

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

电工电子技术

王金国 郝金霞 刘 涛 主编



Diangong Dianzi Jishu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 提 要

全书由电工技术与电子技术两部分组成,电工技术部分在讲述电路的基本概念、基本定律和基本分析方法的基础上,较为详细地讲述了磁路与变压器、电机与控制等方面的基本原理和基本应用,并就供电系统与安全用电方面的知识进行了简要阐述。电子技术部分在讲述半导体器件、分立元件放大电路及由此构成的各种电路原理基础上,详细阐述了半导体元件及集成电路在直流电源、组成运算放大器功能电路中的运用机理与分析方法;同时,从数字电路基础入手,阐述了组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器与可编程逻辑器件、数/模与模/数转换等功能电路的原理、分析方法、应用实例。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/王金国,郝金霞,刘涛主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2008.3

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 81107 - 909 - 8

I. 电… II. ①王…②郝…③刘… 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—教材
IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 023628 号

书 名 电工电子技术

主 编 王金国 郝金霞 刘 涛

责任编辑 姜志方 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 25 字数 620 千字

版次印次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 矿山机电专业编审委员会成员名单

主 任:刘卫国

副主任:黄小广 陈 标 孙茂林

委 员:(按姓氏笔画为序)

王任远	王昌田	王金国	张建国
李虎伟	李福固	陈官兴	郝虎在
陶 昆	梁南丁		

前 言

本书是作者长期从事高等职业技术教育及成人教育“电工技术类”教学中的经验总结,注意把握高等职业技术教育及成人教育的特点,基础知识以够用为度,力求避开繁杂的数学推演,着重理论联系实际,着重演练分析与解决问题的方法;书中内容力求反映电工电子领域的新技术、新器件,力求用实例来验证理论知识,巩固基础知识,在长期的教学实践中取得较好的效果。本书适用于高等职业技术教育、成人专科教育非纯电类专业的教学,具有通俗易懂、覆盖面广的特点。

参加本书编写的有兖州矿区职工大学王金国教授、刘涛副教授、徐中伟副教授、宁维正副教授、黄春雷老师,潞安职业技术学院郝金霞副教授;其中王金国执笔第十二、第十三、第十四章;郝金霞执笔第一、第二、第三章;宁维正执笔第四章;刘涛执笔第五、第六、第八、第十五、第十六、第十七章;徐中伟执笔第七、第九、第十章;黄春雷执笔第十一章;全书由王金国审阅并统稿。在编写过程中得到兖州矿区职工大学张贵金校长、丁波书记和郝洪云副校长的大力支持和本校电气教研室部分教师的帮助,在此表示衷心感谢。

同时,本教材主要参考了由李瑞年副教授主编的于2003年由中国矿业大学出版社出版的《电工电子学》教材,该教材自2004年初在本校高职及成人教学中使用至今,得到师生的一致好评,并于2004年度获“兖矿集团有限公司职工教育科研成果一等奖”,2005年度获“山东省职工教育协会优秀科研成果一等奖”,为此,对李瑞年副教授及其原《电工电子学》教材编委会的同志们所做的具有开创性意义的艰苦劳动表示衷心感谢。

由于水平所限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,殷切希望使用本教材的师生及其他读者予以批评指正。

作 者

2007年11月22日

目 录

第一章 电路的基本概念与基本定律	1
第一节 电路模型	1
第二节 电路变量	2
第三节 电阻元件与欧姆定律	5
第四节 电源的三种工作状态	6
第五节 基尔霍夫定律	8
第六节 电阻的串联、并联和混联	11
第七节 电源的等效变换	14
习题一	16
第二章 电路的分析方法	19
第一节 支路电流法	19
第二节 节点电压法	20
第三节 叠加原理	23
第四节 戴维南定理	25
第五节 受控源	27
习题二	29
第三章 线性电路的暂态过程	33
第一节 动态电路的基本概念和电路微分方程	33
第二节 换路定则	34
第三节 RC 充电和放电电路	35
第四节 一阶动态电路分析的三要素法	38
习题三	41
第四章 正弦交流电路	44
第一节 正弦电压与电流	44
第二节 正弦量的相量表示法	47
第三节 R 、 L 、 C 元件的交流电路	49
第四节 R 、 L 、 C 元件串联交流电路	55
第五节 稳态交流电路的分析方法	61
第六节 交流电路的频率特性	66
第七节 三相交流电路	73
习题四	81

