



新世纪高等学校规划教材·电气工程系列

主 编◎李芝兰 李 斌 杨 松

电工电子技术



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



新世纪高等学校规划教材·电气工程系列

主 编◎李芝兰 李 斌 杨 松

电工电子技术



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 李芝兰, 李斌, 杨松主编. — 北京:
北京师范大学出版社, 2018. 8

(新世纪高等学校规划教材. 电气工程系列)

ISBN 978-7-303-24089-0

I. ①电… II. ①李… ②李… ③杨… III. ①电工技
术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV.
①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 184675 号

营销中心电话 010-62978190 62979006

北师大出版社科技与经营分社 www.jswsbook.com

电子信箱 jswsbook@163.com

DIANGONG DIANZI JISHU

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com

北京市海淀区新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 三河市东兴印刷有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 787 mm×1092 mm 1/16

印张: 15.75

字数: 328 千字

版次: 2018 年 8 月第 1 版

印次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定价: 36.8 元

策划编辑: 赵洛育

责任编辑: 赵洛育

美术编辑: 刘超

装帧设计: 刘超

责任校对: 黄华 赵非非

责任印制: 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换

印制管理部电话: 010-62979006-8006

前言

本教材是根据新版《工程教育认证教学大纲》，适应科技发展的需要，汇集编者多年教学改革经验，配合应用型本科培养目标进行编写的，其内容体现了最新教学改革成果。本教材力求做到精选内容、突出重点、注重应用，适合本科层次工科应用型转型发展各专业电工技术课程教学使用。

本教材主要特色有：

1. 将工程问题融入理论内容之中，注重应用型人才培养。

在教学中加强工程应用能力的培养是当前教学改革和教材建设的主要方向。为此，本教材在讲解理论内容的同时，与工程问题相联系，培养理论联系实际的工程观点；本教材注重对学生应用能力和实际动手操作能力的培养。

2. 简化理论推导，重视实际应用能力的培养。

教材重点突出基本概念、基本理论、基本原理和基本分析方法，并尽量减少过于复杂的分析与计算，着重定性分析。

3. 重视对学生解题思路的指导，设置相关典型例题。

例题更接近实际应用并具有典型性。本教材引导学生在面对工程问题时，学会使用数学方法进行理性思维，着重培养学生应用理论知识分析和解决实际电路问题的能力。

本教材反映了编者多年来在教学中积累的经验，因编者水平所限，书中疏漏和不当之处在所难免，敬请读者不吝指正。

编者

2018年5月

目 录

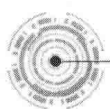
第1章 电路和电路元器件	1
1.1 电路和电路的基本物理量	1
1.1.1 电路及电路组成	1
1.1.2 理想电路元件和电路模型	2
1.1.3 元器件中的电流、电压及其参考方向	2
1.1.4 电路元件的功率和能量	4
1.2 无源元件	5
1.2.1 电阻元件	5
1.2.2 电容元件	5
1.2.3 电感元件	6
1.3 独立电源元件	7
1.3.1 理想电压源	7
1.3.2 理想电流源	8
1.4 模拟电子器件	9
1.4.1 半导体的导电特性	9
1.4.2 杂质半导体	10
1.4.3 PN结及其单向导电性	10
1.4.4 半导体二极管	11
1.4.5 双极型晶体管	14
1.4.6 绝缘栅型场效应晶体管	18
1.4.7 半导体光电器件	19
1.5 数字电子器件	21
1.5.1 门电路	21
1.5.2 触发器	24
1.6 实验、实训操作知识	29
1.6.1 电阻器	29
1.6.2 电容器	33
1.6.3 二极管	34
1.6.4 三极管	37
习题	41
第2章 电路分析基础	44
2.1 电路的基本定律	44
2.1.1 电路的基本连接方法	44



