

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

电路分析基础 (第2版)

曾令琴 主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供
电子教案
习题解答



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

于50mm。

安装时，插座应垂直安装，其正面(即正对插座的一面)应安装在上方，上方一孔接火线，下方两孔接零线。插座应安装在干燥、无腐蚀性气体的场所，且应远离热源和易燃物。插座应安装在干燥、无腐蚀性气体的场所，且应远离热源和易燃物。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电路分析基础

(第2版)

曾令琴 主编

2. 自动空气开关(断路器)的基本原理

单相、三相带漏电保护的自动空气开关，由一个不带漏电保护的单相、三相自动空气开关各一个，开关箱和上面的端子连线组成。

3. 接线工艺要求

此自动空气开关箱中的接线基本上是明敷的，因此要求布线安全合理、整齐美观。要求横平竖直外，还要求水平导线和垂直导线敷设在水平和垂直面上。导线弯曲处注意折成死弯。上下导线、左右导线应平行敷设，两根导线之间的必要距离。不同电位点不能接在同一个接线排子上。连接导线时，不要剥露导线，连接头要紧固牢靠。

六、实训时间

本实训时间为一周，内容根据各条件的不同可以进行取舍。

人民邮电出版社

北京 (010) 67170170 (010) 67170170 (010) 67170170

本次实训若按100分计算，则其评分标准如下。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础 / 曾令琴主编. —2 版. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

21 世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 978-7-115-17552-6

I. 电… II. 曾… III. 电路分析—高等学校—教材
IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012134 号

内 容 提 要

本书内容主要包括电路的基本概念和定律、电路原理及基本分析方法、单相正弦交流电路、相量分析法、谐振、互感耦合电路和变压器、三相电路、电路的暂态分析、非正弦周期电流电路、二端口网络、均匀传输线和拉普拉斯变换。为了培养学生直接服务于工程技术的应用能力, 本书增加与理论内容相关的实验指导、电工实训项目等。

本书可作为高职高专院校电类各专业教材, 也可供有关科技人员学习参考。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电路分析基础 (第 2 版)

◆ 主 编 曾令琴

责任编辑 赵慧君

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京华正印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.25

字数: 365 千字

2008 年 5 月第 2 版

印数: 7 001—10 000 册

2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17552-6/TN

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

主编单位

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 珑 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的高职高专教育以就业为导向,从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想,人民邮电出版社与一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育改革的不断深化,各高职高专院校越来越关注人才培养模式与专业课程设置,越来越关心学生将来的就业岗位,并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到,高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。如何在保证知识体系完整的同时,能在教材中体现正在应用的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点,为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程内容较经典,知识点又相对统一、固定的特点,采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式,借助本科老师在理论方面深厚的功底,在写作质量上进行把关,高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度,力图解决专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才 是面向生产、管理第一线的 应用型人才,基础课程的教学应以必需、够用为原则,以掌握概念、强化应用为教学重点,注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时,按照“突出基本概念,注重技能训练,强调理论联系实际,加强实践性教学环节”的原则,在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例,强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程,并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣,最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训,从而达到对学生职业能力的培养。

以上这些仅是我们对高职高专教材出版工作的初步探索。如何配合学校做好为国家培养人才的工作,出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望,关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正,提出修改意见,同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系,共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

前 言

“电路基础”课程是大学本科、高职高专和中职院校电类各专业的重要技术基础课程，是电类学生知识结构的重要组成部分，在人才培养中起着十分重要的作用，具有很强的实践性。“电路基础”课程的任务是使学生掌握电类技术人员必须具备的电路基础理论、基本分析方法，并掌握各种常用电工仪器、仪表的使用及其简单的电工测量方法，初步学习一些电工技能，为后续专业课的学习和今后踏入社会后的工程实际应用打下一定的基础，同时使学习者通过本课程的学习能够提高自身理论联系实际的能力。

