



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电工电子技术

(多学时) (第3版)

陈小虎 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电工电子技术

Diangong Dianzi Jishu

(多学时)

(Duoxueshi)

(第3版)

陈小虎 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育),是根据教育部最新制订的“高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求”编写的。全书共有四个部分,主要内容包括:电工基础知识,电子技术基础,电气控制技术基础,电工测量与电子仪器仪表等内容。

本书力求在保证必要的基础知识、基本分析方法和基本技能的基础上,加强电工电子技术基础与工程实践的紧密结合,通过教材的修订,在内容、结构上进一步体现高职高专教育的特点,以适应当前教学改革的需要。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校非电类专业相应学时课程的教材,同时也可作为电工电子技术基本应用知识与技能的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术:多学时/陈小虎主编. —3版. —北京:高等教育出版社, 2010. 6

ISBN 978-7-04-029496-5

I. ①电… II. ①陈… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材②电子技术-高等学校:技术学校-教材
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 081697 号

策划编辑	孙 杰	责任编辑	曲文利	封面设计	张志奇
责任绘图	尹 莉	版式设计	王艳红	责任校对	殷 然
责任印制	尤 静				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 人民教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 26.75
字 数 650 000

版 次 2000 年 8 月第 1 版
2010 年 6 月第 3 版
印 次 2010 年 6 月第 1 次印刷
定 价 38.80 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

物料号 29496-00

前 言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。是在“十五”国家级规划教材(第2版)的基础上进行修订的。在重新编写与修订过程中,考虑了高职高专教学的特点,贯彻以必需够用为度和掌握概念、强化应用等原则,理论紧密联系实际,图文并茂,循序渐进,在保证必要的基本理论、基本知识和基本分析方法的基础上,以案例、实例和例题说明问题,避免繁琐的公式推导,力求简洁,以帮助初学者理解;同时本书也突出反映了新产品、新技术的应用等。

本次修订与上一版相比,主要的变动和调整有:

(1) 对内容进行了整合,把原第三部分的“常用低压控制电器”、“电动机及其基本控制电路”、“可编程序控制器(PLC)”和原第五部分的“安全用电知识”整合为现第三部分的“电气控制技术基础”;把原第四部分的“常用电工仪表与测量”和原第五部分的“常用电子仪器仪表”整合为现第四部分的“电工测量与电子仪器仪表”;部分章节缩短了篇幅,叙述中注意掌握内容展开的层次,力求简洁明了。

(2) 充分考虑非电类学生的学习基础,注重学生的接受能力,叙述中对重点和难点进行了处理,增加了应用性和针对性比较强的例题和习题,并以插图帮助讲解,使学生更加容易接受书中的理论和概念;另外,删除了原书部分例题和习题,使教材结构更加合理。

(3) 由于电子技术发展迅速,电子器件不断集成化,因此,对分立元件所组成单元电路的工作原理介绍作了适当精解,重点介绍集成运放和中规模集成电路外特性和应用。

(4) 反映新产品、新技术的应用。将原“可编程序控制器(PLC)”的内容进行了更新,选择三菱公司的FX系列PLC;此外,在“电气控制技术基础”部分中,增加了常用的交、直流固态继电器,自复熔断器等应用;在“电工测量与电子仪器仪表”部分中增加了电子式电度表、失真度测量仪等内容。

本书由南京工程学院陈小虎任主编,并编写与修订了本书第一部分,南京师范大学陈余寿编写与修订了第二部分,南京师范大学赵美生编写与修订了第三部分、第四部分;全书由陈小虎统稿与定稿。

本书由东南大学胡敏强教授担任主审,在审阅过程中提出了许多的宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请各位读者批评指正。

