

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工技术教学参考书

主编 赵承荻



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工技术教学参考书

主编 赵承荻

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书,依据教育部 2000 年颁发的全国中等职业学校电工技术教学大纲编写。

本书主要内容有:电工技术课程的性质、任务、教学目标和教学安排,各章节教材分析及教学建议,教学参考内容。

本书构思新颖、可操作性较强,对教师的教学实践具有一定的指导作用,可作为各类中等职业学校教师讲授电工技术课程的教学用书,也可作为其他学习电工技术的读者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术教学参考书/赵承获主编. —北京:高等教育出版社,2002.7

ISBN 7-04-010854-2

I. 电… II. 赵… III. 电工技术-专业学校-教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 094043 号

电工技术教学参考书

主编 赵承获

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 8.25
字 数 190 000

版 次 2002 年 7 月第 1 版
印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷
定 价 10.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是为中等职业学校非电类相关专业讲授电工技术课程的教师编写的教学参考用书。教育部 2000 年颁发了全国中等职业学校电工技术教学大纲,明确了电工技术课程的性质、任务、教学目标,规范了教学内容和要求,本书主编作为该大纲的执笔人,参加了大纲的全部研讨、制定、审定工作,在此过程中感到新大纲与上一轮教学大纲相比,从培养目标、培养模式、教学要求上都发生了较大变化。编写本书的目的即在于帮助讲授电工技术课程的教师更好地理解、应用新大纲,掌握电工技术课程的重点、难点,合理安排好授课计划,正确把握并充分发挥例题及习题在课程教学中的地位及作用;同时,总结教学方法,与广大教师交流教学经验,使电工技术课程的教学改革不断深化,进一步提高教学质量。

本书根据新颁电工技术教学大纲编写,使用各种版本中等职业教育国家规划电工技术教材的教师,均可以本书为参考用书。本书分为绪论、各章节教材分析及教学建议、教学参考内容三部分。绪论主要帮助教师明确电工技术课程的性质与任务、教学目标和课时安排,本书编入了 60 学时及 80 学时两种课时安排,这是由于全国各类中等职业学校覆盖的专业面很广,学制也有所不同,且存在较大的地区、行业差别,因此,各校对本课程教学时间的安排相差较大,故在教学大纲给出的 50 学时教学方案及 70 学时教学方案的基础上,给出了 60 学时及 80 学时两种课时安排,以利于各校按需选用。各章节教材分析及教学建议根据教学大纲中教学内容的顺序安排,分析教学目标和要求、重点与难点,并以课题的形式进行教学指导,其中,例题设计主要是帮助教师明确例题在教学过程中的目的与任务,没有给出详细的解题过程,有关题解可参考高等教育出版社 2001 年出版的《电工技术》(赵承荻主编);典型例题及思考题与习题解答给出具体的解题方法与步骤,供教师参考选用。教学参考内容中安排了 20 个专题,介绍了较多的 20 世纪下半叶以来发展起来的电工新技术,如超导技术、永磁电机、新系列电机及变压器、非电量的电测法与传感器、磁悬浮列车与直线电机、异步电动机的变频调速、机电一体化、光纤传输、移动通信等,帮助教师拓宽授课面。

本书的主体构思是编者综合了近十余年来全国中等职业学校电工技术课程改革的动态和趋势而确定的,也是全国中等职业学校广大电工技术教师集思广益的结晶。为了编好本书,2001 年由全国中专电工学与工业电子学课程组组织召开了电工技术教学参考书编写会议,会上高等教育出版社编审、北京理工大学教授、教学参考书的主编、参编及部分中等职业学校的教师对教学参考书的编写要求及编写提纲进行了反复研讨,一致认为高质量地编写好本教学参考书是当前教学改革的需要,教学参考书以促进教学、提高教学质量为目的,要有特色,教师要好用,编写格式上要有所创新。本书在具体内容的各个环节处理上是根据个人教学经验作出的,仅是个人的肤浅见解和建议,供教师们参考。

本书由株洲铁路电机学校赵承荻主编,株洲铁路电机学校杨利军、武汉水运工业学校陈琰参编,苏州高级工业学校周绍敏主审。

在本书的编写过程中除得到全国中等职业学校广大电工技术教师的支持及关怀外,还应提

到两位电工技术课程的老前辈,兰州化工学校的徐国和老师 and 福建机电学校的王喆老师,本书在许多方面都受益于他们两位主编的电工教材及教学参考书,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,本书在结构体系上、层次上均可能有不妥及错误之处,恳切希望广大读者指教,以便今后修正。

