



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

电工与电子技术

diangong yu dianzi jishu

■ 主编 张文兵 张其远 童庆东



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

《电工与电子技术》课程是电类各专业的重要专业技术基础课程,是中职电类各专业培养高技能人才必须具备的理论基础。通过对《电工与电子技术》课程的学习,使学生获得必须的电工基础理论、电路分析计算能力及电工测量等基本知识与实践技能,为学习专业课程,树立理论联系实际的观点,培养实践能力、创新意识和创新能力,打下必要的基础。

该书全面系统地介绍了模拟电路与数字电路的基础知识。模拟电路部分包括直流电路、正弦交流电路、变压器、异步电动机、电磁基本原理、半导体器件、基本放大电路。数字电路部分包括数字电路基础、触发器和时序逻辑电路、数/模和模/数转换电路等知识。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/张文兵,张其远,童庆东主编. —北京:
北京理工大学出版社, 2009. 8
ISBN 978 - 7 - 5640 - 2748 - 3

I. 电… II. ①张…②张…③童… III. ①电工技术 - 专业学校 - 教材②电子技术 - 专业学校 - 教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150308 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 9.25

字 数 / 237 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 16.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中取职业教育的专业课程都有其内核的稳定性;这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



电能是表示电流做功多少的物理量，指电以各种形式做功的能力。有直流电能、交流电能、高频电能等，这几种电能均可相互转换。日常生活中使用的电能主要来自其他形式能量的转换，包括水能（水力发电）、内能（俗称热能、火力发电）、原子能（原子能发电）、风能（风力发电）、化学能（电池）及光能（光电池、太阳能电池等）等。电能也可转换成其他所需能量形式。它可以以有线或无线的形式作远距离的传输。电能之所以被广泛地应用，主要与它自身具有的生产、运输、使用和控制方便等优点分不开。

《电工与电子技术》课程是电类各专业的重要专业技术基础课程，是中职电类各专业培养高技能人才必须具备的理论基础。通过对《电工与电子技术》课程的学习，使学生获得必须的电工基础理论、电路分析计算能力及电工测量等基本知识与实践技能，为学习专业课程，树立理论联系实际的观点，培养实践能力、创新意识和创新能力，打下必要的基础。

该书全面系统地介绍了模拟电路与数字电路的基础知识。模拟电路部分包括直流电路、正弦交流电路、变压器、异步电动机、电磁基本原理、半导体器件、基本放大电路。数字电路部分包括数字电路基础、触发器和时序逻辑电路、数/模和模/数转换电路等知识。

在学习过程中应注意以下几点：

理解各主要物理量及基本公式的概念，了解有关公式的使用条件以及各物理量的法定计量单位；弄清楚各定律的内容，掌握各有关量间的相互关系，注意教材中各部分内容间的联系，重在理解和灵活运用，切忌死记硬背，逐步学会分析电路的基本方法；要充分重视实验和对电器设备的正确使用。各章节附有实验课程，实验课是课程的一个重要环节，通过实验，可以巩固和加深所学知识的理解，掌握基本操作技能。

在本书编写过程中参考了大量的文献资料，在此对其作者一并表示感谢。

由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请读者多提宝贵意见，以便进一步修改。

编 者

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的组成	1
第二节 电路的基本物理量	2
第三节 电路的基本元件	5
第四节 电阻的连接方式	8
第五节 电功与电功率	12
第六节 电容	14
第二章 正弦交流电路	19
第一节 正弦交流电的基本概念	19
第二节 电阻元件交流电路分析	33
第三节 电感元件交流电路分析	35
第四节 电容元件交流电路分析	38
第五节 三相交流电路	41
第三章 变压器	48
第一节 变压器的基本知识	48
第二节 单相变压器	49
第三节 三相变压器	52
第四节 自耦变压器	53

