

高等学校教材

电 工 学



电 工 技 术

第二版

◎ 成谢锋 主编

中国石油大学出版社



高等学校教材

电 工 学



电 工 技 术

第二版



◎ 主 编 成谢锋

副主编 刘立山

邢宝玲

王前虹

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/刘润华,成谢锋等主编. —东营:中国石油大学出版社,2004.3(2007.7重印)

ISBN 978-7-5636-1226-0

I. 电… II. ①刘… ②成… III. ①电工技术 ②电子技术
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 46248 号

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,翻版必究。

电工学 I

电 工 技 术

(第二版)

成谢锋 主编

责任编辑:宋秀勇(电话 0546—8396155)

封面设计:九天设计

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:yibian@hdpu.edu.cn

印 刷 者:山东省东营市新华印刷厂

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)

开 本:170×230 印张:17.375 字数:340千字

版 次:2007年7月第2版第6次印刷

定 价:全套定价49.00元,本册定价24.00元

本书封面覆有中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有中国石油大学出版社标志激光防伪标签,无标签者不得销售。



前 言

电工学是高等学校非电类理工专业的一门技术基础课。根据教育部(原国家教育委员会)1995年颁发的高等工业学校“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”教学基本要求,面对学时越来越少、内容越来越多的矛盾和21世纪初对非电类工程师更高的要求,结合我们完成的教育部21世纪初高等教育教学改革项目“非电类理工专业电工电子课程模块教学改革的研究与实践”的研究成果和多年的教学经验,在第一版的基础上,修订编写了这套教材。

本书分“电工技术”和“电子技术”两册。在教材体系和内容处理上,我们主要考虑了以下几个方面:

1. 在教材体系上采用了“基础内容加应用内容”的模块化结构,每册书的前半部分为必修的基础模块,后面的章节为应用模块,各专业可根据自己的学时和要求,选择某些模块进行组合。

2. 为了解决“学时少与内容多”的矛盾,精选了传统的基础内容,删减了过时的无用内容,如对半导体分立元件的内部结构、原理分析、晶体管放大电路的微变等效电路分析、定量计算等,大大进行了删减;差动放大电路、功率放大电路仅在集成运放中介绍了概念,不作定量分析计算;数字逻辑门、触发器等集成电路,不分析内部电路,只给出逻辑符号,重点分析外部特性。

3. 为了解决电工学课程“学的内容有些没有用,有用的内容没有学”和非电专业学完电工学后无后续课的问题,教材加强了应用内容,主要增加了电量测量、非电量测量、信号调理、电机电器控制等工业测控内容,还增加了电气照明技术、功率电子技术等理工科学生非常感兴趣和实用的内容。

4. 注重系统概念。在目前国内流行的电工学教材中,内容比较零碎,没有组成应用系统,学生学起来乏味,到工作单位以后不会应用电工学知识解决实际问题。系统的外部特性一般不会随着电子技术的发展而过时,恰恰相反的是,应用系统中的局部电路、电子器件则会随着时间的推移而被淘汰。因此,重视系统的构成及应用,将会使学生终生受益,对今后的再学习或可持续发展起着非常重要的作用。如本书中的数据采集系统,将传感器、信号调理电路、A/D与D/A等电路有机地组成一个应用系统;交流电机变频调速系统、不停电电源等都是非常切合实际的应用系统。

5. 增加了近年来发展快、应用广的最新内容,如电子设计自动化,包括isp-

PAC、PLD、EWB等,还有智能建筑信息系统等内容,以拓宽学生的视野,激发学习动力。

6. 在写作方式上,力求物理概念清楚,阐述简明扼要,推导计算从简,突出方法应用。做到简明易懂,好教好学,启发思考,培养能力。

刘润华教授负责全书的策划、组织、统稿和定稿。电工技术由成谢锋主编,电子技术由刘润华主编。

参加电工技术编写的有:成谢锋(第1、4章)、邢宝玲(第6、9章)、王前虹(第7、10章),莱阳农学院的刘立山(第2、3、5章)。

参加电子技术编写的有:中国石油大学的刘润华(第4、5、9章),山东交通学院的王晓红(第3、10章),济南大学的王焱(第7、8章)、王前虹(第12章)、成谢锋(第2、11章)。杨雪岩增写了各章的基本要求、部分例题和习题。