编者

2001 年 11 月

目 录

绪论	1
第一篇 各章节教材分析及教学建议	5
第一章 直流电路	5
第二章 交流电路	20
第三章 变压器	38
第四章 电工仪表及测量	46
第五章 电机	50
第六章 电动机的控制	60
第七章 供电及用电	73
第二篇 教学参考内容	79
专题一 关于“绪论课”	79
专题二 电压源、电流源及其等效变换	80
专题三 超导技术及应用简介	82
专题四 功率因数的意义及提高	85
专题五 稀土永磁电机	87
专题六 电感线圈及变压器中电流、电压、电动势的参考方向	87
专题七 新型电力变压器(配电变压器)简介	88
专题八 传感器简介	90
专题九 非电量电测法应用	95
专题十 国产三相异步电动机简介	97
专题十一 单相异步电动机及其应用	100
专题十二 磁悬浮列车——直线电动机的应用	103
专题十三 熔断器介绍	104
专题十四 接触器、继电器介绍	106
专题十五 低压断路器介绍	111
专题十六 异步电动机变频调速简介	114
专题十七 机电一体化	115
专题十八 光纤传输简介	117
专题十九 移动通信简介	119
专题二十 电能的产生简介	121
参考文献	123

绪 论

一、课程的性质与任务

电工技术课程是中等职业学校工科非电类及相关各专业必修的技术基础课。它的任务是：使学生掌握高素质的劳动者和中初级专门人材必须具备的电工技术基本知识和基本技能，为学习专业知识和职业技能、增强适应职业变化的能力以及今后学习新的科学技术打下一定的基础。同时，通过本课程的学习，使学生的全面素质得到提高。

二、课程教学目标

基本理论和知识教学目标：

1. 掌握直流电路的基本电路模型和电路的不同状态，掌握直流电路中电流、电压、电动势、电位、电阻、电能、电功率等物理量的基本概念及相互关系；能较熟练地运用欧姆定律分析、计算简单电路；学会用基尔霍夫定律与支路电流法分析计算一般复杂电路。
2. 掌握正弦交流电路的周期、频率、角频率、瞬时值、最大值、有效值、相位、初相位、相位差的基本概念及相关量之间的关系；能正确分析计算三种单一参数的正弦交流电路；掌握电阻与电感串联电路的分析计算方法；理解功率因数的概念及提高功率因数的方法。
3. 理解三相交流电源及三相负载的两种连接方法，以及电流、电压、功率的相互关系。
4. 理解变压器、三相异步电动机、单相异步电动机的基本工作原理；了解直流电动机及常用微特电机的应用场合。

基本技能教学目标：

1. 初步具有正确使用单相变压器、三相异步电动机、单相异步电动机的基本技能。
2. 初步具有正确使用各种常用低压电器的能力。
3. 初步具有使用电流表、电压表、万用电表进行电气测量的技能。
4. 初步具有正确使用常用照明设备、电热设备、家用电器设备的能力。
5. 初步具有安全用电、节约用电的知识与能力。
6. 初步具有借助手册、产品目录、产品说明书等资料，选择和使用电气产品的能力。

三、课程教学安排

电工技术课程内容采用模块式结构，包括基本模块和选用模块。基本模块是各专业都须完成的，有些专业及学校可再从选用模块中选择内容，可按 50~80 学时安排，实验与实训学时不应少于本课程教学总时数的 25%。表 0.1、表 0.2 中列出了 60 学时及 80 学时两种授课计划，供各校选用。

