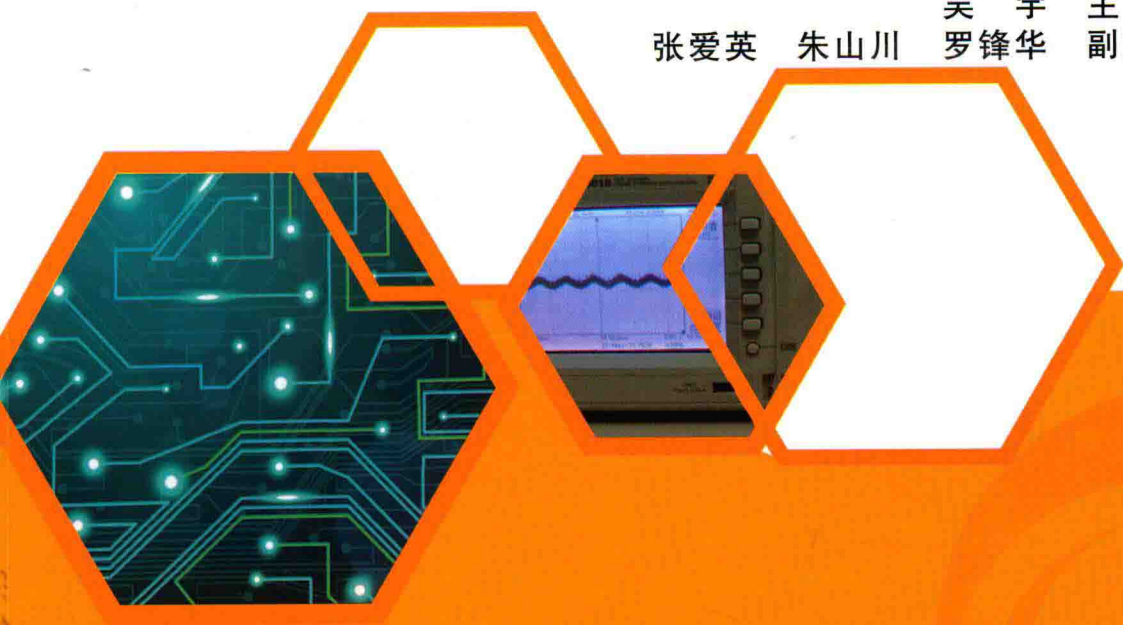


高等职业教育精品工程规划教材 • 中国电子教育学会推荐教材

电工电子技术基础

张爱英 朱山川 吴宇 主编
罗锋华 副主编



- ★ 采用项目式教学法
- ★ 整合电工基础、模拟电子电路和数字电路相关知识
- ★ 书末设有综合技能实训，内容丰富



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

内容简介

高等职业教育精品工程规划教材

电工电子技术基础

吴宇 主编

张爱英 朱山川 罗锋华 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书由电工基础、模拟电子电路和数字电路三大部分组成。其中电工基础部分包括直流电路、交流电路、动态电路、磁路与变压器、三相异步电动机及其控制。模拟电子电路部分包括半导体基础知识、基本放大电路、整流电路。数字电路部分包括数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路等。在书末设置了综合技能实训,以便于学生训练、增强实际操作技能。

本书可作为高等、中等职业技术院校、技师学院、技工学校等的机电类、电气类专业职业技能鉴定的教材或参考书,也可作为各类职业培训机构进修人员的职业鉴定培训用书。

电工电子技术基础

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

电工电子技术基础 / 吴宇主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.1

高等职业教育精品工程规划教材

ISBN 978-7-121-21960-3

I. ①电… II. ①吴… III. ①电工技术—高等职业教育—教材②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 279365 号

策划编辑: 郭乃明

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 22 字数: 560 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着高等职业教育的不断发展,为适应高职教育的迫切需要,编写具有高等职业教育特色的系列教材势在必行。发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》,实现《中国职业教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;是建立、健全职业教育体系,调整高等教育结构的重要举措。近年来,高等职业教育以自己鲜明的特色,在适应现代社会对人才的多样化需求,以及实施高等教育的大众化等方面做出了重大贡献,从而受到社会各界的重视,得到了迅速发展。

