



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

电工电子技术及应用

diangong dianzi jishu ji yingyong

■ 主编 刘 荣



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书依据中等职业教育非电类各专业教育改革方案的构想,在教育部最新制定的《中等职业电工电子技术课程教学基本要求》指导下编写而成。内容编写在保证必要的基本理论、基本分析方法及基本技能的基础上,增强了实际应用的教学内容,突出了理论与实际相结合、学以致用、学以致用的中职中专教学特点。

编写中以“保证基础、精选内容、注重应用、面向更新、培养能力、有利自学”为原则,其编写思路是:

- (1) 遵循教学规律,力求做到由浅入深,由易到难,循序渐进。
- (2) 根据电工技术内容广泛、实用性强的特点,了解在实际中的应用,以期达到学用结合的效果。
- (3) 每章配有大量习题,以巩固所学知识,便于学习过程中检查对照之用。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术及应用/刘荣主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8
ISBN 978 - 7 - 5640 - 2749 - 0

I. 电… II. 刘… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150326 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 / 11.25

字 数 / 288 千字

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

定 价 / 19.00 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

中职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



本书依据中等职业教育非电类各专业教育改革的构想，在教育部最新制定的《中等职业电工电子技术课程教学基本要求》指导下编写而成。内容编写在保证必要的基本理论、基本分析方法及基本技能的基础上，增强了实际应用的教学内容，突出了理论与实际相结合、学以致用、中职中专教学特点。

编写中以“保证基础、精选内容、注重应用、面向更新、培养能力、有利自学”为原则，其编写思路是：

- (1) 遵循教学规律，力求做到由浅入深，由易到难，循序渐进。
- (2) 根据电工技术内容广泛、实用性强的特点，了解在实际中的应用，以期达到学用结合的效果。
- (3) 每章配有大量习题，以巩固所学知识，便于学习过程中检查对照之用。

限于编者水平，且编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编者

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本知识	1
第二节 电路的两个基本定律	4
第三节 电源的工作状态	8
第四节 线性电路基本原理及电位计算	10
第二章 正弦交流电路	16
第一节 正弦量	16
第二节 正弦量的相量	19
第三节 电路元件的电压电流关系	23
第四节 RLC 串联电路	26
第五节 复阻抗的串联与并联	29
第六节 正弦交流电路的功率	30
第七节 电路中的谐振	33
第三章 三相交流电路	37
第一节 对称三相正弦量	37
第二节 三相电源和负载的连接	38
第三节 三相电路的计算	43
第四节 对称三相电路的功率	46

第四章 磁路与变压器	48
第一节 磁路的基本知识	48
第二节 变压器	52
第三节 几种常用变压器	55
第五章 常用电动机	60
第一节 三相异步电动机的结构和工作原理	60
第二节 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	64
第三节 三相异步电动机的启动、调速与制动	67
第四节 三相异步电动机的铭牌和技术数据	72
第五节 其他用途电动机	75
第六章 常用半导体元器件	80
第一节 半导体二极管	80
第二节 晶体管	84
第三节 场效应晶体管	90
第七章 基本放大电路	95
第一节 共射极放大电路	95
第二节 共集电极电路	103
第三节 多级放大电路	105
第四节 功率放大电路	107
第五节 差分放大电路	111
第八章 运算放大器及其应用	116
第一节 集成运算放大器	116
第二节 负反馈放大器	120
第三节 运算放大器的线性和非线性应用	126
第九章 直流稳压电源	134
第一节 直流稳压电源的组成及整流电路	134

第二节	直流稳压电路·····	138
第三节	滤波电路·····	140
第十章 数字电路·····		144
第一节	数字电路基础知识·····	144
第二节	逻辑门电路·····	148
第三节	触发器·····	153
第四节	计数器·····	157
第五节	译码及显示电路·····	161
第六节	数/模和模/数转换·····	164

