

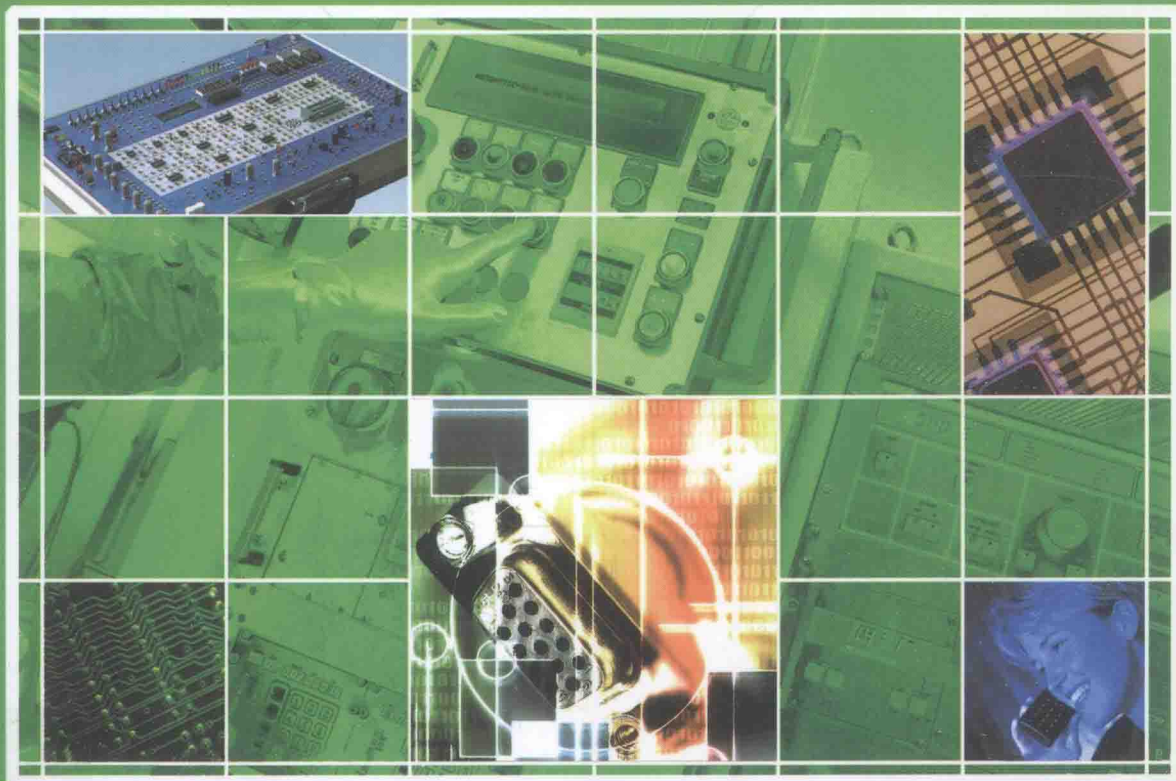
高职高专教育“十二五”规划教材

电工与电子技术项目化教程

DIANGONG YU DIANZI JISHU

XIANGMUHUA JIAOCHENG

主 编 晏明军 姚卫华

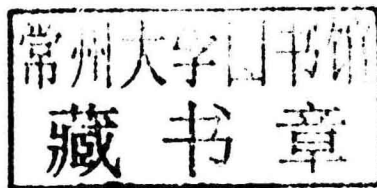


中国建材工业出版社

高职高专教育“十二五”规划教材

电工与电子技术 项目化教程

主 编 晏明军 姚卫华
副主编 杨自群 王锁庭 王明慧



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术项目化教程 / 晏明军, 姚卫华主编

—北京: 中国建材工业出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5160-0219-3

I. ①电… II. ①晏…②姚… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 149544 号

内 容 提 要

本书依据教育部最新制定的《高职高专教育电工与电子技术课程教学基本要求》编写而成, 全书在编排上分为九个项目。主要包括: 手电筒的设计与安装、照明电路设计与安装、三相异步电动机拆装与维修、CA6140 型车床电气线路的安装与维修、直流稳压电源的制作与调试、音频放大电路的制作与调试、集成音频放大电路的制作与调试、数码显示器的制作与调试、四路抢答器的制作与调试等。本书既有传统电工、电子经典的原理和分析方法, 又加强了与生产实践相贴近的内容, 便于学习。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校等院校非电类专业的公共基础课程的教学用书, 也可作为广大工程技术人员的参考用书。

电工与电子技术项目化教程

主 编: 晏明军 姚卫华

封面设计: 华盛英才

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 16.25

字 数: 385 千字

版 次: 2012 年 7 月第 1 版

印 次: 2012 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5160-0219-3

定 价: 35.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

电工与电子技术是一门非常重要的电气技术专业课，既有一定的理论性，又有很强的实用性。以往的教材大多注重理论性，没有很好地体现实用性，不能满足当前培养技能型、实用型人才的高等职业教育目标。为使教材更好地服务于教学，根据教育部制定的《高职高专教育电工与电子技术课程教学基本要求》并结合多年的教学经验编写了本书。