本书根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的文件精神,以及《高职高专教育电工电子技术课程教学的基本要求》为指导编写。在编写过程中充分考虑教材的适用范围、内容深度、理论性与应用性以及学生的实践操作能力和学生的职业技能能力的培养等方面,力求做到注重基础培养,降低理论难度,同时还保持知识的完整性、系统性、新颖性和全面性,加强实际技能应用培养。本书在编写过程中力求突出以下几方面的特点:

1. 理论内容与实践操作一体化,在内容选取上根据高职学生的实际知识水平和培养目标要求,结合学生在校学习与就业需要,从最基本的知识技能入手,由易到难、循序渐进;注重新知识、新技术的引入,力求取材新颖;内容描述简明、清楚、流畅,力求具有启发性;体现“教、学、做”一体化特色。

2. 保持知识的完整性与系统性,本教材对基本概念、基本理论、工作原理、分析方法作了必要、适当、系统的阐述、解释,并将基本技能训练贯穿始终,通过技能训练与例题使理论与技能实践相结合。

3. 教学内容项目化,教材在编写过程中采用项目化教学结构,主要内容有:直流电路的分析、正弦交流电路分析、磁路与变压器、三相异步电动机及其控制、常用半导体元件、放大电路分析、集成运放及其应用、直流稳压电源的应用、逻辑门电路及组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路和技能训练共十一个项目,各项目均设有项目概述、知识与能力目标、相关知识链接、课后阅读、项目小结和思考与习题等内容。在每个项目中教学目标明确,针对性强,可根据不同学院的实际教学情况与实习实训条件,可组合和选择相应的教学内容。

本教材由潍坊职业学院吴宇任主编,潍坊职业学院张爱英、滁州职业技术学院朱山川、江西现代职业技术学院罗锋华任副主编。具体编写分工如下:张爱英编写项目一、二;朱山川编写项目三、四;吴宇编写项目五、六、七、九、十;罗锋华编写项目八、十一。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,诚恳期待广大读者提出宝贵意见,以便今后修订教材时改正。

作 者

2013年10月

目 录

项目一 直流电路分析	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.1 电路组成及其作用	(1)
1.1.2 电路模型	(2)
1.2 电路的基本物理量	(2)
1.2.1 电流	(2)
1.2.2 电位	(3)
1.2.3 电压与电动势	(3)
1.2.4 电功率	(4)
1.3 电路的基本元件	(5)
1.3.1 电阻元件及其连接	(5)
1.3.2 电感元件	(7)
1.3.3 电容元件	(8)
1.3.4 电路的工作状态	(9)
1.4 电源及其等效变换	(11)
1.4.1 电压源	(11)
1.4.2 电流源	(12)
1.4.3 电压源与电流源的等效变换	(13)
1.5 基尔霍夫定律	(15)
1.5.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)	(15)
1.5.2 基尔霍夫电压定律 (KVL)	(16)
1.5.3 基尔霍夫定律的应用	(17)
1.6 叠加原理	(18)
1.7 戴维宁定理和诺顿定理	(19)
1.7.1 戴维宁定理	(20)
1.7.2 诺顿定理	(21)
课后阅读	(22)
项目小结	(31)

思考与习题	(32)
项目二 正弦交流电路分析	(37)
2.1 正弦交流电的表示方法	(37)
2.1.1 正弦量的瞬时值表示法	(37)
2.1.2 正弦量的相量表示法	(41)
2.2 单一参数的正弦交流电路	(44)
2.2.1 电阻元件	(44)
2.2.2 电感元件	(44)
2.2.3 电容元件	(45)
2.3 电阻、电感、电容元件串联电路	(47)
2.3.1 基尔霍夫定律的相量形式	(47)
2.3.2 电阻、电感、电容元件串联电路的电压与电流关系	(47)
2.4 阻抗的串联与并联	(48)
2.4.1 阻抗的串联	(48)
2.4.2 阻抗的并联	(49)
2.4.3 正弦交流电路的功率	(49)
2.5 谐振电路	(52)
2.5.1 串联谐振	(52)
2.5.2 并联谐振	(54)
2.6 三相电路	(54)
2.6.1 三相电源	(55)
2.6.2 三相负载	(58)
2.6.3 三相电路的功率	(61)
课后阅读	(61)
项目小结	(69)
思考与习题	(70)
项目三 磁路与互感现象	(74)
3.1 磁场的基本知识	(74)
3.1.1 磁场的基本物理量	(74)
3.1.2 磁性材料	(76)
3.1.3 磁路及磁路欧姆定律	(79)
3.2 铁芯线圈与变压器	(80)
3.2.1 交流铁芯线圈	(80)
3.2.2 变压器	(81)
3.2.3 特殊变压器	(83)
课后阅读	(86)
项目小结	(89)
思考与习题	(90)

