



全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JIAOYU JINENGXING JINQUE RENCAI PEIYANG PEIXUN TUIJIAN JIAOCAI

建筑设备工程技术专业

电工与电子技术基础

DIANGONG YU DIANZI JISHU JICHU

本教材编审委员会组织编写

裴 涛 主编

中国建筑工业出版社

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

电工与电子技术基础

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

裴 涛 主 编
韩俊玲 王庆良 副主编
刘春泽 主 审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术基础/裴涛主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材. 建筑设备工程技术专业

ISBN 7-112-07153-4

I. 电... II. 裴... 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: 技术学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 067491 号

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

电工与电子技术基础

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

裴 涛 主 编

韩俊玲 王庆良 副主编

刘春泽 主 审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 414 千字

2005 年 8 月第一版 2006 年 2 月第二次印刷

印数: 2001—3500 册 定价: 24.00 元

ISBN 7-112-07153-4

TU·6388 (13107)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是建筑设备工程技术专业的基础课程教材，主要介绍的内容是电工与电子技术的基础理论和基本应用。

本书综合了电工、电子技术和晶闸管变流技术的有关知识，针对目前二年制高等职业教育教学需要，并吸取了多方的意见和建议编写而成。编写过程中彻底打破了原来教材按章节编写的体例，以单元和课题的形式组织教材内容，突出实践教学环节，体现了内容的先进性、实用性和可操作性，便于案例教学，更加适合高职教学需要。

本书主要内容有：电工学基础知识，正弦交流电路，变压器与电动机，常用的电工工具和电工材料，建筑防雷与安全用电，电子技术基础，电力电子技术等。

* * *

本书在使用过程中有何意见和建议，请与我社教材中心（jiaocai@china-abp.com.cn）联系。

责任编辑：齐庆梅

责任设计：郑秋菊

责任校对：刘 梅 张 虹

本教材编审委员会名单

主 任：张其光

副主任：陈 付 刘春泽 沈元勤

委 员：（按拼音排序）

陈宏振	丁维华	贺俊杰	黄 河	蒋志良	李国斌
李 越	刘复欣	刘 玲	裴 涛	邱海霞	苏德全
孙景芝	王根虎	王 丽	吴伯英	邢玉林	杨 超
余 宁	张毅敏	郑发泰			

序

改革开放以来，我国建筑业蓬勃发展，已成为国民经济的支柱产业。随着城市化进程的加快、建筑领域的科技进步、市场竞争的日趋激烈，急需大批建筑技术人才。人才紧缺已成为制约建筑业全面协调可持续发展的严重障碍。

面对我国建筑业发展的新形势，为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神，2004年10月，教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》，确定在建筑施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化等四个专业领域实施技能型紧缺人才培养培训工程，全国有71所高等职业技术学院、94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地，通过构建校企合作培养培训人才的机制，优化教学与实训过程，探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施，充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业院校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业一线迫切需要的高技能人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学急需，中国建筑工业出版社在跟踪“高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”编审过程中，广泛征求有关专家对配套教材建设的意见，组织了一大批具有丰富实践经验和教学经验的专家和骨干教师，编写了高等职业教育技能型紧缺人才培养培训“建筑工程技术”、“建筑装饰工程技术”、“建筑设备工程技术”、“楼宇智能化工程技术”4个专业的系列教材。我们希望这4个专业的系列教材对有关院校实施技能型紧缺人才的培养培训具有一定的指导作用。同时，也希望各院校在实施技能型紧缺人才培养培训工作中，有何意见和建议及时反馈给我们。

建设部人事教育司

2005年5月30日

前 言

本书是建筑设备工程技术专业的基础课程之一。主要介绍的内容是电工与电子技术的基础理论和基本应用。

本书综合了电工、电子技术和晶闸管变流技术的有关知识，针对目前二年制高等职业教育需要，并吸取了多方的意见和建议编写而成。编写过程中彻底打破了原来教材按章节编写的体例，以单元和课题的形式组织教材内容，突出实践教学环节，体现了内容的先进性、实用性和可操作性，便于案例教学，更加适合高职教学需要。

本书共分七个单元，裴涛任主编，韩俊玲、王庆良任副主编，刘春泽任主审。其中第一、二单元由沈阳建筑大学职业技术学院裴涛编写，第三单元由沈阳建筑大学职业技术学院王庆良编写，第四、五单元由沈阳建筑大学职业技术学院韩俊玲编写，第六单元由沈阳建筑大学职业技术学院毛金玲编写，第七单元由沈阳建筑大学职业技术学院张铁东、范蕴秋编写。

