

电工学中验证性实验的设计

王翠霞, 余有灵, 周伟, 吴坚
(同济大学电子与信息工程学院, 上海 200092)

摘要: 传统验证性实验学生缺乏主动参与性, 达不到预计教学效果。根据教学经验和实际的操作, 将从实验内容、教学原则和教学方法上做如下的改进: 实验内容上深入挖掘内涵, 引导学生深入思考; 教学原则上坚持学生自主学习, 教师辅助指导; 教学方法上采用以下三项改进: ① 抽查预习情况, 由学生讲解实验, 教师补充; ② 给出启发式问题, 让学生带着问题做实验; ③ 针对实验结果组织小组讨论。以伏安特性实验为例展现在电工学验证性试验中的改进教学, 改变了验证性实验的“唯验”性, 让学生从被动实验转为主动实验, 提升了学生的参与性与深入的探讨性, 从而为学生掌握基本实验技能, 为后续的综合实验的顺利进行打下基础, 为 1 万 h 打造电工电子方面的专业人才做积累。

关键词: 验证性实验; 挖掘内涵; 自主学习; 启发式问题; 电工学

中图分类号: TM 933; G 642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006 - 7167(2018)07 - 0207 - 04



Design of Verification Experiments in Electrical Engineering

WANG Cuixia, YU Youling, ZHOU Wei, WU Jian

(College of Electrical and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: It should be improved for the verification experiment because the traditional one neither attracts students nor achieves the expected teaching effect. Therefore the solutions are considered as follows: firstly mining the experiment connotation which leads students to think deeply; secondly requiring students to prepare experiment before class, and guiding for supplement, thirdly improving the teaching effect by three ways: 1. checking students' preparation work by answering question on the experiment and providing appropriate supplement to the key question; 2, giving the heuristic question to students during the progress; 3, holding the free discussion according to the result of the experiment. Furthermore, the example of voltage-and ampere-characteristic experiment is showed with above improvement. The new one improves students' interests without "only validation" feature, and helps students to master the basic experimental skills, then it lays a solid foundation for comprehensive experiments, and will be helpful to cultivate talents within ten-thousand hours in electrical engineering and electronic field.

Key words: verification experiment; mining connotation; autonomic learning; heuristic question; electrotechnics

0 引言

验证性实验是学生在实验室环境中搭建系统验证基础理论的过程。这个过程看似没有创新性, 但却是

搭建认知积木, 构建坚实的知识框架, 由入门级水平提升到专业人才的 1 万 h 学习中必不可缺的环节。开设验证性实验的目的是希望学生从感性的角度消化、理解并夯实基本理论, 同时掌握基本的实验方法和技能, 培养严谨求实的研究精神^[1-2]。验证性实验在教学中的地位不可替代, 但是目前高校验证性实验的现状是: 由于验证性实验本身缺乏探索性和挑战性, 学生的学习积极性不高^[3-4]; 教学过程中教师普遍过多地参与指导, 学生依赖心理强, 缺失分析思考能力, 从而使

收稿日期: 2017-08-15

基金项目: 同济大学校级精品实验项目(20160800104204)

作者简介: 王翠霞(1976-), 女, 内蒙古临河人, 博士, 讲师, 研究方向为电力电子。

Tel.: 13917614089; E-mail: nmwangex@tongji.edu.cn

验证性实验的效果打折。针对验证性实验存在的问题,从教学内容、教学原则和教学方法三方面进行改进,增加学生的思考分析的比例,改变验证性实验的“唯验性”^[5];强调学生自主预习的重要性,以试卷或者提问的形式考核学生的预习情况;针对预习的考核情况,教师辅助指导,适当补充,既保证实验的顺利进行,又将实验的自主性交还给学生,提高学生的独立实验能力;实验中提出问题,让学生在验证基本知识的同时动脑动手解决问题和障碍;实验后组织讨论,使验证性实验的知识量不打折扣,实现教学目标最大化。