表 0.1 60 学时授课计划

序号	课 程 内 容		学 时 数			
			合计	讲授	实训	机动
1	绪论 直流电路	绪论	8	2		
		电路、电路基本物理量及相互关系				
		电路元件、电阻连接、电路状态		2		
2	交流电路	基尔霍夫定律及应用	14	2	2	
		正弦交流电的基本概念及表示法		2		
		单一参数正弦交流电路		2		
		串联交流电路		2		
		并联交流电路、功率因数的提高		2	2	
		三相交流电路		2	2	
3	变压器	磁路、变压器的用途及结构	4	2		
		变压器工作原理、极性、外特性、三相变压器、自耦变压器		2		
4	电工仪表 及测量	电工仪表、电流的测量	6	2		
		电压、电阻、功率、电能的测量,万用电表		2	2	
5	电机	三相异步电动机旋转原理及结构	8	2		
		三相异步电动机运行特性、使用维护		2		
		单相异步电动机		2	2	
6	电动机的 控制	三相异步电动机的起动及正转控制电路	12	2	2	
		三相异步电动机正反转电路及降压起动电路		2		
		三相异步电动机调速及制动电路		2		
		单相异步电动机控制实例		2	2	
7	供电及 用电	电能的产生、输送、分配 电能转换技术 安全用电、节约用电	6	4	2	
8	机动		2			2
9	总计		60	42	16	2

表 0.2 80 学时授课计划

序号	课 程 内 容		学 时 数			
			合计	讲授	实训	机动
1	绪论 直流电路	绪论	10	2		
		电路、电路基本物理量及相互关系				
		电路元件、电阻连接、电路状态		2		
		基尔霍夫定律及应用		2	2	
2	交流电路	叠加定理、戴维宁定理	16	2		
		正弦交流电的基本概念及表示法		2		
		单一参数正弦交流电路		2	2	
		串联交流电路		2		
		并联交流电路、功率因数的提高		2	2	
3	变压器	三相交流电路	6	2	2	
		磁路、变压器的用途及结构		2		
4	电工仪表 及测量	变压器工作原理、极性、外特性、三相变压器、自耦变压器	6	2	2	
		电工仪表、电流的测量		2		
5	电机	电压、电阻、功率、电能的测量,万用电表	14	2	2	
		三相异步电动机旋转原理及结构		2		
		三相异步电动机运行特性、使用维护		2	2	
		单相异步电动机		2	2	
		直流电动机		2		
6	电动机的 控制	微型特种电机	18	2		
		三相异步电动机的起动及正转控制电路		2	2	
		三相异步电动机正反转电路及降压起动电路		2	2	
		三相异步电动机调速及制动电路		2		
		单相异步电动机控制实例		2	2	
7	供电及 用电	读图练习	6	2	2	
		电能的产生、输送、分配 电能转换技术 安全用电、节约用电		4	2	
8	机动		4			4
9	总计		80	50	26	4

第一篇 各章节教材分析及教学建议

第一章 直流电路

一、本章教学目的和要求

本章与物理“电学”部分内容相衔接,从电工技术的角度出发,讲述直流电路的基本原理和分析计算方法,为学习交流电路、电工技术及电子技术打好基础。通过本章的学习要求达到:

1. 理解电流、电压、电位、电动势、电阻、电功率、电能等物理量的基本定义、单位、相互关系及实践意义。
2. 理解直流电路的基本电路模型和电路的三种不同状态,能运用欧姆定律及基尔霍夫定律进行电路的分析计算。
3. 了解用叠加定理和戴维宁定理分析计算复杂电路的方法。

二、本章重点和难点

(一) 重点

1. 电路 电路构成的基本环节及电路的三种不同状态。
2. 欧姆定律和基尔霍夫定律 对电路进行分析和计算的最基本定律就是欧姆定律和基尔霍夫定律,不论电路的形式、性质、复杂程度如何,在一定的条件下,均可运用这两个基本定律进行分析和求解。这两个定律也是学习电工技术、电子技术的重要理论依据,必须要求学生能较熟练地掌握,并能灵活应用。
3. 电阻串联及并联 电阻的串联及并联在实际中应用相当广泛,在讲解串联电阻分压、并联电阻分流以后,应通过大量的实例来说明电阻串联和并联电路在工程实际中的具体应用,使学生能领会贯通及灵活应用。
4. 电位的概念 在实际电路中,往往设有接“地”点,或假设参考零电位点,此时可用“电位”的概念对电路进行分析和计算,使问题简化,这在电子线路中以及电气设备安全接地等方面均广泛采用。要求学生建立电位的概念,明确电压与电位的定义、共同点及不同处。

(二) 难点

1. 实际方向与参考方向 要进行电路的分析、计算及测量,必须首先搞清有关电流、电动势和电压实际方向与参考方向的关系。
2. 基尔霍夫第二定律 学生在列写基尔霍夫第二定律的方程时,很容易被正、负号所困惑,或死记硬背取号规则,容易出错,其主要原因是未能很好地掌握有关电位升及电位降的概念。错