第五章 磁路与变压器	85
第一节 磁路的基本物理量	85
第二节 磁路的基本定律	86
第三节 铁磁性物质的磁性能	87
第四节 交流铁芯线圈	89
第五节 变压器的原理与结构	91
第六节 变压器的电磁关系	94
第七节 变压器参数的测定	101
第八节 变压器的运行特性	103
第九节 变压器的连接组	104
第十节 特种变压器	107
习题五	109
第六章 电机	111
第一节 三相异步电动机的原理与结构	111
第二节 三相异步电动机的电磁关系	117
第三节 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	124
第四节 三相异步电动机的运行	127
第五节 三相异步电动机的选择	131
第六节 单相异步电动机	132
第七节 直流电动机	134
第八节 控制电机	139
习题六	142
第七章 控制元件与控制系统	144
第一节 常用控制电器	144
第二节 鼠笼式电动机的控制线路	149
第三节 行程控制	152
第四节 时间控制	153
第五节 可编程控制器简介	155
第六节 控制系统应用举例	166
习题七	170
第八章 供电系统与安全用电	172
第一节 供电系统	172
第二节 安全用电	177
习题八	182
第九章 半导体器件	183
第一节 半导体的基本知识	183
第二节 半导体二极管	186

第三节 半导体三极管	193
第四节 场效应晶体管	199
习题九	202
第十章 分立元件放大电路	205
第一节 基本放大电路的组成原理	205
第二节 基本放大电路的静态分析	208
第三节 放大电路的动态分析	211
第四节 静态工作点的稳定	215
第五节 射极输出器	218
第六节 场效应管基本放大电路	220
第七节 多级放大电路	222
第八节 负反馈放大电路	226
第九节 放大电路的频率特性	234
第十节 差动放大电路	236
第十一节 功率放大电路	240
习题十	244
第十一章 集成运算放大器	251
第一节 集成运算放大器构成与基本特性	251
第二节 集成运放在信号运算中的应用	254
第三节 集成运放在信号处理中的应用	260
第四节 使用运算放大器应注意的几个问题	263
习题十一	265
第十二章 直流电源	268
第一节 整流电路	268
第二节 滤波电路	272
第三节 直流稳压电路	276
第四节 开关稳压电路	281
第五节 晶闸管整流电路	283
习题十二	291
第十三章 数字电路基础	293
第一节 数制与编码	293
第二节 逻辑代数基础	297
第三节 基本逻辑门电路	301
第四节 集成逻辑门电路及其常用芯片	302
第五节 脉冲信号	310
习题十三	311

第十四章 组合逻辑电路	313
第一节 组合逻辑电路的分析与设计方法.....	313
第二节 集成加法器.....	317
第三节 编码器与译码器.....	319
第四节 数据分配器与数据选择器.....	325
第五节 数字比较器.....	327
第六节 组合逻辑电路中的竞争冒险.....	329
第七节 组合逻辑电路应用举例.....	330
习题十四.....	332
第十五章 触发器与时序逻辑电路	334
第一节 触发器.....	334
第二节 时序逻辑电路.....	341
第三节 计数器.....	343
第四节 寄存器.....	350
第五节 555 集成电路.....	354
习题十五.....	358
第十六章 半导体存储器与可编程逻辑器件	360
第一节 半导体存储器概述.....	360
第二节 只读存储器 ROM.....	361
第三节 随机存取存储器 RAM.....	364
第四节 可编程逻辑器件.....	367
习题十六.....	370
第十七章 数/模转换与模/数转换	371
第一节 概述.....	371
第二节 数/模转换器.....	371
第三节 模/数转换.....	375
习题十七.....	378
附录	380
附录 A 半导体分立器件型号命名方法.....	380
附录 B 常用半导体分立器件的参数.....	381
附录 C 半导体集成电路型号命名方法.....	384
附录 D 常用半导体集成电路的参数和符号.....	385
附录 E TTL 门电路、触发器和计数器的部分品种型号.....	386
附录 F 部分集成电路的符号.....	387
参考文献	388

