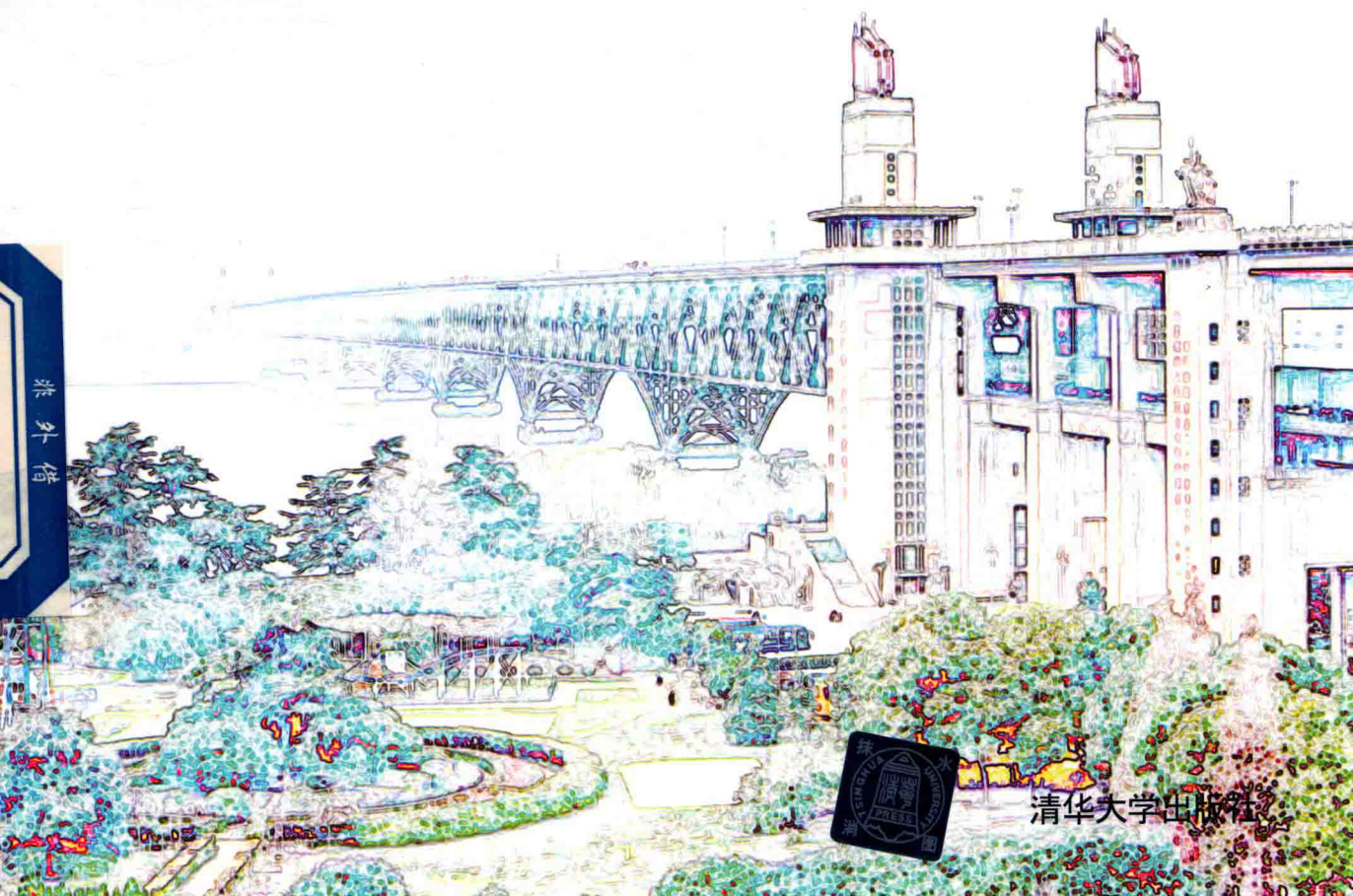


全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

电路理论与实践

(第2版)