编者

2010年4月于南京

目 录

第一部分 电工基础知识

第 1 章 电路的基本概念与基本

定律 3

1.1 电路与电路模型 3

1.2 电流和电压的参考方向 5

1.3 欧姆定律 6

1.4 电源有载工作、开路与短路 8

1.5 基尔霍夫定律 12

1.6 电路中电位的概念及计算 15

习题 17

第 2 章 电路的分析方法 20

2.1 电阻串并联连接的等效变换 20

2.2 电压源与电流源及其等效变换 25

2.3 支路电流法 29

2.4 结点电压法 31

2.5 叠加原理 34

2.6 戴维宁定理 36

习题 39

第 3 章 正弦交流电路 43

3.1 正弦电压与电流 43

3.2 正弦量的相量表示法 46

3.3 电阻元件、电感元件与电容元件 49

3.4 电阻元件的交流电路 52

3.5 电感元件的交流电路 54

3.6 电容元件的交流电路 56

3.7 电阻、电感与电容串联的交流电路 59

3.8 阻抗的串联与并联 64

3.9 电路的谐振 68

3.10 功率因数的提高 73

习题 76

第 4 章 三相电路 79

4.1 三相电压 79

4.2 负载星形联结的三相电路 82

4.3 负载三角形联结的三相电路 88

4.4 三相功率 91

习题 93

第 5 章 磁路与铁心线圈电路 95

5.1 磁场的基本物理量 95

5.2 磁性材料的磁性能 96

5.3 磁路及其基本定律 98

5.4 交流铁心线圈 101

5.5 电磁铁 103

习题 104

第 6 章 电路的暂态过程 105

6.1 换路定则 106

6.2 RC 电路的暂态过程 108

习题 110

第二部分 电子技术基础

第 1 章 半导体二极管及其应用

电路 115

1.1 半导体二极管的结构 115

1.2 半导体二极管的单向导电性 118

1.3 几种常用特殊二极管 120

1.4 二极管基本电路应用 123

习题	129	5.1 脉冲信号	200
第2章 半导体放大器件及其应用		5.2 开关元件	201
电路	132	5.3 基本逻辑关系	203
2.1 半导体三极管(BJT)及其应用电路	132	5.4 门电路	206
2.2 放大电路中的负反馈	149	5.5 组合逻辑电路	211
2.3 功率放大电路	155	5.6 编码器	217
习题	158	5.7 译码器和数字显示	220
第3章 集成运算放大器及其		5.8 应用举例	222
应用	162	习题	223
3.1 多级放大电路	162	第6章 时序逻辑电路	227
3.2 集成运算放大器的内部电路组成	164	6.1 RS 触发器	227
3.3 差分放大电路	165	6.2 触发器的逻辑功能	233
3.4 集成运算放大器的特点	170	6.3 寄存器	238
3.5 集成运算放大器的线性工作条件及特点	171	6.4 计数器	242
3.6 集成运算放大器的非线性工作条件	172	6.5 应用举例	246
3.7 集成运算放大器应用电路	173	习题	250
3.8 集成运算放大器构成的信号发生电路	178	第7章 555 定时器	254
3.9 集成运算放大器应用举例	182	7.1 555 集成定时器结构及基本原理	254
习题	185	7.2 555 定时器构成的单稳态触发器及其应用	255
第4章 直流稳压电源	190	7.3 555 定时器构成的多谐振荡器及其应用	258
4.1 单相桥式整流电路	190	习题	260
4.2 电容滤波电路	192	第8章 模拟量和数字量的转换	262
4.3 三端集成稳压器稳压电路	193	8.1 数-模转换器(DAC)	262
4.4 直流稳压电源电路应用举例	195	8.2 模-数转换器(ADC)	267
习题	197	习题	273
第5章 数字逻辑电路	200		

第三部分 电气控制技术基础

第1章 常用低压控制电器与安全用电知识	277	1.5 接触器	287
1.1 常用低压控制电器的分类和用途	277	1.6 常用继电器	289
1.2 熔断器	279	1.7 电磁起动器和主令电路	295
1.3 刀开关	281	1.8 漏电保护器	300
1.4 断路器	284	1.9 安全用电知识	301
		习题	306