第一章 电路的基本概念与基本定律

本章介绍了直流电路的电路模型、基本概念、基本定律和基本电路元件,以及应用实例。本章内容是电路理论的基础。通过本章的学习,应了解实际电路的功能和特点以及与电路模型的区别;了解电源的几种工作状态;理解电流、电压的参考方向的概念与实际方向的关系;熟练掌握和运用欧姆定律和基尔霍夫定律。

第一节 电路模型

一、电路的功能和构成

电路是由若干电气元件按一定方式构成的,具有一定功能的电流流通的路径。其主要功能是:用来实现能量的产生、传输、分配和转换,或完成信号的产生、传输和处理。

电路的结构形式,按所实现的任务不同有多种多样。电力系统的电路示意图如图 1.1.1(a)所示,它的作用是产生、传输、分配和转换电能;收音机的电路示意图如图 1.1.1(b)所示,它实现了信号的接收、放大和转换;计算机电路的简化框图如图 1.1.1(c)所示,它的基本功能是完成信息的输入、处理和输出。

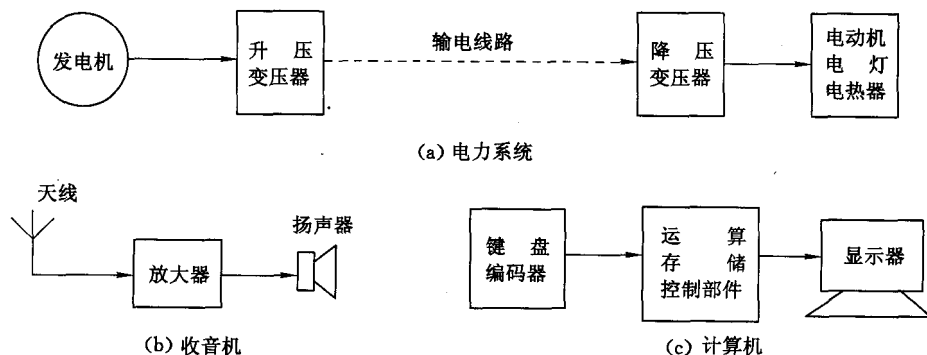


图 1.1.1 几种电路示意图

无论是哪种电路,均离不开电源、负载和必要的中间环节这三项基本组成部分。通常把能为电路提供电能(信号)的器件称为电源,例如:电池、发电机、信号源等。它们将其他能量转换成电能,是为电路提供能量的设备。把利用电能进行工作的设备称为负载,例如:电灯、电动机、空调等。它们把电能分别转化为光能、机械能和热能。而变压器、输电线路和放大器是连接电源和负载的中间环节,它起到传输、分配、变换电能的作用。

电源上的电压或电流称为电路的激励。负载上获得的电压和电流称为电路的响应。分析电路,其实质就是研究电路的激励与响应的关系。

二、电路元件与电路模型

在电路分析中用电流、电压、磁通等物理量来描述其工作过程。然而实际电路的分析计算需将实际电路元件理想化,即在一定条件下突出其主要的电磁特征,忽略次要因素,将它近似地看做理想元件。例如电阻元件用来描述电能的消耗现象,是一贯满足欧姆定律的理想元件。而电炉通电后会产生大量的热,呈电阻性,同时由于电流通过还要产生磁场,它又呈电感性,但其电感性微小,是次要因素,可以忽略不计。于是可以近似(理想化)地认为,电炉是一个电阻元件。用相应的符号标记(R)表示。

对实际电路分析时,为了便于用数学方式来描述,在一定条件下,忽略次要因素,将实际元件理想化表示,所组成的电路称为电路模型,简称电路。电路中的主要元件有电源 E 、电阻 R 、电感 L 、电容 C 等。在今后的学习中,若没有特殊说明,这些元件均表示理想元件。