赵远东 吴大中 编著



非外借



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

电路理论与实践

(第2版)

赵远东 吴大中 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书内容共三篇,第1篇为电路理论部分,分14章,主要介绍直流电路、交流电路、动态电路等的分析方法,以及应用电路的综合分析;第2篇为电路仿真实验和操作实验部分,分5章,仿真实验主要介绍仿真软件 Multisim 的应用及仿真训练,操作实验主要介绍操作平台的使用和学生的具体实验项目;第3篇为电路习题演练,提供大量习题、习题详细解答、期中模拟试题及解答、期末模拟试题及解答,有助于更好地理解和掌握相关内容。

本书适合高等学校电类(强、弱电)及相关专业师生使用,也可供有兴趣的读者自学使用。

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

电路理论与实践/赵远东,吴大中编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2018

(全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材)

ISBN 978-7-302-47518-7

I. ①电… II. ①赵… ②吴… III. ①电路—高等学校—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 140334 号

责任编辑:梁 颖 王 芳

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:沈 露

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:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.25

字 数:561千字

版 次:2013年1月第1版 2018年1月第2版

印 次:2018年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:073891-01

前言

电路分析课程是电子、电气类专业的主干技术基础课程。目前,国内工科院校的全部电类及相关专业都在不同深度和层次上开设了这门课程,且将其确定为必修平台课。该课程理论严密、逻辑综合性强,有广阔的工程背景。

为适应教学改革要求和强化工程实践训练,本教材分成三篇,将电路理论、电路实践和电路操作的内容融合在一本书里。第1篇为电路理论;第2篇为电路仿真和电路实验;第3篇为电路习题演练。电路理论部分主要讲述电路分析的基本理论、方法和定理,内容包括直流电路、交流电路、动态电路、应用电路四部分,具体内容为:直流电路有集总参数中电压和电流的约束关系、基本元件的特性、开路和短路的性质、电路等效变换及分析、电路定理;交流电路里有正弦稳态电路的相量分析、基本元件的相量特性、功率计算;动态电路有一阶电路、二阶电路分析、过渡过程、冲激响应、阶跃响应;应用电路有互感电路分析、三相电路分析、二端口网络分析、运放电路分析、非正弦周期电流电路分析、复频域分析。电路仿真实践主要是通过 Multisim 软件进行,通过这部分内容的学习和训练,使学生学会仿真软件的使用以及利用计算机分析电路问题的基本方法。电路实验是在电工实训平台上利用实际元器件进行的实验,使学生掌握常用的电子仪器、仪表的使用以及基本电路的连接和测量,具有一定的综合应用能力,巩固所学理论,训练实验技能,培养学生严谨的科学作风。电路习题演练要求学生通过做习题,体会电路理论,深入巩固和掌握电路的基本知识,学以致用,深深地牢记在脑海里,也可以及时地检查掌握学到的知识程度,为更好地继续深入学习带来好处,加深理解。

在教材的编写过程中,力求做到深入浅出、通俗易懂,便于学生阅读和自学,每章都有相当的选择题和专门的习题,选择题考查基础知识的掌握程度,题目不难,学生可以自查每章理解知识的程度,第3篇中的习题有一定的难度,可以起到提高的作用。

本书由赵远东、吴大中、周俊萍、夏景明、单慧琳等合作编写,吴大中编写第1章、第8章和第15~18章,周俊萍编写第4章、第7章和第11章,夏景明编写第5章和第6章,单慧琳编写第9章、第10章和第13章,赵远东编写第2章和第3章、第12章、第14章、第19~21章、第1~14章书后单项选择题,并负责整个教材的结构和组织安排,还审阅和修订了许多章节。徐冬冬设计和制作了教学课件。

感谢南京信息工程大学对本书出版所给予的帮助,同时吴琴、李春彪、张闯对书中一些地方做了更正,在此一并表示感谢。感谢编者家人的全力支持,为完成该书的创作给予的许多帮助。

