

全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

电工电子学基础

江蜀华 高德欣 王贞玉 等 编著



清华大学出版社

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

电工电子学基础

江蜀华 高德欣 王贞玉 李宜兴 李丽 江晓婷 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

“电工电子学”是一门非电专业的技术基础课,它的主要任务是为学生学习专业知识和从事工程技术工作铺垫一些电工、电子技术方面的理论基础,并得到必要的基本技能训练。为此,本书对基本理论、基本定律、基本概念及基本分析方法都进行了详尽阐述,并通过实例、例题和习题的方式来说明理论的实际应用,使学生加深对于理论的理解与掌握,认识电工、电子技术的发展与生产发展的密切联系。

全书共9章,内容包括电工技术和电子技术两部分。电工技术包括电阻电路的分析,单、三相交流电路的分析,一阶暂态电路分析,变压器、电动机及其继电接触控制;电子技术包括基本器件和分立元件的放大电路。同时为减轻学生负担,将基本的电工实验部分作为教材的最后一章,并在附录提供一套考试样题,帮助学生复习和考试。

本书注重物理知识与电工知识的有效结合;注重数学方法在电工方面的应用;注重理论知识与现实生活的链接。全书采用授课式语言讲授,便于读者自学,可作为普通高等院校工科非电类专业的教材,以及其他类型大专院校的教材,也是相关专业技术人员学习的良师益友。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学基础/江蜀华等编著. —北京:清华大学出版社,2019

(全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材)

ISBN 978-7-302-50708-6

I. ①电… II. ①江… III. ①电工学—高等学校—教材 ②电子学—高等学校—教材 IV. ①TM1 ②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 170812 号

责任编辑:曾 珊 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14

字 数:338 千字

版 次:2019 年 2 月第 1 版

印 次:2019 年 2 月第 1 次印刷

定 价:39.00 元

产品编号:079466-01

前言

《电工电子学》自 2016 年出版以来,得到了广大读者的认可,校外的订书量与校内的用量相当,收到许多使用该书的教师和学生的宝贵建议、中肯批评和诚恳指正,并得到青岛科技大学自动化学院的领导、电工教研室同事和清华大学出版社编辑的关心和支持,在此一并深表感谢。同时我们感到肩上责任重大,有信心把编写工作做得更好,使教材质量更上一层楼。

2017 年出版《电工电子学》的配套教辅《电工电子学学习指导与习题分析》,该套教材适用于多学时的本科教育。随着教育事业的不断发展,专科、中外合作办学、高等职业教育(3+2、3+4 等形式)也蓬勃发展。与此相对应,学生的知识水平参差不齐,教材也必须因人而异。本书面向少学时的本科、基础知识薄弱的专科、中外合作办学、高等职业教育等学生。由于学时少,本书主要介绍电工学的内容和少量的电子学内容,故取名《电工电子学基础》。

本书保留了电工学的基本内容,但是更强调基础知识,强化与中学物理知识的衔接,查漏补缺。增加了习题量,并有针对性地更换了部分习题,使基础知识薄弱的学生有一个循序渐进、不断提高的过程。重思路、重方法,开阔同学的思维。紧密联系当前电工电子教学的发展和不断变化的要求,激发学生的内在学习潜力。

本书将原来的主教材和实验指导书合二为一。本书最后一章介绍基本电工电子实验,以满足课堂和实验两方面的要求。在附录中,删除了对少学时学生用途较小的内容,加入了一套模拟考试试题(附录 C)及其解答(附录 D),帮助学生复习和考试。

本书由高德欣编写第 1 和第 7 章;王贞玉编写第 8 章;李宜兴和李丽编写第 9 章;江蜀华编写其余各章;由王贞玉、李宜兴和李丽共同完成配套 PPT 的制作任务;江晓婷负责文字和图形方面的工作。

尽管我们已经做了很大努力,但是由于水平有限,书中难免存在不足之处,希望广大读者批评指正。

编 者

2018 年 12 月

学习建议

本课程的授课对象为非电类各专业的本科生(少小时)、专科(高职、高科),课程类别属于电子信息与电气。参考学时为 48 学时,包括课程理论教学环节(38 课时)和实验教学环节(10 课时)。