图 1.1.2 为手电筒的电路模型。图中 R 表示负载,是电阻元件;电池是电源元件,其参数用电压源 U_s 和内阻 R_s 表示; S 为开关;连接导线的电阻可忽略不计,用理想导线表示。

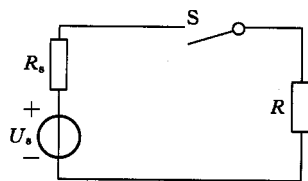


图 1.1.2

第二节 电路变量

描述电路特性的物理量称为电路变量,最基本的电路变量包括:电流、电压、电功率。在电路分析中,各量的符号和单位,都是采用国际单位制(SI)中的标准符号和基本单位。

一、电流

电荷有规则地定向移动形成电流。衡量电流强弱的物理量为电流强度,简称电流。用符号 $i(t)$ 或 i 表示。在数值上,电流强度的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

在国际单位制中,电荷的单位为库仑(C),时间的单位为秒(s),电流的单位为安(A)。计量微小的电流时以毫安(mA)或微安(μ A)做单位。其换算关系是:

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

人们规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向。在分析较为复杂的电路时,往往难以判定某支路电流(电压)的实际方向。因此,引入了参考方向的概念。在分析电路时可任意指定某一方向作为某支路电流的参考方向(正方向)。参考方向并不一定与电流实际方向一致。当参考方向与实际方向一致时,则该电流为正值;否则,该电流为负值。显然只有在指定参考方向的前提下,电流的正负值才有意义。同时也可根据电流的参考方向和电流值的正负判断电流的实际方向。

电流的参考方向一般用箭头“ $\uparrow$ ”直接标记在电流通过的路径上,也可标记在路径的旁边。在分析电路前一定要先标出电流(电压)的参考方向。

二、电位与电压

1. 电位

电荷在导体中运动是受到了存在于导体中的电场力的作用,显然,电场力要对电荷做功。如果在电路中任意选定一个电位参考点 O ,人们定义空间某点 A 的电位 V_A 在量值上等于将单位正电荷从 A 点移到 O 点电场力所做的功。

在国际单位制中,电位的单位为 V (伏特)。

显然, V_A 是一个相对的量,它的量值与所选取的参考点有关。

2. 电压

电压与电位是相互联系的两个物理量。电路中任意两点间的电位之差称为这两点间的电压。 A 、 B 两点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。电压的数学定义可写为

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

电压的单位与电位的单位完全一样。电压与电位的根本区别是电压与参考点的选取无关。选取的电位 O 点不同, A 、 B 点的电位发生变化,但 A 、 B 两点间的电压却不变。

如果规定电场力做功取正值,则电位降低的方向(正电荷在电场力作用下流动的方向)为电压的实际方向。在电路中,我们可以根据需要任意选某一方向为电压的参考方向,电压的数值为正时,电压的实际方向与选取的参考方向一致,电压的数值为负时,电压的实际方向与选取的参考方向相反。

为了分析和计算方便,通常把同一段电路的电压和电流的参考方向选为一致,这种情况称为关联参考方向,如图 1.2.1 所示。

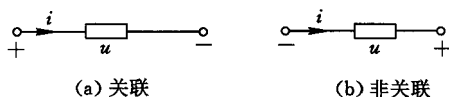


图 1.2.1 电压与电流的方向

三、电动势

为了维持电流的不断流动,并保持恒定,电源的存在是必不可少的条件。电源的作用是将从高电位点流至低电位点的电荷通过非电场力的作用又从低电位搬运到高电位点。人们用电动势这个物理量来衡量电源将正电荷从电源负端搬运到电源正端的这种能力。电源的电动势在量值上等于电源力将单位正电荷从电源的低电位端通过电源内部搬运到电源高电位端所做的功。显然,电动势的单位与电位或电压的单位完全相同。

在只有一个电源的电路中,正电荷在电源内部是从电源的负极流向正极,因此人们规定电源电动势的方向由电源负端指向正端,即从电源的低电位端指向高电位端。这样,对于闭合环路来说,在电源内部电流的方向与电动势的方向完全一致。

