

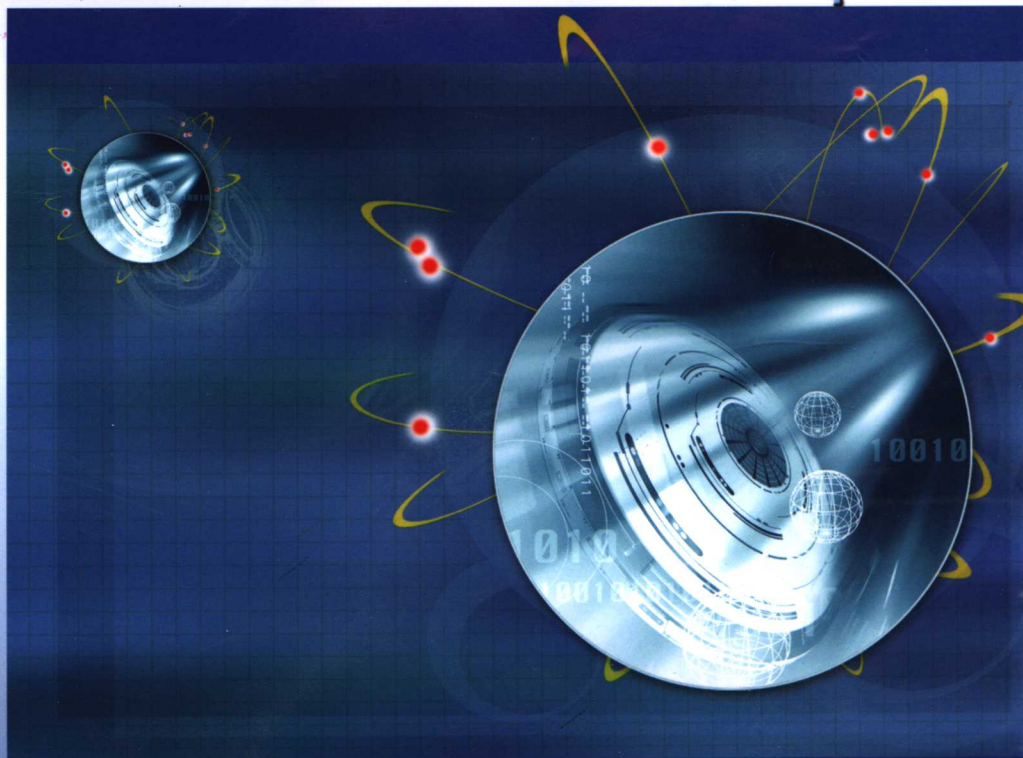
21

世纪高职高专机电系列规划教材

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

电工电子技术基础

◎ 主 编 柳松柱 张和林



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

21 世纪高职高专机电系列规划教材

电工电子技术基础

主 编 柳松柱 张和林
副主编 宋亚林 封燕芳 夏乡灵
参 编 杨前友

江苏工业学院图书馆
藏书章

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/柳松柱 张和林 主编

武汉:华中科技大学出版社,2006年9月

ISBN 7-5609-3530-3

I. 电…

II. ①柳… ②张…

III. 电工技术-高等学校-教材;电子技术-高等学校-教材

IV. TM;TN

电工电子技术基础

柳松柱 张和林 主编

责任编辑:彭保林

封面设计:刘 卉

责任校对:陈 骏

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:星星图文设计工作室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:13.75

字数:302 000

版次:2006年9月第1版

印次:2006年9月第1次印刷

定价:21.50元

ISBN 7-5609-3530-3/TM·85

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书共 12 章。第 1 章至第 6 章是电工技术基础部分,主要介绍电路的基本概念和基本分析方法、一般交流电路的分析、对称三相电路的分析、变压器的结构和工作原理、三相异步电动机的工作原理和控制电路;第 7 章至第 10 章是模拟电路部分,主要介绍二极管的特性及其整流电路的应用、三极管的工作原理及其放大电路、场效应管和场效应管放大电路、集成运算放大电路的原理及应用;第 11 章、第 12 章是数字电路部分,主要介绍逻辑代数基础、组合逻辑电路和时序逻辑电路等。