本书在第一版的基础上，紧紧围绕“应用型、技能型”人才培养目标，更加注重对学生测试技能和电路分析技能的培养。本书根据课程内容的广泛性与复杂性，采用科学、合理的方法对教学内容进行归类合并，使教学活动可以自由选择专业所需要的知识模块；本书内容加入了实验教学指导和实习教学指导项目，真正把立足点移到了工程技术实际应用上，做到既为学生后续课程服务，又能培养直接服务于工程技术的应用能力，具有很强的实践性。另外，为了给教师和学生提供教学和学习上的方便，我们对教材进行了立体化建设，除了纸质教材外，还制作了实用性极高的教学课件，并且提供与教材相配套的教学大纲、试题库及习题答案等。

全书共分12章，第1章和第2章是课程的理论基础，建议课时为24学时；第3章、第4章建议16学时；第5章建议8学时；第6章建议10学时；第7章建议8学时；第8章建议10学时；第9章建议8学时；第10章建议8学时；第11章建议6课时；第12章建议8课时（以上课时均包括实践教学环节课时）。如果实验课可以单独设课，建议全课程理论总学时不低于86学时，也可根据各专业课时的不同选择适合于本专业的教学模块组合，但要求保证实际教学课时不低于各模块的建议学时数，以保证教学质量。若按教材全部实践教学环节实施，则总实验、实训学时数建议不低于86学时。

本书由曾令琴完成对第一版内容的全部改编工作，并进行了立体化建设。

由于作者水平有限，对于教材和课件上存在的错漏和不足之处，敬请读者给予批评指正。作者 E-mail: zlingqin@163. com。

编 者
2008年1月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路的组成及功能	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	4
1.2.1 电流	4
1.2.2 电压、电位和电动势	5
1.2.3 电功和电功率	6
1.2.4 参考方向	7
1.3 基尔霍夫定律	8
1.3.1 几个常用的电路名词	8
1.3.2 结点电流定律	9
1.3.3 回路电压定律	9
1.4 电压源和电流源	11
1.4.1 理想电压源	11
1.4.2 理想电流源	12
1.4.3 实际电源的两种电路模型	12
1.5 电路的等效变换	13
1.5.1 电阻之间的等效变换	13
1.5.2 电源之间的等效变换	15
1.6 直流电路中的几个问题	17
1.6.1 电路中各点电位的计算	17
1.6.2 电桥电路	18
1.6.3 负载获得最大功率的条件	19
1.6.4 受控源	19
小结	21
习题	21
技能训练项目:实训一 电路测量预备知识及技能的训练	24
技能训练项目:实验一 基尔霍夫定律的验证	31
第 2 章 电路的基本分析方法	33
2.1 支路电流法	33
2.2 回路电流法	35
2.3 结点电压法	37

2.3.1	结点电压法	37
2.3.2	弥尔曼定理	39
2.4	叠加定理	40
2.5	戴维南定理	42
	小结	44
	习题	44
	技能训练项目:实验二 叠加定理和戴维南定理的验证	46
第3章	单相正弦交流电路	48
3.1	正弦交流电路的基本概念	48
3.1.1	正弦量的三要素	49
3.1.2	相位差	51
3.2	单一参数的正弦交流电路	52
3.2.1	电阻元件	53
3.2.2	电感元件	54
3.2.3	电容元件	57
	小结	61
	习题	61
	技能训练项目:实验三 三表法测量电路参数	63
第4章	相量分析法	65
4.1	复数及其运算	65
4.1.1	复数及其表示方法	65
4.1.2	复数运算法则	66
4.2	相量和复阻抗	67
4.2.1	相量	67
4.2.2	复阻抗	67
4.3	相量分析法	68
4.3.1	RLC 串联电路的相量模型分析	68
4.3.2	RLC 并联电路的相量模型分析	70
4.3.3	应用实例	72
4.4	复功率	76
4.4.1	正弦交流电路中的功率	76
4.4.2	复功率	77
4.4.3	功率因数的提高	79
	小结	81
	习题	82
	技能训练项目:实验四 日光灯电路的连接及功率因数的提高	84
第5章	谐振电路	88
5.1	串联谐振	88
5.1.1	RLC 串联电路的基本关系	88