必须指出,电压与电动势虽然具有同样的量纲,但两者却有着本质的区别。电动势是描

述电源的物理量,它可以离开具体电路独立存在。在恒流电路中,电压是电路中的变量,它随电路参数的改变而改变。

四、能量和功率

单位时间做功大小称作功率,或者说做功的速率称为功率。在电路问题中涉及的电功率即是电场力做功的速率,以符号 $P(t)$ 表示。功率的数学定义可写为:

$$P(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

式中 dW 是 dt 时间内电场力所做的功。功率的单位为瓦(W)。1 瓦功率就是每秒做功 1 焦耳,即 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ 。

在电路中,人们更关注的是功率与电流、电压之间的关系。

以图 1.2.2 所示电路为例加以讨论。图中矩形框代表任意一段电路,其内部可以是电阻,可以是电源,也可以是若干电路元件的组合。电流的参考方向设成从 a 流向 b ,电压的参考方向设成 a 为高电位端, b 为低电位端,这样所设的电流、电压参考方向,称为参考方向一致(或称关联)。下面推导出 ab 这段电路吸收的电功率与其上电压、电流之间的重要关系。

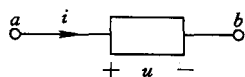


图 1.2.2

由电压定义:

$$u = \frac{dW}{dq}$$

得:

$$dW = u dq$$

再由电流定义:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

得:

$$dt = \frac{dq}{i}$$

根据功率的定义得:

$$P_{\text{吸}}(t) = ui$$

在电压、电流参考方向一致的条件下,一段电路所吸收的电功率等于该段电路上电压、电流之乘积。显然,若计算结果 $P > 0$ 说明元件在吸收功率; $P < 0$ 说明元件在放出功率。这结论适用于包括电源在内的所有电路元件。

若某段电路上的电压、电流用非关联参考方向,则该段电路吸收的功率:

$$P_{\text{吸}}(t) = -ui$$

有了功率概念,最后说一下实际用电器具(元件)的额定值问题。实际用电器具的额定值,就是为保证安全、正常使用用电器具,制造厂家所给出的对电压、电流或功率的限制数值。例如,一只灯泡上标明 220 V、40 W,即说明这样的含义:这只灯泡接 220 V 电压,消耗功率为 40 W,属正常使用。若这只灯泡接到了 380 V 电压上,灯泡即刻烧坏,属不安全使

用。若这只灯泡接到 110 V 电压上,灯泡消耗功率小于 40 W(较暗),属不正常使用。

第三节 电阻元件与欧姆定律

电阻是用来描述导体材料对电流的阻碍作用而引入的一个参数,以符号 R 表示, R 的大小与导体的尺寸和导体材料的性质有关。这一点大家在中学阶段都学过。在实际应用中,根据电阻器件的特性曲线可分为线性与非线性两类。

一、线性电阻与欧姆定律

在通常情况下,线性电阻的阻值 R 是一个常数,而不随时间发生变化。在电路中,当电压与电流为关联参考方向时,电阻两端电压与流过的电流大小成正比。这是我们熟悉的欧姆定律,其数学表达式为

$$U = RI \quad \left(\text{或 } I = \frac{U}{R} \right)$$

在国际单位制中, R 的单位为欧姆(Ω),常用的单位还有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$,其转换关系为

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

元件上电流与电压关系曲线称为伏安关系或伏安特性。若用电流为纵轴,电压为横轴,则电压与电流的关系曲线(V — A 曲线)如图 1.3.1(a)所示为一条过原点的倾斜直线。其阻值不随 U 、 I 变化的电阻称为线性电阻。直线的斜率恒等于电流与电压的比值。即:

$$\frac{I}{U} = \frac{1}{R} = G$$

G 是电阻的倒数,它是由导体的性质决定的。显然 G 越大,表示导体对电流的阻碍作用越小,导电性能越好。因此称 G 为电导,单位为西门子(S)。

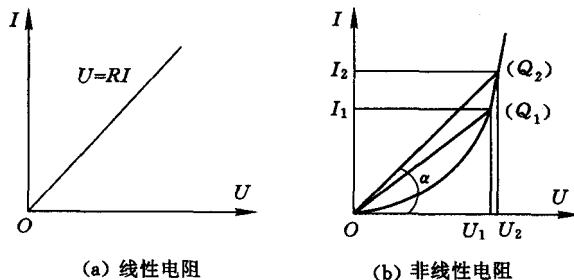


图 1.3.1 电阻的 V — A 曲线

而图 1.3.1(b)所示的是一个非线性电阻元件的伏安特性曲线。可以看出,曲线的斜率随电压的改变而改变,显然,电阻两端的电压与流过的电流不再遵循欧姆定律。其阻值不再是一个常数。其伏安特性很难用数学式准确表示。