限于编者水平,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2017年10月

电路物理量

E : 电动势, 单位伏特(V)。

$u, U, U_m, \dot{U}$: 瞬时电压, 电压有效值, 电压最大值, 电压相量, 单位伏特(V)。

$i, I, I_m, \dot{I}$: 瞬时电流, 电流有效值, 电流最大值, 电流相量, 单位安培(A)。

p, P : 瞬时电功率, 有功功率, 单位瓦特(W)。

Q : 无功功率, 单位乏(var)。

$S, \tilde{S}$: 视在功率, 复功率, 单位伏安(VA)。

W : 电能量, 单位焦耳(J)。

U_{OC}, I_{SC} : 开路电压, 短路电流。

q : 电荷, 单位库仑(C)。

ϕ, ψ : 磁通量, 磁链, 单位韦伯(Wb)。 $\psi = N\phi$, 其中 N 为匝数。

$\delta(t), \varepsilon(t)$: 冲激电压或电流, 阶跃电压或电流。

电路元件

R : 电阻, 单位欧姆(Ω)。

G : 电导, 单位西门子(S)。

C : 电容, 或称电容量, 单位法拉(F)。

L : 电感, 或称电感系数, 单位亨利(H)。

M : 互感, 或称互感系数, 单位亨利(H)。

Z, X, X_L, X_C : 阻抗, 电抗, 感抗, 容抗, 单位欧姆(Ω)。

Y, B, B_L, B_C : 导纳, 电纳, 感纳, 容纳, 单位西门子(S)。

电路图

b : 支路数。

n : 结点数, 也称结点数。

l : 独立回路数。

电路时间

t : 时间参数, 单位秒(s)。

$0_+, 0_-$: 0 时刻瞬间, 其中 $0_+ > 0, 0_- < 0$ 。

ω : 角频率, 单位弧度每秒(rad/s)。

T : 周期, 单位秒(s)。

f : 频率, 单位赫兹(Hz)。

其他

λ : 功率因数。

φ : 相位差。

j : 虚数单位, 表示 $\sqrt{-1}$ 。

课时分配和教学要点

章节及课时	教学要点
第 1 章 10 学时	掌握 KCL、KVL、电压、电流的参考方向,基本元件的特性,受控电源的特性,开路电压、短路电流的特性
第 2 章 6 学时	掌握串联,并联,混联,Y- Δ 联结及等效变换,实际电源模型及等效变换,输入电阻的计算,分压公式和分流公式
第 3 章 6 学时	掌握独立回路的寻找,支路电流法,回路(网孔)电流法(强调回路的选取),结点电压法(强调参考点的选取)
第 4 章 8 学时	掌握叠加定理(强调独立源),替代定理,戴维宁定理(特别是等效电阻为 0 或 ∞ 时),诺顿定理(特别是等效电阻为 0 或 ∞ 时),最大功率传输定理,特勒根第 2 定律
第 5 章 4 学时	掌握正弦量的三要素,正弦量的相量表示,相量 KCL,相量 KVL,基本元件的相量表示格式,相量的加减、乘除运算
第 6 章 6 学时	掌握阻抗、导纳的定义及性质,阻抗的串联,并联,混联,Y- Δ 联结及等效变换,电路的物理量计算,正弦电路的分析与计算
第 7 章 6 学时	掌握互感与互感电压,去耦串联、并联、T 型等效,空心变压器及 T 型等效变换,理想变压器及变压、变流、变阻抗
第 8 章 6 学时	掌握对称三相电源及 Y- Δ 联结变换,三相负载及 Y- Δ 联结变换,线电压(电流),相电压(电流)的关系,三相电路的功率
第 9 章 6 学时	掌握动态电路的方程及其初始条件的建立,一阶电路的零输入响应、零状态响应、全响应,三要素法求解一阶电路的各种响应
第 10 章 6 学时*	理解二阶电路的零输入响应、零状态响应、全响应,一阶电路的冲激响应、阶跃响应
第 11 章 4 学时*	理解非正弦的周期信号及分解为傅里叶级数,非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率的计算,叠加定理的应用
第 12 章 6 学时*	理解拉普拉斯变换及反变换,线性电路的复频域模型,基本元件的频域表示,应用拉普拉斯变换法分析线性电路
第 13 章 6 学时	掌握二端口网络条件,二端口的方程和参数,二端口的等效电路,二端口的串联、并联、级联连接
第 14 章 4 学时*	理解运算放大器的特性,“虚断”和“虚短”的概念,含运算放大器的时域分析、相量分析、拉普拉斯分析,了解典型应用电路