项目四 三相异步电动机及其控制	(92)
4.1 三相异步电动机的结构及工作原理	(92)
4.1.1 三相异步电动机的结构	(92)
4.1.2 三相异步电动机的工作原理	(94)
4.2 三相异步电动机的运行	(97)
4.2.1 三相异步电动机的启动	(97)
4.2.2 三相异步电动机的制动	(99)
4.2.3 三相异步电动机的调速	(100)
4.3 三相异步电动机控制电路	(101)
4.3.1 常用低压控制电器	(101)
4.3.2 三相异步电动机的基本控制电路	(109)
课后阅读	(114)
项目小结	(131)
思考与习题	(132)
项目五 常用半导体元件	(134)
5.1 二极管	(134)
5.1.1 半导体概述	(134)
5.1.2 PN 结及单向导电性	(136)
5.1.3 二极管	(138)
5.2 三极管	(142)
5.2.1 三极管的结构和分类	(142)
5.2.2 电流分配与放大原理	(143)
5.2.3 三极管的伏安特性及主要参数	(146)
课后阅读	(149)
项目小结	(158)
思考与习题	(158)
项目六 基本放大电路分析	(162)
6.1 共发射极放大电路	(162)
6.1.1 放大电路的组成	(162)
6.1.2 放大电路的分析	(164)
6.1.3 放大电路的改进	(171)
6.2 射极输出器	(176)
6.2.1 射极输出器的静态分析	(176)
6.2.2 射极输出器的动态分析	(176)
6.2.3 射极输出器的特点	(178)
6.3 多级放大电路	(178)
6.3.1 耦合方式及其特点	(179)
6.3.2 多级放大电路的分析	(180)

6.4 放大电路中的负反馈	(181)
6.4.1 反馈的概念及其组态	(182)
6.4.2 反馈类型的判定	(184)
6.4.3 负反馈对放大电路性能的影响	(185)
课后阅读	(187)
项目小结	(191)
思考与习题	(192)
项目七 集成运放及其应用	(195)
7.1 差动放大电路	(195)
7.1.1 零点漂移的概念	(195)
7.1.2 差动放大电路的工作原理	(196)
7.1.3 差动放大电路的改进	(197)
7.1.4 共模抑制比	(198)
7.2 集成运放的简介	(198)
7.2.1 集成运放的组成	(198)
7.2.2 集成运放的主要参数	(199)
7.2.3 集成运放的电压传输特性	(201)
7.3 集成运放的应用	(202)
7.3.1 集成运放的线性应用	(202)
7.3.2 集成运放的非线性应用	(209)
课后阅读	(211)
项目小结	(214)
思考与习题	(214)
项目八 直流稳压电源	(218)
8.1 整流电路	(219)
8.1.1 单相半波整流电路	(219)
8.1.2 单相桥式整流电路	(220)
8.2 滤波电路	(221)
8.2.1 电容滤波电路	(221)
8.2.2 其他形式的滤波电路	(223)
8.3 稳压电路	(224)
8.3.1 硅稳压管稳压电路	(224)
8.3.2 集成稳压器简介	(225)
课后阅读	(227)
项目小结	(228)
思考与习题	(229)
项目九 逻辑门电路及组合逻辑电路	(231)
9.1 数字电路基础	(231)