误主要出在所选取的电路绕行方向和支路电流参考方向不一致的时候。

三、教学指导

课题一 电路、电路基本物理量及相互关系

本课题教学中,应特别注意与物理课程中相关内容的衔接,同时要避免简单的重复,必须突出电工技术课程的特点,从工程技术的实际应用需要来讲述,使学生的知识面在原有的基础上得到提高和扩展。具体做法是在复习已有知识的基础上,重点讲述电路构成的基本部分、关于电位的概念及电位计算、关于电阻的工程应用。在讲述电流、电压的教学过程中还应突出参考方向的概念。

(一) 电路

在电路的构成中应突出强调构成电路的三个基本部分,即电源、负载及中间环节,缺少其中任何一个部分都不能称为电路。其中,电源及负载是直接实现电能与其他形式能量相互转换的两大主要电气设备,中间环节则对电源及负载起连接、控制、保护、测量等作用,这是一个不可缺少,而且其组成各异的特殊环节。教师在讲述中可用启发式的方法结合实际应用多介绍一些属于负载及中间环节的设备或元器件的名称。

(二) 电路的基本物理量及相互关系

在物理学的基础上,复习和进一步阐述电流、电压、电位、电动势、电阻、电功率、电能等基本物理量,并着重强调下述几点:

1. 关于电位的概念及计算 要注意自然地把物理学中的电势及电势差引导到电工技术中的电位和电位差。学生一般对电压这个物理量印象较深,而对电位这个物理量感到生疏,在电工与电子技术中,经常要用到电位这个概念,因此在教学中应给予必要的重视。

在电工与电子技术中,往往以大地作为零电位点(或以金属底板作为零电位点),许多电气设备的外壳与大地相连接,此时电路中的其他各点与接地点之间的电压值,就是该点的电位值。当电路中没有接地点时,可以任意假设一个参考点作为零电位点。当参考点确定之后,电路中其他各点就有了确定的电位值,这就是电位的单值性。若参考点选择不同,则电路中其他各点的电位也不同,它们同时升高或降低一个值,这就是电位的相对性。若没有规定参考零电位点时,则电路中各点的电位值就没有意义。而电压是指电路中任意两点之间的电位差,电压的大小与参考点的选择无关。

电位计算的要点是:

(1) 必须首先确定零电位点(参考点),才能对电路中的其他各点进行电位计算。

(2) 电路中的电源,可以看成是理想电压源 E (或 U_S) 和内电阻 R_0 相串联的电路,而理想电压源的正极电位总是高于负极电位。

2. 电阻 导电物质在电流通过时所呈现的阻碍作用称电阻。电阻元件是理想化的电阻,将电能不可逆地转换为热能,是一种耗能元件。在工程实践中,电阻元件有其实用的一面,如实现电热转换中的电阻丝、电阻片,实现电光转换中的白炽灯电阻丝等。电阻元件的负面作用是产生能量损耗(如输电线路上的能量损耗,电机、电器线圈及铁心中的能量损耗等),从而使电气设备的效率降低。在进行电阻这一概念讲述时,应从电工技术角度出发,突出强调以下几点:

(1) 导体的电阻与材料有关。银的电阻率最小,但价格昂贵,主要用于特殊的场合,如开关的触点、某些晶体管的引线、某些熔断器中的熔断片等。铜、铝的电阻率都较小,常用于制造导线和各种电气设备的导电部分。铁铬铝和镍铬都是合金,其电阻率很高,工作温度可高达 1 000 ℃ 以上,主要用来制作电炉及电热器具。康铜及锰铜的电阻率也很高,且其电阻值随温度的变化很小,故主要用来制作标准电阻、电阻箱、滑线电阻、绕线式电位器及绕线电阻等。

(2) 金属材料电阻的大小与温度有密切的关系,一般来说,金属材料在温度升高时,其电阻也随着升高,在一定的温度变化范围内,其关系可表示为

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中, R_1 为金属材料对应于温度 t_1 时的电阻(Ω); R_2 为金属材料对应于温度 t_2 时的电阻(Ω); α 为材料的电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)。

工程上经常利用上述公式来测量电机及电器设备的温升,如测量变压器油箱内部绕组的温升、电动机绕组的温升等。

(3) 有些金属材料当温度降到一定值(临界温度)时,其电阻将突然降为零,这种现象称为超导现象,具有上述性质的材料称为超导体。有关超导体及其在工程技术上的应用可参看第二篇中的“超导技术及应用简介”。