带 * 号表示可选讲,全部课时安排 84 学时,其中不带 * 号的为 64 学时,普通本科教学一般为 64 学时。

目 录

第一篇 电路分析理论

第 1 章 电路理论基础	3
1.1 理想元件和电路模型	3
1.2 电流、电压的参考方向	4
1.3 电功率	5
1.4 电路的状态	6
1.5 电阻、电容和电感元件	8
1.6 独立电源	13
1.7 受控电源	15
1.8 基尔霍夫定律	16
本章小结	20
课后习题	21
第 2 章 电阻电路的等效变换	29
2.1 电路的等效变换	29
2.2 电阻的串联和并联	30
2.3 电阻的 Y 形联结和 Δ 联结的等效变换	32
2.4 电压源、电流源的串联和并联	34
2.5 实际电源的两种模型及其等效变换	35
2.6 输入电阻	36
本章小结	37
课后习题	39
第 3 章 电阻电路的一般分析	47
3.1 电路图概念	47
3.2 KCL 和 KVL 的独立方程数	47
3.3 支路电流法	49
3.4 网孔电流法	50
3.5 回路电流法	52
3.6 结点电压法	54
本章小结	57
课后习题	57

第4章 电路定理	69
4.1 叠加定理	69
4.2 替代定理	71
4.3 戴维宁定理和诺顿定理	72
4.4 最大功率传输定理	76
4.5 特勒根定理	77
4.6 互易定理	78
本章小结	81
课后习题	82
第5章 相量法基础	92
5.1 正弦量的三要素	92
5.2 相位差	93
5.3 有效值	94
5.4 正弦量的相量表示	94
5.5 正弦量的相量	95
5.6 正弦电流电路中的电阻	97
5.7 正弦电流电路中的电感	98
5.8 正弦电流电路中的电容	99
5.9 关于基尔霍夫定律的相量形式	100
本章小结	100
课后习题	101
第6章 正弦稳态电路分析	106
6.1 阻抗与导纳的定义	106
6.2 阻抗与导纳的性质	107
6.3 复阻抗的串、并联	108
6.4 复阻抗与复导纳的等效变换	109
6.5 正弦电路的功率及功率因数	110
6.6 关于基本元件的功率与能量特性	111
6.7 复功率	113
6.8 最大功率传输	114
6.9 关于功率因数及负载功率因数的提高	114
6.10 正弦电流电路的一般分析方法与计算	116
本章小结	118
课后习题	118
第7章 互感与谐振	126
7.1 互感与互感电压	126

7.2 具有互感的正弦电流电路的计算	128
7.3 空心变压器	131
7.4 理想变压器	132
7.5 串联电路的谐振	134
7.6 并联电路的谐振	135
本章小结	137
课后习题	137
第 8 章 三相电路	145
8.1 三相电源与三相负载	145
8.2 对称三相电路线电压(电流)与相电压(电流)的关系	148
8.3 对称三相电路分析	149
8.4 不对称三相电路的概念	153
8.5 三相电路的功率	155
本章小结	159
课后习题	159
第 9 章 一阶动态电路的时域分析	166
9.1 动态电路的方程及其初始条件	166
9.2 一阶电路的零输入响应	169
9.3 一阶电路的零状态响应	172
9.4 一阶电路的全响应	176
本章小结	180
课后习题	180
第 10 章 二阶动态电路的时域分析	189
10.1 二阶电路的零输入响应	189
10.2 二阶电路的零状态响应和全响应	194
10.3 一阶电路的阶跃响应	194
10.4 一阶电路的冲激响应	197
本章小结	201
课后习题	202
第 11 章 非正弦周期电流电路	208
11.1 非正弦周期信号	208
11.2 周期函数分解为傅里叶级数	209
11.3 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率	211
11.4 非正弦周期电流电路的计算	212
本章小结	214