本书既可作为高职高专院校机电、模具、数控及相关专业的教材,也可作为相关专业人员的参考资料。

前 言

本书是专为机械、模具、数控和机电类专业的学生而编写。机电一体化是现代机械制造的发展趋势,这就要求机械类专业的学生有必要掌握一定的电工电子技术基础,从而为今后的发展作准备。

本书在编写时参考了部分高职高专院校的专业培养计划,以“电工电子技术基础”课程的教学大纲和后续课程的需要为依据精选内容,争取做到合适、实用。注重基本概念的建立、基本定律的理解、基本方法的应用,强调联系实际应用。本书层次清晰、阐述准确、语言简练、图表清晰、实例紧扣理论。

本书共分12章,参考学时为96~110学时,其中第5章变压器、第6章电动机可依据不同院校后续课程和学时情况而选取,第9章的场效应管及其放大电路可作选学内容。

本书分电工电子部分。第1~6章由柳松柱编写,第7~9章由张和林编写,第10章由封燕芳编写,第11~12章由宋亚林编写。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2006年7月

目 录

第1章 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.2 电路的基本物理量	(2)
1.1.3 欧姆定律	(4)
1.1.4 电路的工作状态	(5)
1.2 基尔霍夫定律	(6)
1.2.1 相关概念	(6)
1.2.2 基尔霍夫电流定律	(7)
1.2.3 基尔霍夫电压定律	(7)
1.3 电位的计算方法	(8)
本章小结	(9)
思考与练习	(10)
第2章 电路分析的基本方法	(12)
2.1 电阻元件的连接及其等效变换	(12)
2.1.1 电阻的串联	(12)
2.1.2 电阻的并联	(13)
2.1.3 混联电路的分析	(14)
2.2 电源的等效电路及其等效变换	(15)
2.2.1 电压源	(15)
2.2.2 电流源	(15)
2.2.3 电压源与电流源的等效变换	(16)
2.3 支路电流法	(17)
2.4 节点电位法	(19)
2.5 叠加定理	(21)
2.6 戴维南定理	(23)
本章小结	(25)
思考与练习	(26)
第3章 交流电路分析的基本方法	(29)
3.1 正弦量的基本概念	(29)
3.1.1 正弦量的三要素	(29)
3.1.2 正弦量的有效值	(30)
3.1.3 同频率正弦量的相位差	(31)
3.2 正弦量的相量表示法	(32)
3.2.1 用相量表示正弦量	(32)
3.2.2 用复数表示相量	(32)

3.3 RLC 元件的正弦交流电路	(34)
3.3.1 电阻元件的正弦交流电路	(34)
3.3.2 电感元件的正弦交流电路	(35)
3.3.3 电容元件的正弦交流电路	(38)
3.4 RLC 串联的正弦交流电路	(40)
3.4.1 RLC 串联电路的电压、电流关系	(41)
3.4.2 RLC 串联电路的功率	(42)
3.5 阻抗的串联和并联	(44)
3.5.1 阻抗的串联	(44)
3.5.2 阻抗的并联	(45)
3.5.3 复阻抗和复导纳的等效变换	(45)
3.6 一般正弦交流电路的计算	(47)
3.7 功率因数的提高	(48)
3.7.1 提高功率因数的意义	(48)
3.7.2 提高功率因数的方法	(49)
本章小结	(50)
思考与练习	(51)
第4章 三相电路及其应用	(53)
4.1 三相电源的连接方法	(53)
4.1.1 对称三相交流电源的产生和特点	(53)
4.1.2 对称三相交流电源的星形连接	(54)
4.1.3 对称三相交流电源的三角形连接	(55)
4.2 三相负载的连接方法	(55)
4.2.1 三相负载的星形连接	(56)
4.2.2 三相负载的三角形连接	(58)
4.3 对称三相电路的功率	(60)
4.4 安全用电	(62)
本章小结	(63)
思考与练习	(64)
第5章 变压器	(65)
5.1 磁路的基本知识	(65)
5.1.1 铁磁材料的磁性能	(65)
5.1.2 交流铁心线圈	(67)
5.2 变压器	(68)
5.2.1 变压器的结构	(68)
5.2.2 变压器的工作原理	(68)
5.2.3 变压器的外特性和效率	(71)
5.3 特殊变压器	(72)
5.3.1 自耦变压器	(72)
5.3.2 仪用互感器	(72)