参加本书编写工作的还有济南大学、中国石油大学、南京邮电大学电工电子教学实验中心的曲朝霞,厉广伟,杨雪岩,薛必翠,孙秀丽,方敏,单亦先,郝宁眉,刘广孚,王心刚,郭曙光等,在此向他们表示衷心感谢。

本书第一版(电子技术)于2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖。

本书适用于工科院校非电类理工专业的本专科学生,也可供网络学院、成人教育等相关专业的学生使用。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,敬请读者,特别是使用本书的老师和同学,提出批评和改进意见。

编 者

2007年7月

目 录

第1章 电路的基本概念、定律与分析方法 (1)

1.1 电路的基本概念 (1)

1.1.1 电路的组成及作用 (1)

1.1.2 电路模型 (3)

1.1.3 电流和电压的参考方向 (3)

1.1.4 电路中的功和功率 (6)

1.2 电路的基本元件 (7)

1.2.1 电阻元件 (8)

1.2.2 电容元件 (9)

1.2.3 电感元件 (11)

1.2.4 电源元件 (12)

1.3 电路的基本状态和电气设备的额定值 (14)

1.3.1 电路的基本状态 (14)

1.3.2 电气设备的额定值 (16)

1.4 电路中电位的概念及计算 (17)

1.5 基尔霍夫定律 (20)

1.5.1 基尔霍夫电流定律(KCL) (20)

1.5.2 基尔霍夫电压定律(KVL) (22)

1.6 电路的分析方法 (25)

1.6.1 电路的等效化简 (25)

1.6.2 支路电流分析法 (32)

1.6.3 结点电压分析法 (34)

1.6.4 叠加定理 (36)

1.6.5 戴维宁定理与诺顿定理 (38)

习 题 (42)

第2章 正弦交流电路 (48)

2.1 正弦交流电的基本概念 (48)

2.2 正弦量的相量表示法 (51)

2.3 单一参数的正弦交流电路 (54)

2.3.1 电阻元件的正弦交流电路 (54)

2.3.2 电感元件的正弦交流电路	(56)
2.3.3 电容元件的正弦交流电路	(58)
2.4 R 、 L 、 C 串联的正弦交流电路	(62)
2.4.1 电压与电流	(63)
2.4.2 功率	(64)
2.5 正弦交流电路的分析	(67)
2.5.1 阻抗的串联	(67)
2.5.2 阻抗的并联	(68)
2.5.3 一般正弦交流电路的分析和计算	(70)
2.6 功率因数的提高	(74)
2.7 正弦交流电路的频率特性	(76)
2.7.1 频率特性 $A(j\omega)$	(77)
2.7.2 电路的谐振	(79)
习 题	(84)
第 3 章 三相正弦交流电路	(89)
3.1 三相电源	(89)
3.1.1 对称三相电源	(90)
3.1.2 三相电源的联接	(91)
3.2 三相负载的联接	(93)
3.2.1 负载的星形联接(Y 接)	(93)
3.2.2 负载的三角形联接(Δ 接)	(96)
3.3 三相电路的功率	(98)
3.3.1 三相功率的计算	(98)
3.3.2 三相功率的测量	(100)
习 题	(101)
第 4 章 电路的暂态分析	(103)
4.1 换路定则与电压和电流初始值的确定	(103)
4.2 RC 电路的响应	(106)
4.2.1 RC 电路的零输入响应	(106)
4.2.2 RC 电路的零状态响应	(109)
4.2.3 RC 电路的全响应	(112)
4.3 一阶线性电路暂态分析的三要素法	(114)
4.4 RL 电路的响应	(118)
4.4.1 RL 电路的零输入响应	(118)
4.4.2 RL 电路的零状态响应	(119)
4.4.3 RL 电路的全响应	(119)

