



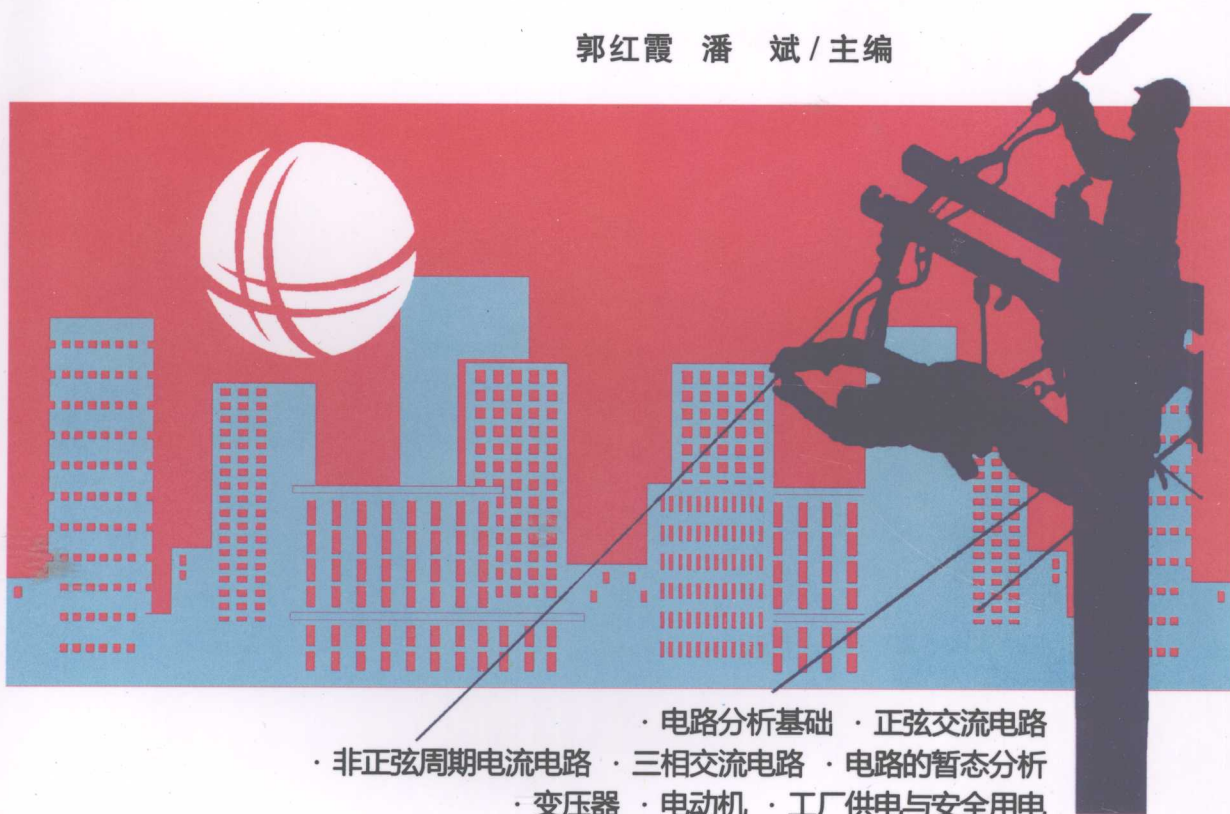
全国职业教育通用教材
机械制造与电子技术专业

Quanguozhiyejiaoyutongyongjiaocai
JIXIEZHIZHAOYUDIANZIJISHUZHUYANYE

电工基础

DIANGONGJICHU

郭红霞 潘 斌 / 主编



· 电路分析基础 · 正弦交流电路
· 非正弦周期电流电路 · 三相交流电路 · 电路的暂态分析
· 变压器 · 电动机 · 工厂供电与安全用电



电子科技大学出版社

全国职业教育通用教材
机械制造与电子技术专业

Quanguozhiyejiaoyutongyongjiaocai
JIXIEZHIZAOYUDIANZIJIISHUZHUYAN

电工基础

DIANGONGJICHU



安亚君 岳立新 / 主编



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工基础 / 郭红霞, 潘斌, 胡庆主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2009. 1