课程理论教学环节以课堂讲授为主、课堂讨论和课下学生完成习题为辅。
实验教学环节安排 5 个实验,可选择 9.3~9.8 节中的 5 个实验。在实验教师的指导下完成。

本课程的主要知识点、重点、难点及课时分配见下表。

序号	知识单元(章节)	知 识 点	要 求	推荐学时
1	电路的基本概念、基本定律和分析思路	参考方向基本概念、作用、符号表示	掌握	4
		功率的计算和判断(消耗与发出)	掌握	
		电路元件的符号、VCR、功率与能量	掌握	
		KCL、KVL	熟练掌握	
		分析思路	熟练掌握	
		电阻串、并联和闭合电路欧姆定律	熟练掌握	
2	电路的分析方法	支路电流法	掌握	5
		结点电压法	了解	
		两种电源的等效变换	掌握	
		叠加定理	熟练掌握	
		戴维南定理	熟练掌握	
		诺顿定理	了解	
3	一阶电路的暂态分析	换路定则及其应用	掌握	4
		RC 电路的零输入响应	掌握	
		RC 电路的零状态响应	掌握	
		RC 电路的全响应	掌握	
		RL 电路的全响应	掌握	
		一阶电路暂态分析的三要素法	熟练掌握	
4	正弦交流电路分析	正弦量的三要素及相量表示	理解	6
		电阻、电感、电容的 VCR 相量形式	掌握	
		正弦电路与电阻电路的类比	理解	
		阻抗串、并联电路	熟练掌握	
		功率的计算与功率因数提高	熟练掌握	
		串、并联谐振电路	了解	
5	三相交流电路	对称三相电源	理解	4
		负载星形连接的三相电路分析	熟练掌握	
		负载三角形连接的三相电路	熟练掌握	
		三相功率	掌握	

续表

序号	知识单元(章节)	知 识 点	要 求	推荐学时
6	变压器、三相异步电动机	磁路的分析方法	了解	5
		变压器的工作原理	理解	
		变压器的运行特性	理解	
		三相异步电动机的结构、工作原理	了解	
		三相异步电动机的机械特性	理解	
		三相异步电动机的运行特性	理解	
		三相异步电动机的铭牌	理解	
		三相异步电动机的使用	理解	
7	继电接触器控制系统	常用低压电器的原理、符号与选择	掌握	4
		电动机点动、单向连续运动	理解	
		电动机的正反转控制	理解	
		电气原理图的读图	了解	
8	二极管、晶体管和单管放大电路	半导体的导电特性	理解	6
		二极管的工作原理与伏安特性	理解	
		晶体管的工作原理与伏安特性	掌握	
		发光二极管、光电二极管、光电晶体管等器件的原理	了解	
		共发射极放大电路的静态及动态分析	掌握	
		共集电极放大电路的静态及动态分析	掌握	
9	基本电工电子实验	实验一：叠加原理、齐性定理与戴维南定理的验证	教师指导自行完成	10
		实验三：交流电路等效参数的测量	教师指导自行完成	
		实验四：单相正弦交流电路功率因数的提高	教师指导自行完成	
		实验五：负载星形、三角形连接三相交流电路的研究	教师指导自行完成	
		实验六：三相笼形异步电动机的正反转控制	教师指导自行完成	

第 1 章 电路的基本概念、基本定律和分析思路	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路的组成、作用及其电路模型	1
1.1.2 电流、电压的参考方向	2
1.1.3 功率和能量	3
1.2 电器的额定值与实际值	4
1.3 电路的基本元件	5
1.3.1 无源元件	5
1.3.2 理想电源	8
1.4 基尔霍夫定律及应用	10
1.4.1 基尔霍夫电流定律	11
1.4.2 基尔霍夫电压定律	12
1.5 电路分析的基本思路	14
1.6 简单电路的分析	17
1.6.1 电阻的串联和并联分析	17
1.6.2 闭合电路的欧姆定律	20
1.6.3 功率守恒	22
本章小结	24
习题	24
第 2 章 电路的分析方法	27
2.1 支路电流法	27
2.2 结点电压法	29
2.3 电源的两种模型及其等效变换	30
2.3.1 等效变换的概念	30
2.3.2 实际电压源	31
2.3.3 实际电流源	31
2.3.4 两种电源模型之间的等效变换	32
2.4 叠加定理	35
2.5 戴维南定理与诺顿定理	37
2.5.1 戴维南定理	37
2.5.2 诺顿定理	40