9.1.1 数字信号	(232)
9.1.2 数制与编码	(232)
9.1.3 逻辑代数的基本知识	(235)
9.1.4 逻辑代数的基本定律与规则	(239)
9.1.5 逻辑函数的化简	(242)
9.2 门电路	(245)
9.2.1 分立元件门电路	(245)
9.2.2 TTL 集成门电路	(248)
9.3 组合逻辑电路的分析与设计	(251)
9.3.1 组合逻辑电路的分析	(251)
9.3.2 组合逻辑电路的设计	(252)
9.4 编码器	(253)
9.4.1 二进制编码器	(253)
9.4.2 二-十进制编码器	(254)
9.4.3 优先编码器	(255)
9.5 译码器	(256)
9.5.1 二进制译码器	(256)
9.5.2 二-十进制译码器	(257)
9.5.3 数码显示译码器	(258)
课后阅读	(260)
项目小结	(264)
思考与习题	(265)
项目十 触发器及时序逻辑电路	(267)
10.1 触发器	(267)
10.1.1 基本 RS 触发器	(267)
10.1.2 同步 RS 触发器	(270)
10.1.3 主从触发器	(271)
10.1.4 D 触发器	(274)
10.2 时序逻辑电路分析	(276)
10.2.1 时序逻辑电路分析方法	(276)
10.2.2 时序逻辑电路的分析实例	(277)
10.3 寄存器	(281)
10.3.1 数码寄存器	(281)
10.3.2 移位寄存器	(281)
10.3.3 集成寄存器	(282)
10.4 计数器	(283)
10.4.1 二进制计数器	(283)
10.4.2 十进制计数器	(284)

11.12.5 实训报告要求	(325)
11.13 译码器及其应用	(325)
11.13.1 实训目的	(325)
11.13.2 实训知识要点	(325)
11.13.3 实训内容及要求	(325)
11.13.4 实训器材设备	(325)
11.13.5 实训报告要求	(325)
11.14 触发器特性测试	(326)
11.14.1 实训目的	(326)
11.14.2 实训知识要点	(326)
11.14.3 实训内容及要求	(326)
11.14.4 实训器材设备	(328)
11.14.5 实训报告要求	(328)
11.15 计数器测试	(328)
11.15.1 实训目的	(328)
11.15.2 实训知识要点	(329)
11.15.3 实训内容及要求	(329)
11.15.4 实训器材设备	(330)
11.15.5 实训报告要求	(330)
11.16 中规模集成计数器与译码、显示电路	(330)
11.16.1 实训目的	(330)
11.16.2 实训知识要点	(330)
11.16.3 实训内容及要求	(330)
11.16.4 实训器材设备	(333)
11.16.5 实训报告要求	(333)
附录 A 半导体器件命名方法	(334)
附录 B 常用半导体器件的参数	(335)
参考文献	(338)

项目一 直流电路分析



项目概述

本项目主要介绍直流电路的组成、作用及电路模型；电路的基本物理量及其关系；电路中的基本元件；电压源、电流源的概念及其等效变换；运用基尔霍夫定律、叠加定理、戴维宁定理和诺顿定理对直流电路进行分析和计算的方法。



知识与能力目标

1. 了解电路的基本组成及电路模型，掌握电流、电位、电压、电动势、功率、电能等主要物理量的概念及其相互关系。
2. 掌握电阻、电感、电容等电气元件的电压与电流的关系，了解电路的三种工作状态及特点。
3. 理解电压源和电流源的概念及其等效变换。
4. 掌握基尔霍夫定律及其应用，了解叠加定理、戴维宁定理及诺顿定理的主要内容，掌握运用电路定理与规律对复杂直流电路的进行分析与计算的方法。



相关知识链接

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路组成及其作用

电路是为了实现和完成人们的某种需求，通过电源、导线、开关、负载等电气设备或元件按一定的方式组合在一起，能使电流流通的整体。简单地说，电路就是电流的通路。

电路由电源、连接线、控制设备和负载四部分组成。电源是为电路提供能量的设备，将其他形式的能转换为电能的装置；连接线起到连接各电气元件的作用；控制设备是按照人们的需要使电路导通或断开而进行控制；负载是将电能转换为其他形式能的装置，实现人们某种需求的功能。

电路的主要作用：一是实现电能的传输、分配和转换，例如发电机将其他形式的能源转换为电能，再通过变压器和输电线路将电能输送给工厂、企业和千家万户的用电设备，这些电气设备再将电能转换为机械能、热能、光能或其他形式的能量。其次是实现信息的处理、传递和储存，例如电视接收天线将含有声音和图像的高频电视信号通过高频传输线送到电视