全国职业教育通用教材(机械制造与电子技术专业)

ISBN 978-7-81114-832-9

I. 电… II. ①郭… ②潘… ③胡… III. 电工学—教材

IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 149222 号

内 容 简 介

本书是职业教育“机械制造与电工电子技术”类专业通用教材。

电工基础是工科学校的一门专业基础课程。通过本课程的学习,可以获得电工技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术和其他科技领域的相互联系和相互促进的关系,为今后的学习和工作奠定理论和实践基础。

本书主要包括:电路的基本概念与基本定律、直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、变压器和交流电动机、非正弦周期电流电路、电路的暂态分析、工厂供电与安全用电等内容。

本书可以作为中等职业学校、中等专科学校、高等职业学校、高等专科学校、成人高校以及民办高校相关专业的通用教材,也可作为岗位培训教材和自学用书。

全国职业教育通用教材(机械制造与电子技术专业)

电 工 基 础

郭红霞 潘 斌 胡 庆 主编

出版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 汤云辉

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川省南方印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 9.5 字数 237 千字

版 次: 2009 年 1 月第一版

印 次: 2009 年 1 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-832-9

定 价: 18.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

总 导 言

进入 21 世纪以来,机械制造与电子信息技术更为广泛和深入地应用于人们日常的生活、学习、工作,乃至休闲和娱乐中,电子与信息产品和电视、冰箱、空调、电脑、手机、DVD、MP3、MP4 等比比皆是。

由电子与信息技术产品形成的信息产业,已经成为我国国民经济的支柱产业,其工业增长率每年以 30% 以上的速度递增,工业总产值已经占全国工业总产值的 40% 以上,个别行业甚至高达 60%。

随着产业的发展,必然带来人才需求的增长,而技术的进步又必然要求人员素质的提高。从总体上来说,机械制造技术与电子技术是一门高技术产业,且对人才的需求具有明显的两极特点,一方面需要具有高学历的开发、研究、创造性人才。但同时更多地、更为广泛地需要在机械制造与电子信息产品的整机生产、装配、调试、维修和检验等各个工种,以及通信网络的安装、管理、使用、维护工作甚至专业性的采购和市场营销等领域的“蓝领”人才。所谓“蓝领”人才,是具有高职、中职学历的具有综合职业能力的实用性、复合型人才。

为了满足我国高速经济发展的需要,成千上万的生产企业和经营单位渴求人才,在教育部《面向 21 世纪教育振兴行动计划》的指导下,为贯彻落实《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,并以“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”为指南,我们汇集了在电子信息技术与机械制造教育一线从教的优秀教师,由有关电子与信息技术专家、教授领衔,组成了阵容强大的“教材编写组”,及时地推出了职业教育“机械制造与电子技术专业”最新版的专业教材。首批面市的有:《电工基础》《数字电路基础》《电工技能与实训》《电子技能与实训》《机械基础》《机械制图》等。接着还将推出《电子整机原理》《电子设计自动化技术》《单片机原理与应用》《电子产品测试与检测》《电子产品结构工艺》《移动通信设备》《电子测量仪器》等更多层次的教材。

在职业技术教育中,教材占有至关重要的地位,它将起到先进课程体系、教学经验以及新知识、新技术、新工艺的传播和推广作用。本系列教材立足于电子信息技术与机械制造技术的专业特点,准确定位于中、初级人才职业技能和综合能力的培养。在教材的编写中,凸显了理论与实践的高度统一与综合,并充分地为理论教学与实践教学的交叉进行提供了接口,真正做到在理论的指导下进行有效的实践,又在实践中高效地掌握理论,使教与学、理论与实践完美结合。

但是,电子信息与机械制造技术也属于“现代科技”的范畴,其学科的内在机理蕴涵着无穷的奥妙,作为职业学校的教材,没有必要去探究电子信息技术与机械制造中的繁难问题,然而,如何把握教材的深度和难度,又往往成为教材编写中十分棘手的问题。本系列教材应用全新的“教材理念”,本着“够用即止”“深入有度”的取材原则,把教材中必需的知识“重点”“难点”乃至“盲点”进行了有效的整合,不仅使知识基础全面、系统、完整,而且