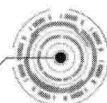
2.1.2	欧姆定律	45
2.1.3	基尔霍夫定律	46
2.2	直流电路的分析方法	49
2.2.1	支路电流法	49
2.2.2	电压源和电流源的等效变换	51
2.2.3	叠加定理	52
2.2.4	戴维宁定理	53
2.3	正弦交流电路	55
2.3.1	正弦量	56
2.3.2	正弦量的相量表示法	58
2.3.3	单一参数的正弦交流电路	61
2.3.4	RLC 串联正弦交流电路	67
2.3.5	阻抗的串联与并联	70
2.3.6	功率因数的提高	71
2.4	三相正弦交流电路	72
2.4.1	对称三相交流电源的概念	72
2.4.2	三相电源的连接方法	73
2.4.3	三相负载及其连接方式	74
2.4.4	三相电路的功率	76
2.5	实验、实训操作知识	77
2.5.1	万用表	77
2.5.2	剥线钳	79
2.5.3	镊子	80
2.5.4	改锥	80
	习题	82
第3章	变压器和交流电动机	85
3.1	磁路及磁路的基本定律	85
3.1.1	磁场的基本物理量	85
3.1.2	电磁铁	88
3.1.3	磁路分析的方法	89
3.1.4	交流铁芯线圈电路	90
3.2	变压器	91
3.2.1	变压器的基本结构	91
3.2.2	变压器的工作原理	92
3.2.3	特殊类型变压器	95
3.3	交流电动机	97
3.3.1	三相异步电动机的基本结构	97
3.3.2	三相异步电动机的转动原理	100



3.3.3	三相异步电动机的特性	102
3.3.4	三相异步电动机的起动、调速和制动	103
3.3.5	三相异步电动机的铭牌和技术数据	106
3.4	三相异步电动机的自动控制	108
3.4.1	常用低压电器	108
3.4.2	异步电动机的基本控制	114
3.4.3	行程控制	117
3.4.4	可编程控制器简介	118
3.5	实验、实训操作知识	123
	习题	124
第4章	基本放大电路	130
4.1	放大电路的组成及工作原理	130
4.1.1	晶体管的工作状态和连接方式	130
4.1.2	放大电路的主要技术指标	131
4.1.3	共发射极放大电路的组成	132
4.1.4	共发射极放大电路的基本工作原理	133
4.2	放大电路的分析方法	133
4.2.1	放大电路的静态分析	133
4.2.2	放大电路的动态分析	135
4.2.3	静态工作点的稳定	137
4.3	射级输出器	139
4.3.1	射极输出器静态分析	139
4.3.2	射极输出器动态分析	140
4.4	实验、实训操作知识	141
4.4.1	放大电路的调试知识	141
4.4.2	放大电路的故障排除	142
	习题	143
第5章	集成运算放大电路	146
5.1	集成运算放大器概述	146
5.1.1	集成运放的组成	146
5.1.2	集成运放的主要参数	147
5.1.3	集成运放的分类	149
5.1.4	集成运放的选择	150
5.1.5	理想运算放大器	151
5.2	放大电路中的负反馈	152
5.2.1	反馈的基本概念	152
5.2.2	负反馈的类型及判别方法	153
5.2.3	负反馈对放大电路性能的影响	154



5.3	集成运算放大器的应用	155
5.3.1	基本运算电路	156
5.3.2	有源滤波器	162
5.3.3	采样保持电路	163
5.3.4	电压比较器	163
5.4	实验、实训操作知识	164
5.4.1	集成运放的应用知识	164
5.4.2	负反馈放大电路的应用知识	168
	习题	169
第6章	数字集成电路	172
6.1	数字电路的基础知识	172
6.1.1	数字信号和模拟信号	172
6.1.2	逻辑代数基础	173
6.2	组合逻辑电路	176
6.2.1	组合逻辑电路的分析方法	176
6.2.2	组合逻辑电路的设计	178
6.2.3	组合逻辑电路的应用	181
6.3	时序逻辑电路	190
6.3.1	时序逻辑电路的基本概念	190
6.3.2	同步时序逻辑电路的分析方法	191
6.3.3	异步时序逻辑电路的分析方法	193
6.3.4	时序逻辑电路的应用	194
6.4	集成定时器	205
6.4.1	555 集成定时器	205
6.4.2	555 集成定时器的应用	206
6.5	实验、实训操作知识	209
	习题	216
第7章	实验训练项目	221
7.1	戴维宁定理的验证	222
7.1.1	实验目的	222
7.1.2	实验原理	222
7.1.3	实验设备	224
7.1.4	实验内容	224
7.1.5	实验注意事项	225
7.1.6	实验报告	225
7.2	正弦稳态交流电路相量的研究	226
7.2.1	实验目的	226
7.2.2	实验原理	226