习 题	(121)
第 5 章 磁路与变压器	(125)
5.1 磁路基础与磁路的基本定律	(125)
5.1.1 磁路基础	(125)
5.1.2 磁路的基本定律	(128)
5.2 铁心线圈	(130)
5.2.1 直流铁心线圈	(130)
5.2.2 交流铁心线圈	(131)
5.3 变压器	(133)
5.3.1 变压器的基本结构与工作原理	(133)
5.3.2 变压器的外特性	(138)
5.3.3 变压器的损耗与效率	(139)
5.3.4 变压器的同名端及其绕组的接法	(139)
5.3.5 三相变压器	(141)
5.3.6 特殊变压器	(142)
* 5.4 电磁铁	(144)
习 题	(146)
第 6 章 电动机和控制电机	(148)
6.1 三相异步电动机的结构	(148)
6.2 三相异步电动机的工作原理	(150)
6.2.1 旋转磁场	(150)
6.2.2 转子转动原理	(153)
6.3 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	(154)
6.3.1 电磁转矩	(154)
6.3.2 机械特性	(156)
6.4 三相异步电动机的铭牌数据	(160)
6.5 三相异步电动机的启动、调速、反转和制动	(162)
6.5.1 三相异步电动机的启动	(162)
6.5.2 三相异步电动机的调速	(167)
6.5.3 三相异步电动机的反转和制动	(167)
* 6.5.4 三相异步电动机的选用	(168)
6.6 单相异步电动机	(170)
* 6.7 直流电动机	(172)
6.7.1 直流电动机的结构及其工作原理	(173)
6.7.2 并励电动机的机械特性	(175)
6.7.3 并励和他励电动机的启动和反转	(176)

6.7.4 并励和他励电动机的调速	(177)
* 6.8 控制电机	(178)
6.8.1 伺服电动机	(179)
6.8.2 测速发电机	(182)
6.8.3 步进电动机	(183)
习 题	(186)
第7章 电气控制技术基础	(187)
7.1 常用低压控制电器	(187)
7.1.1 手动电器	(187)
7.1.2 自动电器	(189)
7.2 三相鼠笼式电动机的基本控制	(195)
7.2.1 具有短路、过载和失压保护的直接启停控制电路	(196)
7.2.2 点动控制	(197)
7.2.3 异地控制	(197)
7.2.4 多台电动机的联锁控制	(198)
7.2.5 正反转控制	(199)
7.3 行程控制	(201)
7.4 时间控制	(202)
习 题	(204)
第8章 可编程控制器及其应用	(207)
8.1 可编程控制器的结构和工作原理	(207)
8.1.1 可编程控制器的结构	(207)
8.1.2 可编程控制器的工作原理	(208)
8.1.3 可编程控制器的主要技术指标	(209)
8.1.4 可编程控制器的主要功能和特点	(211)
8.2 可编程控制器的程序编制	(212)
8.2.1 可编程控制器的编程语言	(212)
8.2.2 可编程控制器的指令系统	(213)
8.2.3 编程的基本规则和技巧	(220)
8.3 可编程控制器控制系统的设计	(222)
8.3.1 PLC控制系统设计简介	(222)
8.3.2 PLC控制系统设计举例	(224)
习 题	(229)
第9章 工业供电与安全用电	(231)
9.1 电力系统的基本概念	(231)
9.1.1 电力系统	(231)

9.1.2 电力系统的电压等级	(233)
9.2 工业供电系统	(234)
9.2.1 工业供电的基本要求	(234)
9.2.2 工业供电方式	(235)
9.2.3 变电所和配电所	(236)
9.2.4 低压配电线路的联接方式	(238)
9.3 电缆电线的选择	(239)
9.3.1 导线类型选择	(239)
9.3.2 导线截面选择	(240)
9.4 安全用电	(242)
9.4.1 安全用电常识	(242)
9.4.2 防触电的安全技术	(243)
9.4.3 电气防火、防爆	(245)
9.4.4 雷电及其防护	(246)
9.4.5 静电及其防护	(248)
习 题	(249)
第10章 电气照明技术	(250)
10.1 照明技术的基本概念	(250)
10.2 照明的种类	(252)
10.3 照明方式	(253)
10.4 电光源的选择	(253)
10.5 灯具的选择	(254)
10.6 灯具的布置与安装	(257)
10.7 照明节能	(259)
10.8 照度计算	(260)
10.9 电气照明设计简介	(261)
部分习题参考答案	(265)

如图 1.1.1 所示, 电力系统由电源、输电线路、变电所、配电线路、用电设备组成。在电力系统运行过程中, 当电能从电源流向用电设备时, 由于输电线路、变电所、配电线路的存在, 电能会发生损耗, 因此, 在电力系统运行过程中, 必须考虑电能损耗的问题。从图 1.1.1 和图 1.1.2 可以看出, 电力系统的基本组成, 它们基本都可以看成由以下三部分组成: 电源、中间环节、用电设备。其中, 电源是提供电能的设备, 在发电厂内, 电源是将热能、水能或原子能