第四章 异步电动机	56
第一节 单相异步电动机	56
第二节 三相异步电动机	58
第五章 电磁基本原理	63
第一节 磁场的基本知识	63
第二节 磁场对电流的作用	67
第三节 电磁感应	70
第四节 自感与互感	73
第六章 半导体器件	79
第一节 半导体的基本知识	79
第二节 半导体二极管	82
第三节 半导体三极管	86
第四节 场效应晶体管	91
第五节 特殊晶体管	95
第七章 基本放大电路	98
第一节 放大器的基本概念	98
第二节 晶体管放大电路	100
第三节 场效应晶体管放大电路	110
第四节 多级放大电路	111
第五节 差动放大电路	114
第八章 数字电路基础	118
第一节 数字电路基础	118
第二节 门电路	125
第九章 触发器和时序逻辑电路	132
第一节 数字电路基础	132
第二节 同步 RS 触发器	134
第三节 集成触发器	135
第四节 时序逻辑电路	137

直流电路



电路就是电流通过的路径。了解电路的构成及掌握其基本的物理量是学习和分析各类电路的基础。本章从电路的基本物理量、基本元件、电功等方面介绍电路的基本知识。



1. 了解电路的组成。
2. 掌握电路的基本物理量。
3. 了解电路的基本元件。
4. 熟悉电阻的连接方式,会连接简单电路。
5. 掌握电功与电功率的计算方法。
6. 了解电容的基本知识。

* * * * *

第一节 电路的组成

电流流过的回路叫做电路。在人们的日常生活和生产实践中,电路无处不在。从电视机、电冰箱、计算机到自动化生产线,都体现了电路的存在。最简单的电路由电源负载和导线、开关等元件组成。电路处处连通叫做通路。只有通路,电路中才有电流通过。电路某一处断开叫做断路或者开路。电路某一部分的两端直接接通,使这部分的电压变成零,叫做短路。

电路由电源、负载、连接导线和辅助设备四大部分组成。实际应用的电路都比较复杂,因此,为了便于分析电路的实质,通常用符号表示组成电路实际原件及其连接线,即画成所谓电路图。其中导线和辅助设备合称为中间环节。

1. 电源

电源是提供电能的设备。电源的功能是把非电能转变成电能。例如,电池是把化学能转变成电能;发电机是把机械能转变成电能。由于非电能的种类很多,转变成电能的方式也很多,所以,目前实用的电源类型也很多,最常用的电源是干电池、蓄电池和发电机等。

2. 负载

在电路中使用电能的各种设备统称为负载。负载的功能是把电能转变为其他形式能。例

如,电炉把电能转变为热能;电动机把电能转变为机械能,等等。通常使用的照明器具、家用电器、机床等都可称为负载。

3. 导线

连接导线用来把电源、负载和其他辅助设备连接成一个闭合回路,起着传输电能的作用。

4. 辅助设备

辅助设备是用来实现对电路的控制、分配、保护及测量等作用的。辅助设备包括各种开关、熔断器及测量仪表等。

最简单的电路实例是图 1-1 所示的手电筒电路。为了便于对电路进行分析和计算,常把实际元件加以近似化、理想化,在一定条件下忽略其次要性质,用足以表征其主要特征的“模型”来表示,即用理想元件来表示。例如,“电阻元件”就是电阻器、电烙铁、电炉等实际电路元件的理想元件,称为模型。因为在低频电路中,这些实际元件所表现的主要特征是把电能转化为热能。用“电阻元件”这样一个理想元件来反映消耗电能的特征。同样,在一定条件下,“电感元件”是线圈的理想元件,“电容元件”是电容器的理想元件。

图 1-2 是图 1-1 所示实际电路的电路模型。

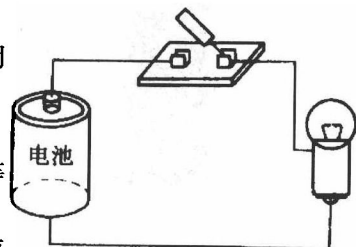


图 1-1 手电筒电路

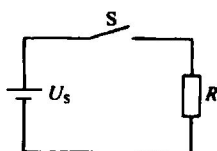


图 1-2 手电筒电路的电路模型

第二节 电路的基本物理量

研究电路的基本规律,首先应掌握电路中的基本物理量:电流、电压和电功率。

一、电流

电流在实用上有两个含义:第一,电流表示一种物理现象,即电荷有规则的运动就形成电流。第二,电流的大小用电流强度来表示,而电流强度是指在单位时间内通过导体截面积的电荷量,其单位是安培(库/秒),简称安,用大写字母 A 表示。但电流强度多简称电流。所以电流又代表一个物理量,这是电流的第二个含义。

