



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

汽车运用与维修专业系列

汽车电工电子技术

刘皓宇 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

汽车电工电子技术

刘皓宇 主 编

高等教育出版社

内容简介

本书根据汽车类专业电工电子技术的教学基本要求,结合作者多年的汽车电工电子基础的教学实践和当前汽车电子技术的发展,并突出强调学生实践能力的培养编写而成的。

全书共分九章,内容包括直流电路、交流电路、磁路及电磁器件、发电机与电动机、二极管和晶体管、集成运算放大器、直流稳压电源、数字电路基础、技能训练及应用实践等。

本书可作为高职高专院校汽车类专业电工电子基础课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术/刘皓宇主编. —北京:高等教育出版社,2007.5

ISBN 978-7-04-021261-7

I. 汽… II. 刘… III. ①汽车-电工-高等学校-教材②汽车-电子技术-高等学校-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 047573 号

策划编辑 徐进 责任编辑 胡纯 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 杨凤玲 责任印制 陈伟光

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 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京市白帆印务有限公司

开本 787×1092 1/16
印张 17.25
字数 410 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2007年5月第1版
印次 2007年5月第1次印刷
定价 21.80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

物料号 21261-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

从汽车类人才培养出发,掌握必需的电工电子技术是成为现代汽车维修人才的必备条件之一。作为一门专业技术基础课程,原来代用的适合机电类学生采用的教材已经不能满足教学的需要,教学内容需要调整,教学方式需要改革,要在讲述理论的同时,进行必要的实践技能训练。在这种形势下,编写一本适合汽车类专业学生使用、理论和实训相结合的教材成为亟须解决的问题。本教材就是从教学实际需要出发,在总结了多年教学经验的基础上进行编写的,十分适合汽车类专业学生使用。

“汽车电工电子技术”是一门汽车类专业的专业基础课,我们经过多年的教学研究和课程整合,以“必需”、“够用”为度,对原来经典的“电工电子学”课程内容进行了整合,并融进实践技能训练内容。在课程中体现了汽车专业特点,列举了大量汽车电路实例,与汽车专业紧密结合。

本书主要特色如下:

(1) 本书对传统学科型教材进行了整合,在教学内容选取上,保证了汽车类专业所需的最基本、最主要的电工电子基础的内容,尽量避免内容之间不必要的交叉和重叠,淡化学科体系,减少学时数,提高课堂教学效率。

(2) 基本知识点的选取以“必需”、“够用”为度,没有过多的理论推导。为体现汽车专业特色,本书列举了许多汽车电子电路实例,使学生将电工电子基础知识与汽车专业知识迅速结合起来,以培养学生分析专业问题和解决实际问题的能力。

(3) 本书在叙述上通俗易懂,深入浅出,对于各种基本概念与基本原理的阐述力求简明扼要。采用大量插图,对知识的应用进行详尽说明,力求使学生尽快掌握基本技能,将理论知识迅速转变为技术应用能力。

(4) 本书理论与实践相结合。在每个知识点后面,均附带相应的操作类内容,将理论知识与实践应用紧密结合在一起。在本书第九章集中设计了实训教学内容。本书是一本理论与实践相结合的教材。

(5) 为便于教师教学和学生自学,每章前有学习目标和考核标准。重点内容有提示,难点内容有讨论。

参加本书编写的有:刘皓宇(第五章至第八章),刘晓明(第一章和第二章),杜文艳(第三章和第四章),赵晓静(第九章,附录一至附录三),全书由刘皓宇任主编,对全书进行统稿。郝军、徐景波、王志敏、王轶超等同志参与了本书部分内容的遴选和编写工作。

本书由中国人民解放军装甲兵工程学院张更云教授主审,他仔细审阅了全部文稿和图稿,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2006年12月

