 γ_m 分级的,按 γ_m 大小依次划分成 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 及 5.0 七个等级。例如:某电压表为 0.2 级,即表明它的准确度等级为 0.2 级,它的满度相对误差不超过 0.2%,即 $|\gamma_m| \leq 0.2\%$ (或 $\gamma_m = \pm 0.2\%$)。

当已知仪表的准确度等级 γ_m 和量程 X_m 时,可得出仪表量程内绝对误差的最大值

$$\Delta X_m = \gamma_m \cdot X_m \quad (1-5)$$

当已知仪表的准确度等级 γ_m 、量程 X_m 和被测量值 X 时,可计算出被测量的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% \quad (1-6)$$

例 1 用量限为 100 V,准确度为 0.5 级的电压表,分别测量出 80 V、50 V、20 V 的电压值,试问测量结果的最大相对误差是否相同?

解 仪表量程内绝对误差的最大值

$$\Delta X_m = \gamma_m \cdot X_m = \pm 0.5\% \times 100 = \pm 0.5 \text{ (V)}$$

测量 80 V 值的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{0.5}{80} \times 100\% = \pm 0.625\%$$

测量 50 V 值的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{0.5}{50} \times 100\% = \pm 1\%$$

测量 20 V 值的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{0.5}{20} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

由上例可知, 测量结果的准确度不仅与仪表的准确度等级有关, 而且还与被测量值的大小有关。当仪表的准确度等级给定时, 所选仪表的量限越接近被测量值, 则测量结果的误差越小。但有些电路, 尤其是电子线路, 其等效电阻有时比万用表低电压量程档的总电阻大得多, 测量时选择较高的电压量程反而比较准确。

在万用表的面板上都标明了交、直流电压和电流以及欧姆等各测量档的准确度等级。如 MF47 型万用表直流电流档的准确度等级为 2.5。

例 2 现有两只电压表, 一只电压表量程为 50 V、1.5 级, 另一只电压表量程为 15 V、2.5 级, 若要测量一个约为 12 V 的电压, 试问选用哪一只电压表测量合适?

解

(1) 用量程为 50 V、1.5 级电压表测量。

仪表量程内绝对误差的最大值

$$\Delta X_m = \gamma_m \cdot X_m = \pm 1.5\% \times 50 = \pm 0.75 \text{ (V)}$$

测量 12 V 值的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{0.75}{12} \times 100\% = \pm 6.25\%$$

(2) 用量程为 15 V、2.5 级电压表测量。

仪表量程内绝对误差的最大值

$$\Delta X_m = \gamma_m \cdot X_m = \pm 2.5\% \times 15 = \pm 0.375 \text{ (V)}$$

测量 12 V 值的最大相对误差

$$\gamma_{xm} = \frac{\Delta X_m}{X} \times 100\% = \pm \frac{0.375}{12} \times 100\% = \pm 3.125\%$$

即: 应选用量程为 15 V、2.5 级的电压表。

4) 测量误差来源:

测量误差原因来自多方面, 测量数据的误差是一个综合反映。一般主要有以下几个方面引起的误差:

(1) 仪器仪表误差: 由测量仪器仪表准确度引起的误差。

(2) 人员误差: 由于测量者的分辨能力、实验操作习惯等原因引起的误差。如测量者在对模拟仪器的标尺进行数据读取时, 会出现视差; 测量者在仪器仪表到达稳定值之前读数据, 会产生动态误差。

(3) 测量方法误差: 测量方式、测量仪器仪表选择、测量接线粗细长短等引起的误差。

(4) 环境误差: 由于实验所处的环境引起的误差。如温度、湿度、电磁场、噪声等引起误差; 仪器仪表长时间使用, 其性能偏离标准而未校准所引起的误差。

1.1.3 测量仪器

测量仪器是将被测量转换成可以直接显示或读取数据信息的设备, 它包括各类指示仪器、比较式仪器、记录仪器、信号源和传感器等。一般, 利用电子技术测量各种待测量的测量仪器称为电子测量仪器, 而利用电工技术测量各种待测量的测量仪器称为电工测量仪器。

1) 电工测量仪器:

电工测量仪器的基本结构是电磁机械式的, 借助指针来显示测量结果。通常分为两类: 电测量指示仪表类和比较仪器类。

(1) 电测量指示仪表。电测量指示仪表如按仪表的工作原理可分为电磁系、磁电系、电动系、感应系和整流系, 如按仪表测量对象可分为电压表、电流表、功率表、功率因数表、兆欧表、电度表等。

(2) 电测量比较表。电测量比较表主要有交、直流电桥测量仪、交、直流补偿式测量仪等。

2) 电子测量仪器:

通常将电子测量仪器发展分为四个阶段: 模拟仪器(测量数据采集指针式显示, 如万用表、晶体管电压表等)阶段; 数字化仪器(测量数据采集数字式输出显示, 如数字万用表、数字频率计、数字式相位计等)阶段; 智能仪器(能对测量数据进行一定的数据处理, 内置有微处理器)阶段和虚拟仪器(是检测技术与计算机技术和通信技术有机结合的产物)阶段。

随着电子技术的飞速发展, 电子测量仪器的种类及性能与日俱增。目前, 通用电子测量仪器若按其功能可分为以下几类:

- (1) 电平测量仪器, 如电压表、电流表、功率表等。
- (2) 元件参数测量仪器, 如 R 、 L 、 C 参数测试仪; 晶体管或集成电路参数测试仪等。
- (3) 信号发生器, 如函数信号发生器、音频信号发生器、低频和高频信号发生器等。
- (4) 信号分析仪器, 如频谱分析仪、谐波分析仪和动态信号分析仪等。
- (5) 频率、时间、相位测量仪器, 如频率计、相位计和波长计等。
- (6) 波形特性测量仪器, 各类示波器。
- (7) 模拟电路特性测试仪器, 如网络特性分析仪、频率特性测试仪、噪声系数测试仪等。
- (8) 数字电路特性测试仪器, 如逻辑分析仪。

1.1.4 测量方法

1) 按测量手段分类:

按测量手段可分为直接测量、间接测量和组合测量三种。

(1) 直接测量。直接用测量仪器仪表测量被测量的数据, 这种直接测试数据的方法称为直

接测量。如用电流表测量电流、电压表测量电压等。直接测量方法在工程测量中被广泛地应用。

(2) 间接测量。被测量的数据是通过测量其他数据后换算得到的, 不是直接测量所得, 这种间接测试数据的方法称为间接测量。如电阻的测量, 通过测量电压、电流的量值, 根据欧姆定律计算出电阻的大小。间接测量在科研、实验研究室及工程测量中被广泛地应用。

(3) 组合测量。被测量的数据需通过多个测量参数及函数方程组联立求解得到, 这种测量方法称为组合测量。组合测量与间接测量不同的是, 组合测量是在不同的测量条件下, 进行多次测量得到的测量参数。测量方法比较复杂, 一般应用于科学实验。

2) 按测量方式分类:

按测量方式可分为直读法和比较法两种。

3) 按测量性质分类:

按测量性质可分为时域测量、频域测量、数字域测量和随机测量四种。

(1) 时域测量。测量与时间有函数关系的量, 如用示波器观测随时间变化的量。

(2) 频域测量。测量与频率有函数关系的量, 如用频谱分析仪分析信号的频谱。

(3) 数字域测量。测量数字电路的逻辑状态, 如用逻辑分析仪等测量数字电路的逻辑状态。

(4) 随机测量。主要测量各种噪声、干扰信号等随机量。

1.2 电工学实验须知

实验是电工学课程重要的实践性教学环节。实验的目的不仅要巩固和加深理解所学的知识, 更重要的是通过实验, 了解电子仪器仪表及测量操作方式方法, 掌握电工电子基本测量操作技能, 学会运用所学知识分析和判断故障产生的原因, 用最有效的方式方法排除实验故障, 或采用更好的测量方法减少故障发生率, 减小测量误差, 树立工程实践理念和严谨的科学作风。在实验中启发学生的创新能力和培养综合素质。

1) 实验技能训练的具体要求:

(1) 正确使用常用的电工仪表、电工设备及电子仪器。

① 了解设备的名称、用途、铭牌规格、额定值等及其使用说明。

② 重点掌握设备使用的极限值。

使用仪器仪表等设备前, 一定要了解并注意设备最大允许的输出值, 避免设备的损坏。如调压器、稳压电源等, 有最大输出电流技术指标限制; 信号源有最大输出功率和最大信号电流技术指标限制。

在测量实验数据前, 一定要了解并注意测量仪表仪器的最大允许输入量, 避免仪表的损坏。如电流表、电压表、功率表等, 要注意最大允许测量的电流值、电压值; 万用表、示波器、数字频率计等, 要注意输入端规定的最大允许输入值, 不得超过, 否则损坏设备。

多功能仪表要正确使用功能档, 千万不能用与被测量值不同的功能档进行数据测量, 因为仪器的不同测量功能的测量原理不同。如万用表的欧姆档不能测量电压, 电流档不能用来测量电压数据。