本章小结	(73)
思考与练习	(73)
第6章 电动机	(75)
6.1 三相异步电动机的结构和工作原理	(75)
6.1.1 三相异步电动机的结构	(75)
6.1.2 旋转磁场的产生	(76)
6.1.3 电动机的转动原理	(79)
6.1.4 三相异步电动机的铭牌数据	(79)
6.2 三相异步电动机的控制	(81)
6.2.1 电动机的启动控制	(81)
6.2.2 电动机的制动控制	(83)
6.2.3 电动机的调速控制	(84)
6.3 三相异步电动机的基本控制电路	(85)
6.3.1 常用低压控制电器	(85)
6.3.2 三相鼠笼式异步电动机的启停控制线路	(89)
6.3.3 三相异步电动机的正、反转控制电路	(91)
6.3.4 三相异步电动机的降压启动控制电路	(94)
6.4 单相异步电动机	(95)
6.4.1 电容分相式单相异步电动机	(95)
6.4.2 罩极式单相异步电动机	(96)
本章小结	(96)
思考与练习	(97)
第7章 半导体二极管和二极管整流电路	(98)
7.1 PN结	(98)
7.1.1 P型半导体和N型半导体	(98)
7.1.2 PN结的形成和单向导电性	(99)
7.2 半导体二极管	(101)
7.2.1 二极管的结构与伏安特性	(101)
7.2.2 二极管的参数及选用	(102)
7.2.3 二极管电路的分析方法	(102)
7.2.4 特殊二极管	(103)
7.3 二极管整流电路	(104)
7.3.1 单相半波整流电路	(105)
7.3.2 单相桥式整流电路	(106)
本章小结	(108)
思考与练习	(108)
第8章 三极管及其放大电路	(110)
8.1 半导体三极管	(110)
8.1.1 三极管的结构和电流放大作用	(110)
8.1.2 三极管的特性	(112)

8.1.3 三极管的主要参数	(113)
8.2 共射极基本放大电路	(114)
8.2.1 放大电路的组成	(114)
8.2.2 放大电路的直流通路和静态分析	(114)
8.2.3 放大电路的交流通路和动态分析	(115)
8.3 放大电路的基本分析方法	(116)
8.3.1 图解法	(116)
8.3.2 微变等效电路分析法	(118)
8.4 放大电路的三种基本组态	(120)
8.4.1 共集电极放大电路	(120)
8.4.2 共基极放大电路	(122)
8.5 分压式射极偏置电路	(123)
8.5.1 工作点不稳定的因素	(124)
8.5.2 分压式射极偏置电路	(124)
8.6 多级放大电路	(126)
8.6.1 电压增益	(127)
8.6.2 频率响应特性	(127)
8.7 差动放大电路	(128)
8.8 功率放大电路	(131)
8.8.1 对功率放大电路的基本要求	(131)
8.8.2 互补对称功率放大电路	(132)
本章小结	(133)
思考与练习	(134)
第9章 场效应管及其放大电路	(138)
9.1 场效应管	(138)
9.1.1 结型场效应管	(138)
9.1.2 绝缘栅场效应管	(139)
9.2 场效应管放大电路	(142)
9.2.1 自偏压电路	(142)
9.2.2 分压式自偏压电路	(142)
9.2.3 场效应管放大电路的微变等效分析计算	(143)
本章小结	(145)
思考与练习	(145)
第10章 集成运算放大电路	(146)
10.1 集成运算放大器简介	(146)
10.1.1 概述	(146)
10.1.2 集成运放的电路结构组成和电路符号	(146)
10.1.3 集成运放的主要参数和理想化条件	(147)
10.2 集成运放电路中的负反馈	(149)
10.2.1 负反馈的基本概念	(149)