于承德石油高等专科学校

目 录

第一章 直流电路	1	小结	151
第一节 电路的组成及作用	1	第六章 集成运算放大器	154
第二节 电路的基本物理量	4	第一节 集成运算放大器	154
第三节 电阻	11	第二节 电压比较器	157
第四节 电容	18	小结	164
第五节 电感	22	第七章 直流稳压电源	165
第六节 电路的基本定律及基本 分析方法	24	第一节 整流和滤波电路	165
小结	29	第二节 稳压电路	171
第二章 交流电路	31	第三节 开关稳压电路	176
第一节 正弦交流电	31	小结	178
第二节 三相电路	35	第八章 数字电路基础	179
小结	39	第一节 门电路	179
第三章 磁路及电磁器件	41	第二节 触发器	186
第一节 磁场及磁路	41	第三节 数字电路在汽车电子电路中 的应用	189
第二节 变压器	44	第四节 汽车常用集成电路	194
第三节 电磁铁	52	小结	213
第四节 继电器	57	第九章 技能训练及应用实践	214
小结	64	实训一 汽车电工电子常用工具及常 规使用方法	214
第四章 发电机与电动机	66	实训二 汽车电工电子常用测量仪表及 使用方法	220
第一节 交流发电机	66	实训三 用万用表测量电压、电阻和 直流电流	226
第二节 三相异步电动机	74	实训四 基尔霍夫定律的验证	234
第三节 直流电动机	77	实训五 半导体二极管和晶体管的识别 与检测	235
第四节 汽车电器中几种典型直流 电动机	80	实训六 用万用表测量汽车温度 传感器	236
第五节 步进电动机	89	实训七 汽车专用万用表的使用	238
小结	94	实训八 手工焊接技术训练	241
第五章 二极管和晶体管	96	附录一 示波器的使用方法	250
第一节 半导体	97	附录二 汽车专用示波器	255
第二节 二极管	101	附录三 安全用电常识	263
第三节 晶体管	110	参考文献	268
第四节 基本放大电路	117		
第五节 晶体管在汽车电子电路中 的应用	141		
第六节 特殊晶体管简介	148		

第一章 直流电路

学习目标:

- 掌握电路的组成及其作用
- 掌握电流、电压、电位、电动势的概念
- 掌握电功率、额定电功率的概念
- 理解电路模型和电路的三种状态
- 掌握电阻的表示方法
- 掌握电阻串、并联的计算方法
- 掌握电容的表示方法
- 了解电感的基本特性
- 掌握欧姆定律、基尔霍夫定律
- 掌握支路电流法

考核标准:

- 能画出正确的基本电路
- 能解释电流、电压、电位、电动势的概念
- 能解释电功率、额定电功率的概念
- 能解释电路模型和电路的三种状态
- 能够不借助工具分清电阻的类型和阻值
- 能够计算电阻串、并联的阻值
- 能够不借助工具分清电容的类型
- 能够辨认电感
- 能应用欧姆定律
- 能应用基尔霍夫定律解习题
- 能应用支路电流法解习题

本章主要讲述电路的基本概念、基本定律及电路分析与计算的主要方法。

首先介绍电路的作用及基本连接方式,其次复习在物理中学过的电流、电压和电动势等基本物理量,在此基础上提出参考方向的概念及电路的工作状态等内容。介绍电阻、电容和电感元件及其在汽车电路中的应用。最后介绍分析计算电路的基本定律——欧姆定律和基尔霍夫定律。

第一节 电路的组成及作用

一、电路及其组成

把一些电气设备或元件,按其所要完成的功能,用一定方式连接而成的电流通路称为电路。

一个完整的电路是由电源、负载和中间环节(包括开关和导线等)三部分组成。

电源可将非电能如化学能、机械能和原子能等转换为电能,并向电路提供能量;负载是指电路中能将电能转换为非电能的用电设备,如白炽灯、电动机和电热器等;中间环节是指将电源连接成闭合电路的导线、开关设备和保护设备等,也经常接有测量仪表或测量设备。图 1-1a 所示是按实物画出的手电筒电路的示意图,这是最简单的实际电路。它由于电池(电源)、小电珠(负载)和开关(中间环节)三部分组成。

二、电路的作用

电路的作用有两类:一是可以实现能量的传输与转换,其典型实例是电力系统中的发电机,就是将其他形式的能量转换为电能,再通过变压器和输电线路将电能输送给工厂、农村和千家万

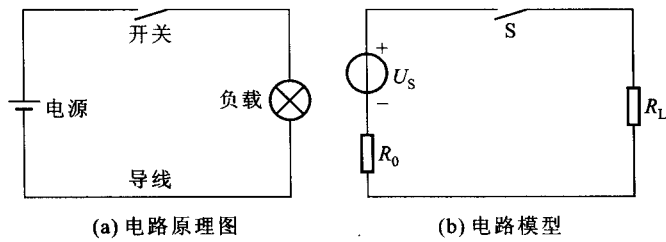


图 1-1 手电筒电路

户的用电设备,这些用电设备再将电能转换为机械能、热能、光能或其他形式的能量,图 1-1a 和图 1-1b 所示就是一个简单的电力系统电路;二是可以实现信号的传递和转换,例如,无线电通信电路和检测电路。