本书编写过程中，在保持系统性和完整性的基础上尽量压缩、简化理论上的推导过程，并力求达到概念阐述清楚、准确，条理清晰，结构合理，重点突出，通俗易懂，以适应高职高专学生的学习需求。

全书在编排上分为九个项目，主要内容包括：手电筒的设计与安装、照明电路设计与安装、三相异步电动机拆装与维修、CA6140 型车床电气线路的安装与维修、直流稳压电源的制作与调试、音频放大电路的制作与调试、集成音频放大电路的制作与调试、数码显示器的制作与调试、四路抢答器的制作与调试等。本书既有传统电工、电子经典的原理和分析方法，又加强了与生产实践相贴近的内容，便于学习。

本书可作为高职高专院校机电类专业、机械制造类专业、自动化类专业、电子信息类专业、设备维护类专业等的教材，也可作为应用型本科、成人教育、电视大学、函授学院、中职学校、培训班的教材以及企业工程技术人员的自学参考书。

本书在编写过程中，参考了大量文献资料，难以一一列举，谨在此对原作者表示诚挚的谢意。

由于编写时间紧迫，编者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，敬请各位专家、同行、读者批评指正，恳请专家和广大读者多提宝贵意见，以便在今后的重印或再版中改进和完善。

编 者

目 录

项目一 手电筒的设计与安装	1
任务一 电路模型及基本物理量	1
任务二 电路元件	5
任务三 直流电路的基本定律	9
项目二 照明电路设计与安装	18
任务一 正弦交流电基本知识	18
任务二 正弦电量的相量表示方法	21
任务三 功率与功率因数	26
任务四 照明灯具的安装规程	29
项目三 三相异步电动机拆装及维修	41
任务一 三相电路的基本知识	42
任务二 三相异步电动机的结构	48
任务三 三相异步电动机的原理	49
任务四 三相异步电动机的铭牌	52
任务五 三相异步电动机的选择	54
项目四 CA6140 型车床电气线路的安装与维修	75
任务一 CA6140 型车床结构及运动特点	75
任务二 常见的低压电器元件	76
任务三 电动机的基本控制电路	91
项目五 直流稳压电源的制作与调试	106
任务一 直流稳压电源	106
任务二 变压器	107
任务三 二极管	110
任务四 整流电路	116
任务五 滤波电路	119
任务六 集成稳压电路	120
任务七 电子焊接工艺	122
项目六 音频放大电路的制作与调试	135
任务一 放大电路概述	135
任务二 三极管	137
任务三 三极管放大电路	143
任务四 功率放大电路	152
项目七 集成音频放大电路的制作与调试	168

任务一 集成电路概述	168
任务二 集成运算放大器	169
任务三 集成运算放大器线性应用基本电路	172
项目八 数码显示器的制作与调试	186
任务一 数值与编码	186
任务二 逻辑代数及应用	190
任务三 基本逻辑门电路	197
任务四 组合逻辑电路	199
项目九 四路抢答器的制作与调试	215
任务一 触发器	215
任务二 寄存器	223
任务三 计数器	225
附录一 电子设备装接工国家职业标准	236
附录二 维修电工国家职业标准	246
附录三 电机装配工国家职业标准	256

项目一

手电筒的设计与安装



项目导入

现代人类生产与生活的各个领域，充满着各种各样的电气设备。这些电气设备尽管用途不同，性能各异，但几乎都是由各种基本电路组成的。本项目主要介绍手电筒的设计与安装。以此项目为例，介绍直流电路的基本知识。



项目目标

知识目标：

1. 理解电路与电路模型的概念，知道电路的组成及作用；
2. 正确应用电路的基本定律，深刻理解电流、电压参考方向（正方向）的意义；
3. 能对直流电路进行分析，正确计算电路的物理量。

能力目标：

1. 能拆装手电筒，能画出电路元件的模型；
2. 会正确使用各种电工仪表。

任务一 电路模型及基本物理量

任何一个电路，不论其具体用途和功能如何，也不论其复杂程度如何，都可以看成是由电源、负载和中间环节这 3 部分组成。通常把中间环节和负载称为外电路，而电源内的电流通路称为内电路。

电源：电源是把非电能转换成电能的装置。生产与生活实践中有各种不同类型的电源，如电池、蓄电池和发电机等。它们在电路中的作用是把其他形式的能（如化学能或机械能）转换为电能，并提供给电路中的负载。另外，把某种形式的电能转换成另一种形式电能的装置，例如，应用很广的直流稳压电源，就是把交流电转换成直流电，并在一定条件下保持输出电压稳定的装置，这类装置通常也称为电源。