(4) 有些物质,如某些半导体、碳导体、电解液等,当温度升高时,其电阻反而减小,称负温度系数。它们可用来制作热敏电阻,在电子线路中作温度补偿元件。

(5) 线性电阻和非线性电阻 在任何时刻,元件两端的电压和流过元件的电流之间服从欧姆定律的电阻元件称为线性电阻,线性电阻的电压电流关系曲线即伏安特性曲线为通过原点的一条直线。与非线性电阻不同,非线性电阻的伏安特性不是通过原点的一条直线,而是一条曲线,即电阻元件的电阻值不是一个常数。各种电阻器、变阻器通常可看作线性电阻,晶体二极管是典型的非线性电阻,白炽灯中的钨丝在电压从零增加到额定值时,其电阻也是非线性电阻,教师可以通过实验予以验证。教师还应向学生说明,本课程中所提及的电阻,凡未特别加以说明的,均指线性电阻。

3. 实际方向与参考方向:

(1) 电流的实际方向与参考方向 电流的实际方向是客观存在的方向,并且规定正电荷移动的方向就是电流的实际方向。因此,电流的实际方向是从高电位流向低电位。但是,电路中电流的真实方向往往未知,尤其是在分析复杂直流电路或交流电路的时候。为了解决这一问题,在进行电路分析计算之前,要任意假定电流的方向,在电路图中用箭头标示,称为电流的参考方向。电路中电流的实际方向,有可能与参考方向一致,也有可能与参考方向相反。如计算结果所得的电流为正,则表示电流的实际方向与所假定的参考方向一致;如计算所得的电流为负,则表示电流的实际方向与所假定的参考方向相反。教学过程中发现,学生往往只注意电流的大小,而对电流的参考方向有所忽视。教师必须强调不标电流的方向,而只有数值的大小是没有意义的。

(2) 电压、电动势的实际方向与参考方向 电动势反映电源力做功,电源力使正电荷从低电位移向高电位,因此,电动势的实际方向是从低电位指向高电位,或者说从电源的负极指向电源的正极。电压反映电场力做功,电场力使正电荷从高电位移向低电位,因此,电压的实际方向是从高电位指向低电位,所以又称为电压降。但在进行电路分析和计算时,仍然往往无法事先判定电压的实际方向,此时可与电流一样,先任意假定一个电压的参考方向,用“+”号表示假设的参

考高电位端,用“-”号表示假设的参考低电位端。如果计算所得的结果为正,说明电压的实际方向与参考方向一致;如为负,则说明实际方向与参考方向相反。

有了电压或电流的参考方向,又得出了和参考方向相结合的具体电压、电流数值的大小,就完全可以表示电压和电流的实际方向及大小,而不必再去追究其实际的方向了。

(3) 电压和电流的关联参考方向 对一个电路元件,假定电压的参考方向和电流的参考方向互相一致,就称为关联参考方向,即电流从高电位流向低电位,电流的参考方向就与电压的参考方向一致。在进行这部分内容教学时,教师应强调“关联参考方向”这一名词的提出是为了使分析问题简单化。因为任一电路元件,若既标电压参考方向,又标电流参考方向,会使电路图上显得繁乱,而且它们都是独立标注的,不但增加了工作量,还会使这两个本来有密切联系的物理量,因各自标注一套符号而给定量分析计算带来不必要的麻烦。提出了关联参考方向的概念以后,只要在图上标注一个物理量的符号,如标注了电压的参考方向,就可不再标电流的参考方向,该参考方向已成为已知的了。

当然,有时为了分析问题方便起见,标注了电流参考方向,再标上电压参考方向也是有的。

(三) 例题设计

例题和练习是教材的重要组成部分,交互认知复合性学习模式认为,举例要符合学习规律,由浅入深,逐层扩大内涵,可分成三种类型:

1. 典型例题 这种类型的例题用于对某个特定的概念做出容易理解的说明。

2. 讲解型例题 这种类型的例题用于加深对概念的理解,提供对概念多方面应用的机会,如提供可作多重选择的机会。

3. 实际应用型例题 这种类型的例题用于说明概念的应用情境,帮助学生了解概念如何应用于特定的条件,包括分析和解答问题的步骤方法及可能发生的错误等。

例 1 如图 1.1.1 所示,分别求 A 点为参考点, B 点为参考点, D 点为参考点时各点的电位。

分析 电位的求解属典型例题,目的是通过对选择不同参考点时各点电位的求解,加深学生对电位概念的认识和理解,使学生明白当参考点确定以后,电路中的其他各点就有了确定的电位值。若参考点选择改变,则电路中其他各点的电位也改变,他们同时升高或降低一个值。

