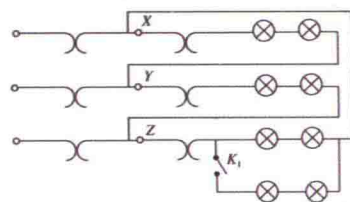
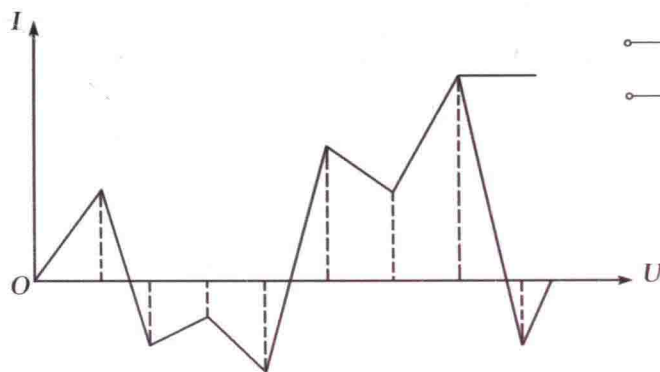


大学电工与电子技术实验教学示范中心教材

总主编 段书凯 马燕

电工与电路分析实验

主 编 王丽丹 陈跃华 赵庭兵



国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



西南师范大学出版社

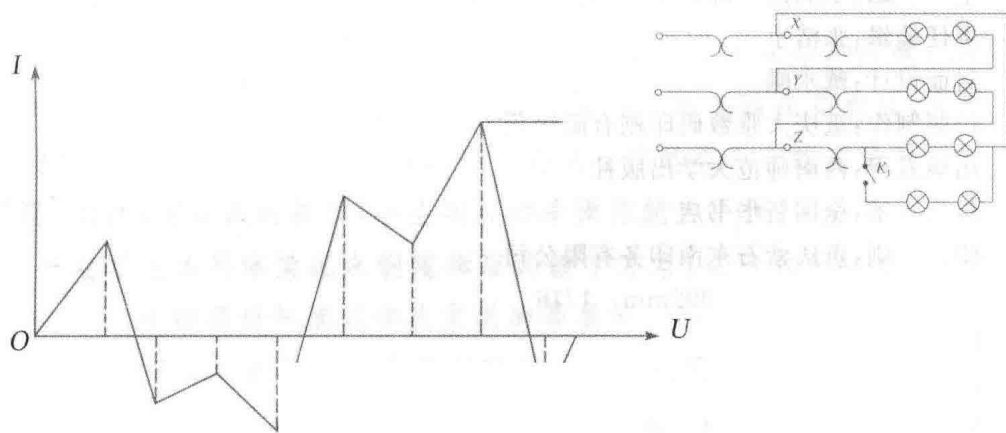
大学电工与电子技术实验教学示范中心教材

总主编 段书凯 马燕

电工与电路分析实验

主 编 王丽丹 陈跃华 赵庭兵

副主编 罗庚荣 王 嘉 李北川 邓凌云



国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



西南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电路分析实验 / 王丽丹, 陈跃华, 赵庭兵主
编. —重庆: 西南师范大学出版社, 2015.12
ISBN 978-7-5621-5061-9

I. ①电… II. ①王… ②陈… ③赵… III. ①电工实
验—高等学校—教材②电路分析—实验—高等学校—教材
IV. ①TM—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 313480 号

大学电工与电子技术实验教学示范中心教材

电工与电路分析实验

DIANGONG YU DIANLU FENXI SHIYAN

主 编:王丽丹 陈跃华 赵庭兵

责任编辑:张浩宇

封面设计:戴永曦

排版制作:重庆大雅数码印刷有限公司

出版发行:西南师范大学出版社

经 销:全国新华书店

印 刷:重庆紫石东南印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.25

字 数:250千

版 次:2016年5月 第1版

印 次:2016年5月 第1次

书 号:ISBN 978-7-5621-5061-9

定 价:20.00元



大学电工与电子技术实验教学示范中心教材

为深入贯彻落实《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)和《教育部等部门关于进一步加强高校实践育人的若干意见》(教思政[2012]1号)文件精神,根据《教育部、财政部关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高[2011]6号),教育部大力加强专业类实验教学示范中心建设,实验教材建设是其中的重要内容。