10.2.2 负反馈的四种组态	(150)
10.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	(152)
10.3 集成运放构成信号运算电路	(153)
10.3.1 同相比例运算电路和反相比例运算电路	(153)
10.3.2 加法运算电路和减法运算电路	(155)
10.3.3 积分运算电路和微分运算电路	(156)
10.4 集成运放构成信号处理电路	(158)
10.5 电压比较器	(160)
10.5.1 单门限电压比较器	(160)
10.5.2 迟滞比较器	(160)
10.6 用集成运放构成振荡电路	(163)
10.6.1 自激振荡电路的结构及振荡平衡条件和振荡的建立	(163)
10.6.2 RC 桥式振荡电路	(164)
本章小结	(166)
思考与练习	(167)
第 11 章 门电路和组合逻辑电路	(170)
11.1 数字电路概述	(170)
11.1.1 数字信号	(170)
11.1.2 数制与 BCD 码	(171)
11.2 基本逻辑关系与门电路	(174)
11.2.1 晶体管的开关特性	(174)
11.2.2 基本逻辑关系与分立元件门电路	(175)
11.2.3 TTL 门电路	(177)
11.3 逻辑函数及化简	(178)
11.3.1 逻辑代数	(178)
11.3.2 逻辑函数的表示方法	(178)
11.3.3 逻辑函数的化简	(179)
11.4 组合逻辑电路分析与设计	(180)
11.4.1 组合逻辑电路的分析	(180)
11.4.2 组合逻辑电路的设计	(181)
11.5 常见组合逻辑电路	(183)
11.5.1 编码器	(183)
11.5.2 显示译码器	(183)
11.5.3 加法器	(186)
本章小结	(187)
思考与练习	(187)
第 12 章 触发器和时序逻辑电路	(190)
12.1 触发器	(190)
12.1.1 基本 RS 触发器	(190)
12.1.2 同步 RS 触发器	(191)

12.1.3	主从 JK 触发器	(192)
12.1.4	D 触发器和 T 触发器	(193)
12.2	时序逻辑电路分析	(194)
12.3	常见时序逻辑电路	(196)
12.3.1	寄存器	(196)
12.3.2	计数器	(198)
12.4	555 集成定时器	(202)
12.4.1	555 集成定时器	(202)
12.4.2	由 555 构成的单稳态电路	(203)
12.4.3	由 555 构成的多谐振荡器	(205)
12.4.4	由 555 构成的施密特触发电路	(206)
本章小结		(207)
思考与练习		(207)
参考文献		(209)

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

本章是电工电子技术的入门章，主要介绍电路理论的基本概念和基本定律，包括以下内容：电路的组成和作用，电路的基本物理量，电路分析的两个基本定律——欧姆定律和基尔霍夫定律，电路在三种不同状态下的电流和电压，以及电位的计算方法。

1.1 概 述

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路的组成和作用

电路是电流流经的路径，它由若干电路元器件按一定的方式组合而成，电路也称电路网络。

常见的电路有两大类：电力电路和信号电路。电力电路能够完成电能的产生、传输、分配和转换，其最典型的例子是给各部门供电的供电系统：发电机工作产生电能，经变压器升压传输到各变电站，经变电站变压器降压后输送到用电部门。信号电路能够进行信号的产生、变换和处理，如扩音机电路：输入语音经话筒变换为电信号以后再经放大传递到音箱，音箱将电信号还原为语音。虽然电力电路和信号电路的作用不同，但两者在能量转换过程方面是一致的，因此这两类电路的基本规律和分析方法是相同的。

任何一个电路都是由电源、负载和中间环节三个部分组成。通常把由非电能（或非电信号）转换为电能（或电信号）的供电设备和器件称为电源（或信号源）；把用电设备称为负载，负载是将电能转化成其他形式的能量而做功的器件；而连接电源和负载的部分就是中间环节，它起着传输、分配和控制的作用。