第2章 变压器	308	接线	324
2.1 变压器的基本结构与原理	308	3.4 三相异步电动机基本控制电路	325
2.2 变压器的额定值	313	3.5 三相异步电动机的调速与制动	328
2.3 变压器绕组的极性	315	习题	329
2.4 三相变压器	316	第4章 可程序控制器	
习题	317	(PLC)	331
第3章 电动机及其基本控制		4.1 PLC的结构和工作原理	331
电路	319	4.2 PLC的基本指令和编程	335
3.1 三相异步电动机的基本结构	319	4.3 PLC的应用举例	338
3.2 三相异步电动机的工作原理	321	习题	340
3.3 三相异步电动机的铭牌、技术数据和			

第四部分 电工测量与电子仪器仪表

第1章 电工仪表与测量的基本		第4章 电功率的测量	378
知识	345	4.1 电功率的测量方法	378
1.1 常用电工仪表的符号与型号	345	4.2 三相有功功率和无功功率的测量	
1.2 电工指示仪表的组成与原理	347	方法	381
1.3 电工指示仪表的主要技术要求		习题	382
与指标	349	第5章 电能的测量	383
1.4 常用的电工测量方法	351	5.1 感应系电度表及电能的测量	383
1.5 测量误差及其消除方法	352	5.2 电子式电度表	386
习题	354	5.3 三相有功电度表和三相无功电度表	
第2章 电流与电压的测量	355	习题	390
2.1 电流与电压的测量方法	355	第6章 相序的测量	391
2.2 磁电系电流表与电压表	357	第7章 电阻的测量	393
2.3 电磁系仪表	361	7.1 用电压表和电流表测量直流电阻	393
2.4 仪用互感器	362	7.2 电阻测量专用仪表	394
2.5 钳形电流表	364	习题	397
习题	365	第8章 常用电子仪器仪表	398
第3章 万用表的原理与使用	366	8.1 DA-16型晶体管毫伏表	398
3.1 模拟式和数字式万用表的区别	366	8.2 XD-2型低频信号发生器	400
3.2 模拟式万用表(MF107)	367	8.3 SR-8型双踪示波器	404
3.3 数字式万用表(DT830)	372	8.4 BS1型失真度测量仪	414
习题	377	习题	416
参考文献	417		

第一部分

电工基础知识

第 1 章

电路的基本概念与基本定律

电路是电工技术和电子技术的基础。学好电路,特别是掌握电路的分析方法,可为后面所要学习的电子电路、电机电路及电气控制、电气测量打下坚实的基础。本章主要介绍电路模型和各种电路理想元件,其中包括电压和电流参考方向的概念、欧姆定律、基尔霍夫电流定律和电压定律。

1.1 电路与电路模型

1. 电路

电路是电流流通的路径,是为某种需要由若干电气元件按一定方式组合起来的整体,主要用来实现能量的传输和转换,或实现信号的传递和处理。

电路的结构形式,按所实现的任务不同而多种多样,但无论是哪种电路,均离不开电源、负载和必要的中间环节这三个最基本的组成部分。

电源是提供电能的设备,如发电机、电池、信号源等。

负载是指用电设备,如电灯、电动机、空调、冰箱等。

中间环节是用作电源与负载相连接的,通常是一些连接导线、开关、接触器等辅助设备。

图 1.1.1 是电路在两种典型场合的应用。图(a)是发电厂的发电机把热能、水能或原子能等转换成电能,通过变压器、输电线路等中间设备输送至各用电设备;图(b)通过电路把所接收的信号经过变换(放大)和传递,再由扬声器输出。

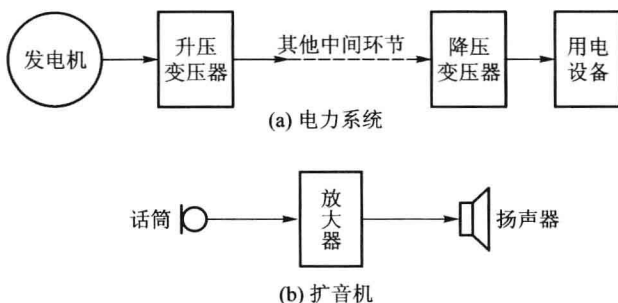


图 1.1.1 电路在两种典型场合应用示意图

无论是电能的传输和转换电路,还是信号的传递和变换电路,其中电源或信号源的电压、电流输入称为激励,它推动电路工作;激励在电路各部分所产生的电压和电流输出称为响应。分析电路,其实质就是分析激励和响应之间的关系。

