



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

电工电子技术

(少学时) (第2版)

林平勇 高 嵩 主编



高等教育出版社

西安理工大学图书馆



C724775-2

TM1
179
2004

TM1
179
2004

普通高等教育“十五”国家级规划教材

主要内容

(高职高专教育)

电工电子技术

(少学时) (第2版)

林平勇 高 嵩 主编



赠书

中文样本图书

高等教育出版社

行货总出
北京前门大街4号
100001
010-82058829
总
编
本
开
585x1095 1/16
50
480 000
字

2000年1月第1版
2004年1月第2版
2004年1月第1次印刷
2004年1月第1次印刷
2004年1月第1次印刷

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),依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”编写而成,主要内容包括:直流电路、正弦交流电路、三相电路、动态电路的分析、磁路和变压器、异步电动机、继电-接触器控制、工厂供电与安全用电、电工测量、电子电路中常用的元件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及其应用、555 电路及应用、D/A 和 A/D 转换器,共计 18 章。每章后附有小结、习题、书末附有部分习题答案,便于自学。

本书层次分明,条理清晰,结构合理,重点突出,概念阐述清楚、准确,内容深入浅出,通俗易懂。

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的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术:少学时/林平勇,高嵩主编. —2版.
北京:高等教育出版社,2004.5
ISBN 7-04-014097-7

I. 电... II. ①林...②高... 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(2004)第019985号

策划编辑 尹洪 责任编辑 孙杰 封面设计 王凌波 责任绘图 杜晓丹
版式设计 胡志萍 责任校对 王雨 责任印制 孔源

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 100011

总 机 010-82028899

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京星月印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 20

字 数 480 000

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

版 次 2000年8月第1版

2004年5月第2版

印 次 2004年5月第1次印刷

定 价 23.10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

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、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、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

第2版前言

教育部高职高专规划教材《电工电子技术》(少学时)自2000年出版以来,得到了广大师生的欢迎。根据教育部最新制订的“高职高专教育电工电子课程教学基本要求”,结合部分使用本书师生的意见,我们对教材的内容进行了修订,力争使修订版更为完善、适用,修订版保留了原教材的基本体系与风格,主要从以下几个方面作了修订:

1. 考虑到高职高专教育的特点和要求,对教材的内容和文字作了进一步推敲,在讲清概念的基础上,使论述更加简捷明了。

2. 对原版教材的部分内容进行了调整和改写。如:通过例子来叙述在电路中电阻获得最大传输功率的条件;改写了相量这部分内容,使论述更为准确、清晰;删去了变压器铁心结构图,对结构的论述作了简化;在异步电动机部分增添了Y2系列的新型号,这里不一一举例。对所编写的内容努力做到深入浅出,通俗易懂。

3. 删除原版教材中的实验部分,使得应用本书的教师能结合所讲授的内容来开设实验,以取得更好的实际效果。

4. 保留了原版教材中标有“*”的内容,作为拓宽的内容。教师可以根据需要取舍,在讲授上不作要求。

参加原版教材编写的教师根据自己编写的内容,进行了教材修订版的编写。

由于编者水平有限,书中难免还存在错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2003年6月

第 1 版前言

本书是教育部高职高专规划教材,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”而编写的。

编者根据自己多年的教学经验,结合高职高专教育的特点和要求,在编写过程中,力求讲清基本概念,分析准确,减少数理论证,做到深入浅出,通俗易懂。

书中附有实验,注重理论联系实际,重视培养学生分析、解决实际问题的能力。

讲授本教材的教学时数为 80 学时,其中标有“*”符号的内容属于加深加宽的内容,以供选择。

本书由南昌水利水电高等专科学校的林平勇和承德石油高等专科学校的高嵩主编,沈阳电力高等专科学校的严震池和南昌水利水电高等专科学校的张兴旺及承德石油高等专科学校的金长星、曹登场参编,其中第 1 至第 4 章由林平勇编写,第 5 至第 7 章由严震池编写,第 8、9 章由张兴旺编写,第 11、12、13、16、17、18 章由高嵩编写,第 10、15 章由承德石油高等专科学校金长星编写,第 14 章由承德石油高等专科学校曹登场编写。实验部分由南昌水利水电高等专科学校张兴旺、林平勇编写。