1 验证性实验的教学地位

经典的理论知识如果不经过实验的巩固,学生就不易清晰地印记在脑海里。事实证明,理论教学和实验的结合获得的记忆强度比单独接受理论教学知识获得的记忆强度要高 20%^[6]。验证性实验虽然结论已知,但其操作过程对于学生而言仍是未知的,过分强调它对结论的验证,而不去体会过程中学生的感受,那就严重局限了验证性实验的功能。学生解决实验过程中出现的问题可以培养他们的动手能力、实验能力和科研素养,有助于学生后续综合性实验和设计性实验的操作能力的积累。验证性实验是连接基础理论和创新性研究的桥梁,所以验证性实验的地位在教学中是无可替代的,属必修内容。其次综合性、设计性实验的难度大,并不适合所有的学生,且实验占用的课时较多,而目前高校实验课时紧张,尤其是在大学基础课学习阶段,实验课仍应以验证性实验为主。

2 验证性实验的改进

2.1 实验内容

传统的验证性实验内容比较单一,仅是验证某一

个知识点或是练习单一的基本操作,学生的主动参与性不强,不利于学生综合能力的培养^[7-8]。实验教学改革应挖掘验证性实验的内涵,引导学生进一步思考,避免学生仅是枯燥的“唯验性”实验的操作。验证性实验内容的设计上要讲究逻辑性,逐步引导学生对验证知识的理解,并且设计对比组实验,激发学生在实验过程中主动思考,改变验证性实验中常见的“机械式模仿”^[9],设计实验解决具体问题,增加实验的沉浸性和趣味性,加强学生对知识的理解,使之符合实践教学的最最终培养目标。以电工学实验“二端元件的伏安特性”为例,来介绍该思想在实验内容改进方面的实现。

伏安特性实验是学生接触电工学实验课的首次实验,该实验既要验证伏安特性,又要让学生多操作熟悉仪器,更重要的通过挖掘验证实验的内涵^[3,10],引导学生思考测量数据,建立起实际测试环境存在测量误差的意识。依据以上思路设计实验内容为以下 5 个部分。

(1) 采用万用表直接测量二端元件的电阻^[11]。电阻的测量方法通常有直接测量法和伏安特性法两种,分别对电阻和灯泡采用直接测量法得出电阻值。该组数据将为后续伏安法计算出的电阻值提供对照数据,同时测试过程也积累了学生使用万用表的能力。

(2) 采用图 1 电路分别测量电阻的伏安特性。图 1 中自耦调压器输入电压为 220 V,输出电压的范围为 0~250 V。将插孔板串入线路中方便接入或者摘除电流表。图 1(a) 采用电流表内接法,图 1(b) 采用电流表外接法,图 1(c) 测量电阻的电压时电压表采用点触式接入电路。将这三组测试数据和实验内容直接测量法得出的电阻值进行对比,研究仪表内阻对电路的影响,并且分析什么情况下适宜采用哪种测试方法。