本章小结	42
习题	42
第3章 一阶电路的暂态分析	45
3.1 换路定则及其应用	45
3.1.1 换路定则	45
3.1.2 初始值的确定	46
3.2 RC电路的暂态响应	48
3.2.1 RC电路的零输入响应	48
3.2.2 RC电路的零状态响应	50
3.2.3 RC电路的全响应	52
3.3 RL电路的暂态响应	53
3.4 一阶电路暂态分析的三要素法	54
本章小结	58
习题	58
第4章 正弦交流电路分析	62
4.1 正弦交流电的基本概念	62
4.1.1 复数	62
4.1.2 正弦量的三要素	63
4.1.3 正弦量的相量表示	65
4.2 电阻、电感、电容元件的交流电路	67
4.2.1 电阻元件的交流电路	67
4.2.2 电感元件的交流电路	68
4.2.3 电容元件的交流电路	70
4.3 交流电路分析	72
4.3.1 阻抗	72
4.3.2 基尔霍夫定律的相量形式	72
4.3.3 两组关系式的类比	73
4.4 功率与功率因数的提高	78
4.4.1 功率的定义	78
4.4.2 功率的测量与计算	79
4.4.3 功率因数提高	82
4.5 谐振电路	84
4.5.1 串联谐振	84
4.5.2 并联谐振	86
本章小结	88
习题	88

第 5 章 三相交流电路	93
5.1 三相对称电源	93
5.2 负载星形连接的三相电路	96
5.3 负载三角形连接的三相电路	99
5.4 三相功率	101
本章小结	103
习题	103
第 6 章 变压器和三相异步电动机	106
6.1 磁路的分析方法	106
6.2 变压器	108
6.2.1 变压器的工作原理	108
6.2.2 变压器的运行特性	111
6.2.3 特殊变压器	112
6.3 三相异步电动机	113
6.3.1 三相异步电动机的构造	114
6.3.2 三相异步电动机的工作原理	115
6.3.3 三相异步电动机的机械特性	117
6.3.4 三相异步电动机的运行特性	120
6.3.5 三相异步电动机的使用	124
本章小结	127
习题	127
第 7 章 继电器接触器控制系统	129
7.1 常用低压电器	129
7.1.1 闸刀开关和熔断器	129
7.1.2 自动开关	131
7.1.3 交流接触器	131
7.1.4 热继电器	133
7.1.5 按钮	134
7.2 电气系统的基本控制环节	134
7.2.1 点动和单向连续运动	134
7.2.2 电动机的正反转控制	136
本章小结	138
习题	138
第 8 章 二极管、晶体管 and 单管放大电路	140
8.1 半导体的导电特性	140
8.1.1 本征半导体	140

8.1.2	N 型半导体和 P 型半导体	141
8.2	PN 结及单向导电性	141
8.3	二极管	142
8.3.1	基本结构	142
8.3.2	伏安特性	143
8.3.3	理想伏安特性	143
8.3.4	主要参数	143
8.4	晶体管	145
8.4.1	基本结构	145
8.4.2	晶体管的工作原理	146
8.4.3	特性曲线	148
8.4.4	主要参数	149
8.5	光电器件	150
8.5.1	发光二极管	150
8.5.2	光电二极管	150
8.5.3	光电晶体管	151
8.6	共发射极放大电路	151
8.6.1	基本放大电路的组成	151
8.6.2	放大电路的静态分析	152
8.6.3	放大电路的动态分析	154
8.6.4	射极偏置电路	158
8.7	共集电极放大电路	163
8.7.1	共集电极放大电路的基本组成	163
8.7.2	工作原理	164
8.7.3	主要特点	166
	本章小结	166
	习题	166