直流电路



本章概述

在各个电技术领域，人们可以通过电路来完成各种任务。不同电路具有不同功能，例如，供电电路用来传输电能；整流电路可将交流电变成直流电；滤波电路可以“滤掉”附加在有用信号上的噪声，完成信息处理任务；计算机中的存储器电路能存储原始数据、中间结果和最终结果，具有存储功能等。电路种类繁多，其功能和分类方法也很多。然而，不论电路结构有多么不同，最复杂的和最简单的电路之间却有着最基本的共性，遵循着相同的规律。本章以最简单的直流电路为例讨论电路的基本概念、基本定律以及常用分析方法。



教学目标

1. 掌握电路的基本知识和两个定律。
2. 了解电源的工作状态。
3. 熟悉线性电路的基本原理及电位计算。

* * * * *

第一节 电路的基本知识

一、电路的组成

电路是电流的通路，它是为了某种需要由某些电气设备或元件按一定方式组合起来的。不管电路的具体形式如何变化，也不管有多么复杂，它都是由一些最基本的部件组成的。例如，在日常生活中最常用的手电筒电路就是一个最简单的电路，如图 1-1 所示。

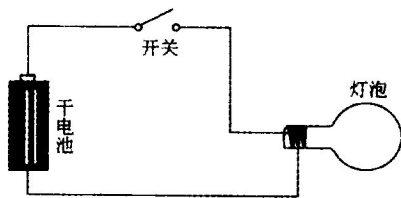


图 1-1 手电筒电路示意图

它的组成,体现了所有电路的共性。由图可以看出,组成电路的基本部件如下。

1. 电源

它是电路中电能的来源,如手电筒电路中的干电池。电源的功能是将其他形式的能量转换为电能。例如电池将化学能转换为电能,发电机将机械能转换成电能等。

2. 负载

用电设备叫负载,它将电能转换成其他形式的能量。例如,手电筒中的灯泡就是负载,它将电能转换为光能。其他用电设备,如电动机将电能转换为机械能,电阻炉将电能转换为热能等。在直流电路中,负载主要是电阻性负载,它的基本性质是当电流流过时呈现阻力,即有一定的电阻,并将电能转换为热能。

3. 中间环节

主要是指连接导线和控制电路通断的开关电器,以及保障安全用电的保护电器(如熔断器等)。它们将电源及负载连接起来,构成电流通路。

所有电路从本质上来说都是由以上三个部分组成的。因此,电源、负载、中间环节总称为组成电路的“三要素”。

二、电路中的基本物理量

用来表示电路状态的基本物理量有电压、电流、电功率等。

1. 电流

电流是带电粒子在外电场的作用下做有秩序的移动而形成的。电流的实际方向是客观存在的,习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。

在分析较复杂的直流电路时,往往事先难以判断某支路中电流的实际方向。对交流讲,其方向随时间而变,在电路图上也无法用一个箭标表示它的实际方向。因此,在分析和计算电路时,往往任意选定某一方向作为电流的参考方向或称为正方向。所选的参考方向并不一定与电流的实际方向一致。在参考方向选定之后,电流之值便有正、负之分。如图 1-2 所示,当电流的实际方向与其参考方向一致时,电流为正值;反之,当电流的实际方向与其参考方向相反时,电流则为负值。必须注意,不标出电流的参考方向,谈论电流的正负是没有意义的,必须养成在着手分析电路时先标出参考方向的习惯。

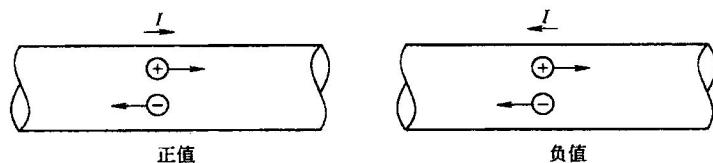


图 1-2 电流的参考方向

在国际单位制(SI)中,电流的单位是 A(安培),1s(秒)内通过导体横截面的电荷(量)为 1C(库仑)时,则电流为 1A。计量微小的电流时,以毫安(mA)或微安(μA)为单位, $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

2. 电压

电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功称为 a、b 两点之间的电压，用 U 或 u 表示。