强化了各类电子信息与机械制造的“共性”与“个性”，从而使每种教材既符合“职业学校重点建设专业教学指导方案”的要求，又紧扣该专业教学大纲的内容，使全套教材光鲜、生动、流畅。

纵观本套教材，具有如下的特点和亮点：

一、突出特点，统一共性。本系列教材以知识基础为主线，深刻地阐述和剖析基础知识原理，然后再搭建各类整机（产品）的平台，把抽象变为直观，把散乱变为物化。使读者只要牢固地掌握了基础知识，即使在日后的工作实践中遇到种类繁多、千姿百态的整机（产品），也能自然地应对。

二、以实践为主，理论跟进。电子信息与机械制造技术专业是实践性极强的专业，在教材中必须体现实践→理论→再实践的高度融合。

三、举一反三，知识翻新。本系列教材在知识体系中，常常采用举一反三、触类旁通的方法去开启新技术的大门，并使技术的发展和延伸浑然一体，使读者在吸收现代技术的同时，触及将来技术应用的发展方向，可以说这是本系列教材的一大亮点。

四、语言流畅完美。图书或教材，即便是科技类图书、教材，依然是要使读者和学生们真情地去阅读和学习。因此，图书或者教材的可读性，往往成为读者是否首选该图书或教材的第一性问题。当读者翻开图书或教材时，第一感觉必然是跃然纸上的文字、插图，如果书中的语言流畅完美，插图规范、翔实、易读，自然会给读者一个赏心悦目的快感，引起购书的冲动。

教材或者图书虽然是特殊的商品，但毕竟是“商品”，任何商品最终都要接受市场的检验，出版者将企盼着千百万读者的回应。

职业教育教材编写委员会

前 言

本书按照最新的教学大纲要求,总结多年教学改革和课程建设的实践经验编写而成。本书以满足教学需要和具有较宽适应面为出发点,坚持学以致用、突出应用的原则,具有一定的新意。本书兼顾到目前教学课时相对压缩的实际情况,对传统内容做了适当的精简,教学内容篇幅比较紧凑,基本概念和基本原理以讲清为度,主次分明,突出了实用性和实践性。本书层次结构合理,内容由浅入深,使课时少的专业能够做到好教易学。叙述文字表述流畅,易于学生掌握,除介绍学生必须掌握的基本分析方法外,还注意章节内容的归纳小结,以缩短学生索取知识的过程,易于自主学习。为了照顾不同专业的需要,尽量接近工程实际,本书还增加了一些实用技术,如变压器和交流电动机、工厂供电与安全用电等内容,教学时可根据需要选用。

“电工基础”是工科学校职业教育非电类专业的一门专业基础课程。通过本课程的学习,可以获得电工技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术和其他科技领域的相互联系和相互促进的关系,为今后的后续课程的学习以及将来从事工程技术工作奠定理论和实践基础。

本书共分八章,主要内容包括:电路的基本概念与基本定律、直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、变压器和交流电动机、非正弦周期电流电路、电路的暂态分析、工厂供电与安全用电等内容。书中提供了大量针对性较强的复习思考题,每章后都有内容小结及习题,便于读者复习及检查学习效果。可以配合本系列教材《电工技能与实训》、《电子技能与实训》使用。

由于编者水平有限加之时间仓促,书中难免会有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电路分析基础.....	1
引言.....	1
1.1 电路的基本概念.....	1
一、电流、电压、参考方向、关联参考方向.....	2
二、关于电动势的概念.....	5
三、额定值与实际值.....	5
1.2 电路的基本元件.....	6
一、无源元件.....	6
二、有源元件.....	10
1.3 基尔霍夫定律.....	15
一、基尔霍夫第一定律 (KCL)	16
二、基尔霍夫第二定律 (KVL)	17
1.4 支路电流法.....	19
一、KCL 和 KVL 独立方程	19
二、关于支路电流法.....	19
1.5 叠加定理.....	21
1.6 戴维南定理.....	22
一、关于二端网络等效的概念	23
二、关于等效变换和等效化简.....	23
本章小结.....	24
习题.....	26
第 2 章 正弦交流电路.....	29
引言.....	29
2.1 正弦交流电的基本概念.....	29
2.1.1 正弦量的三要素.....	30
2.1.2 正弦量的相量表示.....	34