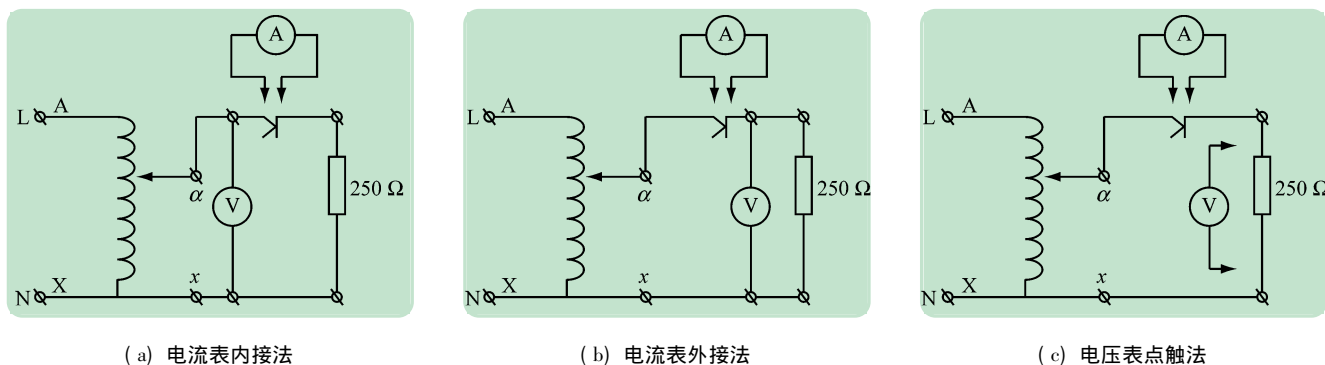


图 1 电流电压表的不同接法对电阻伏安特性的影响

(3) 采用电压表点触式测量不同电压下的电流参数。负载分别为电阻、灯泡和电容,如图 2 所示,通过该实验,让学生了解不同电子元器件的伏安特性曲线。

该部分内容旨在对比不同类型元件的伏安特性,分析线性电阻和非线性电阻的伏安特性,并了解影响

电容的电抗值大小的因素。

(4) 保持电压源的电压不变,测试电压源的伏安特性。按照图 3 所示,接入滑线变阻器改变电路的外部阻值,测量出相应的电流和端电压,从而得出电压源的伏安特性。

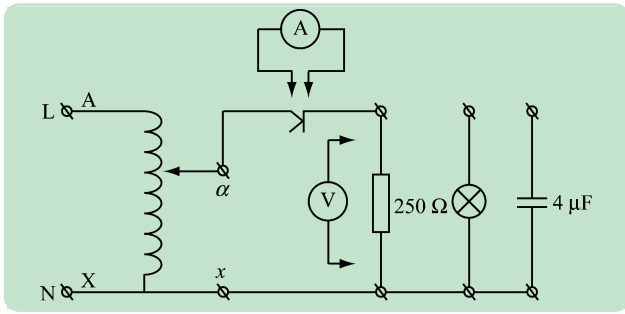


图2 电阻、灯泡、电容的伏安特性测试电路图

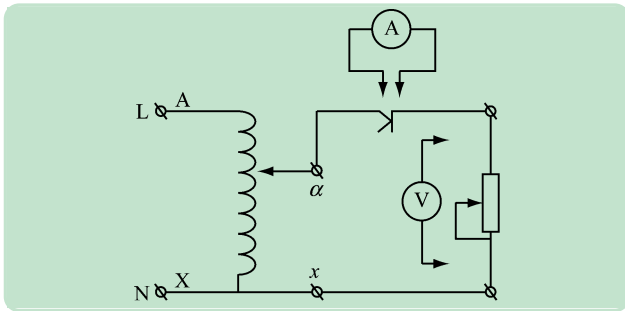


图3 测试电压源的伏安特性电路图

该内容设计旨在让学生认识到电压源或者电流源非理想电源,其存在的内阻会影响电路的性能。

(5) 设计实验,准确测量图1(c)中电阻的伏安特性。对比实验内容(1)和(2)得到的电阻值,可以发现存在偏差的,在讨论引起偏差的原因后,可以让学生设计实验,精确测量电阻的伏安特性。

该实验项目内容改进后,涵盖知识丰富,不单是验证了不同类型元件的伏安特性,还让学生学会了万用表、电压表、电流表的使用;意识到实际测试环境非理想状态,仪表存在内阻,电源也存在内阻;测试方法不同会影响测试结果,研究中要根据测试的精度要求设计合适的测试方法等。该实验内容改进后融入小部分创新元素,具备一定难度,可以激发学生更多的兴趣,培养学生的研究探索能力。

2.2 教学原则

教师讲解为主的教学方式增加了学生的依赖心理,学生遵照教师的讲解按部就班的完成实验内容,这样学生缺失了思考环节^[12-13],真正学到的知识量打折扣。要想学生在实验中掌握更多的知识,就要把实验的主动权交还给学生,教学中坚持学生自主学习,教师辅助指导的原则。该原则具体由以下2点来保证。

(1) 要求学生在实验前必须认真预习实验指导书,理解实验原理,明确实验要求,熟悉实验内容及步骤,完成实验预习报告。提前预习让学生熟悉实验内容和需要解决的问题,提高了学生的主动参与性,确保顺利高效地完成验证部分的实验内容,并将更多的时间放在问题的思考和设计型实验中,这样学生可以