课后习题	215
第 12 章 线性电路的拉普拉斯分析	222
12.1 拉普拉斯变换的定义	222
12.2 拉普拉斯变换的基本性质	223
12.3 拉普拉斯反变换	224
12.4 线性电路的复频域模型	227
12.5 应用拉普拉斯变换法分析线性电路	229
本章小结	230
课后习题	231
第 13 章 二端口网络	239
13.1 二端口网络	239
13.2 二端口的方程和参数	239
13.3 二端口的等效电路	246
13.4 二端口的转移函数	248
13.5 二端口的连接	249
本章小结	250
课后习题	251
第 14 章 含运算放大器电路的分析	258
14.1 运算放大器的特性	258
14.2 含理想运算放大器的电阻电路分析	259
14.3 含理想运算放大器的动态电路分析	260
14.4 含理想运算放大器的正弦稳态电路分析	262
14.5 含理想运算放大器的拉普拉斯分析	262
本章小结	263
课后习题	263

第二篇 电路分析实验

第 15 章 Multisim 仿真实验	273
15.1 Multisim 特点	273
15.2 Multisim 2001 仿真软件的基本操作	273
15.3 仿真实验内容及要求	277
第 16 章 Multisim 仿真应用实例	278
16.1 电阻电路仿真	278
16.2 运算放大电路	280

16.3	直流激励下一阶电路的响应	282
16.4	交流电路分析	285
16.5	三相电路	294
16.6	二端口电路设计	296
第 17 章	Multisim 仿真训练	298
17.1	戴维宁和诺顿等效电路	298
17.2	受控源电路	299
17.3	回路电流法	300
17.4	运算放大电路	300
17.5	RLC 串联谐振电路	301
第 18 章	Multisim 窗口界面及常用的虚拟仪器使用说明	303
18.1	Multisim 窗口界面	303
18.2	常用的虚拟仪器使用说明	309
第 19 章	电路操作台实验	317
19.1	基本元件特性的测绘	317
19.2	基尔霍夫定律的验证	322
19.3	电源等效变换的验证	323
19.4	叠加原理的验证	325
19.5	戴维宁定理的验证	326
19.6	诺顿定理的验证设计	327
19.7	RC 一阶电路的响应测试	328
19.8	直流双口网络测试	330
第三篇 电路分析实战		
第 20 章	电路期中模拟试卷	335
第 21 章	电路期末模拟试卷	339
附录	部分课后习题答案	345
参考文献		357

第一篇 电路分析理论

共 14 章,分成几个方面:直流电路、交流电路、动态电路及其他。

- 第 1 章 电路理论基础
- 第 2 章 电阻电路的等效变换
- 第 3 章 电阻电路的一般分析
- 第 4 章 电路定理
- 第 5 章 相量法基础
- 第 6 章 正弦稳态电路分析
- 第 7 章 互感与谐振
- 第 8 章 三相电路
- 第 9 章 一阶动态电路的时域分析
- 第 10 章 二阶动态电路的时域分析
- 第 11 章 非正弦周期电流电路
- 第 12 章 线性电路的拉普拉斯分析
- 第 13 章 二端口网络
- 第 14 章 含运算放大器电路的分析

第1章 电路理论基础

内容提要

本章介绍电路模型的概念,电压、电流参考方向的概念,吸收、发出功率的表达式和计算方法,还将介绍电阻、电容、电感、独立电源和受控电源等电路元件。不同的电路元件的变量之间具有不同的约束。基尔霍夫定律是集总参数电路的基本定律,包括电流定律和电压定律,分别对相互连接的支路电流之间和相互连接的支路电压之间予以线性约束。这种约束与构成电路的元件的性质无关。