本套丛书共包括《电工与电路分析实验》、《数字电子技术实验》和《模拟电子技术实验》三分册。本系列丛书作为电子信息类专业的实验指导教程,主要培养学生的创新能力和实际操作能力。当前的电子信息类专业的实验教材存在一些问题,例如,实验课时较少,学生实际动手操作能力不强;实验教学形式单一,没有针对学生的具体情况来制定相应的教学方案;实验教学计划、教学大纲比较陈旧,已不能很好地满足学生发展的需要等。因此,改革当前的电子信息专业的实验课程,注重在实验教学中培养学生的创新实践能力有着十分重要的意义。

本系列教材突出了教学科研有机结合,实现科研成果向实验教学内容的有效转化,使学生了解科技最新发展和学术前沿动态,激发科研兴趣,启迪科研思维,掌握科研方法,培养科研道德,提升科学研究和科技创新的能力。教

材中的每个实验都包含实验目的、实验原理、实验设备、实验预习要求、实验步骤、实验现象等内容,而且每个实验都有 Multisim 的仿真步骤,为学生的预习提供了方便。本系列丛书将三门课程的实验综合于一体,删除一些重复和过时的实验课程,为学生减少学习任务;而与此同时又新增了一些设计和综合性的实验,着重培养学生的创新能力和实际操作能力,使学生通过实验教学“掌握基本的实验操作方法,能够正确地使用仪器设备,准确地采集实验数据。具有正确记录、处理数据和表达实验结果的能力;认真观察实验现象进行判断、逻辑推理、得出结论的能力;正确设计实验(包括选择实验方法、实验步骤和仪器设备等),并通过查阅手册、工具书及其他信息源获得信息以解决实际问题的能力。

该系列教材是在融合电子信息学科的自身特点,并在汲取多位专家建议的基础上编撰而成。当然,编写实验课程的教材是一项比较浩大的工程,本系列教材仅仅是一次探索、一次尝试,疏漏差错在所难免。但我们愿以此抛砖引玉,欢迎广大读者批评指正。

编者

前 言

“电工与电路分析”是相关学科专业的一门重要的技术基础课,实验是学习者学习和掌握这门课程的重要环节。同以往的实验教材比较,本实验指导书在内容和宗旨上都有了较大改变,旨在更有效地培养学习者的实验技能和创新能力,促进学习者得到全面而富有个性的发展。实验课一是采用实物实验与仿真实验相结合的形式,打破传统实验观念,使实验教学形式更加灵活,实验内容、手段更加丰富,也为学生提供更多动脑动手的机会,二是精选了一些具有实战价值的综合实验以培养学生分析、解决实际问题的能力。

本书主要介绍了电工与电路分析基础的实验方法、测试方法和实验内容,注重培养学生的动手操作能力、知识应用能力及工程素质和创新精神。内容主要包括三部分:第一部分是“电路与电工基础实验概述”;第二部分是该书的主体,包括20个精心设计的实验项目,这些实验项目既有“基础验证型”实验,又有“设计与开发型”实验,对培养学生独立分析和解决问题的能力及实事求是、严肃认真的良好工作作风大有裨益。最后一部分除了介绍主要实验平台的使用以外,还重点讲述了计算机模拟实验平台软件这一全新的实验方式,具有一定的前瞻性和创新性,以便实验时参考。

本书由西南大学电子工程学院的王丽丹老师担任最终统稿,参与编写等工作的作者还有:西南大学电子工程学院的王嘉、李北川、罗庚荣、刘东卓、王颜;西南大学计算机学院的陈跃华;重庆师范大学物理与信息学院的张奕;西南大学育才学院的邓凌云、卢从娟、邹文静、赵庭兵。由于编者水平有限,加之时间仓促,本书不妥之处在所难免,恳请批评指正。