三、电路模型

任何实际电路都是由多种电路元件组成的,例如,最简单的手电筒电路或者较复杂的电视机电路等。电路中各种元件所表征的电磁现象和能量转换的特征一般都比较复杂,而按实际电路元件做出电路图有时也比较困难和复杂,因此在分析和计算实际电路时,是用理想电路元件及其组合来近似替代实际电路元件组成的电路,这给分析和计算带来很多方便。这种由理想元件组成与实际电路元件相对应,并用统一规定的符号表示而构成的电路,就是实际电路的模型,或称电路模型。它是实际电路电磁性质的科学抽象和概括。因此,可以通过分析电路模型来揭示实际电路的性能和所遵循的普遍规律。图 1-1b 是图 1-1a 的电路模型,图中,干电池用电源 U_s 和内阻 R_0 来表示,负载小电珠则用电阻 R_L 表示,开关则用字母 S 表示,连接导线的电阻值很小,一般都忽略不计而用直线表示。

概念: 所谓理想电路元件,是指在一定条件下,突出其主要电磁特性,忽略其次要因素以后,把电路元件抽象为只含一个参数的理想电路元件。基本的理想电路元件有理想电阻 R 、理想电感 L 、理想电容 C 、理想电压源 U_s 和理想电流源 I_s 五种,它们的电路符号如图 1-2 所示。前三种理想电路元件的“理想”两字通常可以略去不说,只称为电阻、电感、电容元件。

1. 无源元件

电阻元件将电能转换为热能,是一种耗能元件;电感元件以磁场形式储存能量,是一种储能元件;电容元件则以电场形式储存能量,也是一种储能元件。在稳定的直流电路中,电感相当于短路,电容相当于开路,只有电阻元件起作用。这三种元件称为无源元件,电路符号如图 1-2 a ~ 图 1-2 c 所示。而理想电压源和理想电流源又称为有源元件,电路符号如图 1-2 d 和图 1-2 e 所示。

2. 有源元件

理想电压源的特点是输出恒定电压,其端电压不随输出电流的变化而变化;理想电流源的特点是输出恒定电流,其电流不随输出电压的变化而变化,其特性如图 1-3 所示。

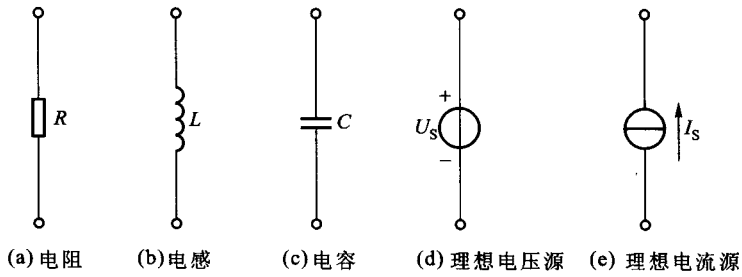


图 1-2 理想电路元件

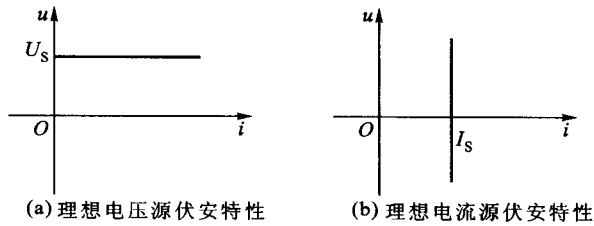


图 1-3 理想电压源和理想电流源的伏安特性

实际电路元件工作时表现出的电磁现象,可以用理想电路元件或其组合来反映。图 1-1 b 中,若忽略内阻时,电源的输出电压就等于其理想电压源电压而与电流无关,具有理想电压源的性质;若考虑内阻时,因为电流在内阻上有电压降,理想电压源电压不变化时,输出电压是随输出电流的变化而变化的。这一变化的特性,可以用一个理想电压源 U_s 与一个内电阻 R_0 相串联的电路模型来表示,如图 1-4 a 所示,这是实际电源的电压源模型。

一个实际电源也可以用一个理想电流源 I_s 和内阻 R_0 相并联的电路模型来表示,如图 1-4 b 所示,这是实际电源的电流源模型。一般将实际电压源和实际电流源简称为电压源和电流源。

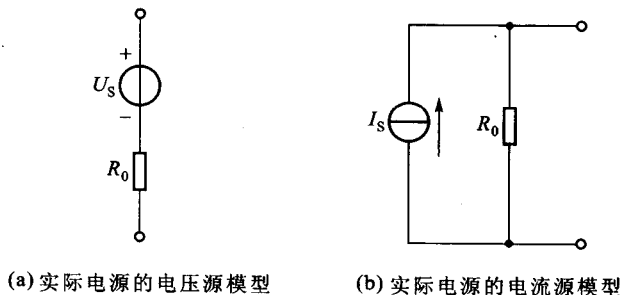


图 1-4 实际电源的电压源模型和电流源模型

第二节 电路的基本物理量

一、电流

单位时间内通过导体某一横截面的电荷量称为电流。设在 dt 时间(单位:秒, s)内通过导体某一横截面的电荷量为 dq (单位:库仑, C), 则通过该截面的电流为