5.1.2 串联谐振的条件	88
5.1.3 串联谐振电路的基本特性	89
5.1.4 串联谐振回路的能量特性	90
5.1.5 串联谐振电路的频率特性	91
5.2 并联谐振	93
5.2.1 并联谐振电路的谐振条件	94
5.2.2 并联谐振电路的基本特性	94
5.2.3 并联电路的频率特性	95
5.2.4 并联谐振电路的一般分析方法	96
5.2.5 电源内阻对并联谐振电路的影响	96
5.3 正弦交流电路的最大功率传输	98
5.4 谐振电路的应用	99
小结	100
习题	101
技能训练项目:实验五 串联谐振的研究	101
第6章 互感耦合电路与变压器	105
6.1 互感的概念	105
6.1.1 互感现象	105
6.1.2 互感电压	105
6.1.3 耦合系数和同名端	106
6.2 互感电路的分析方法	107
6.2.1 互感线圈的串联	107
6.2.2 互感线圈的并联	108
6.2.3 互感线圈的 T 形等效	109
6.3 空心变压器	110
6.4 理想变压器	111
6.4.1 理想变压器的条件	112
6.4.2 理想变压器的主要性能	112
6.5 全耦合变压器	113
6.5.1 全耦合变压器的定义	113
6.5.2 全耦合变压器的等效电路	113
6.5.3 全耦合变压器的变换系数	114
小结	115
习题	115
技能训练项目:实验六 变压器参数测定及绕组极性判别	116
第7章 三相电路	120
7.1 三相交流电的基本概念	120
7.2 三相电源的连接	122
7.2.1 三相电源的 Y 形连接	122

7.2.2 三相电源的 Δ 形连接	123
7.3 三相负载的连接	124
7.3.1 三相负载的Y形连接	124
7.3.2 三相负载的 Δ 形连接	128
7.4 三相电路的功率	130
小结	132
习题	132
技能训练项目:实验七 三相电路电压、电流的测量	134
第8章 电路的暂态分析	138
8.1 换路定律	138
8.1.1 基本概念	138
8.1.2 换路定律	139
8.2 一阶电路的暂态分析	141
8.2.1 一阶电路的零输入响应	141
8.2.2 一阶电路的零状态响应	143
8.2.3 一阶电路的全响应	145
8.2.4 一阶电路暂态分析的三要素法	146
8.3 一阶电路的阶跃响应	148
8.3.1 单位阶跃函数	148
8.3.2 单位阶跃响应	149
8.4 二阶电路的零输入响应	150
小结	152
习题	153
技能训练项目:实验八 一阶电路的响应测试	155
第9章 非正弦周期电流电路	158
9.1 非正弦周期信号	158
9.1.1 非正弦周期信号的产生	158
9.1.2 非正弦周期信号	159
9.2 谐波分析和频谱	160
9.2.1 非正弦周期信号的傅里叶级数表达式	160
9.2.2 非正弦周期信号的频谱	161
9.2.3 波形的对称性与谐波成分的关系	162
9.2.4 波形的平滑性与谐波成分的关系	162
9.3 非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	163
9.3.1 非正弦周期量的有效值和平均值	164
9.3.2 非正弦周期量的平均功率	164
9.4 非正弦周期信号作用下的线性电路分析	165
小结	168
习题	169