电压又称为电位差，它总是和电路中的两个点有关，电压的方向规定为由高电位端（“+”极性）指向低电位端（“-”极性），即为电位降低的方向。

在电路中，同样往往难以事先判断元件两端电压的真实极性，因此，也要规定电压的参考方向，如图 1-3 所示，一旦参考极性选定之后，电压便有正、负之分，当算得的电压为正值，说明电压的真实极性与假定的参考极性相同；当算得的电压为负值，则说明电压的真实极性与参考极性相反。同样，不标出电压的参考极性，谈论其正负也是没有意义的。

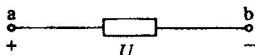


图 1-3 电压的参考极性

在国际单位制中，电压的单位是 V（伏特）。当电场力把 1C 的电荷量从一点移到另一点所做的功为 1J（焦耳）时，则该两点间的电压为 1V。计量微小的电压时，以 mV（毫伏）或 μV （微伏）为单位；计量高电压时，则以 kV（千伏）为单位。

如前所述，在分析电路时，电流和电压都要假设参考方向，而且可任意假定，互不相关。但是，为了分析方便，常常采用关联的参考方向，即把元件上电压和电流的参考方向取为一致，见图 1-4（a）。当然也可采用非关联参考方向，即使元件上电压和电流的参考方向互不相关，见图 1-4（b）。

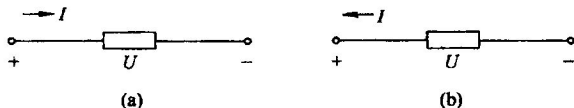


图 1-4 关联与非关联参考方向的表示

（a）关联参考方向的表示；（b）非关联参考方向的表示

3. 功率

电路的基本作用之一是实现能量的传递，用功率（power）来表示能量变化的速率，常用 P 或 p 来表示。

在直流情况下，当电压、电流为关联参考方向时

$$P = UI \quad (1-1)$$

此时，若算得的功率 $P > 0$ ，元件为吸收功率； $P < 0$ ，则为产生功率。

根据功率的正负便可判断电路中哪个元件是电源，哪个元件是负载。在关联参考方向下，若 $P < 0$ ，可断定该元件为电源；若 $P > 0$ ，可断定该元件为负载。

在国际单位制中，功率的单位是 W（瓦）或 kW（千瓦）。1s 内转换 1J 的能量，则功率为 1W。



实际电路和电路模型

组成电路的实际部件很多, 诸如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管以及各种电阻器和电容器等。它们在工作过程中都和电磁现象有关。例如一个白炽灯, 它除了消耗电能(电阻性)外, 当通过电流时, 它周围就要产生磁场, 因而又兼有电感的性质。用这些实际部件组成电路时, 如果不分主次, 把各种性质都考虑在内, 问题就非常复杂, 给分析电路带来很大困难, 甚至无法进行分析。

为了便于对实际电路进行分析, 必须在一定的条件下对实际部件加以理想化, 突出其主要的电磁特性, 而忽略其次要因素, 用一个足以表征其主要性质的模型(model)来表示它。这样, 实际电路就可近似地看做是由这些理想电路元件所组成的电路, 也可称作实际电路的电路模型。

各种理想元件都用一定的符号图形表示, 图 1-5 示出了三种基本理想元件的符号图形。

有了理想元件和电路模型的概念后, 便可将图 1-1 所示的实际手电筒电路抽象为图 1-6 所示的电路模型。今后, 所分析的都是指电路模型, 简称电路。

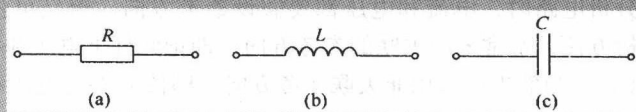


图 1-5 三种基本元件的符号图形

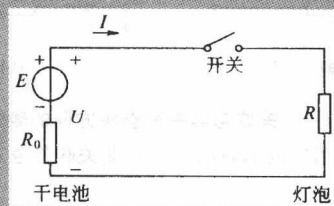


图 1-6 手电筒的电路模型

第二节 电路的两个基本定律

电路的基本定律阐明了一段或整个电路中各部分电压、电流等物理量之间的关系, 是分析与计算电路的理论基础和基本依据, 电路的基本定律主要包括欧姆定律及基尔霍夫定律。

一、欧姆定律

欧姆定律表明流过电阻的电流与其端电压成正比, 而与本身的阻值成反比。在图 1-7

(a) 所标定的关联参考方向下, 欧姆定律可表示成如下的形式

$$\frac{U}{I} = R \quad (1-2)$$

或

$$U = RI \quad (1-3)$$

式中, R 即为该段电路的电阻。

在国际单位制中, 电阻的单位是 Ω (欧姆)。当电路两端的电压为 1V, 通过的电流为 1A 时, 则该段电路的电阻为 1Ω 。计量高电阻时, 则以 $k\Omega$ (千欧) 或 $M\Omega$ (兆欧) 为单位。