电流的真实方向和正方向是两个不同的概念,不能混淆。习惯上总是把正电荷运动的方向,作为电流的方向,这就是电流的实际方向或真实方向,它是客观存在,不能任意选择,在简单电路中,电流的实际方向能通过电源或电压的极性很容易地确定下来。

但是,在复杂直流电路中,某一段电路里的电流真实方向很难预先确定,在交流电路中,电流的大小和方向都是随时间变化的。这时,为了分析和计算电路的需要,引入了电流参考方向的概念,参考方向又叫假定正方向,简称正方向。

所谓正方向,就是在一段电路里,在电流两种可能的真实方向中,任意选择一个作为参考方向(即假定正方向)。当实际的电流方向与假定的正方向相同时,电流是正值;当实际的电流方向与假定正方向相反时,电流就是负值。

电流主要分为两类:一类为大小和方向均不随时间变化的电流为恒定电流,简称直流(简

写 DC),用大写字母 I 表示。另一类为大小和方向均随时间变化的电流为变化电流,用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示。其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交变电流,简称交流(简写 AC),也用 i 表示。

几种常见的电流波形如图 1-3 所示,图 1-3(a)为直流,图 1-3(b)、(c)为交流。

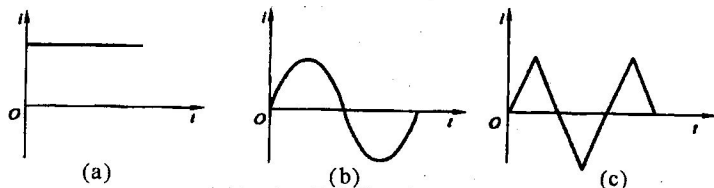


图 1-3 几种常见电流的波形

在分析电路时,对复杂电路由于无法确定电流的实际方向,或电流的实际方向在不断地变化,而引入了“参考方向”的概念。

参考方向是一个假想的电流方向。在分析电路前,需先任意规定未知电流的参考方向,并用实线箭头标于电路图上,如图 1-4 所示,图中方框表示一般二端元件。特别注意:图中实线箭头和电流符号 i 缺一不可。

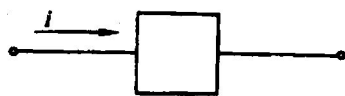


图 1-4 电流参考方向标注方法

若计算结果(或已知) $i > 0$,则电流的实际方向与电流的参考方向一致;若 $i < 0$,则电流的实际方向和电流的参考方向相反。这样,我们就可以在选定的参考方向下,根据电流的正负来确定某一时刻电流的实际方向。

二、电压、电位

从数值上看, AB 两点之间的电压是电场力把单位正电荷从 A 点移动到 B 点时所做的功;而电场中某点的电位等于电场力将单位正电荷自该点移动到参考点所做的功。比较电压和电位的概念可以看出,电场中某点的电位就是该点到参考点之间的电压,电位是电压的一个特殊形式。对于电位来说,参考点是至关重要的。在同一电路中,当选定不同的参考点,同一点的电位数值是不同的。

原则上说,参考点可以任意选定。在电工领域,通常选电路里的接地点为参考点,在电子电路里,常取机壳为参考点。

电压是电路中既有大小又有方向(极性)的基本物理量。直流电压用大写字母 U 表示,交流电压用小写字母 u 表示。电压的单位为伏特(V)。

电位在电路中任选一点为电位参考点,则某点到参考点的电压就称为这一点(相对于参考点)的电位。如 A 点的电位记作 V_A 。当选择 O 点为参考点时,则

$$V_A = U_{AO} \quad (1-1)$$

电压是针对电路中某两点而言的,与路径无关。所以有

$$U_{AB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

这样, A 、 B 两点间的电压,就等于该两点电位之差。所以,电压又称电位差。引入电位的概念之后,电压的实际方向是由高电位点指向低电位点。

在实际应用时,仅知道两点间的电压往往不够,由于实际使用的需要,要求我们引入电压的极性,即方向问题。

在分析电路时,也需对未知电压任意规定电压“参考方向”,其标注方法如图 1-5 所示。

其中,图 1-5(a)所示的标注方法中,参考方向是由 A 点指向 B 点;图 1-5(b)所示的标注方法,即参考极性标注法中,“+”号表示参考高电位端(正极),“-”号表示参考低电位端(负极);图 1-5(c)没有标注参考方向。在标注参考方向时,常用图 1-5(b)的标注方法。