负载：负载是取用电能的装置，其作用是把电能转换为其他形式的能（如机械能、热能和光能等）。通常在生产与生活中经常用到的电灯、电动机、电炉及扬声器等用电设备

都是电路中的负载。

中间环节：中间环节在电路中起着传递电能、分配电能和控制整个电路的作用。最简单的中间环节即开关和连接导线；一个实用电路的中间环节通常还有一些保护和检测装置；复杂的中间环节可以是由许多电路元件组成的网络系统。

通过以上对电路组成的研究及生产与生活中的实践经验，电路的功能可以归纳为以下两个方面。

1. 实现电能的传输和变换

这是电力工程要解决的主要问题，它包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明，以及交流电与直流电之间的整流和逆变等。由于电力工程中传输和变换电能的规模很大，因此，要尽可能地减少电能传输和变换过程中的损耗，以提高电能的利用效率。

2. 实现信号的传递和处理

在科学技术领域和现代化生产中，许多信号的传递和处理也是靠电路实现的。例如，生产过程的自动调节以及科学实验的自动测试装置中，需要对各种输入数据进行处理及对各种信号进行存贮和发送；在电信事业中对语言、文字、图像、音乐的广播与接收等。这些重要的任务都是由相应的电路来完成的。电路在实现信号的传递和处理中，虽然也有能量的消耗，但和电力工程相比，能量消耗的规模和数量都很小，更加注重准确地传递和处理信号，保证信号不失真。

一、电路的模型

把干电池和灯泡经过开关用导线连接起来，就构成了一个电路，如图 1-1 所示就是常见的手电筒电路。电路中的干电池是提供电能的，称为电源；灯泡是取用电能的，称为负载；而把电源和负载连接起来的开关及导线，是中间环节。

在电路的分析与计算中，总是使用特定的符号和图形把实际电路画成电路图。例如，图 1-1 的手电筒电路可以画成如图 1-2 所示的电路图。在电路图中，电源部分用电动势 E 和内阻 R_0 表示，而作为负载的灯泡则用一个电阻 R 表示。电动势 E 的方向在电源内部是从低电位（电源负极）指向高电位（电源正极），输出电压 U 的方向是从高电位指向低电位，而电流 I 的方向在外电路是从高电位通过负载流向低电位，在内电路是从低电位流向高电位。

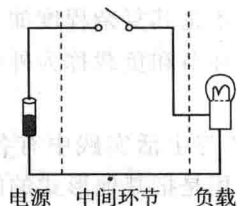


图 1-1 手电筒电路

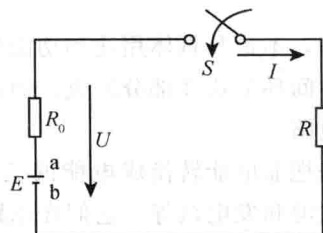


图 1-2 手电筒电路图

二、电路的基本物理量

从电路分析与计算的角度，引入电流与电压参考方向（正方向）的概念，对进一步掌

握电路的分析与计算是十分重要的。

(一) 电压、电流及其参考方向

电流强度是单位时间内通过导体单位横截面的电荷量。电流强度又常称为电流。则

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

电流强度的单位是 A (安培)。实际应用中, 大电流用 kA (千安培) 表示, 小电流用 mA (毫安培) 或 μA (微安培) 表示。

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向。因此, 在分析简单的直流电路时, 可以确定电流的实际方向是由电源的正极性端流出的。但在分析复杂的直流电路时, 对于某条支路电流的实际方向往往难于判断; 在交流电路中由于电流的方向是随时间变化的, 所以它的实际方向也就不能确定。为此, 在分析电流时可以先假定一个方向, 并称之为参考方向。电流的参考方向通常用带有箭头的线段表示, 箭头所指方向表示电流的流动方向。当电流的实际方向与参考方向一致时, 电流的数值就为正值 (即 $I > 0$), 如图 1-3 (a) 所示。图中带箭头的实线段为电流的参考方向, 虚线段为电流的实际方向 (下同)。反之, 当电流的实际方向与参考方向相反时, 则电流的数值为负值 (即 $I < 0$), 如图 1-3 (b) 所示。由此可知, 在参考方向选定之后, 电流就有了正值和负值之分了, 电流值的正负符号就反映了电流的实际方向。



图 1-3 电流的实际方向与参考方向的关系

设电路中 a、b 两点的电位分别为 U_a 、 U_b , 则 a、b 两点间的电位差定义为 a、b 两点间的电压, 记为 U_{ab} 。电压的单位是伏特 (V), 高电压可用千伏 (kV) 表示, 低电压可用毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 表示。

电压的方向规定为从高电位指向低电位, 在电路图中可用箭头来表示。在比较复杂的电路中, 往往不能事先知道电路中任意两点间的电压, 为了分析和计算的方便, 也采用任意选定电压参考方向的办法。先按选定的电压参考方向进行分析、计算, 再由计算结果中电压值的正负来判断电压的实际方向与任意选定的电压参考方向是否一致, 即电压值为正, 则实际方向与参考方向相同, 电压值为负, 则实际方向与参考方向相反。