7.2.3	实验设备	227
7.2.4	实验内容	227
7.2.5	实验注意事项	228
7.2.6	实验报告	228
7.3	三相交流电路电压、电流的测量	228
7.3.1	实验目的	228
7.3.2	实验原理	228
7.3.3	实验设备	229
7.3.4	实验内容	229
7.3.5	实验注意事项	230
7.3.6	实验报告	230
7.4	三相鼠笼式异步电动机正反转控制	231
7.4.1	实验目的	231
7.4.2	实验原理	231
7.4.3	实验设备	231
7.4.4	实验内容	231
7.4.5	故障分析	232
7.4.6	实验报告	232
7.5	常用元器件的认识与常用仪器的使用测试	232
7.5.1	实验目的	232
7.5.2	实验原理	233
7.5.3	实验设备	236
7.5.4	实验内容	236
7.5.5	实验报告	237
7.6	集成运算放大器及其应用	237
7.6.1	实验目的	237
7.6.2	实验原理	238
7.6.3	实验设备	239
7.6.4	实验内容	239
7.6.5	实验报告	240

第 1 章 电路和电路元器件

随着科学技术的发展,电工电子技术已经广泛应用于各个生产领域。电气设备种类繁多,功能不尽相同,但大多数电气设备都是由各种基本电路组成的,电路理论是研究电路所遵循规律的理论,是将来从事电气工程、电子科学与技术、信息与通信工程、控制科学与工程工作所必备的技术基础。本章内容包括电工电子技术中应用的电路、电路的基本组成以及常用电路元器件等,是学习其他各章的基础,其中重点是不同电路元器件的工作原理、特性曲线和参数等。

1.1 电路和电路的基本物理量

本节介绍如何利用基本电路元器件构成电路,以及电压、电流、功率等物理量概念,要注意理解理想元件与实际元件的区别,电路模型与实际电路的区别,电压、电流等物理量实际方向与参考方向的区别。

1.1.1 电路及电路组成

电路是由各种电气器件按一定方式用导线连接组成的总体,它提供了电流通过的闭合路径。这些电气器件主要包括电源、开关和负载 3 部分。

电路中可以供给电能、电信号的设备或器件叫作电源,它是把其他形式的能量转换为电能的装置,如发电机将机械能转换为电能。电路中使用电能的设备或器件称为负载,它把电能转换为其他形式的能量。例如,电动机将电能转换为机械能,电热炉将电能转换为热能,电灯将电能转换为光能。导线和开关用来连接电源和负载,为电流提供通路,把电源的能量供给负载,并根据负载需要接通和断开电路。此外,电路中还可能包括控制与保护设备等。

电路主要有两个作用,一是电能的传输、分配和转换。如图 1.1 所示,当电流通过白炽灯时将电能转变成光能而使其发光。二是信号的传递和处理。例如,扬声器可以将电信号,转换成声音信号。

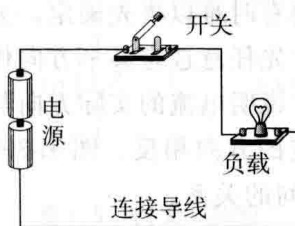


图 1.1 白炽灯电路



► 1.1.2 理想电路元器件和电路模型

1.1.2.1 理想电路元器件

用于构成电路的元器件或设备可以抽象为电路元器件。为了便于对实际电路进行分析和数学描述,可以对实际元器件进行科学抽象,在一定条件下突出其主要电磁特性,忽略其次要性能,把它近似看成一个理想元件。例如,电池在忽略内阻后,可以看成理想电压源。实际的电路元器件经过理想化以后,便成为只有某种单一电磁性能的元件,它是实际元器件的近似,称为理想电路元器件,常简称为电路元件。常用的理想电路元器件有:无源元件(电阻、电容、电感)、有源元件(电压源、电流源)、电子元器件(二极管、晶体管、场效应管)等。