第1章 电路的基本概念、定律与分析方法

电路是电工技术和电子技术的重要基础。本章主要介绍电路的基本概念、基本定律和基本分析方法,包括电路的组成及作用,电路模型,电压、电流的参考方向,电位、功率及其电气设备额定值的概念;基尔霍夫定律;电路的等效化简,支路电流法,结点电压法,叠加定理,戴维宁定理与诺顿定理。这些基本概念、定律和分析方法,不仅适用于直流电路,也适用于交流电路。

基本要求:

- (1) 正确理解电压和电流参考方向的意义;
- (2) 熟练掌握实际电源的两种模型及其等效变换;
- (3) 了解电源的有载工作、开路与短路状态,理解电功率和额定值的意义;
- (4) 熟练掌握并运用基尔霍夫定律、支路电流法、结点电压法、叠加原理和戴维宁定理分析电路问题理解诺顿定理的内容;
- (5) 理解电位的概念。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成及作用

实际电路是根据某种需要由具有不同电气性能及作用的电气元件设备联接而成的电流的通路。电路的结构将依据它所完成任务的不同而不同,可以简单到由几个元件构成,也可以复杂到由上千个甚至数万个元件构成。不管简单电路也好,复杂电路也好,按其功能可分为两大类:一类是实现能量的变换或传输,如图 1.1.1 所示的手电筒和电力系统电路;另一类是实现信号的变换或传输,如图 1.1.2 所示的电视机电路。当然两类电路有时没有严格的区分,有时在变换或传输能量时,也伴随着信号的变换或传输,有时在变换或传输信号时,肯定也存在能量的变换或传输,两类电路的区分主要看什么占主导地位。

从图 1.1.1 和图 1.1.2 所示电路可以看出,不管什么电路,它们基本都可以看成由以下三部分组成:电源(电池、发电机等)、负载(灯泡、电动机、显像管等)和中间环节(导线、开关、信号放大处理环节等)。

电源是供应电能的设备。在发电厂内可通过发电机把热能、水能或原子能

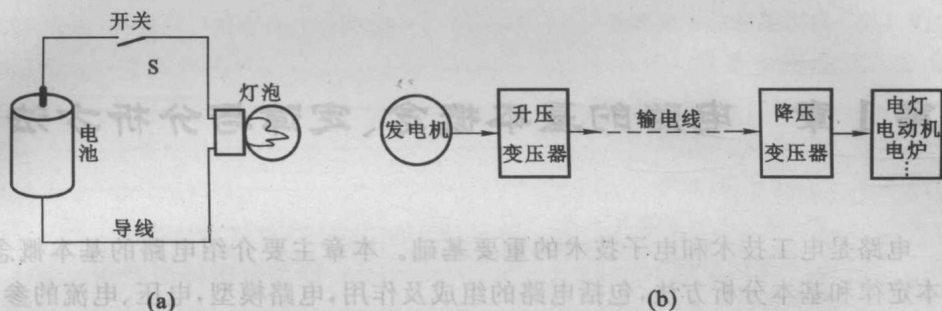


图 1.1.1 能量变换和传输电路示意图

(a) 手电筒; (b) 电力系统

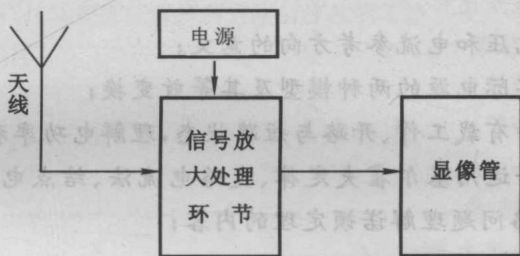


图 1.1.2 电视机电路示意图

等转换为电能。电池是一种常用的化学能电源。当然还有一些其他的电源。

负载是取用电能的设备,它可以把电能转换为其他形式的能,如光能、机械能、热能等。常见的负载有灯泡、电动机、电炉等。

中间环节是电源与负载之间必不可少的一个环节,它可以是导线、开关、控制环节、放大器、滤波器、传输线和变换环节等。

当电路中有电流流经电气元件时,电路就可实现能量的转换、传输、分配以及信息的存取和信号处理等。像电力系统的变压器就主要承担电能的转换与分配,传输线则主要承担电能的传输。而电动机、灯泡、电炉、冰箱等,则主要承担电能的转换。像电子计算机中的 A/D、D/A 转换电路,滤波器,信息的存储、读写、运算电路等则主要承担信号的处理,等等。