深层次地进行思考。为确保学生独立做到实验预习,学生开始实验前需要上交实验预习报告,而且教师还要设计预习检查题,对本次课的实验原理,实验步骤,注意事项等进行抽查。

该实验可以设计如下的实验预习检查题:自耦调压器的原副边的接法;万用表、电压表和电流表的使用方法;量程选择;接线规则;实验电路及电压范围,实验内容及步骤,这些抽查题对本实验进行全方位的检查,督促学生开展实验预习工作,并且指出了本实验的重点和难点。

(2) 教师不做实验内容讲解,引导学生顺利完成实验。教师提供实验仪器、实验材料,检查学生完成实验预习后,让学生直接开始实验,教师仅适当的给予指导。实验过程中没有教师的讲解环节,迫使学生要完成实验内容必须提前预习,否则无法按时顺利完成实验任务。这种模式结合检查预习环节,可以督促学生预习,主动思考,提升实验的主动性;学生真正遇到问题时,教师引导学生去思考,启发学生解决问题,而非简单地直接排除问题;记录每组学生实验完成情况,有针对性的检查易产生问题的组,并对完成比较好的组进行更深一步的引导思考。

执行该实验原则需要教师更多的时间去进行实验准备和教会学生解决实验故障,而且要应对未深入预习的学生操作不当损坏仪器和实验内容不熟悉拖延实验时间。但是,授人以鱼不如授人以渔,只有让学生养成主动去认知、思考的习惯,学生才能更好地掌握和理解知识。

2.3 教学方法

实验中改变教师的一贯主导地位,①借用回答问题模式换学生讲解,教师对遗漏之处进行补充;②提出启发性问题^[14],引导学生思考;③结合实验数据组织小组讨论,不留知识死角。通过该3种教学方法调动学生的自主学习积极性,使他们全身心地投入到实验中,最大化地接受知识^[15]。

(1) 抽查预习环节中提出问题由学生回答讲解,教师根据预习情况及时地对遗漏部分进行补充。实验仅抽查学生的预习是不能保证顺利完成实验内容的,因为自学能力略弱的学生会存在知识死角,所以借助抽查了解学生预习的程度,继而针对学生的遗漏点和实验的重点教师再做补充,这样既督促了学生预习,又保证了知识的覆盖率。要全面掌握学生的预习情况,筛出学生的遗漏点,必须精心设计抽查问题,这些问题包括实验的关键环节和易犯错误,通过提问,可以引起学生在这个事项上的思考和注意,能采用正确的实验方案完成实验,尽量避免实验中的误操作导致安全隐患或损坏仪器,从而提高实验效率和效果。

该实验中除了考查实验内容和实验原理,一些易

犯错误的也要以问题的形式引起学生的注意:如仪表选用的量程、电路中插孔板的作用。

采用的这种以提问抽查学生预习情况和引起注意的形式,可以让学生亲自参与知识的建构,改变了“教师传授—学生聆听”的传统传递活动,增加了学生自主学习的主观能动性,能更好地发挥实验课的教学效果。

(2) 提出启发性问题,引导学生在实验中思考,发挥探索精神。实验一开始可以抛出问题,充分调动学生的思考探索积极性。

本实验设计3个问题:①图1(b)中电压表分别采用150V量程和300V量程时电流表读数是否一致;②额定功率为220V/40W的灯泡在110V下工作时,功率是否为220V时的1/4;③电容的电抗大小是否随电压的变化,具体都与哪些参数有关系。学生带着问题进行实验,通过实验解决问题,测试数据直接给出了答案,深层次的原因引导他们会对知识点有更深刻的理解。

实验中,给出问题,引导学生通过分析实验数据独立思考,解决问题。本实验中当灯泡两端电压增加时,流过的电流增大,但是增大的幅度逐渐变小,即电阻逐渐增大。可以给出问题什么引起了灯泡的电阻变化,如果先把灯泡两端的电压加大,亮一段时间等灯泡比较热时,然后将电压减小,此时测出的灯泡的电阻是否和前面逐步加电压时测出的电阻一样大,然后可以让学生去做实验验证,得出正确答案,讨论原因。

“学起于思,思源于疑”。学生有了疑问才会去进一步思考问题,学生带着问题做实验,验证自己的想法,得到正确的答案,这种教学模式使学生由机械接受向主动探索发展,让学生在亲自“研究”“思索”中领悟知识,有利于发展学生的创造个性。