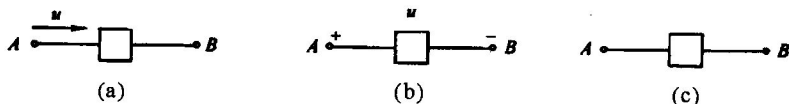


图 1-5 几种电压参考方向的标注方法

选定参考方向后,才能对电路进行分析计算。当 $u > 0$ 时,该电压的实际极性与所标的参考极性相同;当 $u < 0$ 时,该电压的实际极性与所标的参考极性相反。

例 1-1 在图 1-6 所示的电路中,方框泛指电路中的一般元件,试分别指出图中各电压的实际极性。

解 各电压的实际极性为

- (1) 图 1-6(a), A 点为高电位,因 $u = 24V > 0$,所标参考极性与实际极性相同。
- (2) 图 1-6(b), B 点为高电位,因 $u = -12V < 0$,所标参考极性与实际极性相反。
- (3) 图 1-6(c),不能确定,虽然 $u = 15V > 0$,但图中没有标出参考极性。

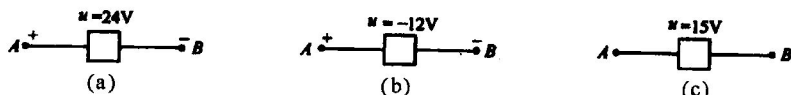


图 1-6

当元件上的电流参考方向是从电压的参考高电位指向参考低电位时,称为关联参考方向,反之称为非关联参考方向,如图 1-7 所示。



图 1-7 关联与非关联参考方向

(a) 关联参考方向; (b) 非关联参考方向

三、电功率

在物理学中,用电功率表示消耗电能的快慢,电功率用 P 表示,它的单位是 Watt,符号是 W。电流在单位时间内做的功叫做电功率。以灯泡为例,电功率越大,灯泡越亮。在电路分析中,通常用电流 i 与电压 u 的乘积来描述功率。

在 u, i 关联参考方向下,元件上吸收的功率定义为

$$P = ui \quad (1-3)$$

在 u, i 非关联参考方向下,元件上吸收的功率为

$$P = -ui \quad (1-4)$$

不论 u, i 是否是关联参考方向,若 $P > 0$,则该元件吸收(或消耗)功率;若 $P < 0$,则该元件发出(或供给)功率。

以上有关元件功率的讨论同样适用于一段电路。

例 1-2 试求图 1-8 电路中元件吸收的功率。

解

(1) 图 1-8(a), 所选 u, i 为关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = ui = 4 \times (-3) \text{ W} = -12 \text{ W}$$

此时元件吸收功率 -12 W , 即发出的功率为 12 W 。

(2) 图 1-8(b), 所选 u, i 为非关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = -ui = -(-5) \times 3 \text{ W} = 15 \text{ W}$$

此时元件吸收的功率为 15 W 。

(3) 图 1-8(c), 所选 u, i 为非关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = -ui = -4 \times 2 \text{ W} = -8 \text{ W}$$

此时元件发出的功率为 8 W 。

(4) 图 1-8(d), 所选 u, i 为关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = ui = (-6) \times (-5) \text{ W} = 30 \text{ W}$$

此时元件吸收的功率为 30 W 。

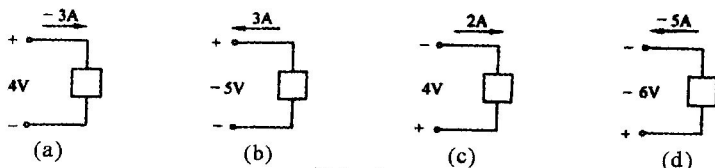


图 1-8

以上所涉及的电压、电流和功率的单位都是国际单位制(SI)的主单位,在实际应用中,还有辅助单位。辅助单位的部分常用词头见表 1-1。

表 1-1 部分常用的 SI 词头

词头名称		符 号	因 数
中 文	英 文		
皮	pico	p	10^{-12}
微	micro	μ	10^{-6}
毫	milli	m	10^{-3}
千	kilo	k	10^3
兆	mega	M	10^6