电工电子技术的应用离不开电路,而电路又由电路元件构成。本章着重介绍电路模型和电路的基本概念、常用电路元件的伏安特性、基尔霍夫定律,为学习各种类型的电工电子电路建立必要的基础。

1.1 理想元件和电路模型

1. 电路概念

电路原理的研究对象不是实际电路,而是由实际电路抽象而成的理想化的电路模型。为了便于分析、设计电路,在电路理论中,需要根据实际电路中的各个部件主要的物理性质,建立它们的物理模型,这些抽象化的基本的物理模型就称为理想电路元件,简称电路元件。实际电路器件是理想电路元件的组合。由电路元件构成的电路,是实际电路的电路模型,是在一定精确度范围内对实际电路的一种近似。

一般用导线、开关等将电源和用电设备连接起来,构成一个电流流通的闭合路径,这就组成了电路。所以,把构成电流通路的一切设备的总和,称之为电路。电路的作用,在强电方面,进行能量的转换和传输;在弱电方面,进行信号的处理、传递和存储。

电路的形式是多种多样的,但从电路的本质来说,其组成都有电源、负载、中间环节三个最基本的部分。如图 1-1 所示的手电筒电路中,电池把化学能转换成电能供给灯泡,灯泡却把电能转换成光能作照明之用。常用的电源如干电池、蓄电池和发电机等,常用的负载如电热炉、白炽灯和电动机等;连接电源和负载的部分,称为中间环节,如导线、开关等。

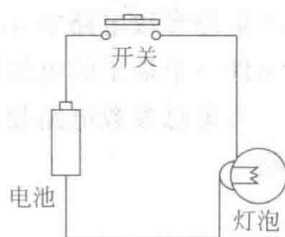


图 1-1 手电筒电路

用于构成电路的电工、电子元器件或设备统称为实际电路元件,简称实际元件。实际元件的物理性质,从能量转换角度看,有电能的产生,电能的消耗以及电场能量和磁场能量的储存。

实际电路的类型以及工作时发生的物理现象是千差万别的,在电路分析中,不可能也没有必要去探讨每一个实际电路,而只需找出它们的普遍规律。为此,把实际电路的元件理想化,忽略其次要因素,在反映主要物理性质的基础上,用理想元件来代替实际的元件,可以表征或近似地表示一个实际器件(或电路)中所有的主要物理现象。这样由理想元件组成的电路就是实际电路的电路模型,它是对实际电路物理性质的高度抽象和概括。所以,电路模型是通过理想的电路元件相互连接而成的。

2. 常用电路元件

图 1-2 是常用的理想电路元件电路模型图形符号(后面理想两字常略去),无源元件有电阻 R 、电容 C 和电感 L ,有源元件有电压源 U_s 、电流源 I_s 。它们是电路结构的基本模型,由这些基本模型可构成电路的整体模型。

例如,手电筒电路的电路模型如图 1-3 所示。灯泡看成电阻元件 R_L ,干电池看成恒压源 E (或 U_s)和电阻元件(内阻) R_0 串联。可见电路模型就是实际电路的科学抽象。采用电路模型来分析电路,不仅计算过程大为简化,而且能更清晰地反映电路的物理实质。

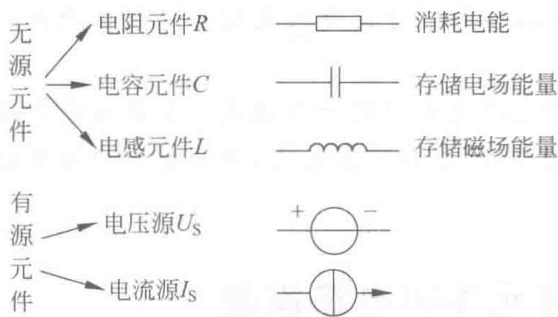


图 1-2 常用的理想电路元件

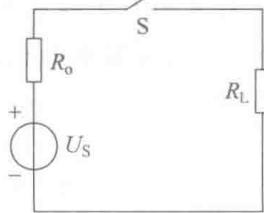


图 1-3 手电筒电路模型

3. 集总参数电路

实际电路部件的运用一般都和电能的消耗现象及电、磁能的储存现象有关,它们交织在一起并发生在整个部件中。这里所谓的“理想化”指的是:假定这些现象可以分别研究,并且这些电磁过程都分别集中在各元件内部进行。这样的元件(电阻、电容、电感)称为集总参数元件,简称为集总元件。由集总元件构成的电路称为集总参数电路。