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

在一般情况下, 电流是随时间而变的。如果电流不随时间而变, 即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$, 则这种电流就称为恒定电流, 简称直流。它所通过的路径就是直流电路。在直流电路中, 式(1-1)可写成

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

在国际单位制(SI)中, 规定电流的单位为安培(A), 即 $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ 。计量微小电流时, 以毫安(mA)或微安(μA)为单位, 其换算关系为 $1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$ 。

习惯上规定正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向为电流的方向(实际方向)。电流的方向是客观存在的, 在简单电路中, 可以很容易判断出电流的实际方向, 如图 1-5 a 所示的 I_1 、 I_2 。倘若在图中 A、B 两点间再接入一个电阻, 如图 1-5 b 所示, 那么该电阻中的电流方向就很难直观判断了。另外, 在交流电路中, 电流是随时间变化的, 在图上也无法表示其实际方向, 为了解决这一问题, 必须引入电流的参考方向这一概念。

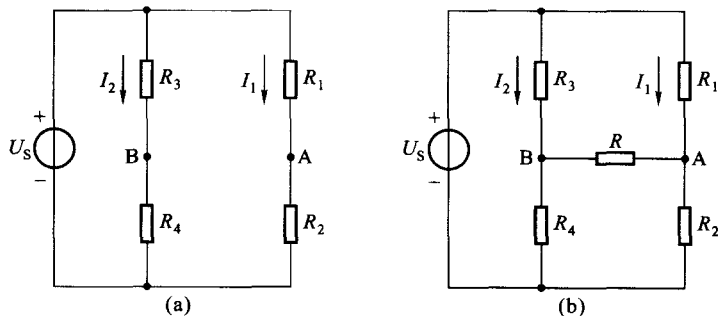


图 1-5 电流方向的判断

参考方向是假定的方向。电流的参考方向可以任意选定, 在电路中一般用箭头表示。当然, 所选的电流参考方向不一定就是电流的实际方向, 当电流的参考方向与实际方向一致时, 电流为正值($I > 0$); 当电流的参考方向与实际方向相反时, 电流为负值($I < 0$)。这样, 在选定的参考方向下, 根据电流的正、负值, 就可以确定电流的实际方向, 如图 1-6 所示。

在分析电路时, 首先要假定电流的参考方向, 并据此分析计算, 然后再从答案的正、负值来确

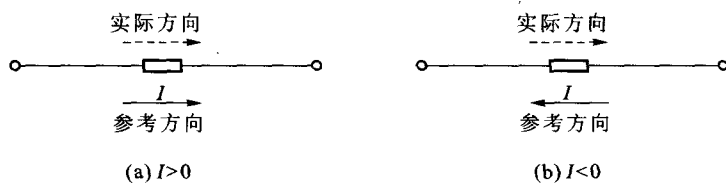


图 1-6 电流的参考方向与实际方向

定电流的实际方向。如不做说明,电路图上标出的电流方向一般都是指参考方向。

二、电压

在电路中,如果设正电荷由 A 点移到 B 点时电场力所作的功为 dW ,则 A、B 两点间的电压为

$$u_{AB} = \frac{dW}{dq}$$

也就是说,电场力把单位正电荷由 A 点移到 B 点所作的功在数值上等于 A、B 两点间的电压。在直流电路中,上式可写成

$$U = \frac{W}{Q}$$

在国际单位制中,电压的单位是伏特(V)。当电场力把 1 C(库仑)的电荷从一点移到另一点所作的功为 1 J(焦耳)时,该两点间的电压为 1 V。计量微小电压时,则以毫伏(mV)或微伏(μV)为单位,计量高电压时,则以千伏(kV)为单位,其换算关系为 $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV}$ 。

习惯上规定从高电位点指向低电位点为电压方向(实际方向),即电压降的方向。在分析电路时,也应选取电压的参考方向。当电压的参考方向与实际方向一致时,电压为正($U > 0$);相反时,电压为负($U < 0$),如图 1-7 所示。