本书由昆明冶金高等专科学校的陈铁牛副教授主审,他对全书进行了认真、仔细审阅,提出了许多具体、宝贵的意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1999 年 4 月

目 录

第 1 章 直流电路	1	4.1 动态电路	60
1.1 电路模型	1	4.2 RC 电路、RL 电路的零输入响应	62
1.2 电路的基本物理量	2	4.3 RC 电路、RL 电路的零状态响应	64
1.3 电流、电压的参考方向	3	4.4 一阶电路的全响应	66
1.4 功率	4	本章小结	66
1.5 电阻元件	5	习题	67
1.6 电感元件、电容元件	6	第 5 章 磁路和变压器	70
1.7 电压源、电流源及其等效变换	8	5.1 磁路的基本概念	70
1.8 基尔霍夫定律	10	5.2 变压器的用途与结构	75
1.9 支路电流法	14	5.3 变压器	76
*1.10 结点电压法	15	5.4 特殊变压器	82
1.11 叠加定理	16	本章小结	83
1.12 戴维宁定理	17	习题	84
本章小结	19	第 6 章 异步电动机	86
习题	19	6.1 三相异步电动机的结构与转动原理	86
第 2 章 正弦交流电路	26	*6.2 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	91
2.1 正弦量的三要素	26	6.3 三相异步电动机的起动、调速与制动	94
2.2 正弦量的相量表示法	28	6.4 三相异步电动机的铭牌和技术数据	99
2.3 电阻、电感、电容元件的电压电流关系	32	6.5 三相异步电动机的选择	102
2.4 电阻、电感、电容元件的串联电路	35	*6.6 单相异步电动机	103
2.5 阻抗的串联与并联	37	本章小结	106
2.6 正弦交流电路的功率	38	习题	107
2.7 电路中的谐振	40	第 7 章 继电器-接触器控制	109
*2.8 非正弦周期电流电路的概念	42	7.1 常用控制电器	109
本章小结	45	7.2 三相异步电动机的基本控制电路	114
习题	47	7.3 基本电气识图	123
第 3 章 三相电路	52	本章小结	129
3.1 三相电源	52	习题	129
3.2 三相电源的连接	53	第 8 章 工厂供电与安全用电	132
3.3 三相负载的连接	54	8.1 发电、输电概述	132
3.4 三相电路的功率	56	8.2 工厂供电	134
本章小结	58	8.3 安全用电	135
习题	58	本章小结	137
* 第 4 章 动态电路的分析	60	习题	138

第9章 电工测量	139	13.6 稳压二极管稳压电路	235
9.1 电工测量仪表的分类与型式	139	13.7 三端集成稳压器	238
9.2 电流与电压的测量	143	本章小结	241
9.3 功率测量	144	习题	242
9.4 万用表	146	第14章 逻辑门电路	245
9.5 电度表及电能的测量	150	14.1 数制与编码	245
9.6 兆欧表及绝缘电阻测量	152	14.2 逻辑代数及应用	247
本章小结	153	14.3 晶体管的开关作用	249
习题	154	14.4 基本逻辑门电路	251
第10章 电子电路中常用的元件	155	* 14.5 TTL 门电路	254
10.1 半导体的基本知识	155	本章小结	256
10.2 PN 结	157	习题	257
10.3 二极管	159	第15章 组合逻辑电路	259
10.4 稳压二极管	162	15.1 组合逻辑电路的分析	259
10.5 发光二极管	163	15.2 中规模组合逻辑电路的应用	260
10.6 晶体管	164	本章小结	266
本章小结	170	习题	266
习题	170	第16章 触发器及其应用	268
第11章 基本放大电路	173	16.1 基本 RS 触发器	268
11.1 基本放大电路的组成及各元件的 作用	173	16.2 可控 RS 触发器	270
11.2 放大电路的静态分析	175	16.3 JK 触发器	272
11.3 放大电路的动态分析	175	16.4 D 触发器	274
11.4 射极输出器	186	16.5 寄存器	274
* 11.5 阻容耦合多级放大电路	189	16.6 二进制计数器	277
本章小结	192	本章小结	279
习题	192	习题	279
第12章 集成运算放大器	197	* 第17章 555 电路及应用	281
12.1 集成运算放大器	197	17.1 555 电路的工作原理	281
12.2 放大电路中的负反馈	200	17.2 555 电路的应用实例	282
12.3 理想集成运算放大器的分析方法	204	本章小结	286
* 12.4 集成运算放大器使用中应注意的 问题	218	习题	287
本章小结	221	* 第18章 D/A 和 A/D 转换器	288
习题	221	18.1 D/A 转换器	288
第13章 直流稳压电源	225	18.2 A/D 转换器	292
13.1 单相半波整流电路	226	本章小结	298
13.2 单相桥式整流电路	227	附录 A 半导体器件命名方法 (国家标准 GB249—64)	299
13.3 常用的整流组合元件	229	附录 B 常用半导体器件的参数	300
13.4 电容滤波电路	231	部分习题答案	303
13.5 电感滤波电路	234	参考文献	308