用集总参数电路模型来近似地描述实际电路是有条件的,它要求实际电路的尺寸 l (长度)要远小于电路工作时电磁波的波长 λ ,即

$$l \ll \lambda \tag{1-1}$$

集总参数电路中 u 、 i 可以是时间的函数,但与空间坐标无关。因此,任何时刻,流入两端元件一个端子的电流等于从另一端子流出的电流,端子间的电压为单值量。

与集总参数电路相对应的是分布参数电路,本书不讨论分布参数电路,只考虑集总参数电路。

1.2 电流、电压的参考方向

电流、电压、电动势的实际方向在物理学中已作过明确的规定:电路中电流的流动方向是指正电荷流动的方向,电路中两点之间电压的方向是高电位指向低电位的方向(即电位降落的方向),电动势的方向在电源内部由低电位指向高电位的方向(即电位升高的方向)。图 1-4 所示电路中分别标出了电流、电压、电动势的方向。

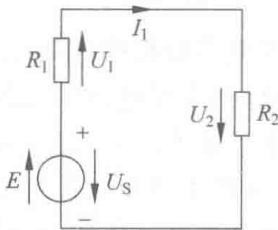


图 1-4 电流、电压的实际方向

但是在分析复杂电路时往往不能预先确定某段电路上电流、电压的实际方向。为了便于分析电路,电路中引出了

参考方向的概念。电流、电压的参考方向是人为任意设定的,图 1-5 电路中箭头所示方向就是电流和电压的参考方向。电路中的电流和电压的参考方向可能与实际方向一致或相反,但不论属于哪一种情况,都不会影响电路分析的正确性。

按参考方向求解得出的电流和电压值有两种可能。得正值,说明设定的参考方向与实际方向一致;若为负值,则表明参考方向与实际方向相反。必须指出,电路中的电流或电压在未标明参考方向的前提下,讨论电流或电压的正、负值是没有意义的。

参考方向也称正方向,除了用箭头标示外,还可以用双下标标示。如图 1-5 中电流 I_3 和电压 U_3 也可以写为 I_{ba} 和 U_{ab} 。电压也可以用参考极性“+”“-”标示。如图 1-5 中电压源 U_{S1} 、 U_{S2} ,其中“+”表示高电位,“-”表示低电位。

当一个元件或一段电路上的电流、电压参考方向一致时,则称它们为关联的参考方向,如图 1-6(a)所示。在分析电路时,尤其是分析电阻、电感、电容等元件的电流、电压关系时,经常采用关联参考方向。例如在应用欧姆定律时必须注意电流、电压的方向,如图 1-6(a)中电流、电压采用了关联参考方向,这时电阻 R 两端电压为