2. 电路模型

在电路分析中用电流、电压、磁通等物理量来描述其工作过程。然而,实际电路是由电工设备和器件等组成,它们的电磁性质较为复杂,难以用精确的数学方法来描述。因此,对实际电路的分析和计算,需将实际电路元件理想化(或模型化),即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略次要因素,将它近似地看作理想元件。

如电炉通电后,会产生大量的热(电流的热效应),呈电阻性,同时由于有电流通过还要产生磁场(电流的磁效应),它又呈电感性。但其电感微小,是次要因素,可以忽略,因此可以理想化地认为电炉是一个电阻元件,用一个参数为 R 的电阻器件来表示。

理想电路元件的电路图形与符号如图 1.1.2 所示。



图 1.1.2 理想电路元件的图形与符号

对实际电路分析,就是在一定条件下将实际元器件理想化表示,即将电路中元器件看作理想元件,所组成的电路称为电路模型,也简称为电路。这是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。在今后学习中,接触的电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,若没有特殊说明,均表示为理想元件,分别由相应的参数来描述,用规定的图形符号来表示。

例如常用的手电筒,是由干电池、灯、开关和筒体等实际电路元件组成,如图 1.1.3(a)所示。干电池是电源元件,可用一理想电压源和一个内电阻(简称内阻)的串联来替代,其参数为电动势 E 和电阻 R_0 ;灯消耗电能,可用一理想电阻元件替代,其参数为电阻 R ;筒体和开关是连接干电池和灯的中间环节,其电阻忽略不计,可用一个无电阻的理想导体替代,由此构成了手电筒电路模型,如图 1.1.3(b)所示。

今后分析的都是电路模型,简称电路。而理想电路元件中的理想二字常略去不写,简称电路元件。

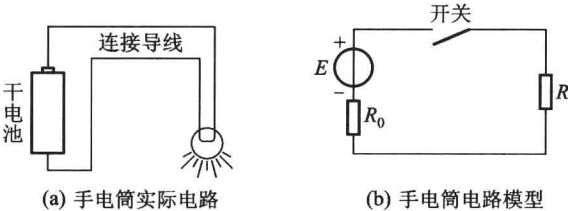


图 1.1.3 手电筒实际电路及其电路模型

1.2 电流和电压的参考方向

尽管从物理课程中已经学过了,在分析电路时,当元器件中有了电流通过,其流动方向总是从高电位一端流向低电位的一端,这是电流流动的实际方向;或者当知道了电流流动的实际方向,也能判别出元器件两端的电位高低。然而,当分析较为复杂电路时,往往很难知道电流的实际流动方向,特别是交流电路,由于电流的实际流动方向随时间变化,其实际流动方向难以在电路中标注。因此,引入了电流“参考方向”的概念,这是分析和计算电路的基础。

电流的实际方向是指正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。

电流的参考方向是指在分析与计算电路时,任意假定某一个方向作为电流的参考方向。当所假定的电流方向与实际方向一致时,则电流为正值($I > 0$);所假定的电流方向与实际方向不一致时,则电流为负值($I < 0$)。可见,参考电流的值是个标量,没有正负之分;只有参考方向被假定后,电流的值才有正负之分。

电压在分析电路时也有方向性,电压的方向规定为从高电位端指向低电位端,即电位降低的方向*。电压参考方向和电流参考方向一样,也是任意指定,分析电路时,假定某一方向是电位降低的方向,如所假定的电压方向与实际方向一致时,则电压为正值($U > 0$);电压参考方向与实际方向不一致时,则电压为负值($U < 0$)。因此,参考电压的值也是个标量,有正负之分;只有参考方向被假定后,电压的值才有正负之分。