1.1.2.2 电路模型

电气设备的电磁性质一般都很复杂,电工学研究的对象是电路模型,首先要将实际的电气设备抽象成理想化模型,即忽略实际电气设备的次要电磁性质,而突出其主要电磁性质,并用统一的电路符号来表示。由理想化模型组成的电路即称为电路模型,简称电路。

如白炽灯电路就可以表示成图 1.2 所示的电路模型。

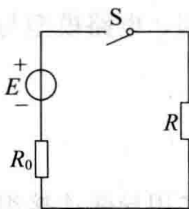


图 1.2 白炽灯电路模型

► 1.1.3 元器件中的电流、电压及其参考方向

1.1.3.1 电流的参考方向

在长期的实践活动中,人们逐渐发现了各种带有不同电性的粒子,如电子、质子、离子等,统称为带电粒子,它们的共同属性是带有一定量的电荷。因此,在无须区分何种带电粒子的情况下,常把带电粒子说成电荷。

带电粒子(或电荷)的定向运动形成电流。电流的实际方向规定为正电荷的定向移动方向。在外电路,电流由高电位(电源正极)流向低电位(电源负极);在电源内部,电流由低电位(电源负极)流向高电位(电源正极)。在简单电路中,电流的实际方向可由电源的极性确定,在复杂电路中,电流的方向有时难以事先确定。为了分析电路,引入了电流的参考方向的概念。在进行电路计算时,先任意选定某一方向作为待求电流的方向,并根据此方向进行计算,若计算结果为正值,说明电流的实际方向与选定的方向相同;若计算结果为负值,说明电流的实际方向与选定的方向相反。图 1.3 表示电流的参考方向(图中实线所示)与实际方向(图中虚线所示)之间的关系。

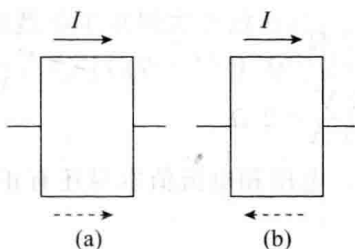


图 1.3 电流的方向

(a)参考方向与实际方向一致；(b)参考方向与实际方向相反

1.1.3.2 电压的参考方向

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点。因此，在电压的方向上电位是逐渐降低的。与电流类似，当电压的实际方向不能确定时，可引入电压的参考方向的概念。在进行电路计算时，先任意选定某一方向作为待求电压的方向，当标定的参考方向与电压的实际方向相同时，电压为正值；当标定的参考方向与实际电压方向相反时，电压为负值。如图 1.4 表示电压的参考方向与实际方向之间的关系。

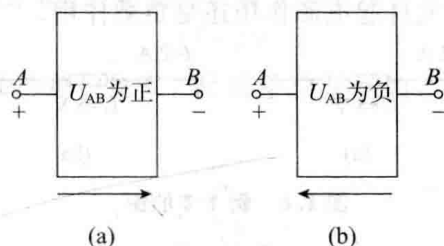


图 1.4 电压的方向

(a)参考正方向与实际方向一致；(b)参考正方向与实际方向相反

1.1.3.3 参考方向的选择

电压和电流都是代数量。分析电路元器件的电压与电流的关系时，需要将它们联系起来选择参考方向，这样设定的参考方向称为关联参考方向或非关联参考方向。当指定流过元器件的电流的参考方向是从标以电压正极性的一端指向负极性的一端，即电压和电流的参考方向选择一致时，称为关联参考方向，否则，称为非关联参考方向。一般在分析电路问题时，首先要确定电流和电压的参考方向，通常选择关联参考方向。本书中的定理和定律，如无特殊说明，均成立于关联参考方向，对于非关联参考方向，定理和定律的表达式会有所不同。

【例 1.1】应用欧姆定律求解图 1.5 所示电路中的电阻 R 。

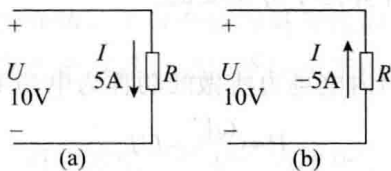


图 1.5 例 1.1 的图

解：图 1.5(a)中，电压和电流是关联参考方向，所以欧姆定律的形式为 $U = IR$ ；图 1.5(b)中，电压和电流是非关联参考方向，所以欧姆定律的形式为 $U = -IR$ 。