2. 理想元件和电路模型

电气设备和器件的种类很多，在工作时表现出的电磁性质也很复杂，分析起来很困难，于是在电路理论中提出了理想元件和电路模型两个概念。理想元件是从实际元件中抽取其主要的、本质的电磁性质得到的元件，具有以下特点：首先每一种理想元件所反映的电磁现象可以用数学表达式精确表达；其次，任意一种实际电路元件中所发生的电磁现象，都可以由若干理想元件的综合来近似描述。电路模型是用理想元件及其组合代替实际元件所构成的与实际电路相对应的模型。本书中讨论的电路元件均为理想元件。

在电路理论中，信号源（或电源）提供的电压或电流称为激励；由激励在电路各部分产生的电压和电流则称为响应。电路分析的对象就是这些由理想元件组成的电路模型图（简称电路图），其任务则是在电路结构和元件参数已知的条件下，分析电路的激励与响应之间的关系。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电荷的定向移动就形成电流。单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流强度，简称电流，用 i 表示，根据定义可知

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中， dq 为 dt 时间内通过导体横截面的电荷量。

通常规定正电荷定向运动的方向为电流的方向。大小和方向不随时间变化的电流称为直流电流，用大写字母 I 表示；大小和方向随时间变化的电流称为交流电流，用小写字母 i 表示。在国际单位制中，电流的单位是安[培] (A)，根据需要还可用千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 等单位度量。

电路中电流的大小和方向都对电路的工作状态有很大影响，因此在测量或计算时，既要考虑电流的大小又要考虑电流的方向。但在分析较复杂电路时，往往不能一开始就确定出电流的实际方向，为此引入参考方向这个概念。电流的参考方向是人为任意设定的方向，用箭头标于电路图上。若计算或测量的电流值为正，说明电流的实际方向与参考方向一致；若计算或测量值为负，说明电流的实际方向与参考方向相反。这样根据电流的参考方向和值的大小可准确判断出电流的实际方向，如图 1.1 所示。显然，在未标电流参考方向的情况下，电流的正、负是没有意义的。

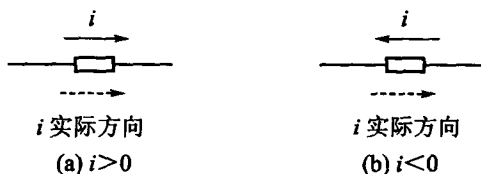


图 1.1 电流的参考方向与实际方向的关系

2. 电位和电压

电流是因为电荷的定向运动而形成，而电荷的运动是因为电场力对电荷做了功。在电场力作用下，正电荷总是从高电位点移向低电位点，因此电路中各点的电位是分析电路时经常用到的一个概念，它反映了电路中不同位置处电场力对电荷做功的能力，用字母 v 表示。若某点电位为恒定值，则用大写字母 V 表示。电路中各点电位的高低是相对于参考点而言的，通常可以指定电路中任一点的电位为零，称为参考点或零电位点，其他各点的电位在数值上就等于把单位正电荷从该点移到零电位点时，电场力所做的功，即

$$v_A = \frac{\int_A^0 \vec{F} \cdot d\vec{l}}{q} = \frac{\int_A^0 q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}}{q} = \int_A^0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (1-2)$$

v_A 为正，表示 A 点电位高于参考点电位； v_A 为负，则表示 A 点电位低于参考点电位。

参考点确定后，各点电位就随之确定；参考点不同，各点的电位也不同。

在国际单位制中，电位的单位是伏[特] (V)，此外还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等单位。

电压就是电位差, A 、 B 两点间电压的定义为

$$u_{AB} = v_A - v_B$$

电压的方向规定为从高电位点指向低电位点, 大小和方向不随时间变化的电压称为直流电压, 用大写字母 U 表示; 大小和方向随时间变化的电压称为交流电压, 用小写字母 u 表示。电压的单位和电位的单位相同, 也是伏 (V)。