2.2 单一参数的交流电路.....	36
2.2.1 电阻元件的正弦交流电路.....	37
2.2.2 电感元件的正弦交流电路.....	38
2.2.3 电容元件的正弦交流电路.....	40
2.3 正弦交流电路的分析.....	42
2.3.1 RLC 串联交流电路.....	43
2.3.2 阻抗的串联与并联.....	50
本章小节.....	53
习题.....	53
第 3 章 非正弦周期电流电路	55
引言.....	55
3.1 非正弦电路的分析方法.....	56
3.1.1 非正弦周期信号的分解.....	57
3.1.2 非正弦周期信号的频谱.....	58
3.1.3 非正弦周期电流电路的计算.....	59
3.2 非正弦周期量的有效值、平均值和功率	63
3.2.1 非正弦周期量的有效值.....	63
3.2.2 非正弦周期量的平均值.....	64
3.2.3 波形系数.....	65
3.2.4 非正弦周期电流电路的功率.....	66
3.3 谐振滤波器的概念.....	68
本章小结.....	71
习题.....	71
第 4 章 三相交流电路	73
引言.....	73
4.1 三相电源.....	73
4.2 三相负载.....	76
本章小结.....	81
习题.....	81
第 5 章 电路的暂态分析	83
引言.....	83

5.1 换路定律.....	83
5.1.1 关于产生暂态过程的原因.....	83
5.1.2 换路定律.....	85
5.2 RC 和 RL 一阶电路的过渡过程.....	86
5.3 直流一阶电路分析计算的三要素法.....	91
*5.4 交流一阶电路分析计算的三要素法.....	92
*5.5 关于零输入响应、零状态响应与完全响应.....	93
*5.6 RLC 二阶电路的分析.....	94
本章小结.....	98
习题.....	99
第 6 章 变压器	101
引言.....	101
6.1 磁路的基本概念.....	101
6.2 变压器的基本结构.....	104
6.3 变压器的工作原理与使用.....	105
6.4 几种常用的变压器.....	110
本章小结.....	111
习题.....	111
第 7 章 电动机	113
引言.....	113
7.1 三相异步电动机的结构.....	113
7.2 三相异步电动机的工作原理.....	115
7.3 三相异步电动机的运行特性.....	118
7.4 三相异步电动机的使用.....	122
7.5 单相异步电动机.....	128
7.6 单相异步电动机的启动控制.....	129
本章小结.....	130
习题.....	130
第 8 章 工厂供电与安全用电	131
引言.....	131
8.1 电力系统的基本知识.....	131

8.2 工厂供电概述.....	135
一、工厂供电的意义和要求.....	135
二、工厂供电系统组成.....	135
8.3 触电.....	136
8.4 安全用电.....	137
8.5 节约用电.....	140
本章小结.....	141
习题.....	141
参考文献.....	142

第1章 电路分析基础

引言

电路是电工电子学的主要研究对象,电路理论是学习电工技术和电子技术的基础。本章从电路的基本概念入手,在对电路的基本物理量——电流、电压和电动势等进行复习的同时,引出了电压和电流的参考方向,并根据欧姆定律对电路的工作状态作了简要分析,这对掌握本课程知识起到了承上启下的作用。接着介绍组成电路的基本元件及其伏安特性,阐述电路基本理论中的基本定律——基尔霍夫定律。以此为基础,分别讨论了几种常用的电路分析方法:支路电流法、叠加原理和电源等效法,训练和培养读者对电路的分析能力。

第1章所讨论的电路的基本概念、基本理论和常用的分析方法,不仅适用于直流电路的分析,原则上也适用于交流电路。因此,本章是学习电工技术和电子技术,以及后续相关课程的重要基础,应很好地理解和掌握。

本章教学内容可分为如下几个部分:

- (1) 电路的基本概念,包括电路模型的概念、电路中的基本物理量和电压、电流参考方向的概念;
- (2) 电路模型的概念,电路中的物理量,电压和电流的参考方向,基尔霍夫电流定律,电阻、电感、电容,电压源和电流源的伏安关系;
- (3) 基尔霍夫定律、支路电流法、叠加原理和电源等效法。