在电路理论中,通常把电源或信号源称作**激励**,激励可以是电压激励,也可以是电流激励。激励源推动电路工作,电激励在电路中产生的电压和电流统称为**响应**。所谓电路分析,就是在已知电路的结构和元件参数的条件下,讨论电路在激励作用下的响应问题。

1.1.2 电路模型

实际电路都是由一些按需要起不同作用的实际电路元件或器件所组成的,诸如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管以及各种电阻器和电容器等,它们的电磁性质较为复杂。最简单的例如一个白炽灯,它除具有消耗电能的性质(电阻性)外,当通有电流时还会产生磁场,就是它还具有电感性。但电感非常微小,可忽略不计,于是可认为白炽灯是一电阻元件。

为了便于对实际电路进行分析和用数学描述,将实际元件理想化(或称模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,把它近似地看作理想电路元件。由一些理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型,它是对实际电路电磁性质的科学抽象

和概括。理想电路元件(今后理想两字常略去不写)主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。这些元件分别由相应的参数来表征。例如常用的手电筒,其实际电路元件有干电池、灯泡、开关和筒体,电路模型如图 1.1.3 所示。灯泡是电阻元件,其

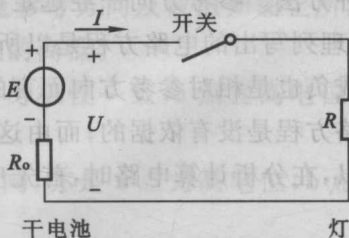


图 1.1.3 手电筒的电路模型

参数为电阻 R ;干电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内电阻(简称内阻) R_0 ;筒体是联接干电池与灯泡的中间环节(还包括开关),其电阻忽略不计,认为是一无电阻的理想导体。

今后所分析的都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件用规定的图形符号表示。

1.1.3 电流和电压的参考方向

1. 电压、电流的实际方向

物理学中已讨论过电流、电压和电动势,这里不再重复。为了对电路进行分析和计算,本节引入参考方向的概念。在进行讨论之前,有必要对电流、电压和电动势的实际方向进行定义。

电流的实际方向定义为正电荷运动的方向,当然,负电荷运动的相反方向也是电流的实际方向。

电压的实际方向定义为高电位指向低电位的方向。也就是说,沿着电压的实际方向,电位是逐点降低的。

电动势的实际方向定义为电源内部电位升高的方向,恰恰与电压的实际方

向相反。

2. 参考方向

在分析和计算较复杂的电路时,电流的实际方向很难立即判断出来,对于交流电路,电流的实际方向还在随时间而改变。为了分析、计算的方便,引入了参考方向的概念。在分析、计算某段电路的电流时,可任选一个方向作为该段电路电流的参考方向,并在电路图上用带箭头的有向线段标出。计算时按参考方向列写方程,计算结果是正值,说明该段电流的实际方向与参考方向一致;计算结果为负值,说明该段电流的实际方向与参考方向相反。

在直流电路中,一旦电路确定了,电路中各支路电流的实际方向就确定了,它不受参考方向的影响。而参考方向的选择是任意的,参考方向是分析、计算电路的一种方法。参考方向一经选定,在分析、计算电路时就不能更改。按电路的定律、原理列写出的电路方程是以所选定的参考方向作为依据的;计算结果中电流的正或负也是相对参考方向而言的。换言之,如事先不设定参考方向,则列写出的电路方程是没有依据的;而由这些方程求解出的电流的正或负也是无意义的。所以,在分析计算电路时,首先应确定电流的参考方向,并在电路图中标注出来。