在本书编写过程中，沈阳建筑大学职业技术学院的刘春泽教授提出了许多宝贵的意见和建议，并以高度负责的态度，在百忙之中对书稿进行审查，同时得到中国建筑工业出版社有关同志的大力支持，在这里一并表示感谢。

由于编者时间仓促，水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

单元1 电工学基础知识	1
课题1 直流电路	1
课题2 基本定律	6
实验 电阻串联、并联实验	11
思考题与习题	12
单元2 正弦交流电路	14
课题1 单相正弦交流电	14
课题2 三相交流电路	33
实验一 荧光灯电路的安装及其功率因数的提高	45
实验二 三相交流电路中功率的测量	46
思考题与习题	47
单元3 变压器与电动机	49
课题1 变压器	49
课题2 三相异步电动机	63
实验一 焊接操作实习训练	85
实验二 三相异步电动机拆装和清洗	89
思考题与习题	91
单元4 常用的电工工具和电工材料	93
课题1 常用的电工工具	93
课题2 常用的电工仪表	105
课题3 常用的电工材料	120
实验一 电工基本操作实习	139
实验二 常用电工仪表的使用练习	139
思考题与习题	141
单元5 建筑防雷与安全用电	142
课题1 建筑防雷	142
课题2 触电与急救知识	150
课题3 低压配电系统的接地与接零保护	157
实验 触电急救实训练习	171
思考题与习题	172
单元6 电子技术基础	174
课题1 电子技术基础知识	174
课题2 基本放大电路	186
课题3 其他基本放大电路	202
实验一 半导体二极管的识别与测试	209
实验二 分压偏置共发射极放大器	213

思考题与习题	214
单元7 电力电子技术	216
课题1 晶闸管的结构及工作原理	216
课题2 可控整流电路	224
实验 晶闸管的简易测试及其导通、关断条件	259
思考题与习题	261
参考文献	264

单元 1 电工学基础知识

知识点：交直流电路中基本电学量、基本定律及其分析方法。

教学目标：通过本单元的学习，使学生了解电路模型，理解电压和电流参考方向的意义；理解基尔霍夫定律，学会应用基尔霍夫定律求解电路中电压、电流；了解叠加定理；了解电功率和定额值的意义。

本单元主要介绍直流电路，单相、三相交流电路的基本电学量、基本定律及其分析方法，这些内容是电工学的重要理论基础，也是以后学习变压器、电动机、电子技术等各种电路、器的工作原理和分析计算的基础。从理论上讲，直流电路要比交流电路简单得多，而在实际应用中，如实现电能和其他能量的转换、供配电过程等，交流会给我们带来极大的方便，且具有较高的经济效益。直流电路的理论在物理学中已经讨论过，在本单元中研究电路运行规律时，将以交流电路为主。

课题 1 直 流 电 路

1.1 基 本 概 念

1.1.1 电路的组成

电路就是电流的通路。电路通常由电源、负载和中间环节三部分组成。如图 1-1 (a) 所示，电路是由一干电池、灯泡、刀开关和连接导线组成的。当开关闭合时，电路中就有电流流过，灯泡发光。

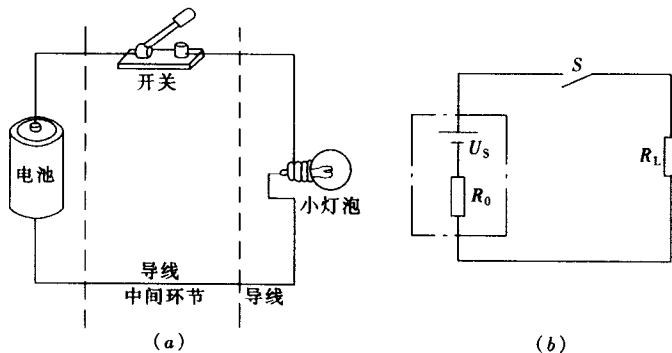


图 1-1 电路

(a) 电路的组成；(b) 电路模型

由此可知，要构成一电路，至少需要三部分：

(1) 电源

电源是指电路中供给电能的设备。它将非电能转换成电能，如干电池和蓄电池将化学能转换成电能；发电机将热能、水能、核能等转换成电能，它们是推动电路中电流流动的原动力。常用的电源有电池、发电机、整流电源、变频电源等。