1.1 电路的基本概念

电路是电流的通路,是由各种电工、电子元器件联结而成的。根据电流的性质可分为直流电路和交流电路。实际电路根据工作要求不同,构成了各种不同用途的电路。例如提供电能的输电、配电电路;传递信息的电话通信系统等。

电路的功能可分为两大类:第一类主要用于电能量的传输、分配和转换,照明电路就属于这一类电路,侧重于传输效率的提高;第二类主要用于电信号的传递、处理和运算,例如收音机和电视机等,侧重于信息在传递过程中的保真、运算速率和消除干扰。

我们在电路分析学习的过程中,主要关心的内容应当是:研究电路中能量转换过程中的一般规律,为研究具体的电路建立分析、计算的方法。

电路的基本组成部分是电源、负载和连接导线。要研究电路基本规律,在开始学习课程的时候,首先必须明确考察的对象是什么。

电路考察研究的不是实际电路,而是电路模型。即理想化电路元件,是实际元件的科学抽象。每一种理想元件包括两个因素:

(1) 具有确定的电磁性质

如三种基本电路元件：电阻元件是实际电阻器的理想化模型，它只具有将电能转换为热能的性质；电感元件是实际电感器的理想化模型，它只具有储存磁场能量的性质；电容元件是实际电容器的理想化模型，它只具有储存电场能量的性质。又如有两种理想化电源元件：电压源是实际电源的一种理想化模型，它只具有提供恒定电压或给定函数电压的性质；电流源是实际电源的另一种理想化模型，它只具有输出恒定电流或给定函数电流的性质。

(2) 具有精确的数学定义和数学表达式

这就奠定了对电路进行分析计算的基础。任何一个实际的电路元（部）件都可以用一个或多个基本电路元件来模拟，表征它的主要电磁性质。把元件理想化的目的是为了突出其主要的电磁特性，有利于电路的分析和计算。

一般将电源内部的电路（电动势和内阻）称为内电路，其余部分（中间环节和负载）称为外电路。

一、电流、电压、参考方向、关联参考方向

1. 电流及参考方向

关于电流的概念，应明确的是：

(1) 电流是电荷在电场力作用下有规则的运动。

(2) 电流的大小即**电流强度**，简称电流 i ，定义为：单位时间内通过导体横截面的电荷量。也就是电荷 q 对时间 t 的变化率，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

(3) 习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的真实方向。

(4) 在电路分析时，电路中电流的真实方向未知，特别是复杂电路就更难判定电流的真实方向。为了解决这一困难，可以在电路分析前，任意假定电流的方向，在电路模型图中用箭头符号标示，称为参考方向。

当电路中的参考方向假定后，电流就是一个代数量，可能是正值或是负值。当电流的实际方向和参考方向一致，电流的数值就为正值 ($I > 0$)，反之，电流的数值为负值 ($I < 0$)。由此可见，在参考方向选定之后，电流就有了正值和负值之分，电流值的正负号反映了电流的实际方向。

如果电流的大小和方向不随时间发生变化，就称为直流电，简称直流，则该电源称为直流电源。电池就是一种常见的直流电源。电流在电路的大小和方向均随时间而变化，则称为交变电流，简称交流。依照国家标准，直流和交流的物理量分别用大小写加以区别。例如电流、电压、电动势分别用 I 、 U 、 E （直流）和 i 、 u 、 e （交流）来表示。

电路中能量的传递和转换或者是信号的处理，与物理量的大小和方向均有关系。

2. 电位、电压及其参考方向

在电子技术中，常应用电位的概念来分析和计算电路。

电位是指电路中任一点相对于参考点之间的电压，常用“ V ”来表示与用“ U ”表示的电压相区别。在分析和计算电路的电位之前，应首先选定电路中的某一点为参考点，用符号

“ $\perp$ ”表示,并规定参考点的电位为零。对于电位有以下几点结论:

(1) 电路中的任一点的电位都等于该点相对于参考点之间的电压。也就是说电位实质上还是两点之间的电压,只不过是将其一点确定为参考点而已。因此,电路中提到电位,必须要有相应的参考点。