对欧姆定律的几点说明

①当电压和电流取为非关联参考方向时, 见图 1-7 (b)、(c), 欧姆定律可表示成

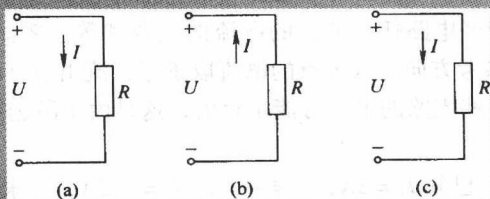


图 1-7 欧姆定律

$$U = -RI \quad (1-4)$$

②欧姆定律还可用电导参数表示成

$$I = GU \quad (1-5)$$

式中

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

电导 G 表示元件传导电流的能力, 其单位是 S (西门子)。

③欧姆定律只适用于线性电阻元件, 而不适用于非线性元件。

二、基尔霍夫定律

欧姆定律表明了电路中某一个局部的电压、电流关系。而基尔霍夫定律则是从电路的全局和整体上, 阐明了各部分电压、电流之间必须遵循的规律, 为了说明基尔霍夫定律的内容, 首先介绍有关的几个术语。

- 支路: 电路中的每一分支称为支路, 一条支路流过一个电流, 称为支路电流, 图 1-8 中共有三条支路。

- 节点: 电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点, 图 1-8 所示电路中共有两个节点 a 和 b。

- 回路: 由一条或多条支路组成的闭合路径称为回路, 图 1-8 中共有三个回路 abca, abda, adbca, 一个电路至少要有有一个回路。

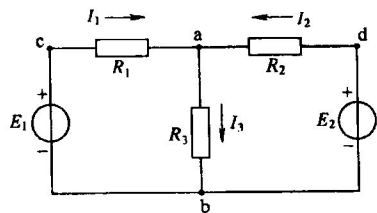


图 1-8 电路举例



• 基尔霍夫定律包括两条定律：基尔霍夫电流定律（KCL）和基尔霍夫电压定律（KVL）。

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律是有关节点电流的定律，用来确定连接在同一节点上的各支路电流之间的关系。其内容如下。

在任一瞬时，对电路中的任一节点而言，流入某节点的电流总和等于流出该节点的电流总和。在图 1-8 所示电路中，对节点 a，可以写出

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或改写成

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即

$$\sum I = 0$$

(1-6)

就是在任一瞬时，流经电路任一节点的电流的代数和等于零。在这里，对电流的“代数和”做这样的规定：参考方向流入节点的电流取正号，流出节点的电流取负号。

根据计算的结果，有些支路的电流可能是负值，这是由于所选定的电流的参考方向与实际方向相反所致。

例 1-1 在图 1-9 中，已知 $I_1 = 2\text{A}$ ， $I_2 = -3\text{A}$ ， $I_3 = -2\text{A}$ ，试求 I_4 。

解：应用 KCL，可列出下式

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

$$2 - (-3) + (-2) = I_4 = 0$$

得

$$I_4 = 3\text{A}$$

由本例可见，KCL 方程中有两套正负号， I 前面的正负号是由 KCL 方程根据电流的参考方向而确定的，括号内数字前面的正负号则表示电流数值的正负。

KCL 不仅适用于电路中某一节点，它可推广应用到包围部分电路的任一假设的闭合面。图 1-10 所示的闭合面包围的是一个三角形电路，它有三个节点，应用 KCL 方程可列出。

