



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 电气自动化技术专业

电路基础

· 王 辉 主 编 · 李明水 南光群 副主编
· 王翠兰 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

电 路 基 础

王 辉 主 编

李明水 副主编

南光群

王翠兰 主 审

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是依据教育部最新制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》编写的。主要内容有:电路的基本概念和基本定律,线性电阻电路的分析计算,电路定律,正弦稳态交流电路的分析,三相交流电路,动态电路的过渡过程,互感电路,非正弦周期电流电路,磁路和铁心线圈。

本书可作为高等职业院校电气自动化专业或相近专业的教材,也可作为有关专业的工程技术人员参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/王辉主编. —北京:电子工业出版社,2003.8

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业

ISBN 7-5053-8756-1

I. 电… II. 王… III. 电路理论-高等学校:技术学校-教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 063058 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:孙 俊

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:12 字数:315 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:6000 册 定价:16.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

前 言

本书是根据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专专业人才培养目标及规格》的精神而编写的。全书内容包括：电路的基本概念和基本定律，线性电阻电路的分析计算，电路定律，正弦稳态交流电路的分析，三相交流电路，动态电路的过渡过程，互感电路，非正弦周期电流电路，磁路和铁心线圈等共 9 章，供高等职业院校电气自动化专业或相近专业使用。

在编写本书的过程中，我们尽量考虑高职教育的特点，并结合自己的教学经验，从最基本、实用的内容出发，以“必须”、“够用”为度，精简那些偏深偏难的理论内容，加强内容的实践性和应用性，并考虑到面向 21 世纪电工电子系列课程改革和发展的需要。编写中，全书力求深入浅出，通俗易懂，以便读者阅读理解。

书中有典型例题和习题，每章后还附有习题。

参加本教材编写的人员有：李明水（第 1，2，3 章），南光群（第 4，5 章），王辉（第 6，7，8，9）章。全书由王辉统稿。漯河职业技术学院的王翠兰老师审订了全书。樊新军、叶书明校对了本书的有关章节，李雪梅绘制了部分电路图，在此谨表谢意。

限于编写水平，书中错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
2003 年 5 月



Contents

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.1 电路	(1)
1.1.2 电路模型	(1)
1.2 电流、电压、电功率	(2)
1.2.1 电流和电流的参考方向	(2)
1.2.2 电压和电压的参考方向	(3)
1.2.3 电功率	(4)
1.3 电路中的基本元件	(5)
1.3.1 电阻元件	(5)
1.3.2 电容元件	(5)
1.3.3 电感元件	(6)
1.4 基尔霍夫定律	(7)
1.4.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	(7)
1.4.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	(8)
1.5 电源及电源模型	(9)
1.5.1 理想电压源	(9)
1.5.2 理想电流源	(10)
1.5.3 实际电源的两种模型	(10)
本章小结	(12)
思考与练习题 1	(13)
第 2 章 线性电阻电路的分析	(17)
2.1 电阻的等效变换	(17)
2.1.1 电阻的串联和并联	(17)
2.1.2 电阻的混联	(19)
2.1.3 电阻的 Y 形连接和 Δ 形连接及其等效变换	(20)
2.2 电源的等效变换	(22)
2.2.1 电压源、电流源的串联和并联	(22)
2.2.2 两种电源模型之间的变换	(23)
2.3 支路电流法	(25)
2.3.1 独立方程的确定	(25)
2.3.2 支路电流法的解题步骤	(26)
2.4 网孔电流法	(27)
2.4.1 网孔电流	(27)



2.4.2 网孔电流法解题步骤	(27)
2.4.3 含有电流源时的网孔方程	(29)
2.5 节点电压法	(29)
2.5.1 节点电压	(29)
2.5.2 节点电压法的解题步骤	(30)
2.5.3 弥尔曼定理	(32)
2.6 受控源	(33)
2.6.1 受控源	(33)
2.6.2 受控源的一般分析方法	(34)
本章小结	(35)
思考与练习题 2	(36)
第 3 章 电路定理	(41)
3.1 叠加定理	(41)
3.1.1 叠加定理的主要内容	(41)
3.1.2 叠加定理的应用	(42)
3.1.3 齐性定理	(43)
3.2 戴维南定理及诺顿定理	(44)
3.2.1 戴维南定理	(44)
3.2.2 诺顿定理	(45)
3.3 最大功率传输	(46)
本章小结	(46)
思考与练习题 3	(47)
第 4 章 正弦稳态交流电路的分析	(49)
4.1 正弦交流电的基本概念	(49)
4.1.1 正弦电压和电流	(49)
4.1.2 正弦交流电的三要素	(50)
4.1.3 同频率正弦交流电的相位差	(50)
4.1.4 有效值	(51)
4.2 相量法	(51)
4.2.1 相量法的基本概念	(51)
4.2.2 相量图	(52)
4.2.3 正弦交流电与相量间的转换	(53)
4.2.4 相量法的运算	(53)
4.3 正弦交流电路中的 R, L, C	(54)
4.3.1 相量形式的基尔霍夫定律	(54)
4.3.2 正弦交流电路中的电阻元件 R	(54)
4.3.3 正弦交流电路中的电感元件 L	(55)
4.3.4 正弦交流电路中的电容元件 C	(56)
4.4 R, L, C 的串联与并联电路	(57)
4.4.1 R, L, C 串联电路中电压与电流的关系	(57)