第三节 电路的基本元件

一、电阻

1. 电阻和电阻元件

导体对电流的阻碍作用就叫该导体的电阻。在物理学中,用电阻(resistance)来表示导体对电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大,表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体,电阻一般不同,电阻是导体本身的一种性质。导体的电阻通常用字母 R 表示,电阻的单位是欧

姆(ohm),简称欧,符号是 Ω 。比较大的单位有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)(兆=百万,即100万)。

电阻器简称电阻(Resistor,通常用“ R ”表示)是所有电子电路中使用最多的元件。电阻的主要物理特征是变电能为热能,也可说它是一个耗能元件,电流经过它就产生内能。电阻在电路中通常起分压分流的作用,对信号来说,交流与直流信号都可以通过电阻。

电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件的总称,如电炉、白炽灯、电阻器等。

2. 电导

表述导体导电性能的物理量。导体的电阻越小,电导就越大。电导是表征材料的导电能力的一个参数,用符号 G 表示。

$$G = 1/R \quad (1-5)$$

电导的单位是西门子(S),简称西。

3. 电阻元件上电压、电流关系

1827年德国科学家欧姆总结出:施加于电阻元件上的电压与通过它的电流成正比。图1-9所示电路, u 、 i 为关联参考方向,其伏安关系为

$$u = Ri \quad (1-6)$$

若 u 、 i 为非关联参考方向,则伏安关系为

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

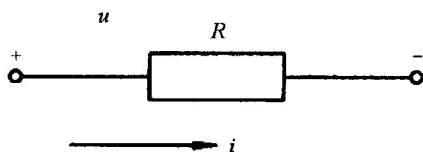


图 1-9 电阻元件的图形符号

在任何时刻,两端电压与其电流的关系都服从欧姆定律的电阻元件称为线性电阻元件。线性电阻元件的伏安特性是一条通过坐标原点的直线(R 是常数),如图1-10所示。非线性电阻元件的伏安特性是一条曲线,图1-11所示的曲线为二极管的伏安特性。

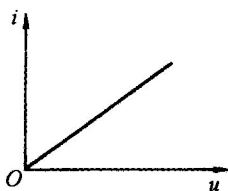


图 1-10 线性电阻元件的伏安特性

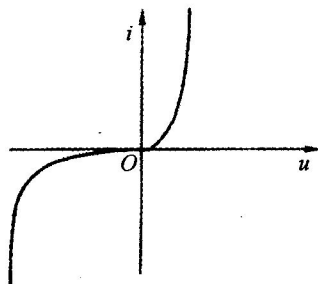


图 1-11 非线性电阻元件的伏安特性

对于接在电路 a 、 b 两点间的电阻 R 而言,若 $R=0$ 时,称 a 、 b 两点短路;若 $R \rightarrow \infty$ 时,称 a 、 b 两点开路。

4. 电阻元件上的功率

若 u 、 i 为关联参考方向,则电阻 R 上消耗的功率为

$$P = ui = (Ri)i = Ri^2 \quad (1-8)$$

若 u 、 i 为非关联参考方向,则

$$P = -ui = -(-Ri)i = Ri^2$$

可见, $P \geq 0$, 说明电阻总是消耗(吸收)功率, 而与其上的电流、电压极性无关。

例 1-3 电路如图 1-9 所示, 已知电阻 R 吸收功率为 3W , $i = -1\text{A}$ 。求电压 u 及电阻 R 的值。

解 由于 u 、 i 为关联参考方向, 由式(1-8)可得

$$P = ui = u(-1)\text{A} = 3\text{W}$$

$$u = -3\text{V}$$

所以, u 的实际方向与参考方向相反。

因 $P = Ri^2$, 故

$$R = \frac{P}{i^2} = \frac{3}{(-1)^2} \Omega = 3\Omega$$

二、电压源

电压源就是给定的电压, 随着负载增大, 电流增大, 理想状态下电压不变, 实际会在传送路径上消耗, 负载增大, 消耗增多。电压源是实际电源(如干电池、蓄电池等)的一种抽象。