机中, 这些信号经过选择、变频、放大和检波等一系列处理, 再恢复出原来的声音和图像信息, 在扬声器中发出声音并在屏幕上呈现图像。

1.1.2 电路模型

由电阻器、电容器、电感线圈、变压器、晶体管、放大器、发电机、电池和信号发生器等电气器件和设备连接而成的电路, 称为实际电路。

实际电路中发生的物理过程是十分复杂的, 在电路的分析计算中, 可将实际的电路元件, 根据其电和磁的性质抽象化处理为理想电路元件, 如电源、电阻、电容和电感等。用理想化的电路元件模拟实际电路中的各个电气器件和设备, 再根据这些器件的连接方式, 用理想导线将这些电路元件连接起来, 就得到该电路的电路模型。例如日常生活中所用的手电筒实际电路及电路模型分别如图 1-1 所示。

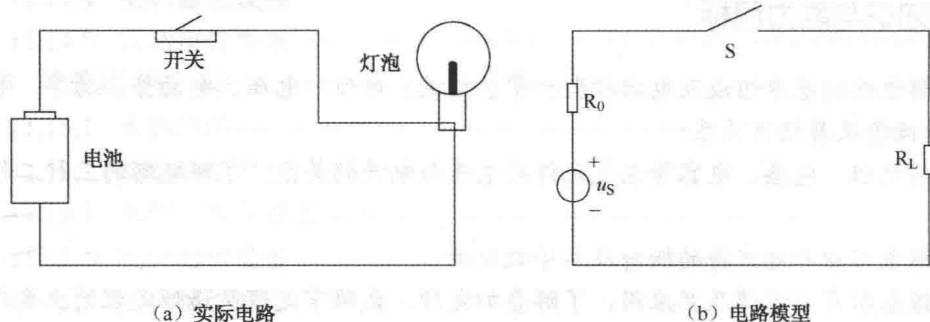


图 1-1 手电筒电路

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

在电场力的作用下, 电荷有规则的定向移动形成电流。规定正电荷的运动方向为电流的方向。

把在单位时间内流过导体截面积的电荷量称为电流强度, 它是用来衡量电流的强弱的物理量。在电工技术中, 常把电流强度简称为电流, 用 i [I] 表示。设在时间 dt 内通过导体截面的电荷为 dq , 则电流表示为

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

将大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流, 简称直流。用大写字母 I 表示电流为恒定量, 将大小或方向随时间变化的电流称为交流电。用小写字母 i 表示电流随时间变化。

电流的方向可用箭头表示 (如图 1-2 所示), 也可用字母的顺序表示, 或用双下标表示 i_{ab} 。在国际单位制 (SI) 中电流的单位为安培 (A)。

电流强度是一个标量, 它只有大小, 没有方向, 但在实际计算过程中, 通常将它矢量化处理, 其方向与电流的方向相同, 即正电荷的定向移动方向。在电路的分析计算中, 流过某

一段电路或某一元件的电流的实际方向往往不知道,我们可以任意假定一个电流方向,当计算结果取正($i>0$)时,说明假定的电流方向与实际电流方向一致,如图 1-3 (a);相反当计算结果取负($i<0$)时,说明假定的电流方向与实际电流方向相反,见图 1-3 (b)。假定的电流方向称为电流的参考方向。实际方向用虚线表示,参考方向用实线表示,如图 1-3 所示。

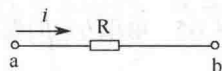


图 1-2 电流的方向

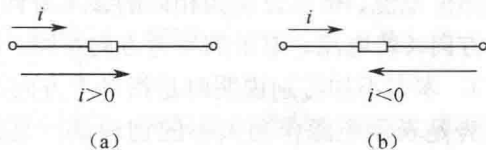


图 1-3 电流的参考方向

1.2.2 电位

电场力把单位正电荷从电路中某一点移到另一点(参考点)所作的功,称为该点(相对于参考点)的电位,用大写字母 V 表示。规定参考点的电位为零,用符号 $\perp$ 表示(如图 1-4 中的 d 点)。也可理解为单位正电荷在该点(相对于参考点)所具有的位能。电位的单位是伏[特],用 V 表示。