例 2 某电动机在未运转前测得其铜线圈的电阻 $R_1 = 3.7 \Omega$, 此时周围的环境温度为 $t_1 = 20^\circ\text{C}$, 当电动机通电运行 1 小时(h)后, 电动机线圈因发热而使温度上升, 此时测得线圈的电阻 $R_2 = 4.5 \Omega$, 求该电动机线圈的温度 t_2 及温升 $t_2 - t_1$ 。

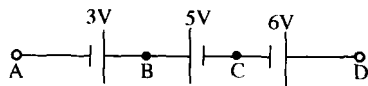


图 1.1.1 例 1 附图

分析 电动机线圈温升的计算属实际应用型例题,目的是拓宽学生的思路。教师在讲述时可以先设疑点,电动机线圈被放置在电动机机壳内部,电力变压器线圈被放置在变压器油箱里,它们在运行中要发热,如何来测定它们运行一段时间后的温度(或温升)呢?可用测电阻的方法换算成温度,该方法既简单又可行,在工程技术上获得了广泛的采用。同时,教师可以启发学生,这是属于非电量的电测法,为后面讲述电工仪表及测量埋下伏笔。

例 3 如图 1.1.2 所示,已知 $R = 10 \Omega$, $U_{AB} = 10 \text{ V}$, 分别求(a)图及(b)图中的电流 I 。

分析 电流参考方向不同时的电流计算主要属讲解型例题,使学生明白电流参考方向选择

不同,计算所得电流的正、负号也不同,但无论如何选择电流的参考方向,电路中电流的实际方向不会改变。

例 4 有一只 $P = 40\text{ W}$, $U = 220\text{ V}$ 的白炽灯,接在 220 V 的电源上,求通过白炽灯的电流 I 。若该白炽灯每天使用 4 h ,求 30 天(d) 消耗的电能 W 。

分析 求白炽灯消耗的电能主要属实际应用型例题。该类型题在物理学中已学过,可由学生自己来完成。教师在讲解时可以多举几个家用电器的实例来加深和拓宽学生知识面。

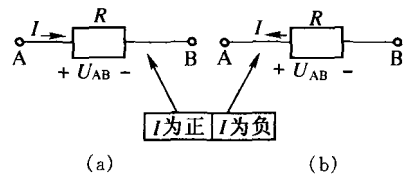


图 1.1.2 欧姆定律的方向

课题二 电路元件、电阻连接、电路状态

在本课题的教学中除理想电压源与理想电流源对学生来讲是新概念以外,其余内容在物理中都已接触到,仅从工程技术角度出发作进一步的深化。

(一) 电路元件

1. 理想无源元件 对这部分内容的讲解,只是在物理的基础上进行归纳与汇总,使电阻、电容、电感这三种无源元件在学生头脑中有一个完整统一的印象,为后面交流电路的讲解打下基础。

2. 理想电源元件 由于实际电路中,大多数电源是电压基本恒定的电源,所以通常都以电压源的形式来表示,其电路模型由电动势为 E (或 U_S) 的理想电压源和内电阻 R_0 串联构成,当内阻 R_0 小到可以忽略不计时,即成为理想电压源。这个概念学生很容易接受。对于电流源,学生在学习时往往会感到抽象,不易接受。但在电子线路中,电流源的概念又很重要,因此,教师应把重点放在电流源的讲解上。如果一个电源(如光电池)其输出的电流基本上不变,则通常以电流源的形式来表示,可以用电流为 I_S 的理想电流源和内阻 R_0 并联构成,当内阻 R_0 为无限大时,即成为理想电流源。