通常电压的方向也难以事先确定, 和电流一样, 引入电压的参考方向 (或称正方向), 参考方向任意设定, 用箭头标于电路图上, 或用 “+”、“-” 极性表示, 还可用双下标符号表示, 如默认 u_{AB} 的参考方向为从 A 点指向 B 点。根据计算结果, 如果 u_{AB} 为正, 表示 A 、 B 两点电压的实际方向与参考方向一致, 即 A 点电位高于 B 点电位, $v_A > v_B$; 如果 u_{AB} 为负, 表示 A 、 B 两点电压的实际方向与参考方向相反, 即 A 点电位低于 B 点电位, $v_A < v_B$, 如图 1.2 所示。在设定电路中电流和电压的参考方向时, 常把两者设为一致, 称为关联方向。

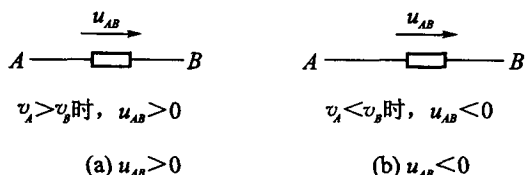


图 1.2 电压的参考方向与两点间电位高低的关系

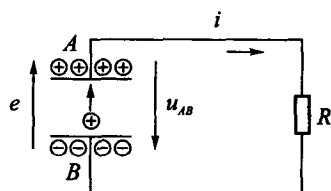


图 1.3 持续电流的产生

3. 电动势

如图 1.3 所示, A 为带正电荷的电极, B 为带负电荷的电极, A 、 B 间存在电场, A 点电位高, B 点电位低。用导线将 A 、 B 连接起来后, 电场力就会把正电荷从 A 点沿导线迁移到 B 点, 迁移的过程也就是电流流过导线的过程。但随着电极 A 上正电荷的减少、电极 B 上负电荷的增多, A 的电位降低, B 的电位增高, A 、 B 间电场逐渐减弱, 电流逐渐减小, 直至为零。为了维持电流的持续, 必须保持 A 、 B 间电位差恒定, 因此必须有一种内力能克服电场力将正电荷从 B 送回到 A , 电源就是产生这种力的装置。电动势是衡量电源克服电场力对正电荷做功能力的物理量, 用字母 e 表示。在数值上, 电动势 e 等于电源内力把单位正电荷从低电位点经电源内部移到高电位点所做的功, 即

$$e = \frac{\int_B^A \vec{F} \cdot d\vec{l}}{q} \quad (1-3)$$

式中, $\vec{F}$ 为电源内力, 电动势的方向规定为经电源内部从低电位点指向高电位点。电动势的单位与电压的单位相同, 也是伏 (V)。

4. 电功率

电荷是携带能量的粒子, 电路中流过电流的同时, 必然伴随着能量的转换。正电荷从电路的高电位点移到低电位点, 能量减小, 说明这段电路消耗了电能 (所消耗的电能转化为其他形式的能量, 如灯泡发光、发热); 正电荷从电路的低电位点移到高电位点, 能量增大, 说明这段电路提供了电能 (所提供的电能由其他形式的能量转化而来, 如干电池的化学能、发电机的机械能)。

单位时间内电场力所做的功定义为该电路的电功率 p , 则有

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1-4)$$

式中, W 为电场力所做的功。

$$\text{当 } u、i \text{ 取关联方向时, 有 } p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui$$

$$\text{即 } p = ui \quad (1-5)$$

在国际单位制中, 功率的单位是瓦 [特] (W)。

实际电路中, 设备或元件在不同情况下可能工作状态不同, 例如, 蓄电池在供电时提供功率, 但在充电时却消耗功率, 因此根据 p 的符号可以判断设备或元件的工作状态。若 $p > 0$, 说明 $u、i$ 的参考方向与实际方向一致, 正电荷是从高电位点移到低电位点, 电路消耗了功率, 该元件属于负载; 若 $p < 0$, 说明 $u、i$ 的参考方向与实际方向相反, 正电荷是从低电位点移到高电位点, 电路提供了功率, 该元件属于电源。