编 者

目 录

第一章 电路与电工基础实验概述	(1)
1.1 实验室安全用电常识	(1)
1.2 电路与电工基础实验的一般要求	(6)
1.3 实验误差分析与数据处理	(9)
第二章 电路的基本概念与基本定律	(15)
实验一 电路元件的伏安特性	(15)
实验二 基尔霍夫定律和叠加原理	(20)
实验三 戴维南定理及最大功率传输定理	(24)
第三章 电路的分析方法	(32)
实验一 电阻电路的等效变换	(32)
实验二 电压源与电流源等效变换	(39)
实验三 互易定理	(42)
实验四 受控源特性的研究	(45)
第四章 电路的暂态分析	(52)
实验一 一阶 RC 电路的暂态响应	(52)
实验二 二阶动态电路的响应及其测试	(60)
第五章 正弦交流电路	(65)
实验一 交流电路参数的测量	(65)
实验二 日光灯电路及功率因数的研究	(68)
实验三 RLC 串联谐振电路	(72)
实验四 RC 选频网络特性测试	(76)

实验五 双口网络实验	(82)
第六章 磁路与铁心线圈电路	(88)
实验 单相双绕组变压器	(88)
第七章 电工测量	(94)
实验一 单相电能表的校验	(94)
实验二 扩大电压表和电流表量程的方法	(99)
第八章 三相电路	(105)
实验 三相交流电路的研究	(105)
第九章 交流电动机	(111)
实验一 三相鼠笼式异步电动机的点动与自锁控制	(111)
实验二 三相鼠笼式异步电动机的正反转控制	(115)
第十章 Multisim 9.0 仿真软件的应用	(119)
第一节 概 述	(119)
第二节 Multisim9.0 常用功能	(120)
第三节 仿真实验实例	(129)
第四节 仿真实验仪器	(132)
附 录 常用电路与电工实验仪器的基本工作原理与使用说明	(139)
参考文献	(154)

第一章 电路与电工基础实验概述

1.1 实验室安全用电常识

实验室安全用电问题在电工实验室中显得尤其突出和重要,这是由电工实验的特点决定的。在电工实验室中,有各种高、低压交、直流实验电源,有实验台、信号源、示波器等用电设备,以及在实验中使用的开关、元件、连线、测试点等都有潜在漏电、触电的危险性,稍有不慎就可能造成电气事故,危及人身安全和设备安全。如果处置不当,可能导致人身伤亡和电气设备损坏,甚至引发火灾等严重后果。因此,要求进入电工实验室的教师、实验技术人员和学生都必须高度重视安全用电问题,特别是刚进电工实验室的学生,一定要听从指导教师和实验技术人员的指挥,严格按照规程进行操作,不要到处乱摸、乱接线。只有在保证人身安全和实验设备安全的前提下,教师才能够有序组织教学,在学习电工知识的同时,还要懂得安全用电的基本知识,掌握安全用电的操作方法,熟习安全用电的规章制度,会处理安全用电的相关问题。

1.1.1 从思想上重视安全用电

由于电在通常情况下是看不见、摸不着的,需要借助专用仪器或辅助工具才能判断某个物体是否带电,因此电的危险常常被人们所忽视。在电工实验室中,虽然室内布线、设备安装都是按照相关标准进行的,但为了满足不同电工实验内容的要求,有些带电的实验部件、连接线、测试点等必须暴露在外,如果我们贸然接触或接近高压带电物体,就容易受到电击伤害。大量电气事故实例告诉我们,很多本不该发生的电气事故,都是因为思想上不重视安全用电造成的。在进行电工实验的过程中,必须在思想上高度重视安全用电问题。特别要求教师和实验技术人员在教授学生认识电的本质和规律的同时,培养他们尊重电的规律,养成科学用电、规范用电的好习惯,并把它带到今后的生活和工作中去。在不具备安全用电条件的情况下,不蛮干、不胡来,要积极动脑筋想办法,创造条件排除用电隐患,保证安全用电。只有师生懂得都安全用电,才能保证电工实验顺利进行;只有人人都懂得安全用电,才能保障我们的日常生活和工作都顺利而幸福;只有各行各业都懂得安全用电,才能使国家安全、社会稳定得到保证。我们一定要上铭记:切记安