第1章



内容提要 本章主要讨论电路模型、电路的基本物理量、电路的基本元件。引进了电流、电压的参考方向的概念。应用欧姆定律、基尔霍夫定律等电路的基本定律对直流电路进行分析计算。

1.1 电路模型

1.1.1 电路

电路是为实现和完成人们的某种需求,由电源、导线、开关、负载等电气设备或元器件组合起来,能使电流流通的整体。简单地说,就是电流的通路。电路的主要作用是:电路能实现电能的传输、分配和转换,其次能实现信号的传递和处理。如电炉在电流通过时将电能转换成热能,电视机可将接收到的信号经过处理,转换成图像和声音。

1.1.2 电路模型

1. 实际电路

如图 1.1.1 所示。实际电路一般由三部分组成,由提供电能的设备(电池、发电机)、传输设备(连接导线)、使用电能的设备(负载,如电灯等)组成。

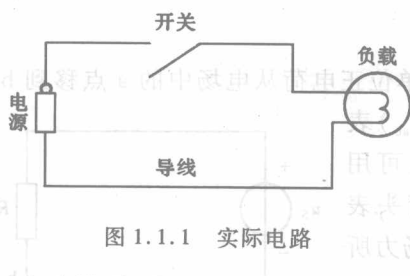


图 1.1.1 实际电路

2. 电路模型

在电路的分析计算中,用一个假定的二端元件如电阻元件(如图 1.1.2 所示)来代替实际元件(如白炽灯),二端元件的电和磁的性质反映了实际电路元件的电和磁的性质,称这个假定的



图 1.1.2

二端元件为理想电路元件。

由理想电路元件组成的电路称为理想电路模型,简称电路模型,如图 1.1.3 所示。图中假定实际电源的内阻忽略不计。

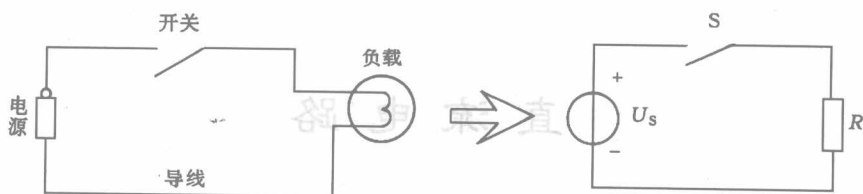


图 1.1.3

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

在电场力的作用下,电荷有规则的定向移动,形成了电流。规定正电荷的运动方向为电流的实际方向。把在单位时间内流过导体截面的电荷[量]定义为电流。设在 dt 时间内通过导体截面的电荷为 dq ,则电流表示为

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

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流。今后大写字母如 U, I 表示电压、电流为恒定量,不随时间变化,一般称为直流电压、直流电流。小写字母 u, i 表示电压、电流随时间变化。

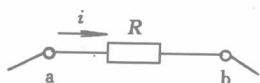


图 1.2.1

在国际单位制(SI)中,在 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C(库仑)时,其电流为 1 A(安培)。

电流的方向可用箭头表示,也可用字母顺序表示,如图 1.2.1 所示。用双下标表示时为 i_{ab} 。

1.2.2 电压

一般用电压来反应电场力做功的本领。电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点(如图 1.2.2 所示)所作的功称为 a、b 间的电压,用 u_{ab} (U_{ab}) 表示。习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,可用 +、- 号表示,也可用字母的双下标表示,过去曾用箭头表示,如图 1.2.2 所示。设正电荷 dq 从 a 点移至 b 点电场力所作的功为 dW ,则 a、b 间电压为