参考方向是可以任意假定的, 通常有 3 种表示方法: ① 电流的参考方向习惯上采用带箭头的线段表示, 如图 1-3 中的实线所示; ② 电压和电动势的参考方向通常采用 “+” “-” 极性符号表示, 如图 1-4 所示;

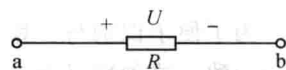


图 1-4 电压的表示方法

③ 采用双下标字母表示, 并规定由前一个字母指向后一个字母。例如, 电压 U_{ab} 表示电压的参考方向由 a 点指向 b 点, 即 a 为高电位端, b 为低电位端; 若电压参考方向选 b

点指向 a 点, 则应写成 U_{ba} , 两者仅差一个负号, 即 $U_{ba} = -U_{ab}$ 。

(二) 电位

电荷在电场中的不同位置所具有的能量 (位能) 是不同的。同样, 电荷在电路中的不同位置上, 也具有不同的能量, 把单位正电荷在电路中某一点所具有的电位能称为该点的电位。电位的数学表达式是

$$V_a = \frac{W_a}{Q} \quad (1-2)$$

式中 W_a ——电路中 a 点的电位能, 单位 J;

V_a ——电路中 a 点的电位, 单位 V;

Q ——电量, 单位 C。

电路中各点电位的高低是相对的, 如果没有一个共同的参考点做标准, 就无法确定电路中各点的电位, 也无从比较各点电位的高低。通常在分析电路时先选定一个参考点, 认为参考点的电位为零, 电路中其他各点的电位均与参考点 (零电位点) 相比较而定; 在生产实践中, 把地球作为零电位点, 凡是机壳接地的设备, 接地符号是 “⊥”, 机壳电位即为零电位。有些设备或装置, 机壳并不接地, 而是把许多元件的公共点作为零电位点, 用符号 “⊥” 表示。电路中, 凡是比参考点电位高的各点电位是正电位, 比参考点电位低的各点电位是负电位。

如图 1-5 所示, 以 c 点为参考点, 则 a、b、c 三点的电位分别是 $V_a = 9V$ 、 $V_b = 6V$ 、 $V_c = 0V$

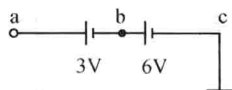


图 1-5 相对电位

(三) 电动势

电动势是衡量电源力做功能力的物理量。把单位正电荷从电源的低电位端经电源内部移到高电位端, 电源力克服电场力所做的功, 称为电源电动势 E 。电动势的单位是 V (伏特), 与电压相同, 但电动势与电压在物理意义上却有本质的区别。前者表示电源力做功的能力, 后者是电场力做功的能力; 电动势的方向是由低电位点指向高电位点, 电压的方向是从高电位点指向低电位点。

(四) 电功率

为了便于识别与计算, 对同一元件或同一段电路, 往往把它们的电流和电压参考方向选为一致, 这种情况称为关联参考方向。在分析计算电路时, 采用的多是关联参考方向。单位时间内电场力做功的多少定义为元件的功率。数学描述为

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1-3)$$

dW 是电路元件在时间 t 内吸收的能量, 在关联参考方向下 $dW = udq$, 代入上式则有

$$P = \frac{dW}{dt} = u \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-4)$$

可见, 电路元件上的功率等于元件电压与电流的乘积。

任务二 电路元件

理想电路元件简称电路元件。通常采用的电路基本元件有电阻元件、电感元件、电容元件、独立电源和受控电源等。前3种元件均不发出电能, 称为无源元件, 后两种元件是为电路发出电能的, 称为有源元件。除此之外, 元件还有线性和非线性之分, 线性元件的参数为常数, 与所施加的电压和电流无关。

一、电阻元件

电阻是用于反映电流热效应的电路元件。在实际交流电路中, 像白炽灯、电阻炉和电烙铁等, 均可看成是电阻元件。当电阻元件上的电压 u 与电流 i 取关联方向时, 通过电阻元件的电流与端电压成正比, 而与电阻 R 成反比, 这就是我们所熟悉的欧姆定律。在直流情况下, 欧姆定律表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

在交流电源作用时, 则欧姆定律可表示为 $i = \frac{u}{r}$, 满足欧姆定律的电阻为线性电阻, 故 R 是一个常数, 基本单位是 (欧姆), 常用单位还有 $k\Omega$ (千欧) 或 $M\Omega$ (兆欧) 等。它的电压和电流关系在直角坐标系上是一条通过原点的直线。