(2) 电路中某点的电位的高低与参考点的选取是有关系的。电位值是相对量,电路中同一点的电位值因参考点选取的不同而不同。

(3) 电路中的两确定点之间的电压是绝对量,与参考点的选择无关。

参考点也称为“地”,在实际电路中一般以大地为零电位点;在没有接地的情况而有金属机壳,通常将这个机壳作为“地”。在电子测量时,常把电压表的“-”端接机壳,而“+”端依次接触各测试点,即可得到各测试点的电位值。在电路分析中,一般选择多条导线的汇集点为“地”并用符号“ $\perp$ ”表示。

关于电压的概念,应明确的是:

(1) 电荷在电场力作用下有规则的运动而形成电流,在这过程中电场力推动电荷运动而做功,做功的能力,用“电压”这个物理量来表示。

(2) 电压的大小为电场力把单位电荷从 a 点移到 b 点所做的功。即 ab 两点之间的电压为:

$$U_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-2)$$

式中, w 就是电场力推动正电荷 q 从 a 点到 b 点所做的功。电压的单位是伏特 (V)。 U 表示任意的电压。对于支路电压一般用 U 表示,也可以用 u 表示。

(3) 如果电场力做功为正值,单位正电荷失去能量, U_{ab} 称为电压降;如果电场力做功为负值,单位正电荷获得能量, U_{ab} 称为电压升。

(4) 单位正电荷在电路中某一点所具有的电位能,称为该点的电位,等于单位正电荷从该点经过任意途径移到无穷远点(即参考点)是电场力所做的功,单位是伏特 (V)。电位用字母 U 带下标表示,下标表示电位所在点。如 a 点的电位用 U_a 表示。电力中任意两点 ab 之间的电压就是该两点的电位差,即:

$$U_{ab} = U_b - U_a \quad (1-3)$$

(5) 习惯上规定,电压的真实方向是由高电位点指向低电位点,即电压降的方向。

为了分析计算的方便,像电流一样,先任意假定参考方向,在电路图中标出。标示的方法可以用“+”号表示高电位点,“-”号表示低电位点,或用箭头符号表示,箭矢方向是由高电位点指向低电位点。也可以采用双下标字母来表示,例如电压 U_{ab} 表示电压的参考方向由 a 点指向 b 点,即 a 为高电位端, b 为低电位端;若电压参考方向由 b 点指向 a 点,则应该写成 U_{ba} ,两者仅差一个负号。即:

$$U_{ab} = -U_{ba} \quad (1-4)$$

电路中电压的参考方向假定后,电压就是一个代数量,可能为正值,也可能为负值。如分析计算的结果,电压为正值,则表示电压的实际方向与参考方向一致;若为负值,则表示电压的实际方向与参考方向相反。在外电路中若存在电压时,则单位正电荷将由电源的正极“+”移动到电源的负极“-”形成电流。因此,规定电压的实际方向为“+”极指向“-”极。为了使电路中的电流持续稳定地流动,需要保持电压恒定。而恒定电压依赖于电源电动势的维持。这就要求电动势能够克服电源“+”、“-”极间的电场力,将单位正电荷不断地从“-”极移动到“+”极。所以,由此可知在电源内部,电动势的实际方向与电源电压的实际方向相反。

在电路中,如果没有表明参考方向,那么讨论这些物理量的正、负值是毫无意义的。因此在分析和计算电路之前,必须先在电路图上标出电流、电压或者电动势的参考方向,这点需要特别注意。

在分析电路的过程中,参考方向一旦设定后,在电路其后的分析中不得随意更改。

3. 电压、电流的关联参考方向与功率正负的概念

在电路的同一个元件(除了电源)上,如果所选取的电压和电流的参考方向一致时,称为关联参考方向,简称关联方向。此时,电压和电流的关系就是我们熟悉的欧姆定律。可表示为:

$$U = IR \text{ 或 } I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

所谓电压与电流的关联参考方向,如图 1-1 所示。就 ab 电路而言,电流 I 的参考方向是从 a 端流入电路,从 b 端流出电路,电压 U 的参考方向是 a 端为高电位, b 端为低电位,即电压降方向。如图 1-1 所示参考方向又称为一致参考方向。