第 9 章	基本电工电子实验	170
9.1	实验概述	170
9.1.1	实验目的	170
9.1.2	实验准备	170
9.1.3	实验操作规程	170
9.1.4	实验安全	171
9.1.5	实验总结与报告	171
9.2	实验的基础知识	172
9.2.1	常用电路元件介绍	172
9.2.2	实验装置介绍	177
9.3	实验一：叠加原理、齐性定理与戴维南定理的验证	182

9.3.1	实验目的	182
9.3.2	实验原理	182
9.3.3	实验设备	183
9.3.4	实验内容及步骤	183
9.3.5	预习思考题	185
9.3.6	实验报告要求	185
9.4	实验二: RC 一阶电路的响应测试	185
9.4.1	实验目的	185
9.4.2	实验原理	186
9.4.3	实验设备	186
9.4.4	实验内容及步骤	187
9.4.5	实验注意事项	188
9.4.6	实验报告要求	188
9.5	实验三: 交流电路等效参数的测量	188
9.5.1	实验目的	188
9.5.2	实验原理	188
9.5.3	实验设备	189
9.5.4	实验内容及步骤	190
9.5.5	实验注意事项	190
9.5.6	预习思考题	191
9.5.7	实验报告要求	191
9.6	实验四: 单相正弦交流电路功率因数的提高	191
9.6.1	实验目的	191
9.6.2	实验原理	191
9.6.3	实验设备	192
9.6.4	实验内容及步骤	192
9.6.5	预习思考题	193
9.6.6	实验报告	193
9.7	实验五: 负载星形、三角形连接三相交流电路的研究	193
9.7.1	实验目的	193
9.7.2	实验原理	193
9.7.3	实验设备	194
9.7.4	实验内容及步骤	194
9.7.5	注意事项	196
9.7.6	预习思考题	196
9.7.7	实验报告	196
9.8	实验六: 三相笼形异步电动机的正反转控制	196
9.8.1	实验目的	196
9.8.2	实验原理	196

9.8.3	实验设备	198
9.8.4	实验内容及步骤	198
9.8.5	故障分析	199
9.8.6	预习思考题	199
附录 A	电阻器标称阻值系列	200
附录 B	部分习题答案	201
附录 C	模拟考试试题	205
附录 D	模拟考试试题答案与评分标准	207
参考文献		209

第 1 章 电路的基本概念、基本定律和分析思路

电路是电工技术和电子技术的基础。本章在讨论电路的基本概念和基本定律的基础上,给出了分析电路的基本思路,并将其运用到电阻串、并联和闭合电路欧姆定律上,起到承上启下、夯实基础的作用。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成、作用及其电路模型

1. 电路的组成

电路(实际电路的简称)是根据不同需要由某些电工设备或元件按一定方式组合而成的电流通路,由电源或信号源、中间环节和负载三部分组成。其中电源或信号源将非电的能量转换成电能,而负载正好相反,其他部分组成中间环节。在电力系统中,发电机是电源,三相交流电经过变压器升压后,用高压输电线传输,再经降压变压器降压后,给电灯、电动机等负载提供电能,转换成其他形式的能量。变压器、输电线和开关等就是中间环节。