电路中任两点之间的电位的差值称为电位差,其数学表达式为:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-2)$$

在电工电子技术中,电位差也称为电压。

电路中任一点的电位是指该点对参考点的电压降,与参考点的选取有关,一般选大地或电路的公共端点为参考零电位点,因而电位具有相对性。当电位比参考点电位高时,称为高电位,记为“+”;当比参考点电位低时,称为低电位,记为“-”。

例如,在图 1-4 中,若设 c 点为参考点,则各点的电位为: $V_a = 8V$, $V_b = 4V$, $V_c = 0V$, $V_d = 6V$, $V_e = 2V$; ab 两点的电压: $U_{ab} = V_a - V_b = 4V$ 。若设 d 点为参考点,则各点的电位为: $V_a = 2V$, $V_b = -2V$, $V_c = -6V$, $V_d = 0V$, $V_e = -4V$; ab 两点的电压: $U_{ab} = V_a - V_b = 4V$ 。

可见,若参考点改变,各点的电位也会随之改变,但两点之间的电位差(电压)并不改变。

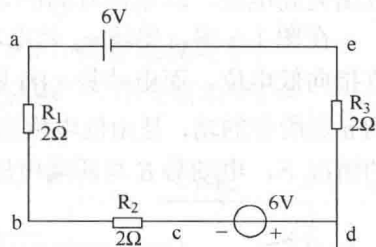


图 1-4 电位的表示

1.2.3 电压与电动势

电压是反映电场力做功本领的物理量。电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所作的功称为 a、b 间的电压,用 u_{ab} (U_{ab}) 表示。

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

在国际单位制中电压的单位与电位的单位相同,也是伏特,用 V 表示。

电压也是一个标量,为方便计算,通常也将电压进行矢量化处理,一般规定电压的方向由高电位指向低电位,即电压(电位)降低的方向。可用字母的双下标表示,也可用箭头表示,如图 1-5 所示。

与电流一样，各元件电压的实际方向往往也是难以事先判断出来的，所以在电路分析过程中先设定参考方向。电压的实际方向可通过计算结果确定，若结果值为正，说明实际方向与参考方向相同，否则相反。

参考方向可任意设定，但为了计算方便，往往将同一电路的电气元件电流、电压设定为相同的参考方向，即所谓的关联参考方向（若电流、电压的参考方向不同，则为非关联参考方向）。本书不加特别说明时是指参考方向关联。

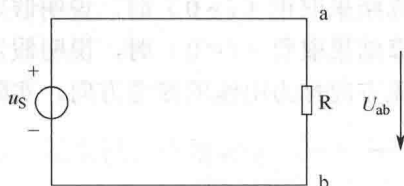


图 1-5 电压方向的表示

电动势是表示电源做功大小的物理量，是指非电场力（即局外力）将单位正电荷在电源内部由低电位 b 端移到高电位 a 端所作的功，称为电源的电动势，用字母 $e(E)$ 表示

$$e_{(t)} = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

电动势的单位与电压相同，用伏特（V）表示。

电动势也是一个标量，在计算过程中为便于计算也将其矢量化处理，其方向规定由低电位指向高电位，即电位升高的方向。电动势的表示与处理方法类同于电压。

在图 1-6 中，电压 u_{ab} 是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所作的功，由高电位指向低电位。而电动势 $e_s(t)$ 是非电场力在电源内部把单位正电荷克服电场阻力，从 b 点移到 a 点所作的功，是由低电位指向高电位的。在图 1-7 中所示的直流电源在没有与外电路连接的情况下，电动势 E 与两端电压 U 大小相等方向相反。

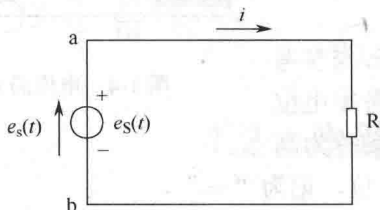


图 1-6 电压与电动势

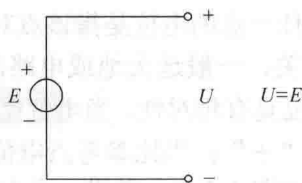


图 1-7 开路电压与电动势

在闭合电路中，电源内部（内电路）电流从低电位流向高电位，而电源外部（外电路）电流从高电位流向低电位，从而形成一闭合回路。这样在简单电路中，电流、电压、电动势的实际方向较易判定，但在多电源的复杂电路中，就难以判定，需设定参考方向，再从分析计算的结果中得到实际方向。在电路分析中，电流、电压、电动势都要标明方向。不论是已知的还是设定的均可看成参考方向。