(2) 负载

负载是取用电能的设备和器件。它的作用是将电能转换成其他形式的能量。如电灯将电能转换成光能，电炉将电能转换成热能，电动机将电能转换成机械能等。常见的负载有电灯、电炉、扬声器、电动机等。

(3) 中间环节

中间环节主要包括连接导线和一些控制电器，它们将电源和负载连接成一个闭合的回路。它们是起传送、分配和控制的作用。例如导线、开关、熔断器等。

电源、负载和中间环节构成一个完整的电路。对电路而言，把电源内部的电流通路称为内电路，把负载和中间环节构成的电流通路称为外电路。

电路有两个主要功能：其一是电力电路，用于实现电能的传送、转换和分配。如图 1-2 所示，发电机将机械能转换成电能，再通过升压变压器和降压变压器，输配电线路将电能送到用户负载，负载又将电能转换成机械能、光能、热能等其他形式的能量。

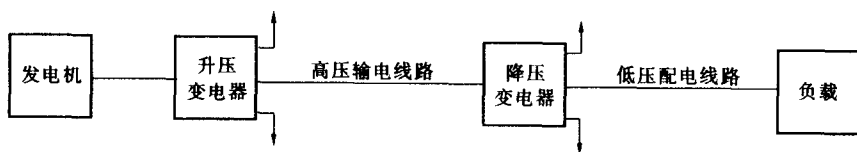


图 1-2 电力系统示意图

其二是信息电路，用于实现信息的传递、处理和转换。如电话、电视、广播等系统，如图 1-3 所示。这类电路的作用是将输入信号（如声音信号、图像信号）进行处理，放大后送到负载，负载将信号还原成声音、图像信号。

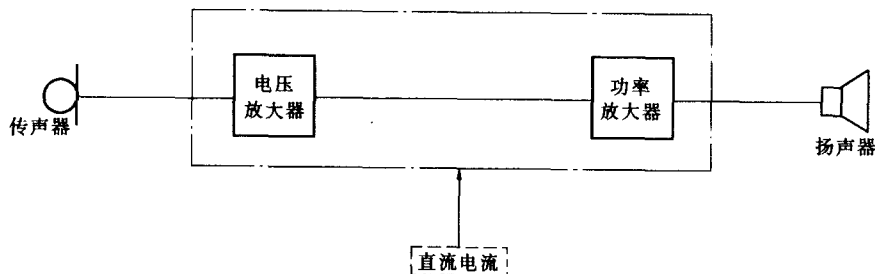


图 1-3 广播系统示意图

在电工技术中，为了分析问题方便，可以将实际器件抽象成理想化的模型，用国家统一规定的图形符号来表示各种理想的电路元件，将实际电路用电路模型来表示，如图 1-1 (b) 所示。其中 U_S (或用 E 表示) 为理想电压源又称电压源，点划线框内为一个实际电源的含内阻电压源模型。内阻为 R_0 ，负载电阻用 R_L 来表示。

1.1.2 基本物理量

(1) 电流

电路中的电流是电荷有规律地做定向运动形成的。电流强度（工程上简称电流），在数值上等于单位时间内通过导体某一截面的电荷量。当在极短的时间 dt 内通过导体横截面的电荷量为 dq 时，则瞬时通过该导体的电流为

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

式中 dt ——时间，单位为秒（s）；

dq ——通过导体截面的电荷量，单位为库仑（C）；

i ——电流值，单位为安培（A）。

上式表示电流是随时间变化的，是时间的函数。

通常规定正电荷的移动方向为作为电流的正方向。所以自由电子移动时形成的电流，其方向与正电荷移动的方向相反。

大小和方向都不随时间变化的电流称为直流电，简称直流（DC），电流强度用符号 I 来表示。直流电流强度 I 与电荷量 Q 的关系为

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

在国际单位制中，电流强度的单位为安培（A），简称安，即每秒内通过导体截面的电量为1库仑（C）时，则电流为1A。电流较小的单位是毫安（mA）和微安（ μA ），它们的关系为：