在电路中所标注的电流、电压方向,通常均为参考方向,它们的值为正,还是为负,与所假定的参考方向有关,如图 1.1.4 和图 1.1.5 所示。



图 1.1.4 电流参考方向与实际方向



图 1.1.5 电压参考方向与实际方向

电压的参考方向除可以用“+”、“-”极性表示外,还可以用双下标表示。如, a、b 两点间的电压 U_{ab} , 它的参考方向是由 a 指向 b, 即 a 点的参考极性为“+”, b 点的参考极性为“-”;若参考方向选为 b 指向 a, 则为 U_{ba} , $U_{ba} = -U_{ab}$ 。

* 电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端,其参考方向的选定与电流、电压参考方向选定相同。

电流的参考方向用箭头标注,也可用双下标表示。如 I_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 点流向 b 点。

练习与思考

- 1.2.1 图 1.1.6(a)中,已知 $U_{ab} = -6\text{ V}$;问 a、b 哪点电位高?
- 1.2.2 图 1.1.6(b)中,以 b 点为参考电位,求其他两点的电位。
- 1.2.3 图 1.1.6(c)中, $U_1 = -4\text{ V}$, $U_2 = -2\text{ V}$,求 $U_{ab} = ?$

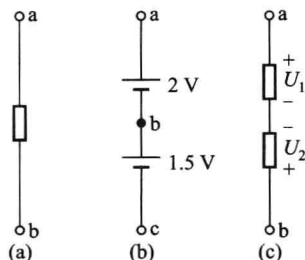


图 1.1.6 练习与思考题图

1.3 欧姆定律

1.3.1 欧姆定律

流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比,这是欧姆定律的基本内容。欧姆定律是电路分析中最基本、最重要的定律之一。在图 1.1.7 所示电路中,欧姆定律可表示为下式

$$\frac{U}{I} = R \quad (1.3.1)$$

式中, R 为电路中的电阻。

由上式可见,如果电阻固定,则电流的大小与电压成正比;如果电压固定,电流的大小与电阻成反比,它反映电阻对电流起阻碍作用。

在电路图中,由于所选电流、电压参考方向的不同,欧姆定律的表达式中可带有正负号,当电压和电流的参考方向一致时[如图 1.1.7(a)所示],则得

$$U = RI \quad (1.3.2)$$

当电压和电流的参考方向不一致时[如图 1.1.7(b)和图 1.1.7(c)所示],则得

$$U = -RI \quad (1.3.3)$$

式(1.3.2)和式(1.3.3)中的正、负号是由于选取的电压和电流的参考方向不同而得出的,此外还应注意电压、电流其值本身也有正值和负值之分。

电阻的国际单位是欧[姆](Ω)。当电路两端的电压为 1 V 时,流过的电流是 1 A ,则该段电路的电阻阻值为 $1\ \Omega$ 。电阻的单位除欧[姆](Ω)外,还有千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$),它们的换算关系为

$$1\text{ k}\Omega = 1\,000\ \Omega = 10^3\ \Omega$$

$$1\text{ M}\Omega = 1\,000\text{ k}\Omega = 10^6\ \Omega$$

电阻的倒数($1/R$),称为电导,用 G 表示,它的国际单位为西[门子](S)。在电流、电压参考方向一致时,欧姆定律也可表示为

$$I = GU \quad (1.3.4)$$

1.3.2 伏安特性

欧姆定律是德国物理学家欧姆于 1826 年采用实验的方法得到的。式(1.3.1)中表示了电流与

电压的正比关系。欧姆定律中电阻的伏安特性同样也采用实验的方法测得,它表示两端的电压与流过电流的关系,以电压为横坐标,电流为纵坐标,电阻的特性是一条经过原点的直线,如图 1.1.8 所示。具有该特性的电阻称为线性电阻; U 与 I 之间不具有图 1.1.8 所示关系的,称为非线性电阻。如在本书后面所要介绍的半导体二极管,其正向电阻的伏安特性为一曲线(图 1.1.9 所示),表明半导体二极管的正向电阻为非线性电阻(在本书中未加以说明的电阻均为线性电阻)。