1.2.4 电功率

电能量对时间的变化率，称为电功率，简称为功率，即电场力在单位时间内所作的功。

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-5)$$

在电工电子技术中，一个元件的电功率等于该元件两端的电压（即 u ）与流过该元件电流 i 的乘积，即

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

则该元件在时间 dt 内所消耗的电能为：

$$dw = p dt = u i dt \quad (1-7)$$

在国际单位制中，功率的单位为瓦特（W），常用单位为千瓦， $1\text{kW} = 1000\text{W}$ 。电能的单位是焦耳（J），常用单位为千瓦时（kW/h），1 千瓦时俗称 1 度电， $1\text{kW/h} = 1\text{kW} \times 1/\text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$ 。

当 $p = ui > 0$ 时，说明电压与电流的实际方向相同，表明该元件是负载性元件，将电能转换成其他形式的能，通常称为吸收功率。

当 $p = ui < 0$ 时，说明电压与电流的实际方向相反，表明该元件是电源性元件，将其他形式的能转换成电能，通常称为放出（发出）功率。

【例 1-1】试判断图 1-8 中（a）、（b）是发出还是吸收功率。



图 1-8 例 1-1 图

解：在图 1-8（a）中电压、电流方向相同， $P = UI = 10\text{W} > 0$ ，元件吸收功率。

在图 1-8（b）中电压、电流是方向相反， $P = UI = -10\text{W} < 0$ ，元件发出功率。

【例 1-2】求图 1-9 中各元件消耗的功率。

解：电源 E_1 消耗的功率

$$P_{E_1} = U_1 I_1 = U_1 (-I) = 10 \times (-1) = -10\text{W} < 0$$

电源 E_2 消耗的功率

$$P_{E_2} = U_2 I_2 = U_1 I = 5 \times 1 = 5\text{W} > 0$$

电阻 R 消耗的功率

$$U_R = -IR = -1 \times 5 = -5\text{V}$$

$$P_R = U_R I_R = U_R (-I) = -5 \times (-1) = 5\text{W} > 0$$

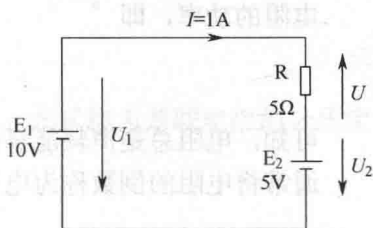


图 1-9 例 1-2 图

结果表明：电源 E_1 消耗的功率为 -10W ，即发出功率，是电源元件；电源 E_2 消耗的功率为 5W ，即吸收功率，是负载元件；电阻 R 消耗的功率 5W ，即吸收功率，也是负载元件。

同时可得出以下结论：

（1）发出功率为 10W ，吸收功率也为 $5\text{W} + 5\text{W} = 10\text{W}$ ，即为功率平衡。

（2）电阻上消耗的功率总是大于 0， $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} > 0$ ，说明电阻是一个消耗电能的元件。

1.3 电路的基本元件

1.3.1 电阻元件及其连接

电阻元件一般用来反映实际电路中的耗能元件，如电炉、照明器具等。图形符号如图 1-10

所示,用字母 R 表示,在国际单位制中单位为欧姆 (Ω)。根据欧姆定律可得电压与电流之间的关系式,即 VCR 关系式为

$$u = iR \quad (1-8)$$

此式表明:电阻 R 两端的电压与流过的电流成正比,而根据电阻定律:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-9)$$