在扩音系统中,话筒将语音信号转换成电信号,放大电路将电压和功率较小的电信号放大,扬声器再将电信号转换为语音信号。

用电设备称为负载,如电灯、电炉、电动机和电磁铁等用电器取用电能,并将其转换成光能、热能、机械能和磁场能等。

2. 电路的作用

电路的构成形式多种多样,其作用可归纳为以下两大类。

(1) 电能的传输和转换,如图 1-1(a)所示的电力系统。

(2) 信号的传递和处理,如图 1-1(b)所示的扩音器。

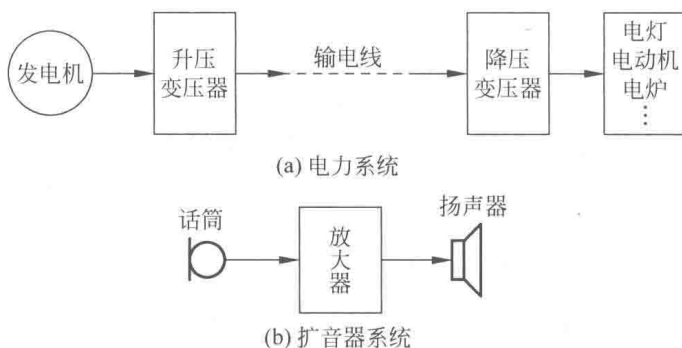


图 1-1 电路示意图

3. 电路模型

电路理论讨论的是电路模型,而不是前面提到的实际电路,虽然两者有时都简称为电路。为了便于对实际电路进行分析,将实际电路元件理想化(或称模型化),用理想电路元件

模拟实际电路中的元件,得到实际电路的电路模型。在电路模型中各理想元件的端子用“理想导线”(其电阻为零)连接起来。模型就是要将给定工作条件下的主要物理现象及功能反映出来。例如,当电炉丝流过电流时,主要具有消耗电能(转换成热能和光能)的性质(即电阻性);另外线圈还会储存磁场能量,即也具有电感性。所以,电炉丝的简单模型是电阻元件,进一步模型是电阻和电感的串联。

一个简单的手电筒电路的实际电路元件有干电池、电珠、开关和筒体,电路模型如图 1-2 所示。干电池是电源元件,用电动势 E 和内电阻 R_0 的串联来表示;电珠是电阻元件,用参数 R 表示;筒体和开关是中间环节,连接干电池与电珠,开关闭合时其电阻可忽略不计,认为是一电阻为零的理想导体。

本书一般不涉及建模问题,只在讨论放大电路时给出了晶体管的微变等效电路。今后书上所说的电路一般均为电路模型,电路元件也是理想电路元件的简称,该类理想元器件都是通过两个端口(头)与电路连接的,称为二端元件,如图 1-3 所示。

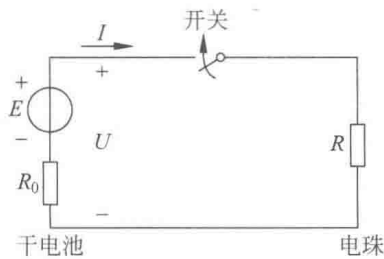


图 1-2 实际电路的模型示例

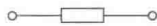


图 1-3 二端元件

1.1.2 电流、电压的参考方向

电路中的物理量主要有电流 $i(I)$ 、电压 $u(U)$ 、电动势 $e(E)$ 、电功率 $p(P)$ 、电能 $w(W)$ 、电荷 $q(Q)$ 、磁通 Φ 和磁链 Ψ 。在分析电路时,要用电压或电流的方向导出电路方程,但电流或电压的实际方向一般是未知的,或者是随时间变动的,故需要指定其参考方向。

1. 电流及其参考方向

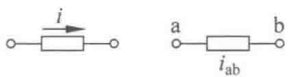
电流是电荷有规则地定向运动形成的,在数值上电流等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1-1}$$

若电流 i 不随时间而变化,则称为直流电流,常用大写字母 I 表示。物理上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向,通常无法事先确定,就任意选定(假定)某一方向为电流的正方向,这一方向即电流的参考方向。

参考方向是指人为规定代数量取正的方向。

凡是电路方程中涉及的电流(电压)都要规定参考方向,相当于数学中列方程时的设变量;否则无法确定方程中各项的正负。规定电流的参考方向后,电流就变成代数量。当 $i > 0$ 时,表示电流的参考方向与其实际方向相同;当 $i < 0$ 时,表示电流的参考方向与其实际方向相反。电流的参考方向一般用以下两种方式来表示。



(a) 箭头表示 (b) 双下标表示

(1) 用箭头表示,如图 1-4(a)所示。

图 1-4 电流参考方向的符号表示

(2) 用双下标表示,如图 1-4(b)所示, i_{ab} 表示从 a 到 b 就是电流的参考方向,根据参考方向的定义 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。以后,一般情况下所说的“方向”都指参考方向的简称。