技能训练项目:实验九 非正弦周期电流电路研究	170
第 10 章 二端口网络	173
10.1 二端口网络的一般概念	173
10.2 二端口网络的基本方程和参数	174
10.2.1 阻抗方程和 Z 参数	174
10.2.2 导纳方程与 Y 参数	176
10.2.3 传输方程和 A 参数	177
10.2.4 混合方程与 h 参数	177
10.2.5 二端口网络参数之间的关系	178
10.2.6 实验参数	179
10.3 二端口网络的输入阻抗、输出阻抗和传输函数	180
10.3.1 输入阻抗和输出阻抗	180
10.3.2 传输函数	181
10.4 线性二端口网络的等效电路	182
10.4.1 无源线性二端口网络的 T 形等效电路	182
10.4.2 无源线性二端口网络的 Π 形等效电路	183
10.4.3 T 形网络和 Π 形网络的等效变换	183
10.4.4 多个简单二端口网络的连接	184
10.5 二端口网络的特性阻抗和传输常数	185
10.5.1 二端口网络的特性阻抗	185
10.5.2 二端口网络的传输常数	186
10.6 二端口网络应用简介	187
10.6.1 相移器	187
10.6.2 衰减器	187
10.6.3 滤波器	187
小结	189
习题	190
技能训练项目:实验十 线性无源二端口网络的研究	191
第 11 章 均匀传输线	194
11.1 分布参数电路	194
11.1.1 分布参数电路的概念	194
11.1.2 分布参数电路的分析方法	194
11.2 均匀传输线的正弦稳态响应方程式	195
11.2.1 均匀传输线的微分方程	195
11.2.2 均匀传输线方程的稳态解	196
11.3 均匀传输线上的波和传播特性	197
11.3.1 行波	197
11.3.2 特性阻抗	198
11.3.3 传播常数	198

11.4	终端接有负载的传输线	199
11.4.1	反射系数	199
11.4.2	终端阻抗匹配的均匀传输线	200
11.4.3	终端不匹配的均匀传输线	200
	小结	201
	习题	202
第12章	拉普拉斯变换	203
12.1	拉普拉斯变换的定义	203
12.2	拉普拉斯变换的基本性质	204
12.3	拉普拉斯反变换	206
12.4	应用拉氏变换分析线性电路	209
12.4.1	单一参数的运算电路	210
12.4.2	耦合电感的运算电路	211
12.4.3	应用拉氏变换分析线性电路	212
	小结	216
	习题	216
	技能训练项目:实训一 常用元器件的识别、测试及焊接技术练习	217
	技能训练项目:实训二 常用电工工具的使用及配盘练习	220

第 1 章

电路的基本概念和基本定律

随着科学技术的飞速发展,现代电工电子设备种类日益繁多,规模和结构更是日新月异,但无论怎样设计和制造,这些设备绝大多数仍是由各式各样的电路所组成。电路的结构不论多么复杂,它们和最简单的电路之间还是具有许多基本的共性,遵循着相同的规律。本章的重点就是要阐明这些共性以及分析电路的基本规律。

本章内容可划分为 3 部分:电路的基本概念及电路物理量、基尔霍夫定律及电源模型、电路等效。本章内容是贯穿全书的重要理论基础,要求在学习中给予足够的重视。

本章教学要求

理论教学要求:了解和熟悉电路模型和理想电路元件的概念;理解和区分电压、电流、电动势、电功率的概念及其描述问题的不同;进一步熟悉欧姆定律及其扩展应用;充分理解和掌握基尔霍夫定律的内容,并能初步运用基尔霍夫定律分析电路中的实际问题;深刻理解和掌握参考方向在电路分析中的作用;理解和领会电路等效,熟练掌握无源二端网络和有源二端网络等效化简的基本方法。

实验教学要求:了解实验室的情况;熟悉常用电路仪器、仪表及其简单使用方法;学会测量直流电路中的电压和电流,学会用万用表测量电阻的方法;通过实验进一步理解基尔霍夫定律、叠加定理和戴维南定理。

1.1 电路和电路模型

学习目标

了解和熟悉电路的组成及其功能,理解实际电路和电路模型的概念以及它们之间的区别,掌握理想电路元件与实际电路元件在电特性上的不同。

1.1.1 电路的组成及功能

电流通过的路径称为电路。实际电路通常由各种电路实体部件(如电源、电阻器、电感线圈、电容器、变压器、仪表、二极管、三极管等)组成。每一种电路实体部件具有各自不同的电磁特性和功能,人们按照实际需要,把相关电路实体部件按一定方式进行组合,就构成了一个个电路。如果某个电路元器件数很多且电路结构较为复杂时,通常又把这些电路称为电网络。