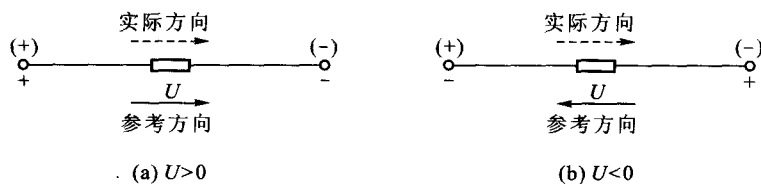


图 1-7 电压的参考方向与实际方向

电压参考方向在电路图中用极性“+”、“-”表示,也可用箭头表示。“+”表示高电位,“-”表示低电位。符号可用 U_{AB} 表示。

在分析和计算电路时,电压和电流参考方向的假定,原则上是任意的。但为了方便,元件上的电压和电流常取一致的参考方向,称为关联参考方向。

图 1-8 a 所示的 U 与 I 参考方向一致,则其电压与电流的关系是 $U = RI$;而图 1-8 b 所示的 U 与 I 参考方向不一致,则电压与电流的关系是 $U = -RI$ 。可见,在写电压与电流的关系式时,式中的正、负号由它们的参考方向是否一致来决定。

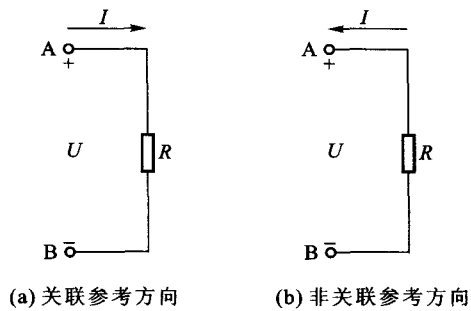


图 1-8 关联参考方向与非关联参考方向

三、电位

在电气设备的调试和检修中,经常要测量某个点的电位,看其是否符合设计数值。电位是度量电势能大小的物理量,在数值上等于电场力将单位正电荷从该点移到参考点所作的功,即

$$V = \frac{W}{Q}$$

由此可以看出:电路中任意一点的电位,就是该点与参考点之间的电压,而电路中任意两点之间的电压,则等于这两点电位之差。因此,电位的测量实质上就是电压的测量,即测量该点与参考点之间的电压。电压与电位的关系为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

现以图 1-9 为例来讨论电位的计算。在图 1-9 a 中,选择 0 点为参考点,即令

$$V_0 = 0$$

$$V_A = V_A - V_0 = U_{A0} = 1 \text{ V}$$

则

$$V_B = V_B - V_0 = U_{B0} = -U_{0B} = -1 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 2 \text{ V}$$

在图 1-9 b 中,以 B 点为参考点,即令

$$V_B = 0$$

则

$$V_A = V_A - V_B = U_{AB} = 2 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 2 \text{ V}$$

在图 1-9 c 中,以 A 为参考点,即令

$$V_A = 0$$

则

$$V_B = V_B - V_A = U_{BA} = -U_{AB} = -2 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 2 \text{ V}$$

可以看出,参考点选的不同,电路中各点电位也不同,但任意两点间的电位差即电压不变。电路中各点的电位高低是相对于参考点而言的,而两点间的电压则与参考点的选择无关,如果不选择参考点去讨论电位是没有意义的。

在电子技术的学习中,经常用电位来分析和讨论问题,这给电路分析带来方便。因此,在电子电路中,往往不再把电源画出,而改用标出电位。

电位参考点的选取原则上是任意的,但实用中常选大地为参考点,在电路图中用符号“ \perp ”来表示。有些设备的外壳是接地的,凡与机壳相连的各点,均是零电位点。有些设备的机壳不接地,则选择许多导线的公共点(也可以是机壳)做参考点,电路中用符号“ \perp ”表示。

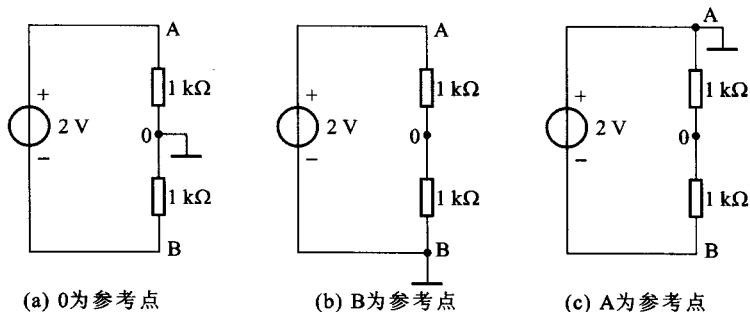


图 1-9 电位的计算示例

[例 1-1] 试计算图 1-10 所示电路中 B 点的电位 V_B 。

解:如图 1-10 所示,电路中的电流

$$I = \frac{V_A - V_C}{R_1 + R_2} = \frac{9 - (-6)}{(100 + 100) \times 10^3} \text{ A} = 0.075 \text{ mA}$$