$$U = RI$$

若采用非关联参考方向,如图 1-6(b)所示,则电阻 R 两端的电压为

$$U = -RI$$

当电阻的单位为欧姆(Ω)、电流的单位为安培(A)时,电压的单位为伏特(V)。

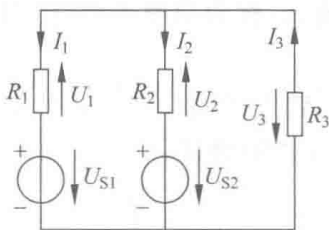


图 1-5 电流、电压的参考方向

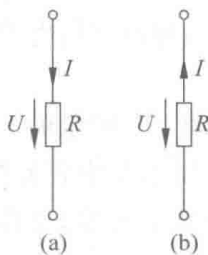


图 1-6 参考方向的关联性

列写公式时,根据电流和电压的参考方向得出公式中的正负号。此外电流和电压本身还有正值和负值之分。

1.3 电 功 率

从物理学中知道,一个元件上的电功率等于该元件两端的电压与通过该元件电流的乘积,即

$$P = UI \quad (1-2)$$

当电压的单位为伏特(V)、电流的单位为安培(A)时,功率的单位为瓦特(W)。

元件上的电功率有吸收(取用、消耗)和发出(产生)两种可能,用功率计算值的正负进行区别,以吸收(取用)功率为正。在分析电路时,就列写功率计算公式作如下规定。

(1) 当电流、电压取关联的参考方向时

$$P = UI$$

(2) 当电流、电压取非关联参考方向时

$$P = -UI$$

在此规定下,将电流 I 和电压 U 数值的正负号如实代入公式,如果计算结果为 $P > 0$ 时,表示元件吸收功率,该元件为负载;反之, $P < 0$ 时,表示元件发出功率,该元件为电源。

【例 1-1】 图 1-7 所示电路中,已知: $U_{S1} = 15\text{V}$, $U_{S2} = 5\text{V}$, $R = 5\Omega$,试求电流 I 和各元件的功率。

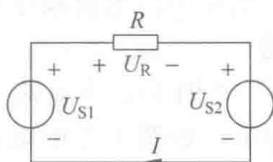


图 1-7 例 1-1 图

解 由图中电流的参考方向,可得

$$I = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R} = \frac{15 - 5}{5} \text{A} = 2\text{A}$$

电流为正值,说明电流参考方向与实际方向一致。

根据对功率计算的规定,可得

元件 U_{S1} 的功率

$$P_{S1} = -U_{S1}I = (-15 \times 2)\text{W} = -30\text{W}(\text{发出功率})$$

元件 U_{S2} 的功率

$$P_{S2} = U_{S2}I = (5 \times 2)\text{W} = 10\text{W}(\text{吸收功率})$$

元件 R 的功率

$$P_R = I^2R = (2^2 \times 5)\text{W} = 20\text{W}(\text{吸收功率})$$

由本例可看出,电源发出的功率等于各个负载吸收的功率之和,即

$$P_{S1} + P_{S2} + P_R = 0$$

按照能量守恒定律,对所有的电路来说,上述结论均成立,称为功率平衡,记为

$$\Sigma P = 0$$

【例 1-2】 在图 1-8 所示的电路中,已知: $U_1 = 20\text{V}$, $I_1 = 2\text{A}$, $U_2 = 10\text{V}$, $I_2 = -1\text{A}$, $U_3 = -10\text{V}$, $I_3 = -3\text{A}$,试求图中各元件的功率,并说明各元件的性质。

解 由功率计算的规定,可得

元件 1 功率

$$P_1 = -U_1I_1 = (-20 \times 2)\text{W} = -40\text{W}$$

元件 2 功率

$$P_2 = U_2I_2 = [10 \times (-1)]\text{W} = -10\text{W}$$

元件 3 功率

$$P_3 = -U_3I_1 = [-(-10) \times 2]\text{W} = 20\text{W}$$

元件 4 功率

$$P_4 = -U_2I_3 = [-10 \times (-3)]\text{W} = 30\text{W}$$

元件 1 和元件 2 发出功率是电源,元件 3 和元件 4 吸收功率是负载。满足 $\Sigma P = 0$,说明计算结果无误。

需要注意的是,在电路分析计算中的两套正负号。列写电路方程时,根据电流和电压的参考方向得出公式中的正负号;代入数据时要如实代入电流和电压数值的正负号。

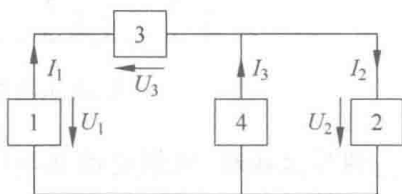


图 1-8 例 1-2 图

1.4 电路的状态

电路在不同的工作条件下,将分别处于通路、开路和短路状态。现以图 1-9 所示电路为例,分别讨论每一种状态的特点。