手电筒电路、单个照明灯电路是实际应用中较为简单的电路,而电动机电路、雷达导航

设备电路、计算机电路、电视机电路则是较为复杂的电路。但不管电路结构是简单还是复杂,其基本组成部分都离不开3个基本环节:电源、负载和中间环节。

电源:向电路提供电能的装置,它可以将其他形式的能量,如化学能、热能、机械能、原子能等转换为电能。在电路中,电源是激励,是激发和产生电流的因素。

负载:就是通常人们熟悉的各种用电器,是电路中接收电能的装置。在电路中,负载是响应,通过负载,把从电源接收到的电能转换为人们需要的能量形式,如电灯把电能转变成光能和热能,电动机把电能转换为机械能,蓄电池把电能转换为化学能等。

中间环节:电源和负载连通离不开传输导线,电路的通、断离不开控制开关,实际电路为了长期安全工作还需要一些保护设备(如熔断器、热继电器、空气开关等),它们在电路中起着传输和分配能量、控制和保护电气设备的作用。

工程应用中的实际电路,按照功能的不同可概括为两大类。

① 电力系统中的电路:特点是大功率、大电流。其主要功能是对发电厂发出的电能进行传输、分配和转换。

② 电子技术中的电路:特点是小功率、小电流。其主要功能是实现对电信号的传递、变换、存储和处理。

1.1.2 电路模型

人们设计和制作各种电路部件,是为了利用它们的主要电磁特性实现人们的需要。例如,制作一个滑线变阻器,主要是利用它对电流呈现阻力的性质;制作一个电压源,主要是利用其能在正负极间保持一定电压的性质。但实际上滑线变阻器不仅具有对电流呈现阻力的性质,同时电流通过它时还会在其周围产生磁场;实际的电压源也总是存在内阻的,因此使用时不可能保持定值的端电压。因此,在对实际电路进行分析和计算时,若对实际电气部件的全部电磁特性都加以考虑,势必使问题复杂化,造成分析和计算上的困难。

在电路理论中,为了便于对实际电路的分析和计算,通常在工程实际允许的条件下对实际电路进行模型化处理。例如电阻器、灯泡、电炉等,这些电气设备接受电能并将电能转换成光能或热能,光能和热能显然不可能再回到电路中,因此把这种能量转换过程不可逆的电磁特性称为耗能。这些电气设备除了具有耗能的电特性外,当然还有其他一些电磁特性,但在研究和分析问题时,即使忽略其他电磁特性,也不会影响整个电路的分析和计算。因此,就可以用一个只具有耗能电特性的“电阻元件”作为它们的电路模型。

工程实际中的电感器,通常是在一个骨架上用漆包线绕制而成。在直流电路中,电感器表现的电磁特性主要是耗能,储存的磁能和储存的电能与耗能的因素相比可以忽略,因此直流下可用一个“电阻元件”来作为这个实际电感器的电路模型;电感器在工频电路中,主要电磁特性不仅有耗能的因素,还具有储存磁能的重要因素,这时可用一个理想化的“电阻元件”和一个只具有储存磁能性质的“电感元件”相串联作为它的电路模型;同一个电感器若应用在较高频率的电路时,不仅要考虑上述两种因素,同时还要考虑导体表面的电容效应,因此其电路模型又应是“电阻元件”和“电感元件”相串联后再与一个只具有储存电能性质的“电容元件”相并联的组合。

由此可知,同一电路实体部件,其电磁特性是复杂和多元的,并且在不同的外部条件下,它们呈现的电磁特性也各不相同。

为了便于问题的分析和计算,在电路基础中,通常忽略其次要因素,抓住足以反映其功

能的主要电磁特性,抽象出实际电路器件的“电路模型”。这种模型化处理方法是电路分析中简化分析和计算的行之有效的办法。

实际电路元件的“电路模型”分为有源和无源两大类,如图 1.1 所示。

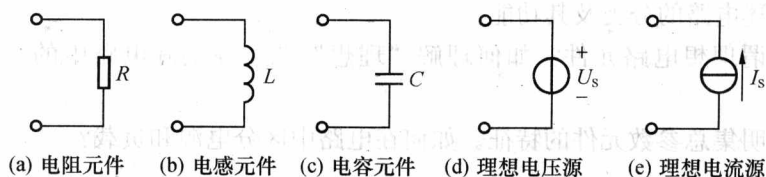


图 1.1 无源和有源的理想电路元件的电路模型

图中的无源二端元件有电阻元件、电感元件和电容元件,由于用电器上的电磁特性无非归纳为这 3 种抽象,因此通常把它们称为电路的三大基本元件,简称为电路元件。电路元件是实际电路元件的理想抽象,其电磁特性单一而确切。