电阻 R_1 上的电压降 $U_{AB} = R_1 I = (100 \times 10^3 \times 0.075 \times 10^{-3}) \text{ V} = 7.5 \text{ V}$

故 B 点的电位 $V_B = V_A - R_1 I = (9 - 7.5) \text{ V} = 1.5 \text{ V}$

或 $V_B = V_C + R_2 I = (-6 + 100 \times 10^3 \times 0.075 \times 10^{-3}) \text{ V} = 1.5 \text{ V}$

计算表明,当选取电位参考点以后,电路中的各点都具有确定的电位,与计算的路径无关。

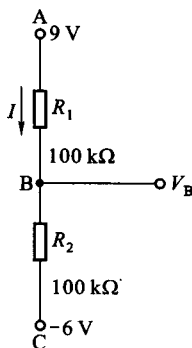


图 1-10 例 1-1 电路

四、电动势

在电源中,正电荷在电场力作用下不断从正极流向负极,如果没有一种外作用力,正极因正电荷的减少会使电位逐渐降低,而负极则因正电荷的增多会使电位逐渐升高,故正、负极板间的电位差就会减小,最后为零。为了维持电流,必须使正、负极板间保持一定的电压,这就要借助电源力使移动到负极的正电荷经电源内部移到正极。为了衡量电源力对电荷做功的本领,引出电动势的概念。电动势在数值上等于电源力将单位正电荷从电源负极移到电源正极所作的功,用 E 表示。

在电源内部,电动势的方向由低电位端指向高电位端,即电位升高的方向。电动势的参考方向也可用箭头、双下标和“+”、“-”极性表示。电动势的单位与电压的单位相同,也用 V 表示。

五、电能和电功率

设直流电路中, A、B 两点的电压为 U , 在时间 t 内电荷 Q 受电场力作用从 A 点经负载移动到 B 点, 电场力所作的功为

$$W = UQ = UIt \quad (1-4)$$

这就是在 t 时间内所消耗(或吸收)的电能, 而单位时间内消耗的电能称为电功率(简称功率), 即负载消耗(或吸收)的电功率为

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-5)$$

在时间 t 内, 电源力将电荷 Q 从电源负极经电源内部移到正极所作的功为

$$W_s = U_s Q = U_s I t \quad (1-6)$$

电源力产生(或发出)的电功率为

$$P_s = U_s I \quad (1-7)$$

在国际单位制中, 功的单位是焦耳(J), 功率的单位是瓦特(W), 还有千瓦(kW)、毫瓦(mW), 其换算关系为 $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = 10^6 \text{ mW}$ 。

在电路分析中, 一个电路电源产生的功率与负载、导线及电源内阻上消耗的功率总是平衡的, 遵循能量守恒和转换定律。同时电路中不仅要计算功率的大小, 有时还要判断功率的性质, 即该元件是产生功率还是消耗功率。根据电压和电流的实际方向可以确定电路元件的功率性质。

当 U 和 I 的实际方向相同, 即电流从“+”端流入, 从“-”端流出, 则该元件是消耗(吸收)功率, 属负载性质; 当 U 和 I 的实际方向相反, 即电流从“-”端流入, 从“+”端流出, 则该元件是输出(提供)功率, 属电源性质。

由此可见, 在电路元件上, U 和 I 在关联参考方向的条件下, 当 P 为正值时, 表明 U 、 I 的实际方向相同, 该元件是负载性质消耗功率; 当 P 为负值时, 表明 U 、 I 的实际方向相反, 该元件是电源性质, 提供功率。如果 U 、 I 取非关联参考方向, 则情况相反。

六、电路的三种状态

电路有空载、短路和负载三种工作状态。现就图 1-11 所示的简单电路来讨论当电路处于三种不同工作状态时的电压、电流和功率的特点。图 1-11 中, U_1 表示电源的端电压 (U_{AB}), U_2 表示负载的端电压 (U_{CD})。

1. 空载状态

空载状态又称断路或开路状态, 如图 1-12 所示。电路空载时, 外电路电阻可视为无穷大, 因此电路特征如下:

① 电路中电流为零, 即 $I = 0$ 。

② 电源端电压等于理想电压源电压, 即 $U_1 = U_s - R_0 I = U_s$, 此电压称为空载电压或开路电压, 用 U_{oc} 表示, 则 $U_{oc} = U_s$ 。由此可以得出近似测量理想电压源的方法。