因此



图 1.5(a): $R = \frac{U}{I} = \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 2 \Omega$

图 1.5(b): $R = -\frac{U}{I} = -\frac{10 \text{ V}}{-5 \text{ A}} = 2 \Omega$

注意, 除式子中有正负号外, 电压和电流值本身还有正值和负值之分。也就是说, 一个式子中有两套正负号。

1.1.3.4 电源与负载的判别

(1) 利用功率来判别电路中某一个元件是电源还是负载

关联参考方向下:

如果元件的功率 $P = UI > 0$, 说明这个元件吸收功率, 起负载作用。

如果元件的功率 $P = UI < 0$, 说明这个元件发出功率, 起电源作用。

(2) 利用电压和电流的实际方向来判别

如果电压和电流的实际方向相同, 该元件起负载作用。

如果电压和电流的实际方向相反, 该元件起电源作用。

【例 1.2】判断图 1.6 所示元件起电源作用还是负载作用。

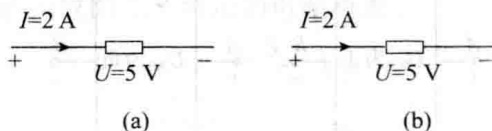


图 1.6 例 1.2 的图

解: 图 1.6(a)中, 电压和电流是关联参考方向,

$$P = UI = 10 \text{ W} > 0,$$

元件起负载作用, 吸收功率。

图 1.6(b)中, 电压和电流是关联参考方向,

$$P = UI = -10 \text{ W} < 0,$$

元件起电源作用, 发出功率。

► 1.1.4 电路元器件的功率和能量

能量是做功的能力, 功率是能量作用的速率。由于电路在工作状态下总是伴随有电能与其他形式能量的相互交换, 而且电气设备、电路部件本身都有功率的限制, 因此在电路分析和计算中, 功率和能量的计算是十分重要的。

(1) 电功率

在直流电路中, 把单位时间内电场力所做的功称为电功率, 有

$$P = \frac{QU}{t} = UI \quad (1.1)$$

功率的国际单位是瓦[特](W), 常用单位有千瓦(kW)、兆瓦(MW)、毫瓦(mW)、微瓦(μW)等。

(2) 电能

功率也可以定义为单位时间内所消耗(或产生)的电能。已知设备的功率为 P , 则在 t



秒内消耗的电能为 $W = Pt$ ，电能就等于电场力所做的功，单位是焦[耳](J)，常用单位有 kJ、MJ 等。在电工技术中，常用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)作为电能的单位， $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ，俗称 1 度电。

1.2 无源元件

1.2.1 电阻元件

实际的电阻器虽然可以用多种材质和工艺来制造，但它们共同的特征是对电荷的运动产生阻力，电场需要克服这种阻力才能产生电流，结果按照焦耳—楞次定律把电能变成了热能。在电阻周围虽然有伴随的磁场或位移电流，但它们都是次要的。如果忽略这些次要因素，便得到理想电阻元件，并用电压与电流的代数关系表示它们的特征。

如果材质的电阻率等于常量，利用电磁学原理可以证明，此时电压与电流成正比。在图 1.7 中，设电阻两端的电压和流过电阻的电流是关联参考方向，则根据欧姆定律，

$$U = IR \quad (1.2)$$

式中， U 的单位是伏， I 的单位是安， R 的单位是欧姆，简称欧，符号 Ω 。 R 称为电阻元件的电阻值，简称电阻。

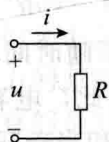


图 1.7 电阻元件

如果 R 是常量，则称这种电阻为线性电阻，绝大多数金属导体的电阻可以近似看作线性电阻。反之，如果 R 不是常量，而是随电压或电流的变化而变化，使得电压与电流不再是确定的正比关系，则称这种电阻为非线性电阻。

电阻元件要消耗电能，是一个耗能元件，然而，许多电器却利用电阻发热的特点进行工作，如电阻炉、电烤箱、电熨斗等。电阻吸收的功率为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.3)$$