二、电感元件

电感是用于反映电流周围存在磁场, 能够储存和释放磁场能量的电路元件, 典型的电感元件是电阻为零的线圈。若线圈中无铁磁物质 (即空心), 称为线性线圈, 如图 1-6 所示

$$\text{其中} \quad u = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-6)$$

式 (1-6) 表明, 电感元件上任一瞬间的电压大小, 并不取决于这一瞬间电流的大小值, 而是与这一瞬间电流对时间的变化率成正比。如果电感元件中通过的是直流电流, 因电流的大小值不变化, 即 $di/dt = 0$, 那么电感上的电压就为零, 所以电感元件对直流可视为短路。

电感是一种储能元件。当通过电感的电流增加时, 电感元件就将电能转换为磁能并储存在磁场中; 当通过电感的电流减小时, 电感元件就将储存的磁能转换为电能释放给电源。因此, 在电感中的电流发生变化时, 它能够进行电能与磁能的互换, 如果忽略线圈导

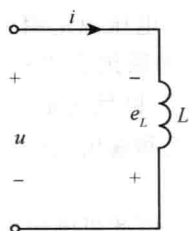


图 1-6 电感元件

线中电阻的影响,那么电感本身是不消耗电能量的。

三、电容元件

电容是用于反映带电导体周围存在电场,能够储存和释放电场能量的电路元件,简称为电容器。电容器种类很多,但从结构上都可看成是由中间夹有绝缘材料的两块金属极板构成的。它的符号及规定的电压和电流参考方向如图 1-7 所示。当电容接上交流电压 u 时,极板上的电荷也随之变化,电路中便出现了电荷的移动,形成电流 i 。若 u, i 为关联参考方向,则有

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-7)$$

式 (1-7) 表明,电容器的电流与电压对时间的变化率成正比。当电压恒定,即 $du/dt=0$ 时,电容上的电流为零。故电容器对直流可视作断路,称之为“隔直”作用,即不允许直流电流通过;对于交流,电容器会有电流通过,称之为“通交”作用。电容器也是一种储能元件。当两端的电压增加时,电容元件就将电能储存在电场中;当电压减小时,电容器就将储存的能量释放给电源。因此,电容器通过加在两端电压的变化来进行能量转换。如果忽略它的电阻和引线电感的影响,则电容器本身是不消耗电能量的。

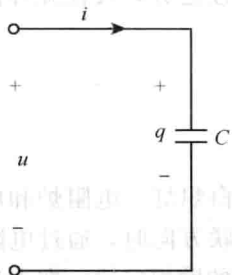


图 1-7 电容元件

四、电源元件

用于向电路发出电流(或电压)的装置,称为电源。电源的种类很多,能够向电路独立发出电压或电流的电源,称为独立电源,如化学电池、太阳能电池或发电机等。独立电源按其外部特性,分为电压源和电流源两种类型。

(一) 电压源

电压源是用于向外电路提供稳定电压的一种电源装置,电压源模型用电动势 E 和内阻 R_0 串联组合表示,如图 1-8 (a) 所示的虚线框部分,电动势的参考方向习惯上用“+”“-”极性表示。电压源两端接上负载 R 后,负载上就有电流 I 和电压 U ,分别称为输出电流和输出电压。在图 1-8 (a) 中,电压源的外特性方程为

$$U = E - IR_0 \quad (1-8)$$

由此可画出电压源的外部特性曲线,如图 1-8 (b) 所示的实线部分,它是一条具有一定斜率的直线段。其中,当负载断路(即 $R_L = \infty$)时,电路具有断路状态的特点,直线交于纵轴,即 $U = E, I = 0$;当负载被短路(即 $R_L = 0$)时,电路具有短路状态的特点,直线交于横轴,即 $I_{sc} = \frac{E}{R_0}, U = 0$;当 $0 < R_L < \infty$ 变化时,输出电压随输出电流的增加而降低,被降掉部分的电压就是内压降 IR_0 。

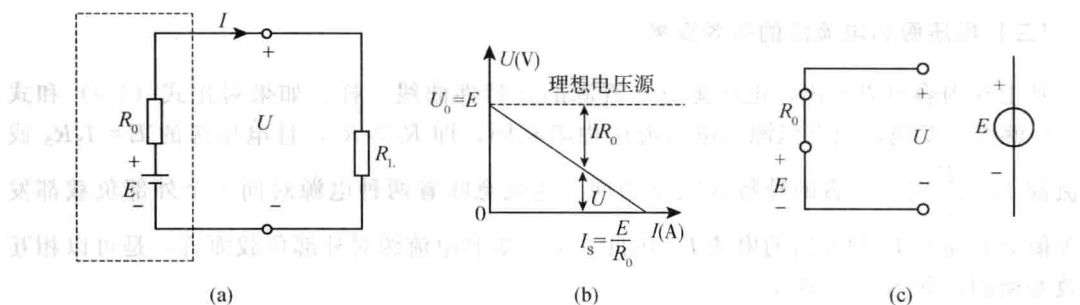


图 1-8 电压源模型及其外特性曲线

由此可见,若 R_0 愈小, U 随 I 的变化就愈平坦。当 $R_0 = 0$ 时, U 不再随 I 的改变而发生变化,恒等于电动势 E ,这种情况的电源称为理想电压源,简称恒压源。它的外部特性如图 1-8 (b) 所示的虚线部分,为一条平行于横轴的直线。理想电压源的模型如图 1-8 (c) 所示,其内阻 R_0 用短路线替代,表示 $R_0 = 0$ 。理想电压源实际上是不存在的,只是当实际的电压源内阻 $R_0 \ll R_L$ (负载电阻) 时,内压降可忽略不计,那么这种电压源就视为理想电压源。