图中的有源二端元件,其中的“源”是指它们能向电路提供电能。如果电源的主要供电方式是向电路提供一定的电压,就是电压源;若主要供电方式是向电路提供一定的电流,就称为电流源。

对实际元件的模型化处理,使得不同的实体电路部件,只要具有相同的电磁性能,在一定条件下就可以用同一个电路模型来表示,显然降低了实际电路的绘图难度。而且,同一个实体电路部件,处在不同的应用条件和环境下,其电路模型可具有不同的形式。有的模型比较简单,仅由一种元件构成;有的则比较复杂,可用几种理想元件的不同组合构成。显然,实际电路元件的理想化处理,给分析和计算电路也带来了极大的方便。

例如,图 1.2 所示是一个最简单的手电筒电路及其电路模型。

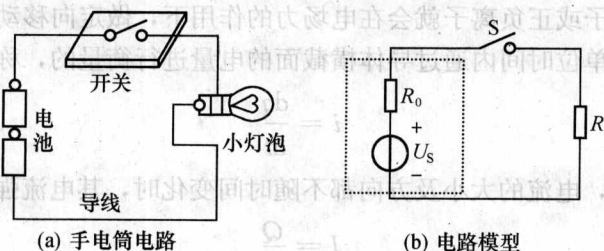


图 1.2 手电筒电路及其电路模型

由图 1.2 可以看出,手电筒的实体电路较为复杂,而电路模型显然清晰明了。

对电路进行分析,就是要寻求实际电路共有的一般规律,电路模型就是用来探讨存在于具有不同特性的各种真实电路中共同规律的工具。简单地说,电路模型就是与实际电路相对应的、由理想电路元件构成的电路图。

电路模型具有两大特点:一是它里面的任何一个元件都是只具有单一电特性的理想电路元件,因此反映出的电现象都可以用数学方式来精确地分析和计算;二是对各种电路模型的深入研究,实质上就是探讨各种实际电路共同遵循的基本规律。

需要指出的是,上面所讲到的各种电路模型,只适用于低、中频电路的分析,因为在低、中频电路中,电路元器件基本上都是集总参数元件(即次要因素可以忽略的元件),集总参数元件的电磁过程都分别集中在元件内部进行。而在高频和超高频电路中,元器件上的

电磁过程并不是集中在元件内部进行,因此要用“分布电路模型”来抽象和进行描述。

检验学习结果

- 1.1.1 电路由哪几部分组成,各部分的作用是什么?
- 1.1.2 试述电路的分类及其功能。
- 1.1.3 何谓理想电路元件?如何理解“理想”二字在实际电路中的含义?何谓电路模型?
- 1.1.4 说明集总参数元件的特征。如何在电路中区分电源和负载?

1.2 电路的基本物理量

学习目标

在高中物理学的基础上,进一步熟悉电流、电压、电功率等电路物理量的概念,并学会从工程应用的角度重新理解它们,掌握其国际单位制;理解电位的相对性和电压的绝对性,区分电压和电动势的相同点和不同点;深刻领会参考方向的问题。

1.2.1 电流

电荷有规则的定向移动形成电流。在稳恒直流电路中,电流的大小和方向不随时间变化;在正弦交流电路中,电流的大小和电荷移动的方向按正弦规律变化。

在金属导体内部,自由电子可以在原子间作无规则的运动;在电解液中,正负离子可以在溶液中自由运动。如果在金属导体或电解液两端加上电压,在金属导体内部或电解液中就会形成电场,自由电子或正负离子就会在电场力的作用下,做定向移动从而形成电流。

电流的大小是用单位时间内通过导体横截面的电量进行衡量的,称为电流强度,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