4.4.2 R,L,C 串联电路的 3 种情况	(58)
4.4.3 R,L,C 并联电路中电流与电压关系	(59)
4.4.4 R,L,C 并联电路的 3 种情况	(60)
4.5 阻抗与导纳	(61)
4.5.1 阻抗与导纳的一般形式	(61)
4.5.2 阻抗与导纳之间的转换	(63)
4.6 正弦交流电路的一般分析方法	(64)
4.7 正弦交流电路中的功率	(68)
4.7.1 瞬时功率	(68)
4.7.2 有功功率	(69)
4.7.3 无功功率	(69)
4.7.4 视在功率	(70)
4.7.5 复功率	(70)
4.7.6 功率因数及其提高的方法	(71)
4.8 谐振电路	(73)
4.8.1 串联谐振	(73)
4.8.2 串联谐振的特点	(73)
4.8.3 并联谐振	(74)
4.8.4 并联谐振的特点	(75)
本章小结	(75)
思考与练习题 4	(77)
第 5 章 三相交流电路	(82)
5.1 三相交流电路概述	(82)
5.1.1 对称三相正弦量及其特点	(82)
5.1.2 对称三相电源的连接	(83)
5.1.3 三相负载的连接	(83)
5.2 三相交流电路中的电压和电流	(84)
5.2.1 三相交流电路中的各种电压、电流	(84)
5.2.2 对称三相负载星形(Y)连接时线电压与相电压的关系	(84)
5.2.3 对称三相负载三角形(Δ)连接时线电流与相电流的关系	(85)
5.3 对称三相交流电路的分析	(85)
5.3.1 对称三相交流电路的特点	(85)
5.3.2 对称三相交流电路的一般分析步骤	(85)
5.3.3 对称三相交流电路中的功率	(88)
5.4 不对称三相交流电路的分析	(89)
5.4.1 中点电压法	(89)
5.4.2 不对称三相电路中中线的作用	(89)
5.4.3 不对称三相电路的分析步骤	(89)
5.4.4 不对称三相电路中的功率	(90)
本章小结	(91)
思考与练习题 5	(91)



第6章 动态电路的过渡过程	(93)
6.1 换路定律和初始条件的计算	(93)
6.1.1 换路	(93)
6.1.2 换路定律	(93)
6.1.3 初始条件及其计算	(94)
6.2 一阶电路的零输入响应	(96)
6.2.1 零输入响应	(96)
6.2.2 RC 电路的零输入响应	(96)
6.2.3 RL 电路的零输入响应	(99)
6.3 一阶电路的零状态响应	(101)
6.3.1 零状态响应	(101)
6.3.2 RC 电路的零状态响应	(101)
6.3.3 RL 电路的零状态响应	(103)
6.4 全响应及其分解	(105)
6.4.1 全响应	(105)
6.4.2 全响应的两种分解	(106)
6.5 一阶电路的三要素法	(107)
本章小结	(111)
思考与练习题 6	(111)
第7章 互感电路	(117)
7.1 互感及互感电压	(117)
7.1.1 互感	(117)
7.1.2 互感系数	(118)
7.1.3 耦合系数	(118)
7.1.4 互感电压	(119)
7.2 同名端及其判定	(119)
7.2.1 同名端	(120)
7.2.2 同名端的测定	(121)
7.2.3 同名端的应用	(121)
7.3 含耦合电感元件电路的计算	(123)
7.3.1 互感线圈的串联	(123)
7.3.2 互感线圈的并联	(124)
7.4 空心变压器	(127)
7.5 理想变压器	(129)
7.5.1 实现理想变压器的条件	(129)
7.5.2 理想变压器的变压作用	(129)
7.5.3 理想变压器的变流作用	(130)
7.5.4 理想变压器的阻抗变换	(131)
本章小结	(132)
思考与练习题 7	(133)