电流的参考方向可以用有向线段标出,也可以用双下角标表示,如 I_{ab} 表示电流参考方向由 a 流向 b,如图 1.1.4 所示。

例 1.1.1 电路如图 1.1.4 所示,如计算结果为 $I_{ab} = -2\text{ A}$,试判断电流的实际方向。

解 $I_{ab} = -2\text{ A}$, $I_{ab} < 0$,表明该电流的实际方向与参考方向相反,该电流的实际方向由 b 流向 a。

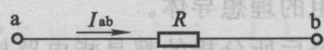


图 1.1.4 电流参考方向的标注

直流电流用大写字母 I 表示,交变电流用小写字母 i 表示。在国际单位制即 SI 制中,电流的单位名称是安培,单位符号是 A。

同理,在分析、计算电路时,也应该设定电压的参考方向(或极性),两点间电压的参考方向的选择也是任意的,计算结果为正,表示电压实际方向与参考方向相同;计算结果为负,表示电压实际方向与参考方向相反。电压参考方向常用两种方式表示:“+”表示高电位,“-”表示低电位,电压参考方向从“+”指向“-”;用有向线段表示从高电位端指向低电位端。有时也用双下角标表示,如 U_{ab} 表示电压参考方向由 a 指向 b。

在分析、计算电路时,也应标出电压源电动势 E 的参考方向,或者标出电压源端电压 U_s 的参考方向,如图 1.1.5 所示。

图 1.1.5 中,符号 $\pm \bigcirc \mp$ 表示理想电压源,本章 1.2 节将作详细介绍。

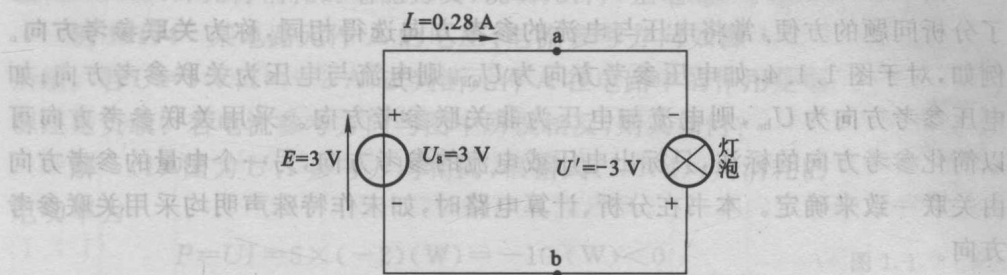


图 1.1.5 电压源或电动势的参考方向

例 1.1.2 电路如图 1.1.5 所示,各电量参考方向及数值如图上所注,试判断该电路电流的实际方向及 a 点与 b 点电位的高低。

解 题中 $E=3\text{ V}$, $E>0$, 实际极性与参考极性一致, a 点为高电位, b 点为低电位;

$U=3\text{ V}$, $U>0$, 实际极性与参考极性相同,亦是 a 点为高电位, b 点为低电位;

$U'=-3\text{ V}$, $U'<0$, 实际极性与参考极性相反,亦是 a 点为高电位, b 点为低电位。

$I=0.28\text{ A}$, $I>0$, 电流的实际方向与参考方向一致,从 a 经灯泡流向 b,或从 b 经电源流向 a。

参考方向也称为正方向。

直流电压用大写字母 U 表示,交变电压用小写字母 u 表示;直流电动势用大写字母 E 表示,交变电动势用小写字母 e 表示。在 SI 单位制中,它们的单位名称是伏特,单位符号是 V。

例 1.1.3 已知电压源电动势如图 1.1.6 所示,试分析 U_{ab} 、 U_{ba} 与 E 的关系。

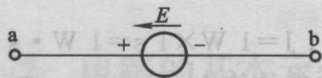


图 1.1.6 例 1.1.3 图

解 从图中可知,电动势 E 的参考方向选定 a 点为高电位, b 点为低电位。电压 U_{ab} 选定的也是 a 点为高电位, b 点为低电位,两者一致,因此有 $E=U_{ab}$ 。而 U_{ba} 选定 b 点为高电位, a 点为低电位,与电动势 E 设置的极性相反,因此应有 $E=-U_{ba}$ 。

3. 电压、电流的关联参考方向

同一元件电压与电流参考方向的选择是任意的,可以相同,也可以相反。为了分析问题的方便,常将电压与电流的参考方向选得相同,称为关联参考方向。例如,对于图 1.1.4,如电压参考方向为 U_{ab} ,则电流与电压为关联参考方向;如电压参考方向为 U_{ba} ,则电流与电压为非关联参考方向。采用关联参考方向可以简化参考方向的标注,只标出电压或电流的参考方向,另一个电量的参考方向由关联一致来确定。本书在分析、计算电路时,如未作特殊声明均采用关联参考方向。