由线性器件组成的电路称为线性电路。在线性电路中,电路中的电流与电压遵循欧姆定律。在本书中,如不特殊说明,电阻元件指的都是线性电阻。

二、电阻上的功率和能量

我们知道电阻上消耗的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R}$$

而电阻上消耗的能量为

$$W = \int_{-\infty}^t p(\xi) d\xi = \int_{-\infty}^t ui di = R \int_{-\infty}^t i^2 dt \geq 0$$

由此式可知,电阻上只要有电流流过,能量 W 始终大于零。这说明电阻时刻都在消耗(吸收)能量,故称电阻为耗能元件。用户的电表上的数字是指消耗的电能数量。 $1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{时}$ 。

第四节 电源的三种工作状态

一、电源有载工作

前面介绍的欧姆定律是一段不含电源的电阻电路。而实际应用的电路往往是既含有电源又有电阻的闭合电路。如图 1.4.1 所示的是一个电源有载工作电路,其中 R_L 为负载电阻, R_s 为电源内阻, E 为电源电动势。

1. 电压与电流

开关闭合时,应用欧姆定律得到电路中的电流

$$I = \frac{E}{R_s + R_L} \quad (1.4.1)$$

和负载电阻两端的电压

$$U = R_L I$$

并由上面两式得出

$$U = E - R_s I \quad (1.4.2)$$

式(1.4.2)称为全电路欧姆定律,其表示:电源端电压(U)小于电源电动势(E),两者之差等于电流在电源内阻上产生的压降($R_s I$)。电流越大,则端电压下降的就越多。

表示电源端电压和输出电流之间的关系曲线,称为电源的外特性曲线,如图 1.4.2 所示。 R_s 的大小决定曲线的斜率。当 $R_s \ll R_L$ 时, $U \approx E$ 。

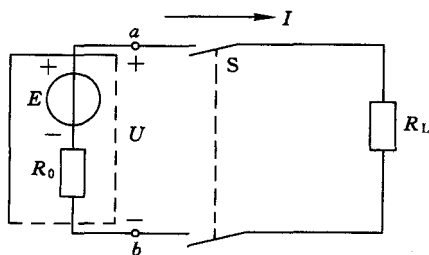


图 1.4.1 有源闭合电路

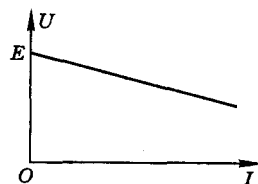


图 1.4.2 电源外特性曲线

对式(1.4.2)的各项均乘以电流 I , 则得到功率平衡式

$$UI = EI - R_s I^2$$

$$P = P_E - \Delta P$$

式中 $P_E = EI$ ——电源产生的功率；

$\Delta P = R_s I^2$ ——电源内阻损耗的功率；

$P = UI$ ——电源输出的功率。

【例 1.1】 在图 1.4.1 所示的电路中,已知电源电动势 $E = 220 \text{ V}$,内阻 $R_s = 10 \Omega$, $R_L = 100 \Omega$,求:(1) 电路电流 I ; (2) 电源电压 U ; (3) 负载上的电压降; (4) 电源内阻上的电压降。

【解】 (1) 由式(1.4.1)得: $I = \frac{E}{R_s + R_L} = \frac{220}{10 + 100} = 2 \text{ A}$