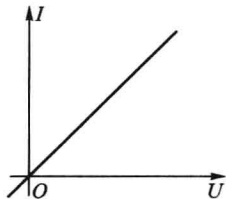


图 1.1.8 电阻伏安特性

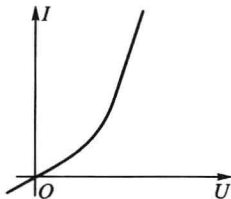


图 1.1.9 二极管伏安特性

应该指出的是,欧姆定律只适用于线性电阻。

【例 1.3.1】 如图 1.1.10 所示的电路,试应用欧姆定律求电路中的电阻 R 。

【解】

图 1.1.10(a): $R = U/I = 10/2 \, \Omega = 5 \, \Omega$

图 1.1.10(b): $R = -U/I = -10/(-2) \, \Omega = 5 \, \Omega$

图 1.1.10(c): $R = -U/I = -(-10)/2 \, \Omega = 5 \, \Omega$

图 1.1.10(d): $R = U/I = (-10)/(-2) \, \Omega = 5 \, \Omega$

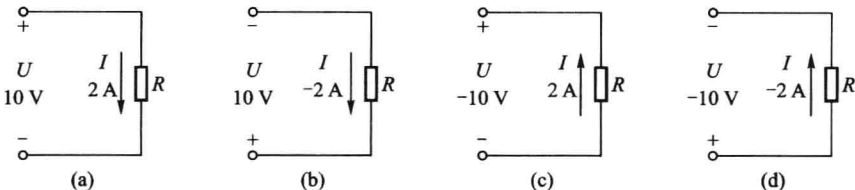


图 1.1.10 例 1.3.1 图

练习与思考

1.3.1 根据欧姆定律计算图 1.1.11 两题中的电流与电压。

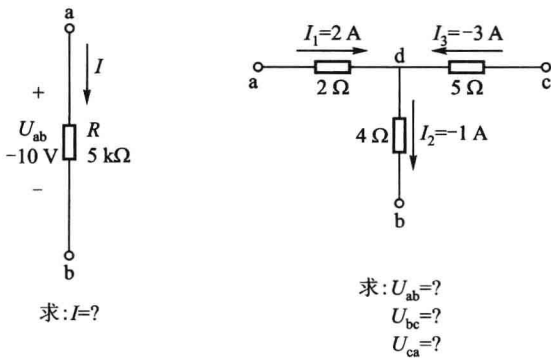


图 1.1.11 练习与思考题图

1.4 电源有载工作、开路与短路

1.4.1 电源有载工作

前面主要介绍了不含电源的一段电阻电路(如图 1.1.7 所示),而实际分析、应用的电路往往是含有电源的闭合电路。如图 1.1.12 所示的电路是一个简单的电源有载工作电路,下面从这个简单的有源闭合电路出发,得出电源有载工作电路的常规分析方法。

图 1.1.12 所示电路中, R_L 为负载电阻, R_0 为电源内阻, E 为电源电动势。

1. 电压与电流

开关 S 闭合时,应用欧姆定律得到电路中的电流

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L} \quad (1.4.1)$$

和负载电阻两端的电压

$$U = R_L I$$

并由上面两式得出

$$U = E - R_0 I \quad (1.4.2)$$

式(1.4.2)称为全电路欧姆定律*,其表示:电源端电压(U)小于电源电动势(E),两者之差等于电流在电源内阻上产生的压降($R_0 I$)。电流越大,则端电压下降的就越多。

表示电源端电压 U 和输出电流 I 之间的关系曲线,称为电源的外特性曲线,如图 1.1.13 所示。曲线的斜率与电源的内阻 R_0 有关。电源的内阻一般很小,当 $R_0 \ll R_L$ 时, $U \approx E$ 。

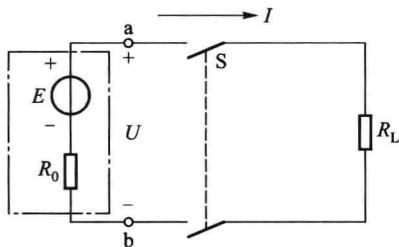


图 1.1.12 简单的有源闭合电路

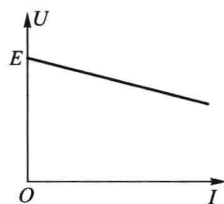


图 1.1.13 电源外特性曲线

式(1.4.2)表明当电流(负载)变动时,电源的端电压波动不大,同时也说明了它带负载能力强。反之,当 R_0 不能忽略时,电源的端电压随电流(负载)变化波动明显,说明它带负载能力弱。