需要注意的是, 当 $u、i$ 取非关联方向时, 公式 (1-5) 要改为

$$p = -ui \quad (1-6)$$

1.1.3 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一, 它指出了任意时刻电阻元件两端电压和电流之间的关系, 当电阻两端电压和电流取关联参考方向时, 欧姆定律的表达式为

$$u = iR \quad (1-7)$$

式中, R 为电阻元件的阻值, 在国际单位制中, 电阻的单位是欧 [姆] (Ω), 根据需要电阻还可用于千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 来度量, 其换算关系为

$$1 k\Omega = 10^3 \Omega, 1 M\Omega = 10^3 k\Omega$$

电阻的倒数称为电导, 用 G 表示, 即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

电导的单位是西 [门子] (S), 一个电阻元件, 既可用电阻表示, 也可用电导表示, 若用电导表示, 欧姆定律可表示为

$$i = uG \quad (1-9)$$

需要注意的是, 当电压和电流取非关联参考方向时, 欧姆定律的表达式应写为

$$u = -iR \quad (1-10)$$

或

$$i = -uG \quad (1-11)$$

如果以电压为横坐标, 以电流为纵坐标, 根据测量结果可画出电阻的电压 - 电流关系曲线, 称为电阻的伏安特性曲线。如果电阻的伏安特性曲线是一条过原点的直线 (见图 1.4), 伏安关系遵循欧姆定律, 则说明该电阻是一个常数, 与工作电压或工作电流无关, 这样的电阻称为线性电阻。

严格地说, 线性电阻是不存在的, 如金属导体通过不同的电流时, 其阻值是不恒定的, 但在一定的电流 (或电压) 范围内, 阻值的变化很小, 因此许多实际的电阻器都可用线性电阻作为它的模型。

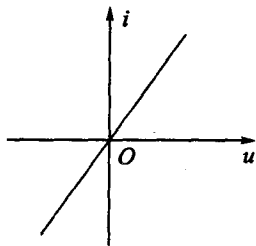


图 1.4 线性电阻的伏安特性

例 1-1 在图 1.5 所示电路中, $E=12\text{ V}$, $R=2\ \Omega$, 求各元件上的功率。

解 设电路中电流和电阻两端电压分别为图示方向, 则

$$U=E=12\text{ V}$$

$$I=\frac{U}{R}=\frac{12}{2}\text{ A}=6\text{ A}$$

电阻功率 $P_1=UI=12\times 2\text{ W}=24\text{ W}$

电源功率 $P_2=-UI=-12\times 2\text{ W}=-24\text{ W}$

由结果可知, 该电路中电源提供功率, 电阻消耗功率。

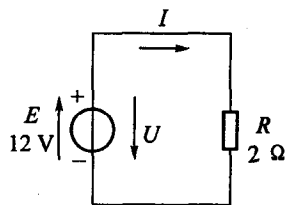


图 1.5 例 1-1 图

1.1.4 电路的工作状态

电路在工作中有三种不同的工作状态, 本节以简单的直流电路为例, 讨论电路在不同工作状态时电流、电压等方面的特征。

1. 有载工作状态

图 1.6 所示电路为直流电源对负载供电电路, E 为电源电动势, R_0 为电源内阻, R_L 为负载电阻, 当开关合上时, 电路处于有载工作状态, 此时

$$\text{电源输出电流} \quad I = \frac{E}{R_0 + R_L} \quad (1-12)$$

$$\text{电源输出电压} \quad U = E - IR_0 \quad (1-13)$$

可见, I 的大小取决于负载的多少, 负载并联得越多, 总的负载电阻 R_L 越小, 电流 I 越大, 输出功率也越大; 输出电压 U 为电动势 E 减去内阻上的压降, 当 $R_0 \ll R_L$ 时, 内阻 R_0 上的压降可忽略, 电源输出电压为