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1.2)$$

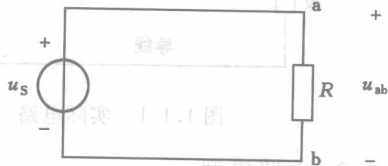


图 1.2.2

当 $u_{ab} > 0$, 则表示正电荷从 a 点移至 b 点通过这段电路时是电场力作功。即这段电路是吸收电能。

在国际单位制中, 当电场力把 1 C(库[仑]) 的正电荷[量]从一点移到另一点所作的功为 1 J(焦[耳]), 则这两点间的电压为 1 V(伏[特])。

有时把电路中任一点与参考点(规定电位能为零的点)之间的电压, 也称为该点的电位。也就是该点对参考点所具有的电位能。参考点的电位为零可用符号“ $\perp$ ”表示。电位的单位与电压相同, 用 V(伏[特])表示。

电路中两点间的电压也可用两点间的电位差来表示。

$$u_{ab} = u_a - u_b \quad (1.3)$$

电路中两点间的电压是不变的, 电位随参考点(零电位点)选择的不同而不同。

1.2.3 电动势

在电路中, 正电荷是从高电位流向低电位的, 因此要维持电路中的电流, 就必须有能把正电荷从低电位移至高电位的非电场力, 电源的内部就存在非电场力。非电场力(即局外力)把单位正电荷在电源内部由低电位 b 端移到高电位 a 端所作的功, 称为电动势, 用字母 $e(E)$ 表示。电动势的实际方向在电源内部从低电位指向高电位, 单位与电压相同用 V(伏[特])表示。

设在电源内部非电场力, 把正电荷 dq 从低电位端移至高电位端所作功为 dW , 则电源的电动势为

$$e(t) = \frac{dW}{dq} \quad (1.4)$$

在图 1.2.3 中, 电压 u_{ab} 是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所作的功, 由高电位指向低电位的方向, 是电压的实际方向。电动势是非电场力在电源内部把单位正电荷克服电场阻力, 从 b 点移到 a 点所作的功。在图 1.2.4 中, 直流电源在没有与外电路连接的情况下, 电动势与两端电压大小相等方向相反。

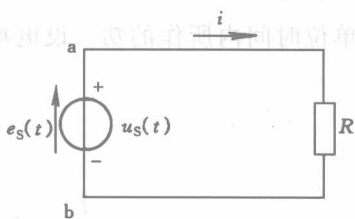


图 1.2.3

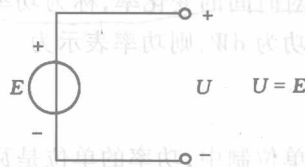


图 1.2.4

1.3 电流、电压的参考方向

在电路的分析计算中, 流过某一段电路或某一元件电流的实际方向或两端电压的实际方向往往不知道, 这时可以任意假定一个电流方向或电压方向, 当假定的电流方向或电压方向与实际方向一致时取正, 相反时取负。假定的电流、电压方向称为电流、电压的参考方向。

1.3.1 电流的参考方向

图 1.3.1(a) 中电流的参考方向与实际方向一致, $i > 0$ 。图 1.3.1(b) 中电流的参考方向与实际方向相反, $i < 0$ 。

实际方向用虚线表示, 参考方向用实线表示, 全书同。

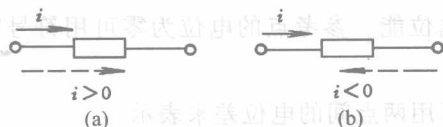


图 1.3.1

1.3.2 电压的参考方向

在图 1.3.2(a) 中, 电压参考方向与实际方向一致取正, $u > 0$ 。在图 1.3.2(b) 中, 电压参考方向与实际方向相反取负, $u < 0$ 。

可见电流、电压都是代数量。当电流的方向与电压方向选取一致时, 称为关联参考方向, 如图 1.3.3 所示。

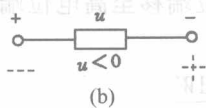
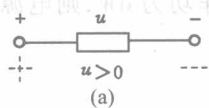