1.2.2 电容元件

两个距离较近、彼此绝缘的导体，可以存储等量异性的电荷。人们据此原理制造了各种能够容纳电荷的电器元件，称为电容器，并广泛应用于电子、通信、计算机、交通和电力等工程领域。

就电介质电容的构造来说，可用被电介质绝缘的两块电极来表示。电容器的主要电磁特征就是能够在极板上存储等量异性的电荷，从而在电极之间建立电场，存储电场能量。填充的电介质用来增加存储电荷和电场能的量值。介质的功率损耗以及在电容周围建立的磁场是次要特征。如果忽略这些次要特征，便成为理想电容元件，并用极板电荷 Q 和极板间电压 U 的代数关系来表示它们的电磁特性。

在图 1.8 中, 设电容两端的电压和流过电容的电流是关联参考方向, 电容元件的参数电容 $C = \frac{Q}{U}$, 其中, 电荷 Q 的单位为库仑(C), 电压的单位为伏特(V), 电容的单位为法拉(F)。法拉的单位比较大, 常用单位有微法(μF)、皮法(pF)。

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{F} \quad 1 \text{pF} = 10^{-12} \text{F}$$

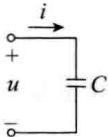


图 1.8 电容元件电路图

C 是与电压及电荷无关的常量, 称为电容元件的电容值, 简称电容。这种与电压及电荷无关的电容称为线性电容, 否则称为非线性电容。

电容极板通过端线存储和释放电荷, 由于极板间是绝缘的, 所以从端线流过的电荷全部聚集在极板上。根据电流的定义不难得出电容端子电流与极板电荷的关系为

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1.4)$$

对于线性电容 $Q = CU$, 这样式(1.4)可进一步写成电流与电压的关系

$$I = C \frac{du}{dt} \quad (1.5)$$

由式(1.5)可见, 只有当极板间的电压随时间变化时, 才能形成电容电流, 并使得极板电荷有增减变化, 电场有强弱变化。因此, 电容称为动态元件, 如果电压不随时间改变, 则电流为零。所以电容在直流电路中相当于开路。但又与断开的导线不同, 它能够存储一定的电场能量。由于电容某一时刻存储的电荷取决于此前全部电流变化的历史, 从这个意义上说, 电容具有“记忆”能力, 属于记忆元件。

► 1.2.3 电感元件

安培和奥斯特发现了载流导体具有磁效应, 据此现象, 人们将导线密集缠绕, 制造了各种线圈或绕组, 它们广泛应用于电机、变压器中以及电力、电子及通信等工程领域。这些线圈的共同电磁特征是: 通过电流时, 能够建立集中的磁场, 从而存储磁场能量。而导线电阻消耗的电能、线匝之间电容存储的电场能量, 这些特征对于专门制作的线圈来说都是次要的, 如果忽略这些特征, 便得到理想电感。

处于磁场中的每匝线圈都存在磁通, 各匝线圈磁通总和称为全磁通或磁链。由于磁链是由电流产生的, 因此电感的特性需要用磁链与电流之间的代数关系表征。如果磁场处于磁导率为常量的线性磁介质中, 由电磁学原理可知, 磁链与产生它的电流成正比。

在图 1.9 中, 设电感两端的电压和流过电感的电流是关联参考方向, 电感元件的参数 $L = N \frac{\Phi}{I}$, L 称为电感元件的电感值, 简称电感或自感。其中, 磁通 Φ 的单位是韦伯(Wb), 电流 I 的单位是安培(A), 则电感 L 的单位为亨利(H)。 L 是常量的电感称为线性电感, 否则称为非线性电感。由电磁感应定律, 电感两端的感生电动势 $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$, 则电



感两端的电压

$$U = -e = N \frac{d\Phi}{dt} = L \frac{dI}{dt} \quad (1.6)$$

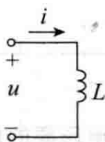


图 1.9 电感元件电路图

由式(1.6)微分关系可见,只有当电流随时间变化时,电感两端才存在电压。因此,电感也属于动态元件。如果电感中流过的是恒定电流,它两端的电压便等于零,在计算上相当于短路。但又与普通短路线不同,它能够存储一定的磁场能量。由于电感磁链或电流与某一时刻之前全部电压的变化历史有关,从这个意义上说,电感具有“记忆”能力,属于记忆元件。