1.1.4 电路中的功和功率

电路接通后同时进行着电能和非电能的转换。根据能量守恒定律,电源供出的电能等于负载消耗或吸收电能的总和。功和能用字母 W 表示。

负载消耗或吸收的电能即电场力移动电荷 q 所做的功。由电压、电流定义,可表示为

$$W = \int_0^q u dq = \int_0^{\tau} ui dt \quad (1.1.1)$$

式中, τ 为电流通过负载的时间。

功率即电流做功的速率,用字母 $p(P)$ 表示。

$$p = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} ui dt = ui \quad (1.1.2)$$

若电压、电流都是恒定值时,以上两式分别为

$$W = UI\tau \quad (1.1.3)$$

和

$$P = \frac{W}{\tau} = UI \quad (1.1.4)$$

功率的单位为瓦特,简称瓦(W),辅助单位有千瓦(kW),毫瓦(mW)等。

$$1 \text{ W} = 10^{-3} \text{ kW} = 10^3 \text{ mW}$$

功的单位为焦耳(J)。

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ s} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$

工程上常用“度”作为电能的单位。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

在电压、电流参考方向下,功和功率也是代数量。以上各式为元件电压、电流参考方向一致时消耗电功率的表达式;当元件电压、电流参考方向相反时,计算元件消耗的电功率要在表达式前加“-”号,即

$$P = -UI \quad (1.1.5)$$

以上两种情况,若结果为 $P>0$,说明元件是耗能的,在电路中的作用为负载;若 $P<0$,即元件消耗的电能负,说明元件产生电能,为电源。

例 1.1.4 某电路元件 A 的电压、电流参考方向如图 1.1.7 所示。若 $U=5\text{ V}$, $I=-2\text{ A}$,试判断元件 A 在电路中的作用是电源还是负载? 若电流参考方向与图中所设相反,则又如何?

解 (1) 因为 U 、 I 参考方向相同,根据式(1.1.4),其消耗的电功率为

$$P=UI=5\times(-2)(\text{W})=-10(\text{W})<0$$

图 1.1.7 例

故元件 A 为电源。

(2) 若电流参考方向与图中所设相反,根据式(1.1.5)式,则

$$P=-UI=5\times(-2)(\text{W})=10(\text{W})>0$$

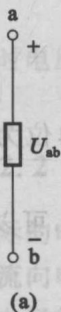
元件 A 为负载。

【练习与思考】

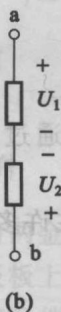
1.1.1 为什么要引入电压、电流的参考方向? 参考方向与实际方向有何区别和联系?

1.1.2 在图 1.1.8(a)所示电路中, $U_{ab}=-5\text{ V}$,试问 a、b 两点哪点电位高? 在图 1.1.8(b)所示电路中, $U_1=-6\text{ V}$, $U_2=4\text{ V}$,试问 U_{ab} 等于多少伏?

1.1.3 在图 1.1.9 中,哪些元件吸收功率? 哪些元件提供功率? 并求出吸收与提供的功率值。



(a)



(b)

图 1.1.8 练习与思考 1.1.2 的图

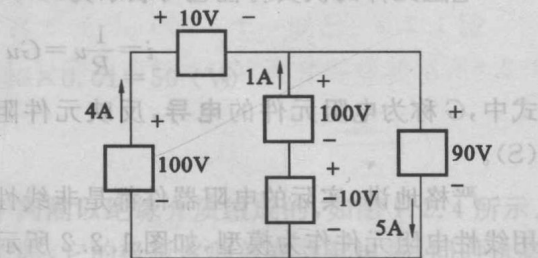


图 1.1.9 练习与思考 1.1.3 的图

1.2 电路的基本元件

理想元件是组成电路的基本单元。元件上电压与电流之间的关系又称为元件的伏安特性,它反映了元件的性质。电路元件按能量特性,可分为无源和有源元件;按与外部联接的端子数目,可分为二端、三端、四端元件等;按伏安特性,可分为线性元件与非线性元件。本节将讨论电阻、电感、电容和电源等二端元件的