稳恒直流电路中,电流的大小及方向都不随时间变化时,其电流强度可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.2)$$

注意:在电路理论中,一般把变量用小写的英文字母来表示,而把恒量用大写的英文字母来表示。如式(1.1)中的电流和电量都是用的下写英文字母,而式(1.2)中则用的大写。

高中物理学中,把电荷的定向移动称为电流,即电流表明一种物理现象。在电学中,电路中的电流强度简称电流,电流是电路中的主要电量,用电器上通过电流,就是它们吸收电能并把电能转换成其他形式的能量为人们利用的实例。

物理学习惯上规定正电荷移动的方向作为电流的正方向,这一习惯规定同样适用于电路。电路中,电流的大小用来定量地反映电流的强弱,电流的方向则是用方程式中电流前面的“+”、“-”号来表示(后面详细讲述)。

在式(1.1)和式(1.2)中,当电量 $q(Q)$ 采用国际单位制单位库仑(C)、时间 t 采用国际单位制单位秒(s)时,电流 $i(I)$ 就应采用国际单位制单位安培(A)。

电流还有较小的单位毫安(mA)、微安(μA)和纳安(nA),它们之间的换算关系为

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^9\text{nA}$$

1.2.2 电压、电位和电动势

1. 电压

根据中学物理学可知,电压就是将单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点电场力所做的功,用数学式可表达为

$$U_{ab} = \frac{W_a - W_b}{q} \quad (1.3)$$

式中 U_{ab} 就是电压。当电功的单位用焦耳(J),电量的单位用库仑(C)时,电压的单位是伏特(V)。电压的单位还有千伏(kV)和毫伏(mV),各种单位之间的换算关系为

$$1\text{V} = 10^{-3}\text{kV} = 10^3\text{mV}$$

由欧姆定律可知,如果把一个电压加在电阻两端,电阻中就会有电流通过。实际电路中的情况也是如此。当在负载两端加上一个电压时,负载中同样会有电流通过,而电流通过负载时必定会在负载两端产生电压降,即发生能量转换的过程。可见,电压是电路中产生电流的根本原因(就像水路中产生水流的原因是水位差一样)。

电压在电路分析中也存在方向问题。一般规定电压的正方向是由高电位“+”指向低电位“-”,因此通常也把电压称为电压降。

2. 电位

电路中各点位置上所具有的势能称为电位。空间各点位置的高度都是相对于海平面或某个参考高度而言的,没有参考高度讲空间各点的高度无意义。同样,电路中的电位也具有相对性,只有先明确了电路的参考点,再讨论电路中各点的电位才有意义。电路理论中规定:电位参考点的电位取零值,其他各点的电位值均要和参考点相比,高于参考点的电位是正电位,低于参考点的电位是负电位。

理论上,参考点的选取是任意的。但实际应用中,由于大地的电位比较稳定,所以经常以大地作为电路参考点。有些设备和仪器的底盘、机壳往往需要与接地极相连,这时也常选取与接地极相连的底盘或机壳作为电路参考点。电子技术中的大多数设备,很多元件常常汇集到一个公共点,为方便分析和研究,也常常把电子设备中的公共连接点作为电路的参考点。

电位的高低正负都是相对于参考点而言的。当电路参考点确定之后,电路中各点的电位数值就是唯一的、确定的了。电路中某点电位的数值,实际上等于该点到参考点之间的电压。因此,在电子技术中检测电路时,常常选取某一公共点作为参考点,用电压表的负极表棒与该点相接触,而正极表棒只需点其他各点来测量它们的电位是否正常,即可查找出故障点。

引入电位的概念后,给分析电路中的某些问题带来了不少方便。例如,一个电子电路中有5个不同的点,任意两点间均有一定的电压,直接用电压来讨论要涉及10个不同的电压,而改用电位讨论时,只需把其中的一个点作为电路参考点,其余只讨论4个点的电位就可以了。

电位与电压的定义式的形式相同,因此它们的单位相同,也是伏特(V)。所不同的是,电位特指电场力把单位正电荷从电场中的一点移到参考点所做的功。为了区别于电压,在电