第 8 章 非正弦周期电流电路	(138)
8.1 非正弦周期量及其分解	(138)
8.1.1 非正弦周期量	(138)
8.1.2 非正弦周期量的分解	(139)
8.2 非正弦周期量的有效值、平均值、平均功率	(142)
8.2.1 有效值	(142)
8.2.2 平均值	(143)
8.2.3 平均功率	(144)
8.3 非正弦周期性电流电路的分析	(145)
本章小结	(151)
思考与练习题 8	(152)
第 9 章 磁路和铁心线圈	(154)
9.1 铁磁性物质	(154)
9.1.1 铁磁性物质的磁化	(154)
9.1.2 磁化曲线	(155)
9.1.3 软磁材料和硬磁材料	(156)
9.2 磁路及磁路定律	(157)
9.2.1 磁路	(157)
9.2.2 磁路定律	(158)
9.3 恒定磁通磁路的计算	(161)
9.4 交流铁心线圈	(164)
9.4.1 交流铁心线圈的电压、电流和磁通	(164)
9.4.2 磁滞和涡流的影响	(166)
9.4.3 交流铁心线圈的电路模型	(167)
9.4.4 电压电流特性和等效电感	(170)
9.5 电磁铁	(170)
9.5.1 直流电磁铁	(171)
9.5.2 交流电磁铁	(172)
9.5.3 交流电磁铁的特点	(173)
本章小结	(173)
思考与练习题 9	(174)
参考文献	(177)

第 1 章

电路的基本概念和基本定律



内容提要

本章主要研究电路的基本概念和基本定律,归纳为以下几点。

1. 研究了电路和电路模型。
2. 研究电路中电流、电压、电功率三个主要物理量及其相互关系。
3. 分析电路中电阻、电感、电容、电压源和电流源等基本元件的特性及相互关系。
4. 基尔霍夫定律。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

为了研究电路理论,首先要了解什么是电路,即给电路下一个定义:电路是各种电气器件按一定方式连接起来组成的总体,它提供了电流流过的路径。这些电气器件包括电池、发电机、电动机、电灯、电炉、开关、半导体器件、集成电路块、控制电路等等。它们的结构、原理将在有关书籍中介绍。

电路的另一名称叫电网络,两个名词可以通用,不过,一般电网络指比较复杂些的电路。

按工作任务划分,电路的功能有两类:

第一类功能是进行能量的转换、传输和分配。其中包括将其他能量转换为电能的设备如发电机、电池等,这些设备叫电源;将电能转换为其他能量的设备如电动机、电炉、电灯等,叫做负载。而在电源和负载之间的输电线、变压器、控制电器等便是执行传输和分配任务的器件,这些设备构成极其复杂的电网络,称为电力系统。

第二类功能是信号的处理。输入的信号叫做激励,输出的信号叫做响应,中间部分便是对信号进行处理的一些器件。例如,扩音机的输入是声的电信号,通过由晶体管组成的放大器,输出的便是放大的声信号,从而实现放大功能。

1.1.2 电路模型

电路可能是简单的,也可能是复杂的,有时会复杂到难以想像的程度。为了便于对电路进行分析和计算,常把实际的元件加以近似化、理想化,在一定条件下,忽略其次要性质,用足以表征其主要特征的“模型”来表示,即用理想元件来表示。例如,用“电阻元件”作为电路元件来

反映消耗电能的特征,当电流通过电阻时,在它内部进行着把电能转换成热能等不可逆过程,这样在电源频率不高的电路中,所有的电阻器、电炉、白炽灯等实际元件,都可以用“电阻元件”这个模型来近似表示。同样,在一定条件下,线圈可以用“电感元件”来近似表示;电容器可以用“电容元件”来近似表示。

这种由理想元件构成的电路,就称为实际电路的“电路模型”。图 1.1 是手电筒的电路图,而图 1.2 就是它的电路原理图。

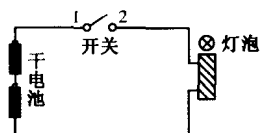


图 1.1 手电筒的电路图

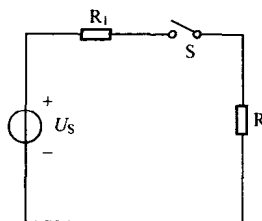


图 1.2 手电筒的电路原理图

1.2 电流、电压、电功率

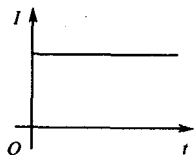
1.2.1 电流和电流的参考方向

1. 电流

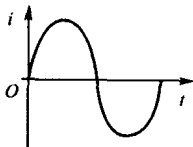
在物理课中已经学过,电荷的定向移动就形成了电流。电流的实际方向习惯上是指正电荷运动的方向。电流的大小常用电流强度来表示。电流强度是指单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度习惯上简称为电流。