全用电！切勿违章用电！

1.1.2 从科学上认识安全用电

要做到安全用电，必须从科学上认识清楚人体的电学特征和受电伤害的原因，学习和掌握电的规律，熟习安全用电知识。只有按照电的规律来使用电，才能做到安全用电，保护人自身的安全。

1. 人体阻抗

人体阻抗是指人体皮肤、血液、肌肉、细胞组织等对电流的等效阻抗。通常分为皮肤阻抗与体内阻抗两部分。皮肤阻抗在人体阻抗中占有较大的比例，体内阻抗是除去表皮之后的人体阻抗。由于人体电容很小，在工频条件下可以忽略不计。因此，人体阻抗主要由人体电阻决定。人体电阻经常在变化。同一个人的不同部位的电阻不相同，同一人同一部位在不同情况下（干燥时与潮湿时）的电阻也有很大的变化。一般情况下，人体电阻在 $1000\Omega\sim 2000\Omega$ 范围变化，随着皮肤状态、接触面积、接触压力等多种因素的变化很大。实验表明，人体阻抗还与人的性别、年龄和生理状态有关。通常女性的人体阻抗比男性小，儿童的人体阻抗比成人小，遭受突然的生理刺激时，人体阻抗可能明显降低。

过量的电流通过人体时，会对人体造成伤害。当人体通过 $1\text{mA}\sim 5\text{mA}$ 的电流时，触电部位会有麻痛的感觉。一般来说，通过人体 10mA 以下的工频电流或 50mA 以下的直流电流时，触电部位的肌肉会发生痉挛，但触电者还可以依靠自己的力量摆脱电源。当通过人体的工频电流增大到 $20\text{mA}\sim 50\text{mA}$ 或直流 80mA 时，触电部位的肌肉痉挛将迅速加剧，使触电者无力摆脱电流的继续作用，最终由于中枢神经系统的麻痹，使触电者呼吸停止或心脏停止跳动，以致死亡。

电流伤害人的程度不仅取决于通过人体电流的大小，还与电流通过人体的途径、时间的长短、电流频率的高低以及人体各部分的性质等因素有关。根据有关部门的统计，通过人体的工频电流超过 50mA 时，可以使人致死。通过心脏和呼吸系统的电流最危险。同样的电压，交流比直流更为危险。 50Hz 的交流电比高频电流、冲击电流和静电电荷更危险。

2. 安全电压

通过人体电流的大小由外加电压和人体阻抗决定。对处于某特定环境中的同一个人，电压越高，通过人体的电流越大，对人体的危害程度越大。那么，对人体安全的电压究竟是多少伏呢？目前世界各国没有统一标准，而是根据本国实际情况规定一个防止触电事故而由特定电源供电所采用的电压系列。我国规定安全电压额定值的等级为 42V 、 36V 、 24V 、 12V 和 6V ，分别适用于不同用电环境，当电气设备采用的电压超过安全电压时，必须按规定采取防止直接或间接接触带电体的保护措施。在潮湿的场所，容易触电而又无防止触电措施时，其供电电压不应超过 36V 。但如果作业地点狭窄，特别潮湿，且工作者接触有良好接地的大块金属时，则供电电压不应超过 12V 。

3. 供电方式与用电安全

在电工实验室中,交流电源采用三相五线制(即三根相线 A、B、C,一根零线 N 和一根地线 PE)供电,相线对零线之间的电压差为 220V,相线之间的电压差为 380V。在使用单相负载时,用 1 根相线和零线向负载供电;在使用三相负载时,可用 3 根相线 A、B、C 和零线 N 对 Y 型三相负载供电。这时,如果三相负载平衡,则零线 N 中没有电流,否则零线中有电流。当使用△型三相负载时,可用 3 根相线 A、B、C 对其供电。无论在单相用电还是三相用电中,地线 PE 都接负载的外壳,在负载正常工作的情况下,地线 PE 中没有电流,只有负载内部绝缘损坏,负载外壳才可能带电,经地线 PE 引入大地,以保护接触负载外壳的人员的安全。在实验中要特别注意区分零线和地线。地线的对地电位为零,它与用电器的外壳相连,在用电器出现漏电故障时将电流引入大地,保护人的安全。零线的对地电位不一定为零,零线的最近接地点是在变电所或者供电的变压器处,它与用电器的外壳是绝缘的。所以,不能把零线当地线用,也不能把零线和地线接在一起,否则会带来极大的危险。