在国际单位制中,电流的基本单位是安[培](A),计量微小电流时也用毫安(mA)或微安(μ A)作为单位。 $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

2. 电压和电动势的参考方向

电压是描述电场力对电荷做功的物理量,定义为

$$u = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-2)$$

式中, dq 为由电路中的一点移到另一点的电荷量; $d\omega$ 为转移过程中电荷 dq 所获得或失去的能量。 u_{ab} 就是 a、b 两点间电位差, $u_{ab} = V_a - V_b$ 。它在数值上等于电场力驱使单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。在物理中,规定电压的实际方向为由高电位指向低电位端即电位降低的方向。

电源电动势体现电压源将其他形式的能转化为电能的本领。数值上,等于非静电力将单位正电荷从电源的负极通过电源内部移到正极所做的功,用 e 表示任意形式的电动势, E 表示直流电动势。电动势的实际方向规定为由电源低电位端(负极性端)指向其高电位端(正极性端),即电位升高的方向。

与电流一样,也要规定电压的参考方向。电压参考方向用以下 3 种方式来表示。

(1) 用“+”和“-”表示。表示电压的参考方向从“+”到“-”,如图 1-5(a)所示。

(2) 用箭头表示,如图 1-5(b)所示。

(3) 用双下标表示。在 1-5(c)中, u_{ab} 表示电压的参考方向从 a 到 b。

在图 1-6 中,也用“+”和“-”表示电动势的参考方向,只是它从“-”指向“+”;而电压的参考方向从“+”指向“-”。对理想电压源而言,如果用同一套“+”和“-”既表示电压参考方向,又表示电动势参考方向,则 $U_s = E$ 。电压和电动势的国际单位是伏特(V)。其次还可用千伏(kV)、毫伏(mV)或微伏(μ V)作单位。

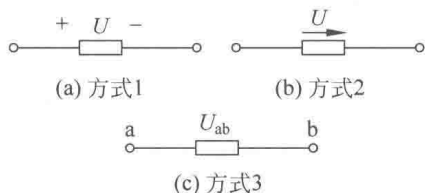


图 1-5 电压的参考方向

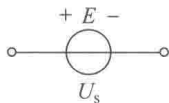


图 1-6 电动势的参考方向

同一元件上的电流和电压的参考方向可以随意规定,当两者参考方向相同时,称为关联参考方向(简称同向);否则称为非关联参考方向(简称反向)。通常,默认电阻元件、电感元件和电容元件采用关联参考方向,就可以只规定电流的参考方向。对于理想电压源或理想电流源,不论是否关联,二者的参考方向都要规定。

任何二端元件都有电压和电流,电路图中没有规定参考方向,不代表其值为零。在写电路方程时,要养成规定参考方向的良好习惯。

1.1.3 功率和能量

功率和能量也是电路分析中的常用复合物理量。如果二端元件(二端网络)的电压和电

流为 u 和 i , 则功率定义为

$$p \triangleq ui \quad (1-3)$$

在关联参考方向时, 有

$$\begin{cases} p > 0, & \text{消耗电功率} \\ p < 0, & \text{发出电功率} \end{cases}$$

消耗电功率表示将电功率转化为其他形式的功率; 而发出电功率则表示将其他形式的功率转化电功率。

从关联到非关联, 电压、电流中任意一个改变正负号, 即不等式开口方向改变。

在时间 $t_1 \sim t_2$ 期间, 二端元件(二端网络)消耗或发出的电能为

$$W = \int_{t_1}^{t_2} ui dt \quad (1-4)$$

单位为焦[耳](J), 常用千瓦时(kW · h), $1\text{kW} \cdot \text{h} = 1000\text{W} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$ 。

1.2 电器的额定值与实际值

为便于使用, 实际电气设备都给出额定值, 可以是电压、电流或者功率等。例如, 一盏白炽灯标有电压 220V、功率 60W, 这就是它的额定值。额定值是电器生产商提供给消费者在正常工作条件下电器的容许工作值。额定电流、额定电压和额定功率分别用 I_N 、 U_N 和 P_N 表示。