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

将上面三式相加，则有

$$I_A + I_B + I_C = 0 \text{ 或 } \sum I = 0$$

可见，在任一瞬时，通过任一闭合面的电流的代数和也恒等于零。

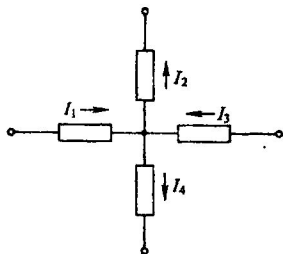


图 1-9 例题电路

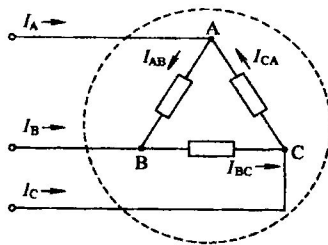


图 1-10 KCL 的推广应用

2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律应用于回路，它用来确定回路中各段电压之间的关系，其内容如下。在任一时刻，任一回路内所有支路电压的代数和恒等于零。KVL 的数学表示式为

$$\sum U = 0 \quad (1-7)$$

在列写 KVL 方程时，必须规定回路的绕行方向。规定沿该绕行方向电位降取正号，电位升取负号。

图 1-11 是某个电路中的一个闭合回路，各方块表示电路元件，参考方向已经标出。

若设顺时针方向为回路绕行方向（由 a 出发经 b、c、d 回到 a 点），于是 KVL 方程为

$$U_1 - U_2 - U_3 + U_4 = 0$$

若按逆时针绕行方向列写 KVL 方程，则有

$$-U_1 - U_4 - U_3 + U_2 = 0$$

应该说明，不论按何种绕行方向列写 KVL 方程，均不影响计算结果。

例 1-2 求图 1-12 中的 U_1 和 U_2 。已知 $U_3 = +20\text{V}$ ， $U_4 = -5\text{V}$ ， $U_5 = +5\text{V}$ ， $U_6 = +10\text{V}$ 。

解：由 abcda 回路列写 KVL 方程求 U_1 ，取顺时针为绕行方向，则有

$$U_1 - U_6 - U_5 + U_3 = 0$$

$$U_1 - (+10) - (+5) + (+20) = 0$$

$$U_1 = -5\text{V}$$

由 aebea 回路列写 KVL 方程求 U_2 ，取顺时针为绕行方向，可得

$$U_4 + U_2 - U_1 = 0$$

$$(-5) + U_2 - (-5) = 0$$

$$U_2 = 0$$

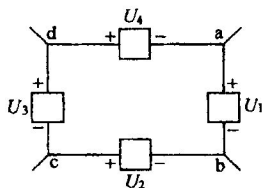


图 1-11 电路举例

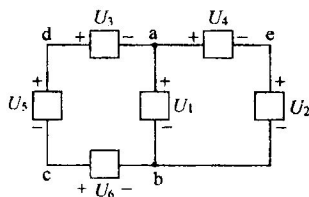


图 1-12 例 1-2 电路

由此例可知，列写 KVL 方程时同样涉及两套符号， U 前面的正负号是由 KVL 方程根据回路的绕行方向及电压参考极性而定的，括号内数字前面的正负号则表示电压数值的正负，它取决于各元件电压的真实极性与参考极性是否一致。

求 U_2 时也可选 ebcdae 回路，取顺时针绕行方向，则 KVL 方程为

$$U_2 - U_6 - U_5 + U_3 + U_4 = 0$$

$$U_2 - (+10) - (+5) + (+20) + (-5) = 0$$

$$U_2 = 0$$

这说明在计算电路中两点之间的电压降时与所选取的路径无关。

KVL 方程不仅仅适用于实在的闭合回路，而且也适用于假想的闭合回路，例如为了求图 1-13 中的 U ，可列出下

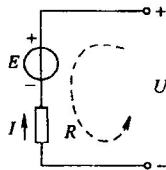


图 1-13 KVL 的推广应用

列方程。

$$E - RI - U = 0$$

$$U = E - RI$$

从这里应进一步认识到, KVL 方程的实质是考察各点电位的变化规律, 只要计算电位变化时是首尾相接, 即各段电压构成闭合路径就可以了, 不必一定要由具体支路构成封闭回路。