(二) 电流源

电流源是用于向外电路提供稳定电流的一种电源装置,用电流 I (为恒定值) 和内阻 R_S 并联组合的模型表示,如图 1-9 (a) 所示的虚线框部分。它的外部特性方程可用以下公式计算

$$I = I_s - \frac{U}{R_s} \quad \text{或} \quad U = I_s R_s - I R_s \quad (1-9)$$

由此可画出电流源的外部特性曲线,如图 1-9 (b) 所示的实线部分。当 $R_L = \infty$ 时,电路处于断路状态,曲线交于纵轴,即 $U = I_s R_s$, $I = 0$; 当 $R_L = 0$ 时,电路处于短路状态,曲线交于横轴,即 $I = I_s$, $U = 0$; 当 $0 < R_L < \infty$ 变化时,输出电压同样随着电流的增加而降低。

若 $R_s = \infty$ 时, I 不再随 R_L 的变化而发生改变,而是恒等于电流值 I_s ,这种情况的电源称为理想电流源,简称为恒流源。它的符号如图 1-9 (c) 所示,其中内阻 R_s 用开路元件替代,外部特性是一条平行于纵轴的直线,如图 1-9 (b) 所示的虚线部分。理想电流源实际也是不存在的,只是当 $R_s \gg R_L$ 而忽略电源内阻的分流作用时,该电流源才被视为理想电流源。

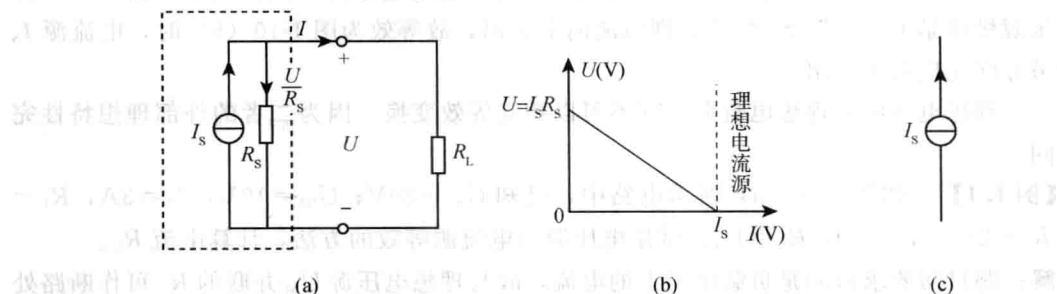


图 1-9 电流源模型及其外特性曲线

(三) 电压源和电流源的等效变换

从上述内容可以看出,电压源与电流源的外特性曲线一样。如果对比式(1-8)和式(1-9)就可以发现,当电压源与电流源的内阻相同,即 $R_0 \gg R_s$,且电压源的 $E = I_s R_s$ 或电流源 $I_s = \frac{E}{R_0}$ 时,二者的外特性完全相同。这就意味着两种电源对同一个外部负载都发出等值 S 的电压 U 和等值的电流 I 。因此,电压源和电流源对外部负载而言,是可以相互等效变换的,如图1-10所示。