额定值是在全面考虑了产品的经济性、可靠性、安全性及寿命, 特别是工作温度容许值等因素而制定的。大多数电器(如电机、变压器等)的寿命与绝缘材料的耐热性能及绝缘强度有关。当电流超过额定值时, 绝缘材料因过热其绝缘性能将下降; 当电压超过额定值时, 绝缘材料可能被击穿。反之, 若所加电压、电流或功率低于其额定值, 有的就不能充分利用设备的能力, 如果是一台直流发电机, 标有额定值 10kW、230V, 实际供出的功率值可能低于 10kW, 因为输出功率取决于负载; 有的设备就不能正常工作, 如额定电压为 380V 的电磁铁, 接上 220V 的电压, 则电磁铁将不能正常吸引衔铁或工件; 但有时也出于安全的需要, 让实际的电压或功率低于额定值, 如在选择电子器件时。

考虑客观因素, 使用时允许某些电气设备或元件的实际电压、电流和功率等在其额定值上允许一定幅度的波动, 如 20% 以下的短时过载。

【例 1-1】 有一额定值为 5W、500Ω 的电阻器。问其额定电流为多少? 在使用时电压不得超过多大数值?

【解】

$$P_N = U_N I_N = R I_N^2$$

故

$$I_N = \sqrt{\frac{P_N}{R}} = 0.1\text{A}$$

使用时电压不得超过

$$U_N = R I_N = 50\text{V}$$

如果使用电阻器时,低于功率额定值是可以的,留下更大的安全裕度。

【例 1-2】 有一额定值为 40W、220V 的白炽灯,加以 110V 的电源,能否正常发光?

【解】 如果将白炽灯看成线性电阻,则实际功率为 $\left(\frac{110}{220}\right)^2 \times 40 = 10(\text{W})$,不能正常发光。

【练习与思考】

1-1 一个电热器从 220V 的电源取用的功率是 1000W,如将它接到 110V 的电源上,它取用的功率是多少?

1-2 一台直流发电机,其铭牌上标有 P_N 、 U_N 、 I_N 。试问发电机的空载运行、轻载运行、满载运行和过载运行指什么情况? 负载的大小一般又指什么?

1.3 电路的基本元件

1.3.1 无源元件

理想电路元件是电路最基本的组成单元,可分为无源元件、有源元件、线性元件、非线性元件、时不变元件和时变元件等。在电工领域,一般是线性时不变元件或有源元件;在电子领域,二极管、三极管都是非线性元件。

无源元件有电阻元件、电感元件、电容元件。它们都是理想元件,理想就是突出元件的主要电磁性质,而忽略次要因素。电阻元件具有消耗电能的性质(电阻性),其他电磁性质均可忽略不计;电感元件突出其中通过电流产生磁场而储存磁场能量的性质(电感性);对电容元件,突出其加上电压要产生电场而储存电场能量的性质(电容性)。电阻元件是耗能元件,后两者为储能元件。讨论理想电路元件主要是以下三点:①元件的物理性质和符号;②元件的电压与电流关系(VCR)和伏安特性;③元件的功率和能量的情况。

1. 电阻元件

电功率耗散性元件,表示将电功率不可逆转换为其他形式功率。

电阻元件的符号如图 1-7(a)所示,在关联参考方向下,有

$$u = Ri \quad (1-5)$$

如果参考方向不关联,则有

$$u = -Ri$$

由式(1-5)决定的伏安特性曲线是一条过原点的直线,如图 1-7(b)所示。

开路(断开)和短路是电路中常见的工作状态,也是电阻元件极端值,可以与二端元件一样定义其 VCR。

开路:不论 u 为何值(有限值), $i \equiv 0$,此时 $R = \infty$,相当于理想开关断开,与图 1-7(b)所示的纵轴重合。

短路:不论 i 为何值(有限值), $u \equiv 0$,此时 $R = 0$,相当于理想开关闭合,与图 1-7(b)中的横轴重合。两者的符号如图 1-8 所示。