4. 人体触电的两种情况

根据低压电网的输电方式和用电方式,尽管人体触电的具体原因可能千差万别,最终都可以归纳为以下两种情况:第一种情况是人体不慎与带电部分相接触。如果人体不慎与三根相线中的一根接触,如图 1-1-1 所示,称单线触电。电流通过人和地而形成通路,人体承受相电压的作用。如果人体同时触及两根相线,如图 1-1-2 所示,称双线触电。人体除承受相电压的作用外,还承受线电压的作用。所以,双线触电比单线触电更危险。

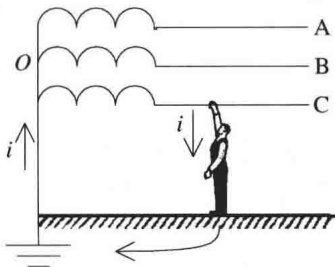


图 1-1-1 人体单线触电示意图

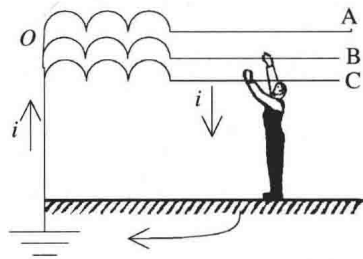


图 1-1-2 人体双线触电示意图

第二种情况是正常不带电部分因故障带电。比如电机的外壳正常时是不带电的,如果电机内部绝缘体损坏则外壳可能带电,这时如果人体触及带电的电机外壳,而电机外壳没有接地或接地不良,人就有触电危险。

1.1.3 从技术上保证安全用电

通过上述分析,我们可以看出电伤害人的基本原因是:电流过量流过人体。针对人体触电的两种情况,可以从技术上采取相应措施,防止或减小流过人体的电流,从而排除或减轻电对人体的伤害,保证安全用电。

1. 直接接触的防护方法

(1) 防止电流由身体的任何部位通过。可以使用有绝缘手柄的工具,戴绝缘手套,穿绝缘靴或穿防电衣等。

(2) 限制可能流经人体的电流,使之小于电击电流。可以用分流或限流的方法,使流过人体的电流小于电击电流。

2. 间接接触的防护方法

(1) 防止故障电流经由身体的任何部位通过。可以采用双重绝缘结构、电气隔离和保护接地等方法。

(2) 限制可能流经人体的故障电流,使之小于电击电流。可用保护接地法或对不接地的局部采用等电位连接法。

(3) 在故障情况下触及外露的可导电部分时,流经人体的电流可能会等于或大于电击电流,必须在规定时间内切断电流。可安装漏电自动开关,当设备漏电、短路、过载或发生触电时,自动切断电源,对设备和人员起保护作用。

必须指出,上述各种防触电的技术措施有些是在产品设计、生产环节中实施的,如提高导线的绝缘强度,采用双绝缘结构等;有些是在用电环境建设和设备安装时实施的,如电气隔离,保护接地,安装漏电保护开关等;有些是在用电过程中需要采取的,如使用有绝缘柄的工具,戴绝缘手套等。由此可见,安全用电不是一个人,一个单位的事,而是各个行业,整个社会所有人的事,我们要在保障自己安全用电的同时,主动为他人、为社会的安全用电尽自己的责任和义务。

1.1.4 从制度上规范安全用电

把一些行之有效的用电方法,以法律法规和制度的形式固定下来,用来规范电器设备的设计、生产制造、用电环境建设和使用者的行为,强制推行正确的用电方法,保证用电安全。

例如由国家技术监督局发布的《用电安全导则》,就是针对交流额定电压 1000V 及以下、直流 1500V 及以下的各类电气装置的操作、使用、检查和维护的国家标准。其中规定了用电安全的基本原则,用电安全的基本要求以及电气装置的检查和维修安全要求等内容,并提出各类设备、产品、场所的安全要求和措施,应依据本标准作出具体规定。