电流主要分为两类:一类电流是大小和方向均不随时间改变,称为恒定电流,简称直流,常写做 dc 或 DC,其强度用符号 I 表示。另一类电流为大小和方向都随时间变化,称为变动电流,其强度用符号 i 表示。其中一个周期内电流的平均值为 0 的变动电流则称为交变电流,简称交流,常写做 ac 或 AC,其强度也用 i 表示。

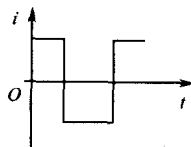
在图 1.3 中,(a)为直流,(b)、(c)均为交流。



(a) 直流



(b) 正弦交流电流



(c) 方波

图 1.3 几种电流波形

对于直流,单位时间内通过导体横截面的电荷量是恒定不变的,其电流强度为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1)$$



对于变动电流(含交流),在一很小的时间间隔 dt 内,通过导体横截面的电荷量为 dq ,则该瞬间电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

电流的单位是安培,SI 符号为 A。它表示 1 秒(s)内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑(C)。有时也常用到千安(kA),毫安(mA)或微安(μ A),其关系如下:

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

2. 电流的参考方向

在分析电路时,对复杂电路的某一段电路中电流的实际方向有时很难判定,对于变动电流,其方向在不定期地不断改变,因此在电路中很难标定电流的实际方向,为了解决这一困难,引入了电流的“参考方向”这一概念。

在一段电路或一个电路元件上,可以任意选定一个方向,作为电流的参考方向,并用箭头标明。当电流方向与实际方向一致时,电流为正值,如果两者相反,电流为负值。这样,一方面方向变化的电流(交变电流)也能用箭头标明参考方向;另一方面在分析电路时,可以任意假设电流的方向进行分析、计算,如果计算结果电流为正值,说明实际方向与参考方向一致;电流为负值,说明实际方向与参考方向相反。

【例 1.1】如图 1.4 所示,各电流参考方向已选定,已知 $I_a = 5 \text{ A}$, $I_b = -5 \text{ A}$, $I_c = 8 \text{ A}$,试指出电流的实际方向。

解: $I_a > 0$,说明 I_a 的实际方向与参考方向相同,电流 I_a 由 A 流向 B,大小为 5 A。

$I_b < 0$,说明 I_b 的实际方向与参考方向相反,电流 I_b 实际是由 B 流向 A,大小为 5 A。

$I_c > 0$,说明 I_c 的实际方向与参考方向相同,电流 I_c 由 A 流向 B,大小为 8 A。

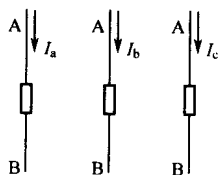


图 1.4 【例 1.1】图

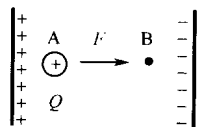


图 1.5 电场力做功示意图

1.2.2 电压和电压的参考方向

在图 1.5 中两个极板 A 和 B 上,分别带有正、负电荷。这样两个极板间就存在一个电场,其方向由 A 指向 B,正电荷 Q 在电场力 F 的作用下,由 A 点移到 B 点,电场力所做的功为 W ,则 A 点到 B 点的电压 $U = \frac{W}{Q}$ 。同理,在电路的导线中或某一元件中,正电荷 Q 在电场力 F 的作用下,由 A 点移到 B 点时,电场力所做的功为 W ,则 A 点到 B 点的电压 $U = \frac{W}{Q}$ 。电压是衡



量电场力做功能力的物理量。可定义为 A 点至 B 点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷由 A 点移到 B 点所做的功。

当电荷的单位为库仑(C),功的单位为焦耳(J)时,电压的单位为伏特,简称伏(V),即 $1\text{ V} = 1\text{ J/C}$ 。在工程中还常用千伏(kV)、毫伏(mV)为计量单位。

在电路中任意选一点为参考点,并令其电位为 0,则某点到参考点的电压就称做这一点(相对于参考点)的电位,用 φ 表示,如 A 点的电位记为 φ_A 。

根据上述电压、电位的定义,可以证明,电路中任意两点间的电压就等于这两点间的电位差,即

$$U_{ab} = \varphi_A - \varphi_B \quad (1.3)$$

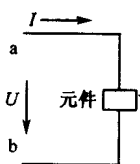
这表明,电压的实际方向是从高电位指向低电位,是电位降的方向。

和电流一样,电压和电动势也应引入参考方向的概念。在电路图中,其参考方向可用箭标或双下标如 U_{AB} , E_{BA} 来表示。如参考方向与实际方向一致,其数值为正,否则为负。