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

我们把大小和方向都随时间周期性变化，且在一周期内平均值为零的电流称为交流电，简称交流（AC），日常生活中使用的电流就是正弦交流电。

在分析和计算电流时，开始往往难以判断电路中电流的实际方向，通常可以先任意选定某一方向作为电流的正方向（称为参考方向），把电流看成代数量进行计算。如果计算后电流值为正值，说明电流的实际方向与参考方向相同，反之，电流值为负值，则该电流的实际方向与参考方向相反。

(2) 电位与电压

电荷在电场或电路中具有一定的能量，电场力将单位正电荷从某一点沿任意路径移到参考点所做的功称为该点的电位或电势。电路中某两点间的电位差称为电压，例如 A 、 B 两点的电位分别为 V_A 、 V_B ，则两点之间的电压为： $U_{AB} = V_A - V_B$ 。电位与电压的单位是伏特（V），简称伏。电场力将1库仑（C）正电荷从 A 点移到 B 点所做的功为1焦耳（J）时， A 、 B 两点之间的电压为1V。电压的单位还有毫伏（mV）和微伏（ μV ）及千伏（kV）。

在电子电路中，常要计算某点的电位，进行电位计算时，首先要选好参考点，即零电位。计算电路中某一点的电位，实际就是计算该点与参考点之间的电位之差。而电路中参考点的选择是任意的，一旦参考点确定后，不可更改。当选定的参考点不同，则各点的电位也不同，但任意两点之间的电位差不变。

参考点常用接地符号“ $\perp$ ”表示。电力系统中“ $\perp$ ”表示接大地，电子电路中“ $\perp$ ”表示接机壳。

(3) 电动势

从电源的外电路看, 正电荷在电场力的作用下, 从高电位向低电位移动, 形成了电流, 即电源使电荷移动做功。为了使电流维持下去, 电源必须依靠其他非电场力(如电池的化学能), 把正电荷从电源的低电位端(负极)移向高电位端(正极)。将单位正电荷从电源的负极移到电源的正极所做的功, 称为电源的电动势, 用符号 U_S 表示, 电动势的单位也是伏特(V)。

电动势是衡量电源做功能力的一个物理量, 这和前面讲述的电压是衡量电场力做功的能力是相似的。它们的区别在于电场力能够在外电路中把正电荷从高电位端(正极)移向低电位端(负极), 电压的正方向规定为自高电位端指向低电位端, 是电位降低的方向; 而电动势能把电源内部的正电荷从低电位端(负极)移向高电位端(正极), 电动势的正方向规定为在电源内部自低电位指向高电位端, 也就是电位升高的方向。

(4) 电功率

单位时间内电路元件吸收或输出的电能称为电功率, 简称功率, 用 P 表示。即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-3)$$

由于电压 U 等于电场力将单位正电荷从高电位端移向低电位端所做的功 ($U_{ab} = W/t$), 电流 I 等于单位时间内在电场力的作用下, 通过导体截面的电荷量 ($I = q/t$), 所以, 电功率也是电压与电流的乘积, 电功率的单位为瓦特, 简称瓦(W), 即

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

在电气系统中, 电功率以千瓦(kW)为单位。

在电路中, 当电源向电路提供电能, 即产生功率时, 起电源作用; 当电源在电路中消耗电能, 即吸收功率时, 起负载作用。

在选定参考方向以后, 计算出的电流 $I < 0$ 时, 则 $P = U_S I < 0$, 吸收功率; 当 $I > 0$, 则 $P = U_S I > 0$, 释放功率。

1.2 电路的三种状态

电路有三种工作状态, 即有载、开路和短路状态。

1.2.1 有载状态

将图 1-4 所示电路的开关 S 闭合, 电源与负载接通, 电路处于有载状态, 电路中的电流为

$$I = \frac{U_S}{R_o + R_L} \quad (1-4)$$

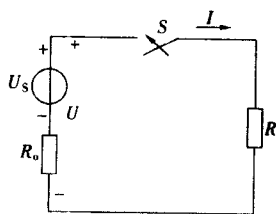


图 1-4 有载状态

式中, U_S 为电源电动势; R_o 为电源内阻, 通常 R_o 很小; R_L 为负载电阻。负载的端电压为

$$U_L = IR_L = U_S - IR_o \quad (1-5)$$

上式表明, 负载的端电压 U_L 等于电源电动势减去电源内阻电压降 IR_o 。负载端电压恒小于电源电动势, 电流 I 越大, IR_o 越大, U_L 下降越多。负载消耗的功率 P 为

$$P = U_S I - R_o I^2 \quad (1-6)$$

上式表明, 理想电压源产生的功率 $U_S I$ 减去电源内阻消耗的功率 $\Delta P (= I^2 R_o)$, 等于提供给外电路的功率, 即负载消耗的功率 UI 。电路的有载状态可分为满载、过载和轻载三种状态。满载时, 负载两端电压、电流和所消耗的功率都为额定值, 负载工作于正常状态。在实际应用中, 我们应尽量使负载工作在正常状态。过载时, 负载的电流增大, 严重时将烧坏用电设备, 应避免出现。轻载时, 负载工作效率较低, 不经济, 也应尽量避免这种工作状态。