图 1.3.2

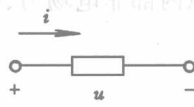


图 1.3.3

1.4 功率

电能量对时间的变化率, 称为功率, 也就是电场力在单位时间内所作的功。设电场力在 dt 时间内所作功为 dW , 则功率表示为

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1.5)$$

在国际单位制中, 功率的单位是瓦[特], 符号为 W。

在图 1.4.1 中, 电阻两端的电压是 U , 流过的电流是 I , 电压与电流是关联参考方向, 则电阻吸收的功率为

$$P = UI$$

电阻在 t 时间内所消耗的电能为

$$W = Pt$$

平时所说消耗 1 度电就是: 功率为 1 kW 的用电设备在 1 h 内消耗的电能量, 即 1 kWh。

元件两端电压和流过的电流在关联参考方向下时, 如图 1.4.2 所示:

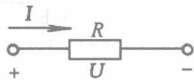


图 1.4.1

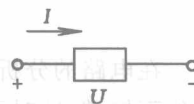


图 1.4.2

$P = UI > 0$, 元件吸收功率。

$P = UI < 0$, 元件发出功率。

如果元件两端的电压和流过的电流在非关联参考方向下时,如图 1.4.3 所示:

$P = UI > 0$, 元件发出功率。

$P = UI < 0$, 元件吸收功率。

对任一电路元件,当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时,元件吸收功率;电流与电压实际方向相反时,元件发出功率。

例 1.1 试判断图 1.4.4 中元件是发出功率还是吸收功率。

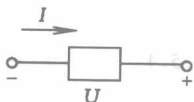


图 1.4.3

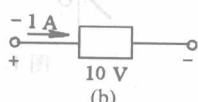
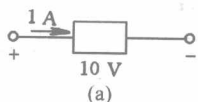


图 1.4.4

解 在图 1.4.4(a) 中,电压、电流是关联参考方向,且 $P = UI = 10 \text{ W} > 0$, 元件吸收功率。

在图 1.4.4(b) 中,电压、电流是关联参考方向,且 $P = UI = -10 \text{ W} < 0$, 元件发出功率。

1.5 电阻元件

电阻元件一般是反映实际电路中的耗能元件,如电炉、照明器具等。图形符号如图 1.5.1 所示,用字母 R 表示。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流是关联参考方向时,如图 1.5.1 所示,根据欧姆定律电压与电流成正比,有如下关系

$$u = Ri \quad (1.6)$$

当电阻两端的电压与流过的电流为非关联参考方向时,如图 1.5.2 所示,根据欧姆定律电压与电流有如下关系

$$u = -Ri \quad (1.7)$$

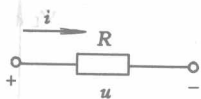


图 1.5.1

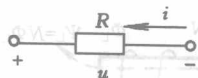


图 1.5.2

在关联参考方向下,当 $R = \frac{u}{i}$ 是个常数,则 R 称为线性电阻。线性电阻的伏安特性如图 1.5.3 所示,是过原点的直线。

把式(1.6)两边乘以 i 得到

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \geq 0$$

电阻总是消耗能量的。其中 $G = \frac{1}{R}$ 。 G 称为电导。在国际单位制中,当电阻两端的电压为 1 V(伏[特]),流过电阻的电流为 1 A(安[培])时,电阻为 1 Ω (欧[姆])。

电导 G 的单位是 S (西[门子])。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流不成正比关系时,伏安特性是曲线,如图 1.5.4 所示。电阻不是一个常数,随电压电流变动,称为非线性电阻。

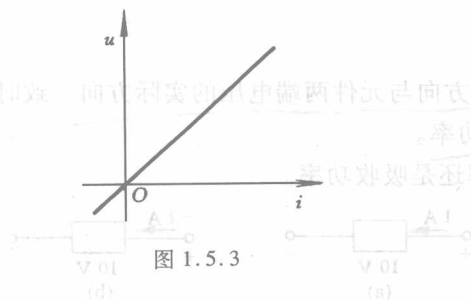


图 1.5.3

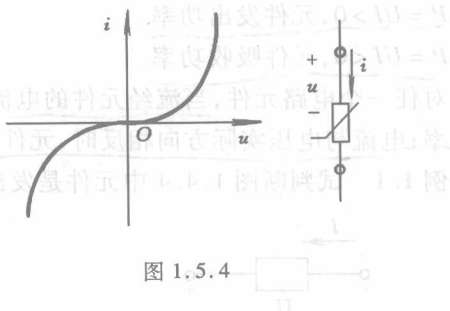


图 1.5.4

1.6 电感元件、电容元件

1.6.1 电感元件

图 1.6.1 是实际的线圈,假定绕制线圈的导线无电阻,线圈有 N 匝,当线圈通以电流 i ,在线圈内部将产生磁通 Φ_L ,若磁通 Φ_L 与线圈 N 匝都交链,则磁通链 $\Psi_L = N\Phi_L$ 。