一般情况下,在电路分析中,若电压与电流参考方向取为一致,称为关联一致参考方向,否则称非关联一致参考方向。

1.2.3 电功率

如图 1.6 所示, a 点和 b 点间的电压为 U , 在时间 t 内电荷 Q 在电场力的作用下从 a 点经负载移到 b 点, 电场力所做的功为 $W_{ab} = UQ$, 因 $Q = It$, 故 $W_{ab} = UIt$ 对应的电功率(简称功率)为



$$P_{ab} = \frac{W_{ab}}{t} UI \quad (1.4)$$

当电压单位为伏(V), 电流单位为(A), 功率单位为焦耳(J), 时间单位为秒(s)时, 功率单位为瓦特, 简称为瓦(W), 也有用千瓦作为功率单位的。

图 1.6 电功率产生示意图

$$1\text{ 千瓦(kW)} = 10^3\text{ 瓦(W)}$$

电场力做功所消耗的电能是由电源提供的, 在 t 时间内, 外力(电源力)将电荷 Q 从电源的负极(如 b 点)经电源内部移到电源的正极(如 a 点)外力所做的功及功率为

$$\begin{aligned} W_{ba} &= EQ = EIt \\ P_{ba} &= EI \end{aligned} \quad (1.5)$$

若将电源由导线与负载构成闭合电路, 在电场力的作用下, 电荷 Q 由电源正极(a 点)经负载移到电源负极(b 点), 电场力所做的功为 $W_{ab} = UIt$, 根据能量守恒的观点, 在忽略电源内部能量损耗的条件下, $W_{ab} = W_{ba}$, 即 $U = E$ 。

从以上分析可以看出, 根据电压和电流的实际方向可以确定电路元件的功率性质。

当 U 和 I 的实际方向相同, 电流由元件的“+”端流入, “-”端流出, 表明该元件取用(消耗)了功率, 是负载性质。

当 U 和 I 的实际方向相反, 电流由元件的“-”端流入, “+”端流出, 表明该元件发出功率, 是电源性质。

由以上分析可知, 在电路中当某一元件上的电压和电流的实际方向一致时, $P > 0$, 该元件消耗功率是负载性质; 如电压和电流的实际方向相反时, $P < 0$, 该元件发出功率, 是电源性质。



1.3 电路中的基本元件

1.3.1 电阻元件

电荷在电场力的作用下做定向运动时,通常要受到阻碍作用,物体对电流的阻碍作用称为该物体的电阻,电阻元件是反映电流热效应这一物理现象的理想电路元件。电阻的单位是欧姆(Ω)。

粗细均匀的金属导体,其阻值除与材料的性质有关外,当温度一定时与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比。电阻 R 为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1.6)$$

式中, L ——导体长度,单位为 m ; S ——导体截面积,单位为 m^2 ; ρ ——材料的电阻率,单位为 $\Omega \cdot m$ 。

如图 1.7 所示,电压 U 和电流 I 的方向相同, R 是线性电阻元件,其电压,电流关系(简称伏安特性)为

$$U = IR \quad (1.7)$$

此关系称为欧姆定律,它表示线性电阻元件的端电压和流过它的电流成正比。图 1.7(b) 是其伏安特性曲线。

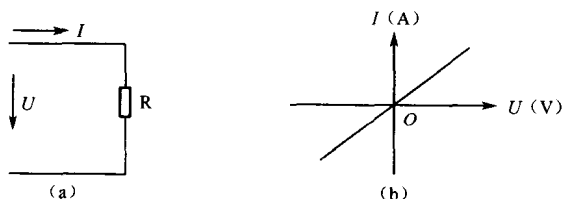


图 1.7 电阻元件

电阻元件是一种对电阻呈现“阻碍”作用的耗能元件。其功率为

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1.8)$$

电阻的倒数称为电导,是表征材料导电能力的参数,用符号 G 表示。

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.9)$$

电导的单位是西门子,简称西,其 SI 符号为 S 。

1.3.2 电容元件

1. 电容元件和电容

电容元件是反映存储电荷产生电场,储存电场能量这一物理现象的理想电路元件。电容元件的符号如图 1.8 所示。电容元件的电容定义为:若电容元件两端电压为 u ,两极板将出现