③ 了解设备面板上各功能旋钮、输入和输出端的作用。使用前调节到正确位置, 禁止无意识地乱拨动旋钮。

④ 在使用仪器仪表前, 利用所掌握的测量知识和相关的仪器仪表性能技术指标, 判断

和检验实验设备是否正常。有自校功能的设备,可先通过自校信号对设备进行检查。如示波器有自校正正弦波和方波;频率计有自校标准频率。

(2) 按实验电路图正确接线。

① 合理安排仪器、仪表、元件等实验设备的位置;合理选择接线的长短和粗细。做到实验线路清楚,容易检查和进行故障的处理,操作方便,测量数据易于读取。

② 接线要牢固可靠,减少测量接线误差。

③ 实验电路接线技巧:一般实验电路接线时,先连接测量回路,再连接测量并联支路。对于测量电路主回路电流大的实验,用粗导线连接主回路;测量电路电流小的用细导线连接。

(3) 正确读取实验数据,观察实验现象,测绘波形曲线。

① 合理读取数据点。应通过预操作,掌握被测曲线的变化趋势和找出特殊点;凡变化急剧的地方测量数据的采集点较多,变化缓慢处测量数据的采集点较少。在实验中,测量数据的采集点要合适,能真实反映客观情况即可。

② 准确读取电表示值。为了减少测量误差,首先是合理选择测量仪器仪表的量程。实验前估算(或用最高量程进行估测)被测量数据,选择被测量数据大于仪器仪表 $2/3$ 满量程的测量设备。在同一量程中,指针偏转越大越准确,即测量误差越小。

(4) 实验数据:实验测量完成后,进行实验数据的整理、分析及误差计算;独立写出实验数据准确、论点成立、条理清楚、文字整洁的实验报告。

(5) 资料查询:学习查阅电工手册、电子元器件性能指标、实验电路设计的相关资料。查阅常用的仪器仪表、实验装置等的具体特性及操作基本常识。

2) 实验前的准备工作:

(1) 阅读实验指导书,了解实验内容,明确实验目的,理解相关的实验原理。

(2) 必须写出实验预习报告。

(3) 查阅资料,掌握实验中使用的仪器、仪表的操作过程及测量方法。

(4) 对实验数据进行分析和估算,确定测量仪器仪表的量程。

(5) 画出实验测试中所需要的测量数据记录表格等。

1.3 实验规则

为了在实验中培养学生严谨的科学作风,确保人身和设备的安全,顺利完成实验任务,特制定以下实验规则:

(1) 严禁在实验进行中带电接线、拆线或改接线路。

(2) 测量线路接好后,要认真复查,确信无误后,经指导教师检查同意,方可接通电源进行实验。

(3) 通电操作时,必须全神贯注地观察电路、仪器仪表的变化,如有异常,应立即断电,检查故障原因。如实验过程中发生事故,应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。

(4) 测量中应注意正确读出测量数据。实验完毕后,先由本人检查实验数据,分析判断测量数据是否正确,若有问题,分析问题的原因并解决。实验测量数据交指导教师检查,经教师认可后可拆实验线路,并将实验器材、导线整理好。

(5) 室内仪器设备不准任意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不得

动用。不会使用的仪器仪表、设备等,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告指导教师,并做书面检查,责任事故要酌情赔偿。

(6) 实验操作中要严肃认真,保持安静、整洁的实验学习环境。

1.4 实验故障处理

1) 故障原因:

电路实验中故障的诊断、排除比电子实验中所发生的故障要容易处理。但不论何种故障,如不及时排除,会直接影响实验测量数据的正确性或对实验仪器、仪表造成损坏。

电路实验中发生故障的原因大致有以下几种:

(1) 实验线路连接有错,造成实验电路开路或短路故障,或连接成错误的测试实验系统。

(2) 实验线路接触不良或导线损坏,造成实验电路开路。

(3) 实验线路接触松动,产生很大的接触误差或测量数据不稳定,影响测量数据的准确性。

(4) 仪器仪表、实验装置、器件等发生故障。

(5) 使用仪器仪表测量时的方式方法或数据读取换算发生错误。

2) 故障处理:

电路实验中一般采用断电检查处理故障,操作顺序如下:

(1) 切断电源,检查仪器仪表、实验装置、器件是否发生故障或使用的测量方式方法等是否正确。

(2) 检查线路连接是否正确,线路接触是否松动。

(3) 用万用表的欧姆档测量实验导线是否损坏。

(4) 根据故障现象,用所学的理论知识,判断故障发生的原因,确定故障发生处。

(5) 通电后,从电源始端开始依次测量电压(或用示波器观测),综合分析判断故障发生处,缩小故障发生范围。

1.5 实验报告

一律用电工学规定的实验报告纸认真书写实验报告。实验报告的具体内容为:

(1) 实验目的。通过实验需要掌握的技术技能、理论知识及证明原理等。

(2) 实验器件。实验中所使用的主要仪器、仪表、设备的型号规格。

(3) 实验电路原理。分析实验电路的工作原理,画出实验电路图,写出实验步骤。

(4) 实验预习。预习实验仪器、仪表、相关元器件及实验装置等的使用方法,估算实验数据,设计实验数据记录表格,关注实验注意事项,写出实验预习报告等。

(5) 实验数据及处理。根据实验测量的原始记录数据,进行数据分析和整理,分析测量数据产生误差的原因,提出测量改进意见。

(6) 实验总结。对实验进行全面总结,讨论和分析实验中出现的問題及实验心得体会。如有实验特性曲线的测量数据,需在坐标纸上绘出实验特性曲线。

1.6 实验安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的问题。为了很好地完成实验,确保实验人员的人身安全和实验仪器、仪表、设备等装置的完好,在电工实验中,必须严格遵守下列安全用电规则:

(1) 断电操作。在接线、改线、拆线时,都必须在切断电源的情况下进行,即先接线后通电,先断电再检查线路故障、改接线路、拆线等。

(2) 绝缘测量。在电路通电情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万一遇到触电事故,应立即切断电源,进行必要的处理。

(3) 集中注意力。在实验测量中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器、设备等实验装置的运行情况,如发现有过载、超量程、过热、异味、异响、冒烟、火花等,应立即断电,并请老师检查。

(4) 注意安全。电机转动时,防止导线、发辫、围巾等物品卷入,注意安全。

(5) 额定值。了解有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按额定值使用。注意仪表的种类、量程和连接方法的区别,例如,不能用电流表测量电压值,不能用万用表的电阻档测量电压值,功率表的电流线圈不能并联在电路中等。

第 2 章 电路基础实验

本章节是以“电路分析”理论为知识平台,通过一系列基础实验的逐步进行,掌握一些常用的仪器、仪表和测量设备的使用方法及基本原理;掌握电工学实验操作技能;学会判断、处理故障的基本方法;了解安全用电知识,为后续电工学教学及相关学科的学习、实验奠定基础。

2.1 实验一 伏安特性测量

2.1.1 实验目的

- (1) 掌握元件器件的伏安特性测量方法。
- (2) 加深对线性与非线性元件特性的理解。
- (3) 学会万用表、电磁式仪表、电动式仪表的基本测量方法。
- (4) 了解直流稳压电源的工作原理,掌握其使用方法。
- (5) 了解测量误差理论知识,学会分析实验数据产生误差的原因。

2.1.2 万用表的使用方法

万用表是一种多用途的电表,其类型很多,如按读取所测量数据的方式可分为指针式和数字式两种类型。一般万用表都包含以下几个基本的测量功能:测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等;有的万用表还具有测量音频电平、电容量、电感量以及半导体二极管、三极管的直流参数等功能,因此万用表的测量范围亦各有差异,形式多种多样,但使用方法大体相同。

1) 测量前的准备:

(1) 选择好测量档的量程后,检查指针是否在机械零位上,如不指在零位时,可旋转表盖上的调零器,使指针指示在零位上。

(2) 一般数据的测量,可将红、黑测试棒分别插入“+”、“-”插座中。但交、直流 2 500 V 档测量时,红插头则应插入标有“2 500 V ~”插座中;在直流 5 A 档测量时,红插头则应插入标有“5 A”的插座中。

2) 测量方法:

(1) 直流电流测量。通过转动开关选择测量电流的量程,电流量程应大于被测量数据。测量时,将测试棒(又称测试笔)串接(串联)于被测电路中。

注意:

- ① 用测量电流功能档测量电压数据,电表会被烧毁。

② 测量大电流时,为了测量安全和避免烧坏实验器件,应在切断电源的情况下,变换测量仪器、仪表的量程。

③ 如被测电流未知,应先选择最高电流测量档,根据第一次测量的数据确定测量电流的量程,这样可避免损坏电表。

(2) 交直流电压测量。通过转动开关选择测量电压的量程,电压量程应大于被测量数据。测量时,将测试棒跨接(并联)于被测电路两端。

注意:

① 测量直流电压时,黑色测试笔应接低电位点,红色测试笔应接高电位点。

② 测量高电压时,为了测量安全和避免烧坏实验器件,应在切断电源的情况下,变换测量仪器、仪表的量程。

③ 测量未知量的电压时,应先选择最高电压测量档,根据第一次测量的数据确定测量电压的量程,这样可避免损坏电表。

(3) 电阻测量。转动开关至所需测量的电阻档,将测量试棒两端短接,调节万用表上的调零器,使测量指针指示零欧姆。校好万用表后,分开测试棒进行测量。

注意:

① 欧姆档测量数据的读数。万用表测量电阻时,根据被测量电阻值大小,分为 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1\text{ K}$ 等几种测量档。测量数据等于指示刻度乘以测量档的倍率值,即1、10、1 K等数值是电阻 Ω 档的倍率值。例如:转换开关旋在10倍率档处,测试笔测量被测电阻 R_x ,万用表指针若指在刻度盘上25 Ω 处,则测量电阻值为

$$R_x = \text{标度尺上的刻度} \times \text{倍率} = 25 \times 10 = 250 (\Omega)$$

② 断电测量电阻值。测量电路中的电阻时,应先切断电源,如电路中有电容元件,则应对电容进行放电,绝对不能在带电线路上用万用表测量电阻值。因为这样做实际上是把欧姆表当作电压表使用,极易烧坏电表。

③ 万用表调零。万用表每换一次测量电阻的量程(倍率)时,都要重新调零。

④ 测量误差。测量电阻时,指针越接近欧姆刻度中心读数,测量结果越准确,所以要选择适当的测量量程。

3) 万用表的使用步骤:

万用表使用时要遵循一看、二扳、三试、四测4个步骤。

一看:测量前,看看仪表连接是否正确,是否符合被测量要求。测量电流数据时,仪表必须串联在被测的支路中;测量电压数据时,仪表必须并联在被测的电路两端。测量电阻数据时,被测的电路必须先断电。

二扳:按照被测电量的种类和估计出的测量值的大小,将仪表测量转换开关扳到对应的测量档位上。

注意:测量电阻档,需先将仪表进行调零。

三试:先试测,用测试笔触碰被测试点,观看指针的偏转情况,如果指针快速偏转并超过仪表量程,应立即抽回测试笔,检查原因,予以改正。

四测:在无异常现象时,可进行测量,读取数据。

测量时, 使用测试笔不要用力过猛, 以免测试笔滑动碰到其他电路, 造成电路短路或测量电压过高等事故。

2.1.3 预习内容

(1) 阅读仪器仪表使用手册, 了解万用表和直流稳压电源的工作原理及使用方法。

(2) 预习实验电路图 2-1-1。计算电流 I_1 、 I_2 、 I_3 和电压 U_{AB} 、 U_{BC} , 并记录在表 2-1-1 中。

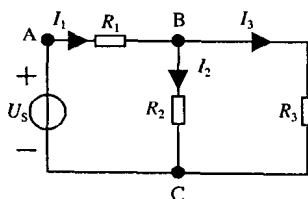


图 2-1-1 实验电路图

表 2-1-1

测量参数	$R_1 = 6.4 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 11.8 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 9.2 \text{ k}\Omega$, $U_s = 10 \text{ V}$					
	I_1	I_2	I_3	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
计算值						
最大相对误差						

(3) 根据表 2-1-2 数据, 选择合适的测量量程, 并计算出由此产生的最大相对测量误差。误差数据填入表 2-1-1 中。

(4) 预习实验操作过程, 确定测量数据的测试方法。

(5) 明确实验中应注意的事项。

表 2-1-2

	量 限 范 围	精 度
直流电流	$0 \sim 0.05 \text{ mA} \sim 0.5 \text{ mA} \sim 5 \text{ mA} \sim 50 \text{ mA} \sim 500 \text{ mA} \sim 5 \text{ A}$	2.5
直流电压	$0 \sim 0.25 \text{ V} \sim 1 \text{ V} \sim 2.5 \text{ V} \sim 10 \text{ V} \sim 50 \text{ V} \sim 250 \text{ V}$	2.5
	$0 \sim 500 \text{ V} \sim 1 \text{ kV} \sim 2500 \text{ V}$	5
交流电流	$0 \sim 10 \text{ V} \sim 50 \text{ V} \sim 250 \text{ V} \sim 500 \text{ V} \sim 1000 \text{ V} \sim 2500 \text{ V}$	5
直流电阻	$R \times 1 \quad R \times 10 \quad R \times 100 \quad R \times 1 \text{ k} \quad R \times 10 \text{ k}$	2.5

2.1.4 实验仪表和设备

请将实验中所使用的仪器、仪表、设备及实验装置的有关数据记录在表 2-1-3 中。

表 2-1-3

名 称	型号或规格	精度	数量	备 注
万 用 表				
直流稳压源				
可变电阻箱				
二 极 管				
开 关				