(3) 结合实验数据展开自由讨论,不留知识死角。结合实验数据提出问题,展开讨论。对比理论数据与实际数据的差别,讨论差别的原因。自由讨论环节还可以由学生提出问题,展开讨论,这样可以将本次实验中疑惑部分解决了,不留知识死角。

本实验中可以设置如下问题。对于实验中刚开始加低电压时计算出的电阻数变化比较大的原因展开讨论,引导学生考虑到仪表的误差,测试时选用合适量程的理念。比如有些同学测出的电阻大于或者小于实际的标称电阻,讨论原因时可以引导学生考虑电流表的分压作用和电压表的分流作用。在测试时最好采用引入误差最小的方案来完成实验。可以在电路中测量电阻的阻值吗?为什么要加入插孔板,其作用是什么?为什么图1(b)中采用150V量程和300V量程的表测量出来的电流不同。

自由讨论时教师要起到指导控制的作用,在关键时候引导学生往主要因素上考虑,让学生能有目标的

发射思维,深入思考。好的问题不但可以起到画龙点睛的作用,而且还可以促使学生的思维活动更进一步拓展延伸,诱发学生继续学习的积极性,增加了实验的沉浸性,这样验证环节就更容易被清晰记忆。

3 结 语

验证型实验是让学生把感性的实验操作和理论知识结合起来,形成完整的知识体系,并通过实践培养独立探索能力,实验操作能力和科学研究兴趣。要想达到良好的教学效果,除了验证性实验的内容能吸引学生,调动学生的积极性,还要坚持一定的教学原则,要有切实可行的教学方法使教学效果最优。本文从实验内容,教学原则,教学方法3个方面改进:充实实验内容;坚持学生自主学习为主,教师指导为辅的原则;教学方法从三点把握:①抽查预习情况,由学生讲解实验,教师补充;②给出启发式问题,让学生带着问题做实验;③针对实验结果组织小组讨论。通过以上改进,吸引学生,增加学生的沉浸性,抓住实验中的细节,分析特性,将结论吃透,形成网状的知识树,利于学生建立认知系统。

参考文献(References):

- [1] 杨宁飞,邵晓蓉.工科验证性实验教学方法的探讨—以土木工程材料实验为例[J].高教论坛,2011(2):72-74.
- [2] 王勇,麻省理工学院模拟电路实验课程分析与研究[J].实验室研究与探索,2012,31(7):155-157.
- [3] 李瑞林,李红红.电工电子实验教材的改革与实践[J].软件(教育现代化)(电子版),2012(6):55.
- [4] 杨燕,李斌.验证性实验综合测试平台[J].宁波大学学报(理工版),2007,20(1):134-137.
- [5] 艾伦,李立文.探究性与验证性辨析:改变实验教学视点[J].中国教育技术装备,2011(9):3-5.
- [6] 刘鹤.基于工作记忆的目标设置理论实验研究[D].西安:西北大学,2011.
- [7] 袁霞.验证性实验教学改革探讨[J].大学物理实验,2012,25(2):94-96.
- [8] 严红丽,计成超,石永华,等.电子技术类课程实验综合改革研究[J].滁州学院学报,2013(5):117-120.
- [9] 李凤兰,许小庆.机械专业验证性实验的设计与实践[J].实验技术与管理,2012,29(12):138-140.
- [10] 邹明亮,闫淑梅,王勇波.电工实验教学的改革与实践[J].科技创业家,2013(8):185.
- [11] 冯绍勇,董纵昊.灯泡伏安特性仿真实验的实现算法[J].大学物理实验,2013,26(6):82-86.
- [12] 胡仁杰,王成华,堵国樑,等.自主学学的电工电子实践课程[J].中国大学教学,2014(6):60-63.
- [13] 王淑娟,于泳.电子技术基础课程双语教学模式的研究与实践[J].北华航天工业学院学报,2009(19):59-61.
- [14] 姜乃强,张鹏.不要为了实验而去实验—访北京交通大学国家电工电子实验教学示范中心主任陈后金[J].中国现代教育装备,2014(15):4-6.
- [15] 冯小龙,狄京.“模拟电子技术”实验课程双语教学探索[J].电气电子教学学报,2017,31(6):108-109.