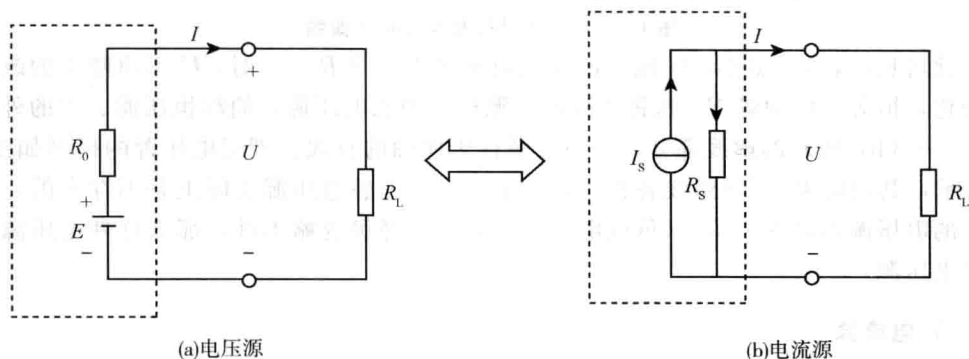


图 1-10 电压源与电流源的等效变换

若将图1-10(a)等效为图1-10(b)时,即电压源变换为电流源的计算公式为

$$I_s = \frac{U_s}{R_s}, R_s = R_0 \quad (1-10)$$

若将图1-10(b)等效为图1-10(a)时,即电流源变换为电压源的计算公式为

$$E = I_s R_s, R_0 = R_s \quad (1-11)$$

对一个复杂电路,将电压源与电流源进行等效变换,往往可以带来很大的方便。在对这两种电源进行等效变换时,应注意下列3个问题。

(1) 两种电源仅对外电路等效,等效前后的电源对外电路发出等值的电压和等值的电流(或等值功率),但电源本身并不等效。因此,在计算电源本身的参数时,需要返回到原电路求解才能得到正确结果。

(2) 电压源和电流源的参考方向在变换前后对外电路应保持一致。例如,图1-10(a)的电压源极性是上“+”下“-”,则电流向上流出,故等效为图1-10(b)时,电流源 I_s 的参考方向也应向上流出。

(3) 理想电压源和理想电流源之间不可以相互等效变换。因为二者的外部理想特性完全不同。

【例 1.1】 如图1-11(a)所示电路中,已知 $U_{S1} = 30\text{V}$; $U_{S2} = 10\text{V}$, $I_s = 3\text{A}$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_L = 1\Omega$ 。试用电压源与电流源等效的方法,计算电流 R_L 。

解: 题目要求解的是负载电阻上的电流,故与理想电压源 U_{S1} 并联的 R_2 可作断路处理;与理想电流源 I 串联的 R_3 可作短路处理。电路简化为如图1-11(b)所示。由于电压源 U_{S1} 和 U_{S2} 相串联,可以用一个电压源 U_s 和内阻 R_1 来替代,得出如图1-11(c)所示电

路；再将电压源支路（即 U_s 和 R_1 ）等效变换为电流源，得出如图 1-11（d）所示电路。再将两个电流源 I_1 和 I_s 合并为 I ，如图 1-11（e）所示电路。由此可得到

$$U_s = U_{s1} - U_{s2} = 30 - 10 = 20\text{V}$$

$$I_1 = \frac{U_s}{R_1} = \frac{20}{4} = 5\text{A}$$

$$I = I_1 - I_s = 5 - 3 = 2\text{A}$$

最后，应用电阻并联的分流公式，可求出 I_L 为

$$I_L = \frac{R_1}{R_1 + R_L} I = \frac{4}{4 + 1} \times 2 = 1.6\text{A}$$

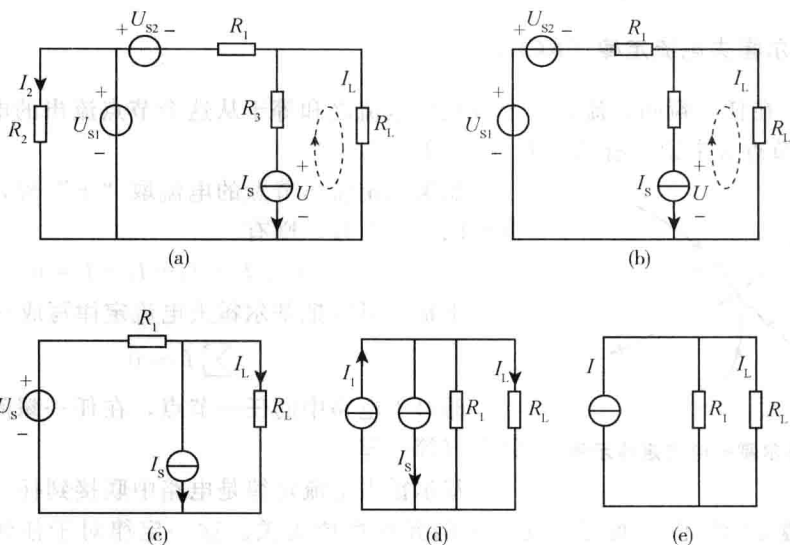


图 1-11 例 1.2 的电路

任务三 直流电路的基本定律

一、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路中电流和电压遵循的基本规律，是分析和计算电路的基础。在研究基尔霍夫定律之前，先介绍几个有关电路的名词。

(1) 节点。电路中，三条或三条以上导线的汇聚点称为节点。如图 1-12 所示的 b, e 两点。

(2) 支路。任意两个节点之间无分叉的分支电路称为支路。如图 1-12 所示的 bafe, be, bcde 三条支路。

(3) 回路。电路中任一闭合路径称为回路。如图 1-12 所示的 abefa, bcdeb, abcdefa 都是回路。

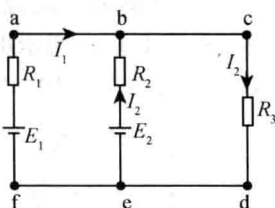


图 1-12 支路、回路、网孔、节点

(4) 网孔。不包围任何支路的单孔回路称为网孔。图 1-15 所示的 abefa 和 bcdeb 都是网孔，而 abcdefa 不是网孔。

(一) 基尔霍夫电流定律 (KCL)