2. 功率与功率平衡

对式(1.4.2)的各项均乘以电流 I ,则得到功率平衡式

$$\begin{aligned} UI &= EI - R_0 I^2 \\ P &= P_E - \Delta P \end{aligned} \quad (1.4.3)$$

式中, $P_E = EI$,是电源产生的功率;

* 在 1.3 节中介绍的欧姆定律,其表示形式仅适用于不含电源的一段电阻电路,故称为部分电路欧姆定律。

$\Delta P = R_0 I^2$, 是电源内阻损耗的功率;

$P = UI$, 是电源输出的功率。

在国际单位制中, 功率的单位是瓦[特](W)或千瓦(kW)。

【例 1.4.1】 在图 1.1.12 所示的电路中, 已知电源电动势 $E = 220 \text{ V}$, 内阻 $R_0 = 10 \Omega$, 负载 $R_L = 100 \Omega$, 求: (1) 电路电流 I ; (2) 电源端电压 U ; (3) 负载上的电压降; (4) 电源内阻上的电压降。

【解】 (1) 由式(1.4.1)得 $I = \frac{E}{R_0 + R_L} = \frac{220}{10 + 100} \text{ A} = 2 \text{ A}$

(2) 电源端电压 $U = E - R_0 I = (220 - 10 \times 2) \text{ V} = 200 \text{ V}$

(3) 负载上的电压降 $R_L I = 100 \times 2 \text{ V} = 200 \text{ V}$

(4) 电源内阻电压降 $R_0 I = 10 \times 2 \text{ V} = 20 \text{ V}$

【例 1.4.2】 如图 1.1.14 所示的电路中, 已知 $U = 200 \text{ V}$, $I = 5 \text{ A}$, 内阻 $R_{01} = R_{02} = 0.5 \Omega$ 。
(1) 求电源的电动势 E_1 和负载反电动势 E_2 ; (2) 试说明功率的平衡。

【解】 (1) 求电源电动势 E_1 和负载反电动势 E_2

由 $U = E_1 - \Delta U_1 = E_1 - R_{01} I$, 得

$$E_1 = U + R_{01} I = (200 + 0.5 \times 5) \text{ V} = 202.5 \text{ V}$$

由 $U = E_2 + \Delta U_2 = E_2 + R_{02} I$, 得

$$E_2 = U - R_{02} I = (200 - 0.5 \times 5) \text{ V} = 197.5 \text{ V}$$

(2) 求功率的平衡

由(1)可知

$$E_1 = E_2 + R_{01} I + R_{02} I$$

等号两边同乘以 I , 则得

$$E_1 I = E_2 I + R_{01} I^2 + R_{02} I^2$$

$$202.5 \times 5 \text{ W} = (197.5 \times 5 + 0.5 \times 5^2 + 0.5 \times 5^2) \text{ W}$$

$$1\,012.5 \text{ W} = (987.5 + 12.5 + 12.5) \text{ W}$$

其中, $E_1 I = 1\,012.5 \text{ W}$, 是电源产生的功率;

$E_2 I = 987.5 \text{ W}$, 是负载取用的功率;

$R_{01} I^2 = 12.5 \text{ W}$, 是电源内阻上损耗的功率;

$R_{02} I^2 = 12.5 \text{ W}$, 是负载内阻上损耗的功率。

由上所述, 可见在一个电路中, 电源产生的功率和负载取用的功率及内阻的损耗功率是平衡的。

3. 电气设备的额定值

通常负载(例如电灯、电动机等用电设备)都是并联运行的。由于电源的端电压是基本不变的, 所以负载两端的电压也是基本不变的。电源带负载运行, 总希望整个电路运行正常、安全可靠, 然而随着电源所带负载的增加, 负载吸收电源的功率增大, 即电源输出的总功率和总电流就会相应增加。这说明电源输出的功率和电流决定于其所带负载的大小。从电路可靠正常运行角度讲, 电气设备也不是在任何电压、电流下均可正常工作, 它们要受其绝缘强度和其耐热性能等自身因素决