③ 电源的输出功率 P_1 和负载所吸收的功率 P_2 均为零, $P_1 = U_1 I = 0$, $P_2 = U_2 I = 0$ 。

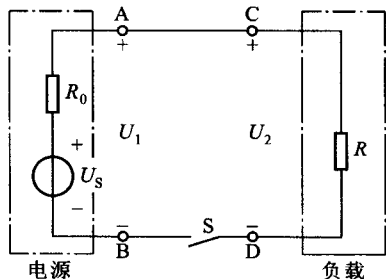


图 1-11 简单电路

2. 短路状态

当电源的两输出端钮(A、B)由于某种原因相接触时,会造成电源被直接短路,如图1-13所示。当电源短路时,外电路电阻可视为零,此时电路特征如下:

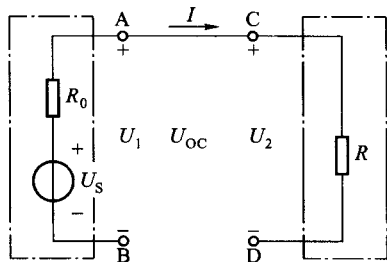


图 1-12 电路的空载状态

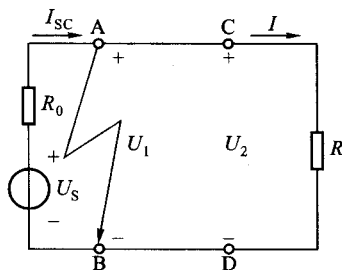


图 1-13 电路的短路状态

① 电源中的电流最大,外电路输出电流为零。此时电源中的电流称为短路电流,大小为 $I_{sc} = \frac{U_s}{R_0}$ 。

② 电源和负载的端电压均为零。 $U_1 = U_s - R_0 I_{sc} = 0, U_2 = 0$,此时 $U_s = R_0 I_{sc}$,表明电源的电压全部降落在电源的内阻上,因而无输出电压。

③ 电源对外输出功率 P_1 和负载所吸收的功率 P_2 均为零, $P_1 = U_1 I = 0, P_2 = U_2 I = 0$ 。这时电源电压所发出的功率全部消耗在内阻上,大小为 $P_s = U_s I_{sc} = \frac{U_s^2}{R_0} = R_0 I_{sc}^2$ 。

电源短路是一种严重事故,可使电源的温度迅速上升,以致烧毁电源及其他电气设备。通常在电路中装有熔断器等短路保护装置,但是,有时可以将局部电路短路或按技术要求对电源设备进行短路实验,也属于正常现象。

3. 负载状态

电路的负载状态是一般的有载工作状态,如图1-14所示。此时电路特征如下:

① 当 U_s, R_0 一定时,电路中的电流 $I = \frac{U_s}{R_0 + R}$, I 由负载电阻 R 的大小决定。

② 电源的端电压总是小于理想电压源电压。 $U_1 = U_s - R_0 I$,若忽略线路上的压降,则负载的端电压 U_2 等于电源的端电压 U_1 。

③ 电源的输出功率为理想电压源发出的功率 $U_s I$ 减去内阻上消耗的功率 $R_0 I^2$,即 $P_1 = U_1 I = (U_s - R_0 I) I = U_s I - R_0 I^2$ 可见:理想电压源发出的功率等于电源输出的功率与电源内阻上损耗的功率之和,即整个电路中的功率是平衡的。

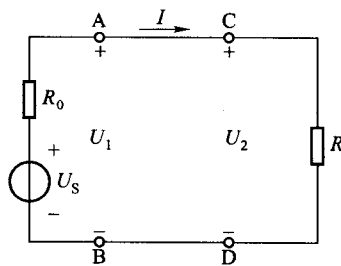


图 1-14 电路的负载状态

[例 1-2] 如图1-15所示的电路可供测量电源。若开关S打开时电压表的读数为6V,开关闭合时电压表的读数为5.8V,负载电阻 $R = 10 \Omega$,试求电源的 U_s 和内阻 R_0 (电压表的内阻

可视为无限大)。

解:设电压 U 、电流 I 的参考方向如图 1-15 所示,当开关 S 断开时

$$U = U_s - R_0 I = U_s$$

所以此时电压表的读数,即为 $U_s = 6 \text{ V}$ 。当开关 S 闭合时,电路中的电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5.8}{10} \text{ A} = 0.58 \text{ A}$$

$$\text{故内阻 } R_0 = \frac{U_s - U}{I} = \frac{6 - 5.8}{0.58} \Omega = 0.345 \Omega$$