(2) 电源端电压 $U = E - R_s I = (220 - 10 \times 2) \text{ V} = 200 \text{ V}$

(3) 负载上的电压降 $R_L I = 100 \times 2 \text{ V} = 200 \text{ V}$

(4) 电源内阻上的电压降 $R_s I = 10 \times 2 = 20 \text{ V}$

二、电源开路

图 1.4.3 所示的电路中,当开关 S 断开时,就称电路处于开路状态。开路时,电源没有带负载,所以又称电源空载状态。此时相当于电源负载无穷大,电路中的电流为零。电源内阻上不产生压降,电源的端电压 U 等于电源电动势 E ,电源不输出电能。

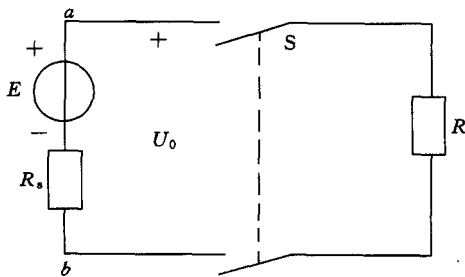


图 1.4.3 电源开路状态

电源开路时的电路特征为

$$I = 0$$

$$U = U_0 = E$$

三、电源短路

图 1.4.4 所示电路,当电源的两端由于某种原因被电阻值接近为零的导体连接在一起,电源处于短路状态。

电源短路状态,外电阻可视为零,电源端电压也为零,电流不经过负载,电流回路中仅有很小的电源内阻 R_s ,因此回路中的电流很大,这个电流称为短路电流,用 I_s 表示。

电源短路时的特征可表示为

$$U = 0 \quad I = I_s = \frac{E}{R_s} \quad P_E = P = R_s I_s^2$$

电源处于短路状态时,其危害性是很大的,因瞬间短路电流很大使电源或其他电气设备因严重发热而烧毁,因此应该积极预防并加以避免,在电路中增加安全保护措施。

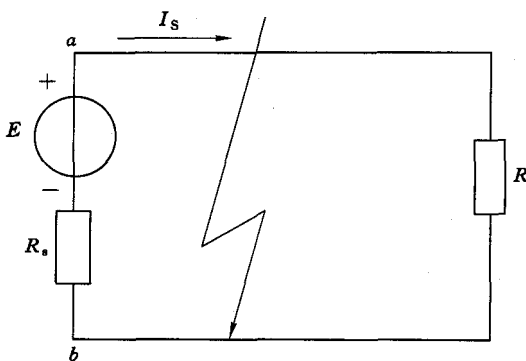


图 1.4.4 电源的短路状态图

造成电源短路的主要原因有：绝缘层损坏或错误接线，因此在实际工作中要经常检查电气设备和线路的绝缘情况（具体方法在本书“常用电工仪表与测量”部分的章节中介绍）。此外，在电源侧接入熔断器和自动断路器，当发生短路时，能迅速切断故障电路和防止电气设备的进一步损坏。

第五节 基尔霍夫定律

电路分析与理论中的基本定律除了欧姆定律，还有一个重要定律是基尔霍夫电流定律和电压定律。为了便于阐述和分析，先以图 1.5.1 为例介绍几个和电路有关的术语，然后再讲解定律。

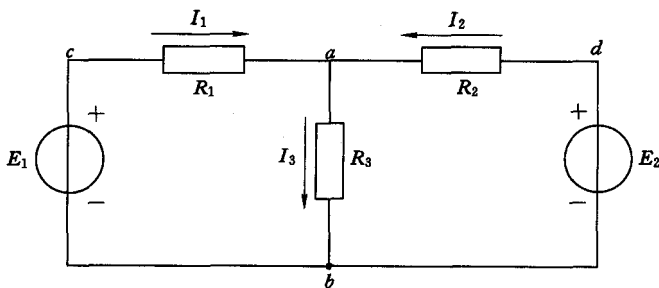


图 1.5.1 电路举例

一、概念简介

1. 支路

电路中通过同一电流的分支称为支路。图 1.5.1 电路中有 acb 、 adb 和 ab 三条支路。其中 acb 、 adb 支路中含有电源，叫有源支路； ab 中只有电阻没有电源，叫无源支路。

2. 节点

电路中三条及三条以上支路的连接点称为节点。图 1.5.1 所示电路中，共有两个节点 a 、 b ， c 和 d 则不是节点。