比如,以下《电工实验安全用电规则》,就是国家《用电安全导则》标准的延伸和细化。为了帮助学生了解《电工实验安全用电规则》的具体内容,更好地进行电工实验,现把《电工实验安全用电规则》附后:

电工实验安全用电规则

为了保证电工实验顺利进行,要求进入电工实验室的教师、实验技术人员和学生必须高度重视安全用电问题,确保人身和设备的安全,在电工实验进行过程中,必须严格遵守下列安全用电规则:

1. 进入实验室之前必须提前预习实验内容,明确实验目的、任务,了解实验的基本原理,熟习实验中将要使用仪器的性能和操作使用方法。

2. 每次实验前,指导教师应先讲解该实验的原理、步骤、要求和安全注意事项,再由学生进行实验。

3. 必须按照“先接线后通电,先断电再拆线”的原则接线、改接和拆线,不允许在带电情况下接线或拆线。

4. 实验线路接好以后,同小组的同学应先自行检查确认无误后,再请指导教师复查,经指导教师同意后才能通电。在接通电源前须通知同组同学,以防止触电事故。学生自己不能擅自接通电源!

5. 实验时应集中精力,同组同学必须密切配合,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,如发现有超量程、过热、异味、异响、冒烟、火花等情况,应立即断电,并报告指导老师。认真检查实验线路和器件,在排除故障后并经指导教师同意才能重新通电继续进行实验。

6. 在电路通电情况下,不要随意搬动仪器设备,人体严禁接触电路不绝缘的金属导线或连接点等带电部位。万一发生触电事故,应立即切断电源,进行必要的处理。

7. 实验中所用仪器、仪表应注意种类、规格、量程,必须按规定条件进行使用。例如,不得用电流表或万用表的电阻挡、电流挡去测量电压;电流表、功率表的电流线圈不能并联在电路中等等。对不会使用的仪器、仪表要查阅相关的操作使用手册或请老师指导,不能乱用。

8. 在电机转动时,要防止导线、发辫、围巾等物品卷入。

9. 学生自行设计构建实验电路时,选用的导线和电缆截面必须满足连续通过最大负载电流时,其线路温度都不大于最高允许温度。避免因导线和电缆发热,温度升高而引起绝缘损坏,造成漏电、断线事故等。

10. 实验完成后,应先切断电源再拆线。并将仪器、仪表的所有旋钮、按键、开关、挡位等都按有关要求恢复原位,摆放整齐,收拾干净实验过程中产生的线头、纸屑等废弃物。

1.1.5 触电事故的处理

当发生触电事故时,不要惊慌,首先迅速使触电者脱离电源。尽快把距离最近的电源开关断开,可以用有绝缘手柄的工具或干燥木棒把电源导线割断或拉开。在触电者尚未脱离电源前,施救者切不可与触电者的肢体直接接触,以免再发生触电。当触电者脱离电源后,若已处于昏迷状态,则应立即打开窗户或将触电者抬到空气流通的地方,解开衣服,让其平直仰卧,用软衣物垫在他的身下,使他的头比肩略低一些,以免妨碍呼吸。同时用电话呼叫 120 寻求急救或迅速将触电者送往医院。

1.2 电路与电工基础实验的一般要求

电工实验是电气工程与信息领域最基本的实验,它的任务是一方面使学生正确掌握电工测量的基本知识,学习常用电工仪表的基本原理和使用方法,对学生进行电工测量所必需的基本技能训练;另一方面培养学生的动手能力,观察、分析和解决实际问题的能力,培养理论联系实际、实事求是、严肃认真的科学态度。

开展任何实验,都是从相关知识的预习开始,直至撰写出完整的实验报告为止,其中各个环节均影响实验的质量和效果。

1.2.1 实验预习

为了加深学生对实验内容的认识,尽快熟悉实验仪器,保证实验教学效果,要求学生在每次实验之前预习时,要恰当地运用基本理论阐述清楚实验原理;综合考虑实验环境和实验条件,了解实验目的、实验内容、实验原理和注意事项,分析所设计的实验和所提出的任务的可行性;最后预计实验结果,并写出预习报告。先做好实验预习,写出符合要求的实验预习报告。一般预习报告包括以下内容:

(一) 实验目的

不同的实验其实验目的也各不相同,故预习报告中要明确本次实验所需要了解和掌握的实验内容,如通过实验学习常用电工仪器仪表的基本原理和使用方法,通过实验学习数据的采集和处理、对各种现象的观察和分析等来达到相应的实验目的。

(二) 实验原理

实验原理指的是实验方法、实验装置和器材、实验过程、实验结果分析等所依据的物理道理,包括基本理论的应用、实验线路的设计、测量仪表的选择和实验测量的方案确定等。实验原理是整个实验的指导思想,它指导我们如何来设计以及完成相应的实验内容,完成这一部分内容需要复习有关的理论,熟悉实验电路,了解所需的电路元件、仪器仪表及其使用方法。

(三) 实验步骤

许多同学在实验的过程中带有很大的随意性,实际上制订一个规范的实验步骤对于养成良好的实验习惯是很有必要的。例如,考虑仪器设备的安全,用仪表测量之前选择合适量程,多功能仪表测量前旋钮的定位,可调电源通电前一般先置零,通电后再调到合适位置等等。而考虑到人身安全,则必须严格遵守先接线后通电、先断电后拆线的操作顺序等。另外还包括实验数据的测试顺序,这些相应的实验步骤的规范化,不但有助于培养我们良好的实验习惯还可以保证实验的顺利进行。

(四) 实验数据

根据实验要求进行预习,了解和熟悉本次实验所用实验仪器、设备。对于基础实验(验证性实验)把要使用的实验线路画下来,并记录实验参数;对于设计性、综合性实验要把本次实验由实验室提供的元器件参数记下来备用,并根据相应参数计算出理论值。如在实验过程中会产生波形,也需画出相应的波形曲线,并填入预先拟定好的记录数据和准备好有关的表格。以便于在实验的过程中能随时对比,以验证实验过程是否正确。

(五) 思考题

思考题能帮助我们更好地理解实验目的,并加深对实验内容的认识,以及拓宽思路,在预习的过程中也应该带着这些问题来了解实验目的和明白我们在实验过程中需要解决的问题。

1.2.2 实验过程

实验过程是在详细预习报告的指导下,在实验室进行整个实验的过程,包括熟悉、检查及使用实验仪器仪表与实验器件,连接实验线路,实际测试与数据记录及实验后的整理等工作。

(一) 仪表器件

在电路实验中,涉及的实验器件包括电阻器、电感器、电容器、回转器、运算放大器、变压器等,仪器仪表包括电压源、电流源、信号发生器、示波器、电压表、电流表、功率表、电度表等,这些实验仪器与实验器件都将在实验室中通过具体的实验来认识、了解和熟悉。

(二) 线路连接

这一环节为实验系统的关键,需要注意三个方面:

1. 安全性

安全是实验的前提,应首先保证实验中安培表、伏特表、电阻器等不会被烧毁。故在实验之前应该先考虑好挡位的选择,电表的连接方式,以免在实验过程中出现烧表和短路的现象。

2. 精确性

精确是所有实验都应追求的目标。对电流表、电压表等,使指针在满刻度的 $2/3$ 左右时,能减少读数的相对误差,用欧姆表测电阻时应尽可能使指针指在中值附近。对电学仪表的选择主要看量程,选择方法可简单称之为量程“够用就行”,太大、太小都不能保证实验数据的精确性。

3. 方便性

实验所用电源、负载、测量仪器仪表等应该合理摆放。一般原则为:摆放后布局合理,即位置、距离、跨线要求短;便于操作,即调整和读数方便;连线简单,即要求用线最

少,这样才能保证对电路的干扰和影响最小。连线时只需要按照电路图一一对应连接,对于复杂的电路,一般先接串联支路,后接并联支路,最好每个接线点不要多于两根导线,最后再接电源。同时连接的过程中,要考虑元件和仪表的极性、参考方向、公共接地端与电路图的对应位置等。线路连接完后应对照实验电路图,由左到右或从电路有明显标记处开始,逐一检查,不能漏掉任何一根连线。