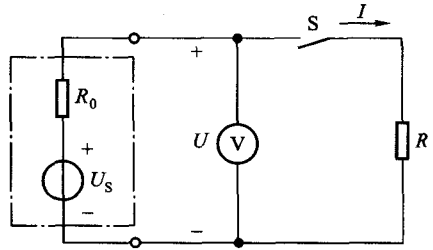


图 1-15 例 1-2 电路

七、电气设备的额定值

电气设备的额定值是综合考虑产品的可靠性、经济性和使用寿命等诸多因素,由制造厂商提供的。额定值往往标注在设备的铭牌上或写在设备的使用说明书中。

额定值是指保证电气设备在正常运行状态时能允许的限值,如额定电压 U_N 、额定电流 I_N 、额定功率 P_N 等。若一个白炽灯上标明 220 V、60 W,说明额定电压为 220 V,在此额定电压下消耗功率 60 W。

电气设备的额定值和实际值不一定相等。如上所述,220 V、60 W 白炽灯接在 220 V 的电源上时,由于电源电压的波动,其实际电压值稍高于或稍低于 220 V,这样白炽灯的实际功率就不会正好等于其额定值 60 W 了,额定电流也相应发生了改变。当电流等于额定电流时,称为满载工作状态;电流小于额定电流时,称为轻载工作状态;电流超过额定电流时,称为过载工作状态。

【例 1-3】某直流电源的额定功率为 200 W,额定电压为 50 V,内阻为 0.5Ω ,负载电阻可以调节,如图 1-16 所示。试求:① 额定状态下的电流及负载电阻;② 空载状态下的电压;③ 短路状态下的电流。

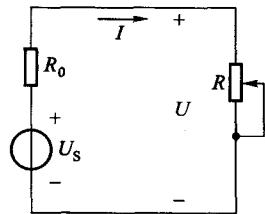


图 1-16 例 1-3 电路

解:① 额定电流 $I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{200}{50} \text{ A} = 4 \text{ A}$

负载电阻 $R_L = \frac{U_N}{I_N} = \frac{50}{4} \Omega = 12.5 \Omega$

② 空载电压 $U = U_s = (R_0 + R_L) I_N = (0.5 + 12.5) \times 4 \text{ V} = 52 \text{ V}$

③ 短路电流 $I_{sc} = \frac{U_s}{R_0} = \frac{52}{0.5} \text{ A} = 104 \text{ A}$

短路电流是额定电流的 $\frac{I_{sc}}{I_N} = \frac{104}{4} \text{ A} = 26$ 倍,短路电流很大,若没有短路保护,一旦发生短路,电源将会烧毁,应该避免。

第三节 电阻

一、电阻元件及其特性

电阻元件是从实际电阻器中抽象出来的,如灯、电炉等。图形符号如图 1-17 所示,用字母 R 表示。当电阻上的电压与电流取关联参考方向时,如图 1-17 所示,根据欧姆定律有

$$u = Ri \quad (1-8)$$

当电阻上的电压与电流取非关联参考方向时,如图 1-18 所示,根据欧姆定律有

$$u = -Ri \quad (1-9)$$

在关联参考方向下,当 $R = \frac{u}{i}$ 是常数时,也称其为线性电阻,其伏安特性曲线为通过原点的一条直线,如图 1-19 所示。

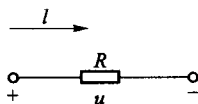


图 1-17 电阻关联参考方向

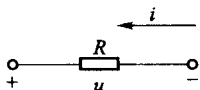


图 1-18 电阻非关联参考方向

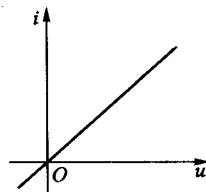


图 1-19 电阻元件伏安特性

由式(1-8)可得电阻元件的功率为

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

由上式可知:电阻总是消耗能量的。

在国际单位制中,电阻的单位为欧姆(Ω)。当电阻两端加上 1 V 的电压时,通过电阻的电流如果是 1 A,则该电阻的阻值就是 1 Ω 。工程上常采用千欧($k\Omega$)或兆欧($M\Omega$),其换算关系为 1 $M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。

二、电阻的分类与标记

电阻是汽车电气电子设备中用得最多的基本元件之一。主要用于控制和调节电路中的电流和电压,或用作消耗电能的负载。

电阻有不同的分类方法。按阻值分,电阻有固定电阻和可变电阻(可变电阻常称为电位器)之分;按材料分,有碳膜电阻、金属膜电阻和线绕电阻等不同类型;按功率分,有 $\frac{1}{16}$ W、 $\frac{1}{8}$ W、 $\frac{1}{4}$ W、 $\frac{1}{2}$ W、1 W、2 W 等额定功率的电阻;按电阻值的精确度分,有精确度为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等的普通电阻,还有精确度为 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$ 的精密电阻。