1.3 独立电源元件

要想在电路中产生持续的电流,必须有一种能够把正电荷从低电位搬到高电位的力,这种力统称为电源力,电源力将单位正电荷从电源负极经过电源内部移动到正极所做的功就是电源的电动势。如果电源力来自感生电场,这个电动势就是感应电动势。在电路中,具有电源力的装置就是各种独立电源,它们是电路持续工作的电能来源。

实际电源的构造繁简不一,产生电源力的原理更是不尽相同。有的是把其他形式的能量转换成电能,如各种电池和发电机等;有的是对电源特性进行变换,得到新的电源,如稳压电源,它可将交流电变换为直流电,又如通过变压器可以获得不同电压的交流电。因此,必须对实际电源进行科学抽象,抓住外在表现的主要特征,用少数几个理想化电源及其他理想化电路元件来近似反映这些特征。

1.3.1 理想电压源

一些实际电源,由于工作原理上的原因,当输出电流在允许范围内变化时,它们提供的电压仅受到微小影响,统称为稳压源。这些稳压源提供的电压或为常量,如干电池、蓄电池和直流稳压电源;或随时间按确定规律变化,如变压器输出端提供的正弦交流电源。

如果略去这些微小影响,便得到理想电压源,简称电压源。电压源的特点是输出电压是确定的时间函数,与外电路无关,符号如图 1.10(a)所示,直流电压源可以用图 1.10(b)所示的符号来表示。

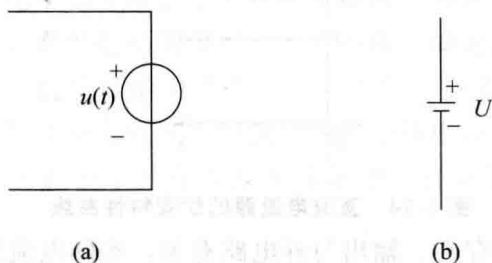


图 1.10 理想电压源的符号

(a)理想交变电压源符号;(b)理想直流电压源符号



直流电压源的伏安特性曲线(电压和电流关系曲线)如图 1.11 所示。

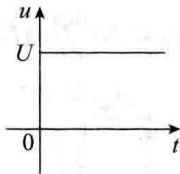


图 1.11 直流电压源的伏安特性曲线

实际电压源由于内阻的存在,输出与外电路有关,实际电压源可用理想电压源和一个电阻 R_0 串联的模型来表示,如图 1.12 所示。

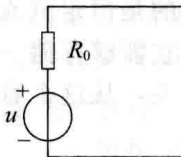


图 1.12 实际电压源模型

当实际电压源被短路时,将会产生比额定值大得多的输出电流。为防止损坏,通常都设有短路保护功能。但即使有保护功能,在使用时也要严格避免短路事故的发生。实际电压源在不使用时要将其端口开路放置。

► 1.3.2 理想电流源

在工程实际中,还经常用到能够以确定电流形式对外提供电能或电信号的稳流源,在端口电压小于额定电压的条件下,它们所提供的电流受其电压影响很小。如果从电动势的角度来理解稳流源的原理,就是这种电源具有一种能够自动调整电动势的能力,当输出电流有减小趋势时,它会自动提高电动势来维持近似不变的电流。

如果略去电流所受电压的微小影响,便得到理想电流源,简称电流源。电流源的特点是输出电流是确定的时间函数,与外电路无关,符号如图 1.13 所示。

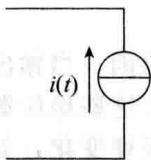


图 1.13 理想电流源符号

直流电流源的伏安特性曲线如图 1.14 所示

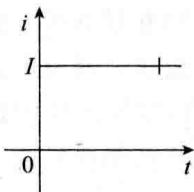


图 1.14 直流电流源的伏安特性曲线

实际电流源由于内阻的存在,输出与外电路有关,实际电流源可用理想电流源和一个电阻 R_0 并联的模型来表示,如图 1.15 所示。

当实际电流源被开路时,将会产生比额定值大得多的电压,从而危及电源安全或给操