电压源的内阻相对负载阻抗很小, 负载阻抗波动不会改变电压高低。在电压源回路中串联电阻才有意义, 并联在电压源的电阻因为它不能改变负载的电流, 也不能改变负载上的电压, 这个电阻在原理图上是多余的, 应删去。负载阻抗只有串联在电压源回路中才有意义, 与内阻是分压关系。

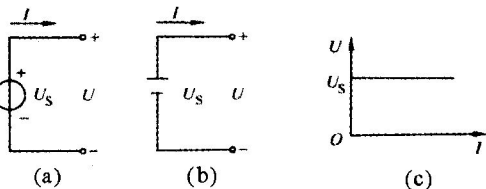


图 1-12 电压源的图形符号及其伏安特性

(a) 直流电压源符号; (b) 直流电压源符号; (c) 伏安特性

电压源是一个理想元件, 因为它能为外电路提供一定的能量, 所以又叫有源元件。理想电压源的端电压与它的电流无关, 其电压总保持为某一常数或为某一给定的时间函数。

本节内容仅涉及直流电压源(恒压源), 其端电压用符号 U_s 表示。电压源的图形符号及其伏安特性曲线如图 1-12 所示。其中, 图(a)中的“+”、“-”号是 U_s 的极性, 图(b)中的长线表示“+”极性, 短线表示“-”极性。

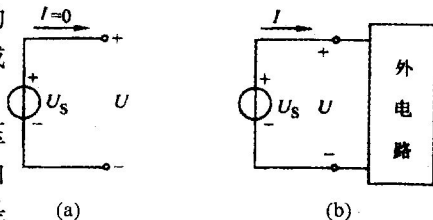


图 1-13 电压源与外电路的连接

(a) 电压源未接外电路(即开路); (b) 电压源接外电路

电压源的连接如图 1-13 所示。图 1-13 电路进

一步说明: 无论电源是否有电流输出, $U = U_s$, 与 I 无关; I 的大小由 U_s 及外电路共同决定。

三、电流源

电流源也是实际电源(如光电池)的一种抽象。电流源给定的电流, 此线路通电流为定值, 与负载阻值没有关系。电流源的内阻相对负载阻抗很大, 负载阻抗波动不会改变电流大小。在电流源回路中串联电阻无意义, 因为它不会改变负载的电流, 也不会改变负载上的电压。在原理图上这类电阻应简化掉。负载阻抗只有并联在电流源上才有意义, 与内阻是分流关系。

由于内阻等多方面的原因, 理想电流源在真实世界是不存在的, 但这样一个模型对于电路

分析是十分有价值的。实际上,如果一个电流源在电压变化时,电流的波动不明显,我们就假定它是一个理想电流源。

本节内容仅涉及直流电流源(恒流源),其输出电流用符号 I_s 表示。电流源的图形符号及其伏安特性曲线如图 1-14 所示。箭头所指方向为 I_s 的方向。

电流源具有如下两个特点:

- 电流源流出的电流,是恒定的,即 $I = I_s$,与其两端的电压 U 无关;
- 电流源的端电压取决于它所连接的外电路,是可以改变的。

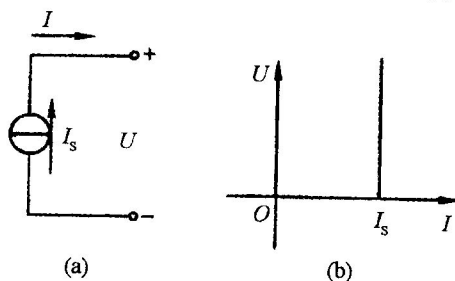


图 1-14 电流源的图形符号及其伏安特性

(a) 直流电流源图形符号; (b) 伏安特性

第四节 电阻的连接方式

实际电路中,常需要将多个电阻连接起来。一般分串联、并联和混联。

一、电阻的串联

几个电阻依次相连,使电流只有一条通路,称为电阻的串联。

它是电流依次通过每一个组成元件的电路,所以串联电路的基本特征是只有一条支路,如图 1-15 所示。

电阻串联电路的特点有:

- 总电压等于各电阻上电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n \quad (1-9)$$

- 通过每个电阻的电流相同,即流过 $R_1, R_2, \cdots, R_n$ 的电流相同,都等于 I ;

- 电路的等效电阻(总电阻)等于各电阻之和。将式(1-9)两边同除以 I ,有

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

- 每个电阻分得的电压与电阻成正比, $R_1, R_2, \cdots, R_n$ 两端的电压分别为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= IR_1 = \frac{R_1}{R} U \\ U_2 &= IR_2 = \frac{R_2}{R} U \\ &\vdots \\ U_n &= IR_n = \frac{R_n}{R} U \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

式(1-10)称为分压公式。由式可见,由于串联电路中各电阻上的电流相等,所以电阻越大,分得的电压也越大。

例 1-4 图 1-16 所示电路为输出电压 U_2 可调的电路。设输入电压 $U_1 = 24\text{V}$, $R_1 = R_2 = 0.3\text{k}\Omega$, R_p 可调电阻(电位器)的调节范围为 $0 \sim 5.1\text{k}\Omega$, 求输出电压 U_2 的调节范围。

解 R_1 、 R_p 、 R_2 构成串联电路,当 R_p 的滑动触点滑到最下端时, U_2 最小,即

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_p + R_2} U = \frac{0.3}{0.3 + 5.1 + 0.3} \times 24\text{V} = 1.26\text{V}$$

当 R_p 的滑动触头滑到最上端时, U_2 最大,即 $U_2 = \frac{R_2 + R_p}{R_1 + R_p + R_2} U = \frac{0.3 + 5.1}{0.3 + 5.1 + 0.3} \times 24\text{V} = 22.74\text{V}$

所以,输出电压 U_2 可在 $1.26 \sim 22.74\text{V}$ 范围内连续调节。

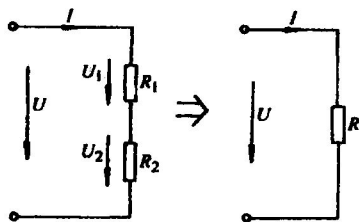


图 1-15 电阻串联电路

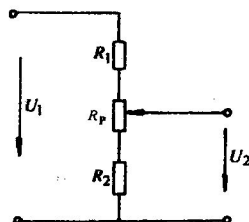


图 1-16

例 1-5 某万用表的表头内阻 $R_g = 2\text{k}\Omega$, 满量程偏转电流(以下简称满偏电流), $I_g = 50\mu\text{A}$, 现要构成 10V 、 250V 的双量程电压表, 如图 1-17 所示, 试求与表头串联的分压电阻 R_1 和 R_2 。

解 表头满量程电压为

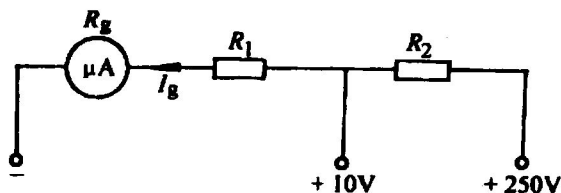


图 1-17

$$U_g = I_g R_g = 50 \times 10^{-6} \text{A} \times 2 \times 10^3 \Omega = 0.1\text{V}$$

量程为 10V 时, 分压电阻 R_1 上的电压 $U_1 = (10 - 0.1)\text{V} = 9.9\text{V}$, 则

$$R_1 = \frac{U_1}{I_g} = \frac{9.9\text{V}}{50 \times 10^{-6} \text{A}} = 198 \times 10^3 \Omega = 198\text{k}\Omega$$

量程为 250V 时, 分压电阻 R_2 上的电压 $U_2 = (250 - 10)\text{V} = 240\text{V}$, 则

$$R_2 = \frac{U_2}{I_g} = \frac{240\text{V}}{50 \times 10^{-6} \text{A}} = 4\,800 \times 10^3 \Omega = 4\,800\text{k}\Omega$$

在量程为 250V 时, 电压表的内阻 $R = R_2 + R_1 + R_g = (4\,800 + 198 + 2)\text{k}\Omega = 5\,000\text{k}\Omega = 5\text{M}\Omega$ 。由此可见, 电压表的内阻很大。显然电压表内阻越大, 电压表并联测量时, 对电路影响越小, 测量结果越准确。