在正常情况下,利用检查好的电路就可以进行实验测试了。但是,有时也会出现意想不到的故障,必须首先排除故障,以保障实验的顺利进行。实验中的故障一般是线路故障,查找这些故障可以采用断电和通电两种方法。

(三)数据测量

线路连接完毕,并检查以后就按照预习报告的实验步骤进行实际实验操作,观察现象,记录实验数据,完成实验任务。实验数据应该记录在预习报告中拟定好的表格里,并注明名称和单位。如果需要重新测量,则应在原来的表格边重新记录所得到的数据,不要轻易涂改原始数据,以便比较和分析。在测量过程中,应该尽可能地及时对数据作初步分析,以便及时发现问题,采取相应措施,以提高实验的质量。

实验完成后,不要忙于拆除线路。应该先关闭电源,待检查完实验所得到的数据没有遗漏和明显错误后再拆线。一旦发现异常,需要在原有的实验线路查找原因,并做相应的分析。

(四)实验结束后的整理工作

全部实验结束后,应该将所用的实验设备复归原位,导线整理成束,清理实验台面,切断电源,然后离开实验室。

1.2.3 实验报告

实验报告是对于实验工作的全面总结,要对实验的目的、原理、任务、设备、过程和分析等主要方面有明确的阐述。实验报告应简单明了,语言通顺,图表数据齐全规范。实验报告的重点是实验数据的整理与分析。主要内容包括:

1. 院(系)别,班号,学号,组号,实验人姓名,同组人姓名,实验日期。
2. 实验目的。
3. 仪器、仪表目录:包括仪器的型号和规格。
4. 实验设计任务与实验步骤。
5. 实验内容:包括原始设计电路图,原始数据记录,正确的实验电路图,实验数据的处理,波形图及参数。
6. 实验结果的分析、电路的改进和问题探讨:
 - (1)设计原理与设计分析。
 - (2)实验数据、波形的误差分析,故障分析与故障排除的描述等。
 - (3)实验中的电路改进,旨在开拓学生思路、提出新的方案。

(4) 学生有问题提出来,老师批改报告时给予回答,加强师生交流。

7. 实验总结。

实验总结是学生对所做实验内容的总结和再学习,通过总结实验数据,根据实际值同理论值的误差比较学会分析问题和解决问题的方法,并由此得出相应的实验结论,对此结论,必须有科学的根据和来自理论与实验的分析。实验总结也对于老师了解学生对该次实验的掌握度有极大帮助。

总之,一个高质量的实验,来自于充分的预习、认真的操作和全面的实验总结。每个环节都必须认真对待,才能达到预期的实验目的。

1.3 实验误差分析与数据处理

做实验就会有测量,有测量就会有误差。对实验测量结果的误差分析与数据处理是准确认识事物客观规律,得到正确实验结论的前提条件,是理工科学生必须掌握的基本技能。

1.3.1 误差的来源与分类

实验误差是指用测量仪器对实验数据进行测量时,所得到的测量值与被测量的实际值之差,它是由诸多误差因素共同作用的结果。

(一) 仪器误差

仪器、仪表自身存在的误差称为仪器误差。如电桥中的标准电阻、示波器的探极线等所含的误差。仪表、仪器的零位偏移、刻度不准确以及非线性等引起的误差均属仪器误差。

(二) 操作误差

操作误差也称使用误差,它是指在使用仪器测量实验数据的过程中,由于未严格遵守操作规程所引起的误差。如不按规定安放仪器、仪表,仪器接地不良,阻抗不匹配,仪器未预热、校准等,都会产生使用误差。

(三) 方法误差

由测量方法所依据的理论不对或不够完善而产生的测量误差叫方法误差。如用普通万用表测量电路中高阻值电阻两端的电压,因万用表电压挡内阻不够大而产生分流作用引起的误差即为方法误差。

(四) 影响误差

由于各种环境因素与仪器设备的要求条件不一致所造成的误差称为影响误差。例