(二) 电阻的连接

电阻的串联、并联及混联电路在物理中已作了较多的叙述,对电路的分析计算,学生也比较熟悉。因此,在讲述这部分内容时,对公式的推导可以一带而过,重点放在串联电路及并联电路在工程技术中的实际应用上,通过实例来说明串联电阻、并联电阻的特征及用途。教师在讲述时,着重点不在如何计算上,而在于通过计算所得的数据与结论说明有什么实用意义或解决什么具体问题。在此基础上可以作进一步的拓宽与发挥,例如,为什么离供电变压器距离近的用户电源电压较高,距离远的用户电源电压就比较低;为什么一台较大的用电设备在起动时,附近的白炽灯会突然暗一下;为什么下雨天或人体比较潮湿时容易造成触电事故等。通过这些问题的分析来启迪学生的思维,培养学生的能力。

(三) 电路状态

电路的三种状态即开路状态、工作状态、短路状态,在物理中仅作了简单的介绍,从工程技术实际应用角度出发,最多的是电路的工作状态,必须给予关注和防止的是电路的短路状态。下面重点介绍电路的工作状态。

1. 电气设备的额定值 电气设备(包括绝缘导线、电缆等)的导电部分都有一定的电阻,电流流过时在电阻上会产生能量损耗,从而使电气设备的温度逐渐升高,与此同时,电气设备的热

量又不断地向周围空气中散发,经过一定的时间以后,当发热和散热达到平衡时,电气设备的温度升高就稳定在某一数值。通过电气设备的电流越大,发热量越大,设备的稳定温度也就越高。如果电气设备的温度超过了该设备所用绝缘材料的允许温度后,绝缘材料就会很快变脆,使用寿命会缩短,甚至烧损。因此,设计及制造部门根据该电气设备所用绝缘材料在正常寿命下的允许温升,定出电气设备在长期连续运行或按规定的工作制运行时允许通过的电流,称为额定电流,用 I_N 表示。

根据电气设备所用绝缘材料的耐压程度规定的正常工作时的电压,称为额定电压,用 U_N 表示。

电气设备的额定电压、额定电流和相应的额定功率 P_N 以及其他额定值(如额定转速等),称为电气设备的额定值。额定值表明了电气设备的正常工作条件、工作状态和容量等,通常将其标在产品上(如白炽灯泡上的 220 V、60 W)或标在产品的铭牌上,在产品说明书中也可以查到。使用电气设备时,一定要注意其额定值,以免出现不正常情况或事故。

2. 电气设备的工作状态 一般来讲,电气设备在额定状态下使用时最为经济、合理,而且安全可靠。但是在实际使用中,电气设备并不一定能恰好在额定工作状态下工作,其原因主要有两个方面,一是加在负载上的电源电压由于受到种种外界原因的影响,不一定是负载的额定电压,例如,额定值为 220 V、100 W 的白炽灯,若加在白炽灯上的电压低于 220 V,则白炽灯的功率也低于 100 W。另一个原因是在一定的电压下电源输出的功率和电流取决于负载的大小,即负载需要多少功率和电流,电源就供给多少,所以,电源通常不是处在额定工作状态。在用电高峰期间,电源可能处于额定工作状态,甚至可能稍有超载;在用电低谷期间,电源在轻载状态下工作。对于电动机来讲也一样,其实际功率和电流取决于它的轴上所带的机械负载的大小,并不一定在额定状态下工作。不论在何种状态下工作,在使用时必须掌握的最基本点是,用电设备的额定电压必须等于电源的额定电压,这样,才能保证设备的正常运行。

3. 负载的大小 在教学过程中,教师还必须让学生建立有关“负载的大小”的正确概念。所谓“负载的大小”是指负载实际取用的电功率的大小,由于电压为额定值,因此,“负载的大小”也就是指流过负载的电流的大小,要纠正负载大就是指负载电阻大,负载小就是指负载电阻小的误解。

(四) 例题设计

例 1 常见的照明电路由单相交流电源供电,电阻串联分压的原理仍然适用。该电路由一根相线(俗称火线)和一根中性线(俗称零线或地线)供电。中性线接大地,相线对中性线的电压为 $U = 220 \text{ V}$,如人站在地上,用手直接接触及相线,则加在人体上的电压为 220 V,人就会因触电造成伤亡事故。当电工检修电路时,穿上绝缘胶鞋,或站在干燥的木凳、木梯上触及相线时,仍可操作自如没有危险,其原因可通过电阻串联的原理予以解释。设人体电阻为 $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$,胶鞋或木凳的电阻 $R_2 = 109 \text{ k}\Omega$,则加在人体上的电压为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{1}{1 + 109} \times 220 \text{ V} = 2 \text{ V}$$