第三节 电源的工作状态

电源一般有三种可能的工作状态: 带载、开路和短路。

一、带载工作状态

将图 1-14 中的开关合上, 接通电源与负载, 这就是电源的带载工作状态。

下面讨论相关的几个问题。

1. 电压和电流

应用欧姆定律, 电路中的电流

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-8)$$

负载电阻两端的电压

$$U = RI$$

并由上两式可得出

$$U = E - R_0 I \quad (1-9)$$

由式 (1-9) 可知, 电源端电压小于电动势, 两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压降 $R_0 I$ 。电流愈大, 则电源端电压下降得愈多, 图 1-15 为电源的外特性曲线, 它表明了电源端电压 U 与输出电流 I 之间的关系, 其斜率与电源内阻 R_0 有关。当 $R_0 \ll R$ 时, 则

$$U \approx E \quad (1-10)$$

式 (1-10) 表明, 当电流 (负载) 变动时, 电源的端电压变动不大, 说明它带负载能力强。

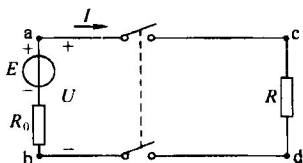


图 1-14 电源的带载工作状态

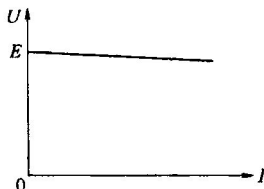


图 1-15 电源的外特性曲线

2. 功率与功率平衡

式 (1-9) 两边各项乘以 I , 则有

$$UI = EI - R_0 I^2 \quad (1-11)$$

即

$$P = P_E - \Delta P$$

式中 $P_E = EI$ ——电源产生的功率；

$\Delta P = R_0 I^2$ ——电源内阻上消耗的功率；

$P = UI$ ——电源输出的功率。



电气设备的额定值

各种电气设备的电压、电流及功率都有一个额定值，额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值。例如，一盏电灯的电压是220V，功率是60W，这就是它的额定值。

电气设备在实际运行时，应严格遵守各有关额定值的规定。大多数电气设备（例如电机、变压器等）的寿命与绝缘材料的耐热性及绝缘强度有关。当电流超过额定值过多时，由于发热过甚，绝缘材料将遭受损坏；当所加电压超过额定值过多时，绝缘材料也可能被击穿。反之，如果电压和电流远低于其额定值，不仅设备未能被充分利用，而且可能使设备工作不正常，严重时还可能损坏设备，例如电动机在低于额定电压值之下工作时就存在这种可能性，制造厂在制定产品的额定值时，全面考虑了使用的经济性、可靠性以及寿命等因素，因此，设备在额定值状态下运行时，利用得最充分、最经济合理。所以，使用电气设备时，应尽可能使其在额定状态下运行。

电气设备或元件的额定值常标在铭牌上或其他说明中，在使用时应予以充分考虑，额定电压、额定电流和额定功率分别用 U_N 、 I_N 和 P_N 来表示。

例 1-3 有一 220V，60W 的电灯，接在 220V 的电源上，试计算额定电流 I_N 和阻值 R ，如果每晚用电 3h（小时），问一个月消耗电能多少？

解：额定电流 $I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{60}{220} = 0.273 \text{ A}$

阻值 $R = \frac{U_N}{I_N} = \frac{220}{0.273} = 806 \Omega$

阻值也可用公式 $R = \frac{P_N}{I_N^2}$ 或 $R = \frac{U_N^2}{P_N}$ 计算

一个月用电

$$W = P_N t = 60(\text{W}) \times (3 \times 30)(\text{h}) = 5.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

二、开路（空载）状态

图 1-14 所示电路中，当开关断开时，电源则处于开路（空载）状态，见图 1-16。开路时外电路的电阻对电源来说等于无穷大，因此电路中电流为零。这时电源的端电压（称为开路电压或空载电压 U_0 ）等于电源电动势，电源不输出电能。

如上所述，电源开路时的特征可用下列各式表示。

$$\begin{aligned} I &= 0 \\ U &= U_0 = E \end{aligned} \quad (1-12)$$

$$P = 0$$