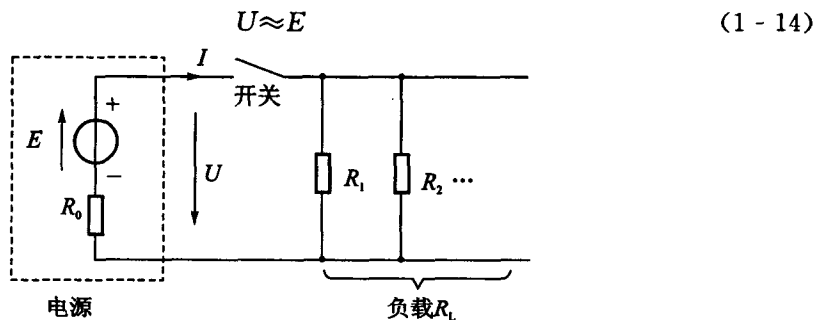


图 1.6 直流电源对负载的供电电路

当电源输出的电流和电压均为额定值时, 电源便处于额定工作状态。什么是额定值呢? 电气设备的额定值是设备制造厂对设备的使用规定, 按照额定值来使用是最经济合理和安全的, 能保证电气设备的使用寿命。电源设备的额定值包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定容量 S_N , 用电设备的额定值包括额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定功率 P_N 。电气设备的额定值一般都标在产品铭牌上或注明在说明书中。使用电气设备时, 应按照设备额定值的要求, 尽可能使设备在额定状态下工作。例如, 一台单相变压器的铭牌上标有 20 kVA 、 220 V 、 90 A , 这些值就是变压器的额定值。变压器输出电流与负载大小有关, 并不一定总是 90 A , 但不应超过 90 A , 否则发热严重, 易破坏绝缘, 缩短使用寿命。

2. 开路状态

在图 1.6 所示电路中, 当开关断开时, 电路处于开路状态。开路时, 电路不构成闭合回路, 电路中电流为零, 电源空载, 不输出功率, 内阻上压降为零, 电源端电压等于电源电动势。

因此, 开路时有

$$I=0 \quad (1-15)$$

$$U=E \quad (1-16)$$

3. 短路状态

如图 1.7 所示, 当电源两端因为某种原因被导线直接连在一起时, 称为电源短路。电源短路时, 负载电阻近似为零, 此时

$$\text{电路中的电流为} \quad I = \frac{E}{R_0} \quad (1-17)$$

$$\text{电源的端电压为} \quad U=0 \quad (1-18)$$

一般情况下, 电源内阻都很小, 所以电源短路时电路中的电流相当大, 这将造成电源设备的损坏和烧毁。短路也可能发生在负载两端或电路的其他位置, 一般是由于绝缘损坏或接线不慎等原因造成。短路的危害很大, 因此在实际工作中要避免短路事故的发生。

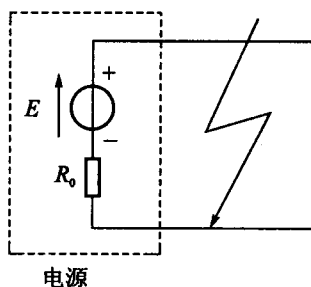


图 1.7 电源短路的情况

1.2 基尔霍夫定律

欧姆定律阐述的是线性电阻元件两端电压和电流的关系, 基尔霍夫定律阐述的则是若干元件组成电路后, 电路中各电流和各电压之间的关系。欧姆定律和基尔霍夫定律是电路分析的两个最基本的定律。基尔霍夫定律有两部分内容: 一部分是基尔霍夫电流定律; 一部分是基尔霍夫电压定律。

1.2.1 相关概念

在介绍基尔霍夫定律之前, 先介绍几个在电路中常用的概念。

1. 支路

没有分支的任意一段电路称为支路。同一支路内, 所有元件流过相同的电流。

在图 1.8 所示电路中, 共有三条支路: E_1 、 R_1 组成一条支路, 电流为 I_1 ; E_2 、 R_2 组成一条支路, 电流为 I_2 ; R_3 组成一条支路, 电流为 I_3 。

2. 节点

电路中三个或三个以上导线相连接的点称为节点。图 1.8 所示电路中有两个节点: 节点 A 和节点 B。

3. 回路

由若干个支路组成的闭合路径称为回路, 图 1.8 所示

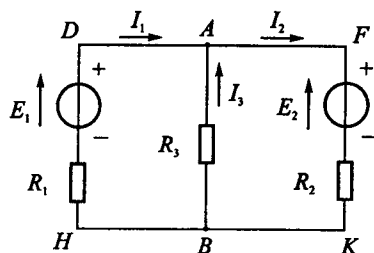


图 1.8 电路举例