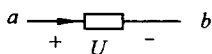


图 1-1 关联参考方向

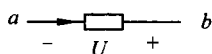


图 1-2 非关联参考方向

在关联参考方向下, ab 电路的功率表达式为:

$$p = ui \quad (1-6)$$

若分析计算的结果, u 、 i 均为正值, 或均为负值, 则功率 $p > 0$, 表示 ab 电路吸收功率; 若 u 、 i 互为异号, 则功率 $p < 0$, 表示电路产生功率。

如果 ab 电路的电压和电流是非关联参考方向, 如图 1-2 所示。则其功率表达式为:

$$p = -ui \quad (1-7)$$

若分析计算的结果, u 、 i 均为正值或均为负值, 则 ab 电路的功率 $p < 0$, 表示 ab 产生功率; 若 u 、 i 互为异号, 则 $p > 0$, 表示电路吸收功率。这就是功率正负的概念。

由于电路的分析计算离不开电压和电流的参考方向, 因此, 理论中十分重要的概念必须深刻理解和熟练掌握。

二、关于电动势的概念

关于电动势的概念，应明确如下几点：

(1) 电动势是表示电源把其他形式的能量转变为电能的本领大小的物理量。电源是把其他形态的能量转换为电能的装置。每一种电源在任一时刻都有正极和负极。电源内部存在着某种非电场力，它能克服电场力而做功，迫使正电荷从低电位点的负极经电源内部移动到高电位点的正极，在这个过程中把其他形态的能量转换为电能。为了表征电源内部非电场力对正电荷做功的能力，或者说，为了表示其他形态的能量转换为电能的能力，引入了电动势的概念。

(2) 电源的电动势等于其内部非电场力把单位正电荷从负极经内部移动到正极时所做的功。单位与电压相同。电动势的大小取决于电源的本身，与外电路无关。任意的电动势用 e 表示。对于大小和方向不随时间变化的直流电动势，一般用 E 表示，也可以用 e 表示。

(3) 习惯上规定电动势的真实方向，是低电位点负极指向高电位点正极，即电位升的方向。这正好与电压的真实方向相反。

(4) 电动势与电压是两个不同的概念。前者是非电场力把正电荷从低电位点附近移动到高电位点正极所做的功；而后者是电场力把单位正电荷从高电位点移到低电位点所做的功。但是，它们都可以用来表示电源正、负极之间的电位差。在闭合电路中，从电源对外电路的表现这一客观效果来看，如图 1-3 所示，既可以用正、负极 ab 之间的电动势 e 来表示，也可以用其间的电压 U 来表示。应注意的是，两者的参考方向正好相反。

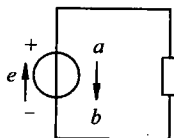


图 1-3 用电动势和电压表示电源两端的电位差

三、额定值与实际值

接在电路中的电器设备，它们的工作电压和电流都是有一个规定的数值，这个数值称为额定值。按照额定值使用电器设备可以保证安全可靠、充分发挥设备的效能，并且保证正常的使用寿命。这些技术数据是厂家根据生产过程的需求、技术条件以及国家标准等情况而设计制定的。额定值通常都标在设备的铭牌上和说明书中。不同的电器设备除了起特殊的额定值以外，还均规定有额定电压 (U_N)、额定电流 (I_N) 或额定功率 (P_N)。当施加的电压

高于额定电压，电器设备的绝缘材料因承受过高的电压而易于击穿，丧失原有的绝缘性能。电器设备在运行时，电流在导体电阻上产生的热量，将使设备的温度升高，而温度过高，很容易使大多数绝缘材料燃烧，故规定了额定电流值。设备在额定电压和额定电流下工作，相应的功率称为额定功率。使用电器设备时要使其尽量工作在额定值附近，过高会破坏设备的绝缘性能引发触电、火灾等事故；过低，影响电器设备正常功能的发挥。

电器设备在使用时，其实际的电压、电流功率等参数的数值通常受到多种因素的影响。

所以工作中的设备其实际值往往发生变化, 偏离额定值。一般来说, 电器设备的实际值可以在设备额定值允许的范围内变化。例如, 某设备标明为 $220\text{V} \pm 10\%$ 。表明该设备实际的工作电压允许在 $198 \sim 242\text{V}$ 之间变化。