通常加在人体上的电压在 36V 以下为安全电压,现只有 2 V,故没有危险。

分析 这是一个实际应用型例题,通过电阻串联分压的理论来解释维修电工在实际操作时

的现象。在此基础上教师可以作进一步的引导：(1) 如果穿上绝缘胶鞋站在木梯上工作的维修电工，一只手触及相线，另一只手不慎与墙壁或天花板相碰触，会产生什么现象？(2) 如果穿上绝缘胶鞋站在木梯上工作的维修电工，在触及相线工作时，站在地上的另一个人，用手去碰该维修电工，会产生什么现象？以此来拓宽学生的知识面与技能。

例 2 收音机或录音机的音量控制采用串联电阻分压电路来调节其输出电压，从而实现扬声器输出音量的控制，如图 1.1.3 所示。设输入电压 $U_i = 1\text{ V}$ ， R_1 为可调电阻，其阻值可在 $0 \sim 4.7\text{ k}\Omega$ 范围内调节， $R_2 = 0.3\text{ k}\Omega$ ，求输出电压 U_o 的变化范围。

分析 收音机音量控制电路属实际应用型例题，通过电阻串联分压电路，使学生明白收音机、录音机、电视机等音量控制的理论依据及实施，可将两个串联电阻上下对调作为一个习题让学生练习，教师在布置该题时可以先让学生先分析可能产生的现象及实际效果，在此基础上进一步启发学生，如果将固定电阻 R_2 去掉，会产生什么现象及效果。

例 3 多量程直流电压表流过表头的满偏电流值保持不变，利用串联不同的分压电阻来实现对不同电压量程的测量。如图 1.1.4 所示，利用串联电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 可以分别满足量程为 10 V 、 50 V 、 100 V 、 250 V 的电压测量。已知对应于 10 V 量程时电压表表头及串联电阻之和为 $R_1 = 20\text{ k}\Omega$ ，求对应于其他量程时各电阻 R_2 、 R_3 、 R_4 之值。

分析 多量程电压表电压测量的原理例题属实际应用型例题，可由教师讲解，也可由学生自学，本例内容在实验与实训“万用表的原理电路实训”中会用到。

例 4 在电压 $U = 220\text{ V}$ 的电路中并联接入一盏额定电压 220 V 、功率 $P_1 = 100\text{ W}$ 的白炽灯和一个额定电压 220 V 、功率 $P_2 = 500\text{ W}$ 的电热器，求该并联电路的总电阻 R 及总电流 I 。

分析 并联电路总电阻及总电流的计算属典型例题，本例内容在物理课中也有类似的题目，教师可以简单提示一下由学生自己完成。本题解法很多，让学生练习也起到讲解型例题的有多重选择求解的效果。

例 5 图 1.1.5 为采用环形分流器的多量程电流表电路，已知微安表表头满刻度电流 $I_1 = 100\text{ }\mu\text{A}$ ，表头电阻 $R_0 = 1\text{ k}\Omega$ ，当开关 S 与 A 点接通时量程为 10 mA ，当 S 与 B 点接通时量程可扩大到 100 mA ，求电阻 R_1 与 R_2 的值。

分析 用并联电阻分流的原理构成多量程电流表，本例计算难度较大，目的是说明并联电阻可以分流，教师可按学生实际情况选用，如学生基础较差，接受有困难时，教师也可不用本例。

例 6 某电池组的电动势 $E = 24\text{ V}$ ，内阻 $R_0 = 0.1\text{ }\Omega$ ，正常

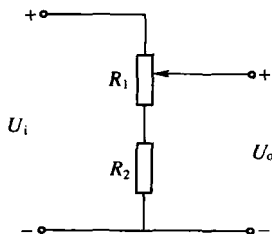


图 1.1.3 例 2 附图

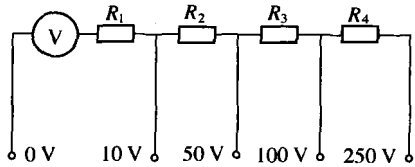


图 1.1.4 例 3 附图

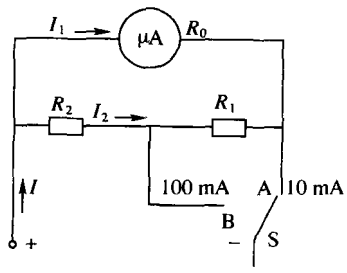


图 1.1.5 例 5 附图