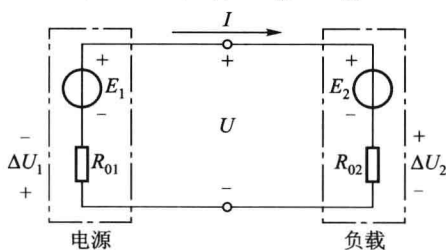


图 1.1.14 例 1.4.2 图

定。那么有没有一个最合适的数值呢?要回答这个问题,必须了解电气设备的额定值的意义。

到商店去买白炽灯,我们会告诉售货员这盏灯是多少瓦(功率)、是照明用、冰箱用还是其他场合用的(电压等级)。每一个电气设备都有一个正常条件下运行而规定的正常允许值,这是由电气设备生产厂家根据其使用寿命与所用材料的耐热性能、绝缘强度等而标注的,这就是该设备的额定值。电气设备的额定值常标注在铭牌上或写在说明书中,在使用中要充分考虑额定数据。

如一只白炽灯,标有电压 220 V,功率 100 W,这是它的额定值,表示这只白炽灯的额定电压是 220 V、额定功率是 100 W,在使用时就不能接到 380 V 的电源上。

电气设备的额定值常有:额定电压、额定电流和额定功率等,分别用 U_N 、 I_N 和 P_N 表示。

不能将额定值与实际值等同,例如前面所说的额定电压为 220 V、额定功率为 100 W 的白炽灯,在使用时,接到了 220 V 的电源上,但电源电压经常波动,稍高于或低于 220 V,这样白炽灯的实际功率就不会正好等于其额定值 100 W 了。所以,电气设备在使用时,电压、电流和功率的实际值不一定等于它们的额定值。

【例 1.4.3】 有一只额定值为 5 W、500 Ω 的线绕电阻,求其额定电流 I_N 和额定电压 U_N 值。

【解】

$$I_N = \sqrt{\frac{P_N}{R_N}} = \sqrt{\frac{5}{500}} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

$$U_N = I_N R_N = 0.1 \times 500 \text{ V} = 50 \text{ V}$$

【例 1.4.4】 一只标有“220 V、40 W”的白炽灯,试求它在正常工作条件下的电阻和通过白炽灯的电流。若每天使用 4 h,问一个月消耗多少度的电能(一个月按 30 天计算,1 kW·h 即为俗称的 1 度电)?

【解】

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} \text{ A} = 0.182 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.182} \Omega = 1\,210 \Omega \text{ 或 } R = \frac{U^2}{P} = 1\,210 \Omega$$

$$W = Pt = 40 \times (4 \times 30) \text{ W} \cdot \text{h} = 0.04 \times 120 \text{ kW} \cdot \text{h} = 4.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

所以,白炽灯的电阻为 1 210 Ω ;通过白炽灯的电流为 0.182 A;一个月耗电 4.8 kW·h。

1.4.2 电源开路

图 1.1.15 所示的电路中,当开关 S 断开时,就称电路处于开路状态。开路时,电源没有带负载,所以又称电源空载状态。电路开路,相当于电源负载为无穷大,因此电路中电流为零。无电流,则电源内阻没有压降 ΔU 损耗,电源的端电压 U 等于电源电动势 E ,电源也不输出电能。

电路开路时外电阻视为无穷大,电路开路时的特征可表示为式(1.4.4)

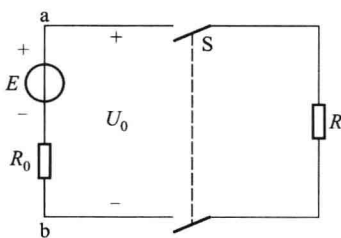


图 1.1.15 电源开路状态图