1.2 电路的基本元件

电路中的电源、负载等器件都是电路元件。在电路中, 不能提供电能的称为无源元件。无源元件又分为耗能元件和储能元件两类, 前者如电阻器; 后者如电感器和电容器。在电路中能提供电能的如电池、发电机等称为电源元件, 或者称为有源元件。

一、无源元件

1. 电阻元件

电阻是反映电流热效应的电路元件。在实际交流电路中, 像白炽灯、电炉、电烙铁等, 均可看成是电阻元件。

(1) 线性电阻元件与非线性电阻元件的定义

如果一个二端元件, 通过它的电流与其两端电压的关系, 即伏安关系 (VAR), 在 u 、 i 平面上是通过坐标原点的一条直线, 直线的斜率就是元件的参数电阻 R , 单位是欧姆 (Ω), 这种元件称为线性电阻元件。如果线性电阻元件的参数 R 是不随时间变化的常数, 则称为线性、非时变电阻元件。如果电阻元件的 VAR, 在 u 、 i 平面上是通过坐标原点位于第一、第三象限的一条直线, 直线的斜率 R 为正值常数, 则称为线性正电阻元件。本课程所说的电阻元件一般就是指线性、非时变正电阻元件。

如果二端元件的 VAR, 在 u 、 i 平面上是不通过坐标原点的曲线, 则这种元件称为非线性电阻元件。

(2) 电阻元件的特性

电阻元件的特性是呈现对电荷运动的阻力, 具有阻碍电流流动的性质。一个电阻元件的电阻 R 具体地表现了这一种性质。电阻元件的特性也可以用另一种参数电导表示, 电导用 G 表示, 电导是电阻 R 的倒数, 即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

电导 G 表示了电阻元件传导电流的能力, 单位是 S (西门子)。

(3) 线性电阻元件与欧姆定律

线性电阻元件, 由于其参数 R 是一个常数, 元件两端的电压与通过它的电流成正比, 称为欧姆定律。在如图 1-4 所示关联参考方向下, 其数学表达式为

$$U = RI \text{ 或 } I = GU \quad (1-9)$$

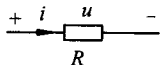


图 1-4 线性电阻元件

这是电阻元件的数学方程，是电路分析的基本依据之一。 R 的基本单位是 Ω （欧姆），常用单位还有 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧）等。

（4）线性电阻元件消耗的功率

电阻元件对电流呈现阻力，就要消耗电功率，转换为热能。在关联参考方向下，电阻元件消耗的功率为：

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (1-10)$$

在直流的情况下，电阻元件消耗的功率为：

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1-11)$$

其消耗的电能可由以下公式计算：

$$W = \int_0^t u i dt \quad (1-12)$$

在直流情况下，电阻消耗的电能：

$$W = UI t = Pt \quad (1-13)$$

电能的常用单位是 kWh （千瓦时）。通常把 $1kWh$ 称为1度电。

（5）电阻串、并联的等效电阻

① n 个电阻元件 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 串联电路的等效电阻 R ，是 n 个电阻之和。即

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{k=1}^n R_k \quad (1-14)$$

② n 个电阻元件 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 并联电路的等效电阻 R 的倒数是 n 个电阻各倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} \quad (1-15)$$

或等效电导 G 等于 n 个电导 $G_1, G_2, \dots, G_n$ 之和，即

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n = \sum_{k=1}^n G_k \quad (1-16)$$

式中， $G = \frac{1}{R}$ ， $G_1 = \frac{1}{R_1}$ ， $G_2 = \frac{1}{R_2}$... $G_n = \frac{1}{R_n}$ 。

（6）最大功率传输

当负载电阻不同时，负载上所获得的功率大小也就不同。那么在什么条件下，负载能够从电路中获得最大的功率呢？

负载与电源相匹配时，负载能获得最大功率。对于交流传输电路，负载与电源匹配是指负载阻抗等于电源内阻抗的共轭复数时的电路工作状态。负载与电源匹配是负载获得最大功率的条件。例如在图 1-5 中，负载 R 等于电源内阻 R_0 时，负载可获得最大功率。在电路中，