在电路中一般用图 1.6.2 表示实际线圈,并用字母 L 表示。通常称为电感元件,能够储存磁场能量。 Φ_L 和 Ψ_L 都是线圈本身电流产生的,称为自感磁通和自感磁通链。

当磁通 Φ_L 和磁通链 Ψ_L 的参考方向与电流 i 参考方向之间满足右手螺旋定则时,有式

$$\Psi_L = Li \quad (1.8)$$

式(1.8)中 L 称为线圈的自感或电感。

在国际单位制中,磁通和磁通链的单位是 Wb (韦[伯]),自感的单位是 H (亨[利])。

当 $L = \frac{\Psi_L}{i}$ 是常数时,称为线性电感,如图 1.6.3 所示,韦安特性是通过原点的一条直线。

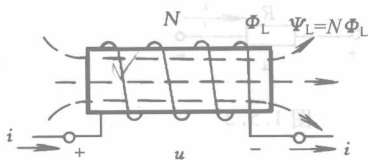


图 1.6.1

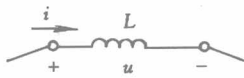


图 1.6.2

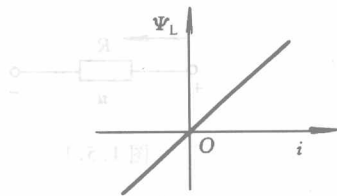


图 1.6.3

当电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下,根据楞次定律,有

$$u = \frac{d\Psi_L}{dt}$$

把 $\Psi_L = Li$ 代入上式,得

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

直流时,电感L相当于导线

从式(1.9)可以看出,任何时刻,线性电感元件的电压与该时刻电流的变化率成正比。当电流不随时间变化时(直流电流),则电感电压为零。这时电感元件相当于短接。

电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下,从0到 τ 的时间内电感元件所吸收的电能为

$$W_L = \int_0^\tau p dt = \int_0^\tau u i dt = L \int_0^\tau i \frac{di}{dt} dt = L \int_{i(0)}^{i(\tau)} i di = \frac{1}{2} L i^2(\tau) \quad (1.10)$$

式(1.10)中可看出: L 一定时,磁场能量 W_L 随着电流的增加而增加。假定 $i(0) = 0$ 。

1.6.2 电容元件

电容元件能够储存电场能量。如图1.6.4所示,当电容元件上电压的参考方向由正极板指向负极板,则正极板上的电荷 q 与其两端电压 u 有以下关系

$$q = Cu \quad C = \frac{q}{u} \quad (1.11)$$

C 称为该元件的电容,当 C 是正实常数时,电容为线性电容,如图1.6.5所示,库伏特性是通过原点的一条直线。

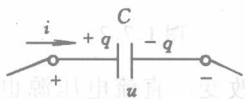


图 1.6.4

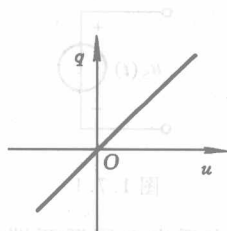


图 1.6.5

在国际单位制中,电容的单位用F(法[拉])表示。当在电容两端的电压是1V,极板上电荷为1C(库[仑])时,电容是1F(法[拉])。

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

当电容两端的电压 u 与流进正极板电流参考方向一致时,为关联参考方向,如图1.6.4所示,有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.12)$$

把式 $q = Cu$ 代入式(1.12)得

$$i = C \frac{du}{dt} \quad \text{电容迎交流 拒直流} \quad (1.13)$$

当电容一定时,电流与电容两端电压的变化率成正比,当电压为直流电压时,电流为零,电容相当于开路。

电容元件两端电压与通过的电流在关联参考方向下,从0到 τ 的时间内,元件所吸收的电

能为

$$W_c = \int_0^{\tau} p dt = \int_0^{\tau} u i dt = C \int_0^{\tau} u \frac{du}{dt} dt = C \int_{u(0)}^{u(\tau)} u du$$

$$= \frac{1}{2} C u^2(\tau)$$

(1.14)