电路中，在任一瞬间，流入一个节点的电流之和等于从这个节点流出的电流之和。对于图 1-13 的节点 a 来说，有 $I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4$

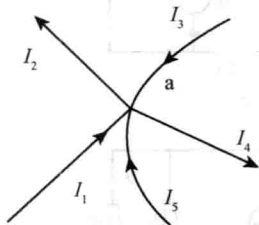


图 1-13 基尔霍夫电流定律示例

如果规定流出节点的电流取“+”号，流入节点的电流取“-”号，则有

$$-I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

于是，可以把基尔霍夫电流定律写成一般形式

$$\sum I = 0 \quad (1-12)$$

即对于电路中的任一节点，在任一瞬间，电流的代数和恒等于零。

基尔霍夫电流定律是电路中联接到任一节点的各支路电流必须遵守的约束，而与各支路上的元件性质无关。这一定律对于任何电路都普遍适用。

(二) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

在任一瞬间，对于电路中任一闭合回路，各部分电压的代数和恒等于零，即

$$\sum U = 0 \quad (1-13)$$

如图 1-14 所示的闭合回路中，沿 abcdea 顺序绕行一周，则有

$$U_1 - U_2 + U_3 - U_4 + U_5 = 0$$

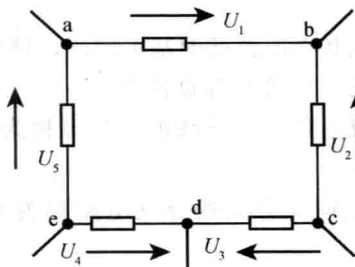


图 1-14 基尔霍夫电压定律示例

各部分电压的正负号规定如下：按绕行方向（即为电压降的方向）经过一个电压时，该电压的方向与绕行方向一致，电压前取正号“+”，否则，取负号“-”。

基尔霍夫电压定律实际上反映了电路中任意两点间的电压与路径无关这一基本性质。

图 1-14 中 a、d 两点的电压 U_{ad} ，按路径 abcd 计算应为： $U_{ad}=U_1-U_2+U_3$ ；

如果沿路径 aed 计算则为： $U_{ad}=-U_5+U_4$ 。

基尔霍夫电压定律是电路中任一闭合回路内各支路电压必须遵守的约束，与各支路元件的性质无关。这一定律对于任何电路也是普遍适用的。

【例 1.2】 如图 1-15 所示电路中，已知 $E_1=3V$ ， $E_2=2V$ ， $E_3=5V$ ， $R_2=1\Omega$ ， $R_3=4\Omega$ ，求各支路电流。

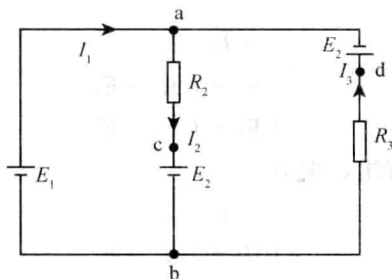


图 1-15 例 1.2 的电路

解：首先选定各支路电流的参考方向，并用箭头标注在电路中。沿回路 $R_1R_2E_2$ 方向绕行一周，根据 KVL 列出方程：

$$R_2 I_2 = E_1 - E_2 \text{ 可得 } I_2 = 1A$$

沿回路 $E_3E_1R_3$ 方向绕行一周，根据 KVL 列出方程：

$$-R_3 I_3 = E_3 + E_1 \text{ 可得 } I_3 = -2A$$

根据 KCL 对 a 点可列出方程：

$$-I_1 + I_2 - I_3 = 0 \text{ 可得 } I_1 = 3A$$

二、支路电流法

支路电流法，就是以各支路电流为变量，应用基尔霍夫定律（KCL、KVL）求解复杂电路的分析方法。具体步骤如下：

(1) 在电路图中标出各支路电流及电压（电动势）的参考方向。

(2) 根据 KCL 列出节点电流方程组。若电路有 n 个节点，可建立 $(n-1)$ 个独立方程式。

(3) 根据 KVL 列出回路的电压方程组。若电路有 b 个网孔，则可建立 b 个独立方程式。

(4) 联立 $(n-1)$ 个电流方程式和 b 个电压方程式，就可以求解各支路电流。

(5) 根据欧姆定律或功率计算公式，可求解各支路电压和电路功率。

【例 1.3】 如图 1-16 所示电路中，已知 $E_1=90V$ ， $E_2=40V$ ， $R_1=10\Omega$ ， $R_2=20\Omega$ ， $R_3=30\Omega$ 。试求支路电流 I_1 ， I_2 和 I_3 。