式中, ρ ——电阻率, L ——导体长度, S ——导体横截面积。一般可认为电阻 R 为常数。

根据电阻 VCR 关系式可画出电阻的伏安特性曲线,如图 1-11 所示,这是一条过原点的直线,因而可认为电阻是一个线性元件。

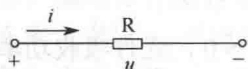


图 1-10 电阻的符号

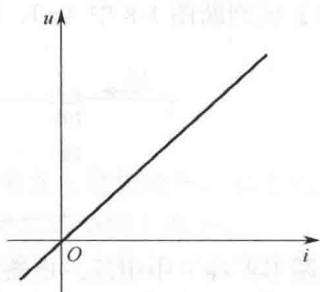


图 1-11 电阻的伏安特性曲线

电阻的功率,即

$$P = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \geq 0$$

可知,电阻总是消耗能量的,因而电阻是一个耗能元件。

通常将电阻的倒数称为电导,用 G 表示,即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-10)$$

在国际单位制中,电导 G 的单位是西门子 (S)。

同样电阻率的倒数称为电导率,用 g 表示, $g = \frac{1}{\rho}$ 。

在电路中,电阻的连接形式很多,大致分为串联、并联、混联、星形 (Y) 连接、三角形 (Δ) 连接等形式。在电路分析与计算中,各种连接经等效变换后用一个等效电阻来替代。本书在这里主要介绍电阻的串、并联电路。

若几个电阻按顺序连接在同一条支路上,则这几个电阻称为电阻的串联,如图 1-12 所示。串联电阻的特点如下:

(1) 流过各个电阻的电流相等,即 $I_1 = I_2 = \dots = I$ 。

(2) 总电压等于各分电压之和,即 $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ 。

(3) 总电阻等于各分电阻之和,即 $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ 。

(4) 各电阻的电压与其阻值成正比,即 $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \dots = \frac{U}{R}$,此式称为串联电阻的分压定律。

(5) 各电阻上的功率与其阻值成正比, 即 $\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \dots = \frac{P}{R}$ 。

(6) 总功率等于各分功率之和, 即 $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ 。

若几个电阻并列连接在不同的支路上, 则这几个电阻称为电阻的并联, 如图 1-13 所示。并联电阻的特点如下:

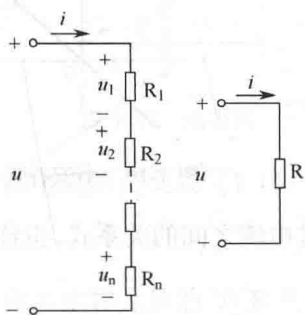


图 1-12 电阻的串联

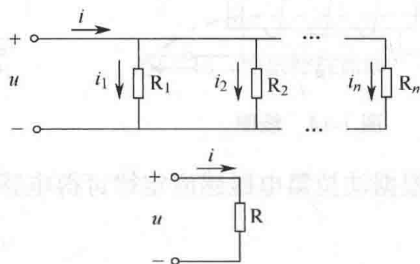


图 1-13 电阻的并联

(1) 各电阻两端的电压相等, 即 $U_1 = U_2 = \dots = U$ 。

(2) 总电流等于各分电流之和, 即 $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 。

(3) 总电阻的倒数等于各分电阻倒数之和, 即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ 。

当有两个电阻并联时有 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 。

(4) 流过各电阻的电流与其阻值成反比, 即 $I_1 R_1 = I_2 R_2 = IR$, 此式称为并联电阻的分流定律。

当有两个电阻并联时有 $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ 。

(5) 各电阻上的功率与其阻值成正比, 即 $\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2}$ 。

(6) 总功率等于各分功率之和, 即 $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ 。

1.3.2 电感元件

图 1-14 是实际的线圈, 假定绕制线圈的导线电阻很小, 忽略不计, 线圈有 N 匝, 当线圈通以电流 i , 在线圈内部将产生磁通 Φ_L , 若磁通 Φ_L 与线圈 N 匝都交链, 则磁通链 $\Psi_L = N\Phi_L$ 。

在电路中一般用图 1-15 表示实际线圈, 并用字母 L 表示。通常称为电感元件, 磁通 Φ_L 与磁通链 Ψ_L 都是由线圈本身电流而产生的, 称为自感磁通和自感磁通链。

在国际单位制中, 磁通和磁通链的单位是 Wb (韦[伯]), 自感 L 的单位是 H (亨[利])。

根据法拉第电磁感应定律可得:

$$\Psi_L = Li \quad (1-11)$$

式中, L ——线圈的自感系数, 简称为自感或电感。