式(1.14)中当 C 一定时, 电场能量随电压的增加而增加。假定 $u(0) = 0$ 。

1.7 电压源、电流源及其等效变换

为了维持电路中的电流, 电路中必须有能够提供电能的独立电源。独立电源一般分为电压源和电流源。

1.7.1 电压源

电压源如图 1.7.1 所示。具有以下特点: 电压源两端的电压 $u_s(t)$ 为确定的时间函数, 与流过的电流无关。当 u_s 为直流电压源时, 两端的电压 $u_s(t)$ 不变, $u_s(t) = U$ 。

直流电压源伏安特性如图 1.7.2 所示。

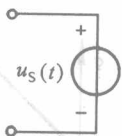


图 1.7.1

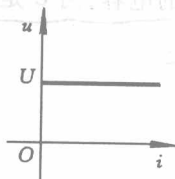


图 1.7.2

在图 1.7.3 中看出电压源两端电压不随外电路的改变而改变。直流电压源也可用图 1.7.4 中的符号表示。长线表示正极(高电位), 短线表示负极(低电位)。

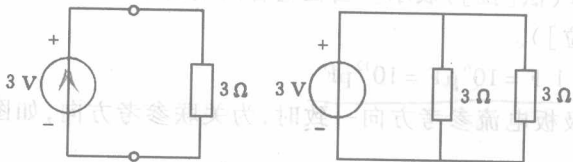


图 1.7.3

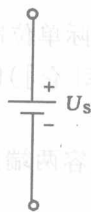


图 1.7.4

当电流流过电压源时, 是从低电位流向高电位, 则电压源向外提供电能。当电流流过电压源时, 是从高电位流向低电位, 则电压源吸收电能。如电池充电的情况。

1.7.2 电流源

电流源如图 1.7.5 所示。电流 $i_s(t)$ 是确定的时间函数。与电流源两端的电压无关。在直流电流源的情况下, 输出的电流是恒值, $i_s(t) = I$ 。伏安特性如图 1.7.6 所示。

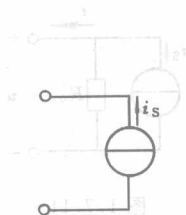


图 1.7.5

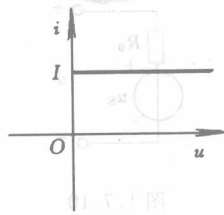


图 1.7.6

从图 1.7.7 中看出电流源输出的电流不随外电路的改变而改变。

若电流源的电流和电压取非关联参考方向,如图 1.7.8 所示。在这种情况下,如果 $p > 0$,则表示电流源输出功率; $p < 0$,则表示电流源吸收功率。

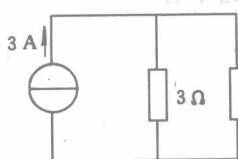
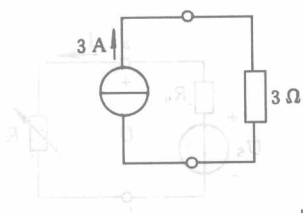


图 1.7.7

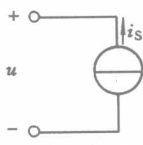


图 1.7.8

1.7.3 实际电源两种模型的等效变换

实际电源可用两种电路模型来表示,一种为电压源和一电阻(内阻 R_0)的串联模型,还有一种为电流源和电阻(内阻 R_0)的并联模型,如图 1.7.9 所示。实际电源的这两种电路模型,对外电路是相互等效的,具体分析如下:

两种模型的特点是:电阻相同,电流源电流为

$$i_s = \frac{u_s}{R_0}$$

电流 i_s 的方向为由电压源的低电位指向高电位,注意是对外电路等效。

证明:在图 1.7.10 中

$$u = u_s - R_0 i$$

$$i = \frac{u_s}{R_0} - \frac{u}{R_0} \quad (1.15)$$

在图 1.7.11 中

$$i = i_s - \frac{u}{R'_0} \quad (1.16)$$

在图 1.7.10、图 1.7.11 中对外电路等效,即 u 、 i 相同,比较式(1.15)、式(1.16)可得

$$i_s = \frac{u_s}{R_0}, \quad R'_0 = R_0 \quad \text{证毕。}$$