1.2.2 开路状态

开路状态又称空载状态。在电路空载时, 可视外电路电阻无穷大。开关将负载与电源断开, 负载电路中没有电流, 也没有能量的输送和转换, 如图 1-5 所示。开路状态具有以下特征:

$$\begin{aligned} I &= 0 \\ U &= U_o = U_S \\ P_S &= U_S I = 0 \\ U' &= 0 \end{aligned}$$

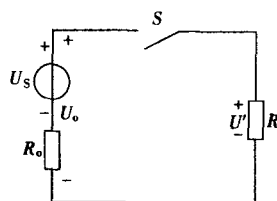


图 1-5 开路状态

开路时, 电源端电压等于理想电压源的电压 U_S , 此电压称开路电压或空载电压, 用 U_o 表示。电源产生的功率 $P_S = 0$, 负载吸收的功率也为零。

1.2.3 短路状态

当电源两端 a 和 b 未经负载而直接由导线接通, 形成闭合回路的状态称为短路状态, 如图 1-6 所示。电源短路时, 外电路电阻可视为零, 短路状态时的电路特征为:

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{U_S}{R_o} \\ U &= U_S - R_o I_S = 0 \\ P_S &= U_S I_S = \frac{U_S^2}{R_o} = I_S^2 R_o \end{aligned}$$

式中理想电压源的电压基本上全部落在内阻 R_o 上, 因为电源内阻 R_o 很小, 故短路电流 I_S 很大。电源短路时由于外电路的电阻为零, 故电路的端电压为零。电源短路所产生的电能全部消耗在内阻上。由于短路电流很大, 很有可能导致烧毁电源及其他电气设备。

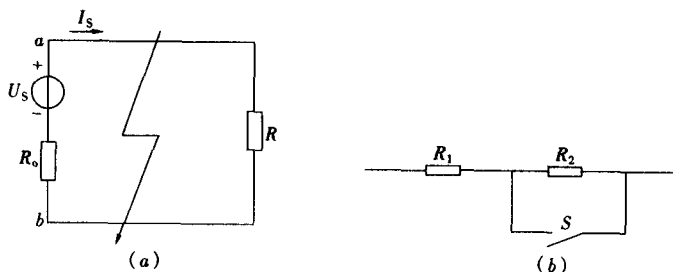


图 1-6 短路状态

电源短路是一种严重事故, 应力求防止, 通过在电路中接入熔断器或断路器, 可在发生短路时迅速自动切除故障电路。

有时为了满足电路工作的某种需要，人为地把电路中的某一段或一个元件两端短路，如图 1-6 所示。当开关 S 闭合时，电流通过电路开关 S 而不经 R_2 电阻，通常把这种有用的短路称为“短接”。

课题 2 基 本 定 律

2.1 欧 姆 定 律

2.1.1 一段电路的欧姆定律

如图 1-7 所示电路，设一个电阻 R 上的电压为 U ，流过的电流为 I ，则各量之间的关系为

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = IR \quad (1-7)$$

上式反映了一段电路中三者的关系，称为一段电路的欧姆定律。

2.2.2 全电路欧姆定律

图 1-8 为一个最简单的闭合回路。信号源 U_S 、电流 I 、电阻 R 和内阻 R_0 的关系为

$$I = \frac{U_S}{R + R_0} \quad \text{或} \quad U_S = I(R + R_0) = IR + IR_0 = U + U_0 \quad (1-8)$$

上式表明，电源电动势等于负载两端电压与电源内阻上的压降之和。

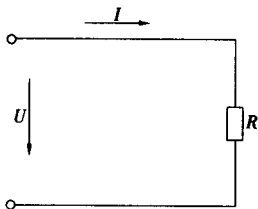


图 1-7 一段电路

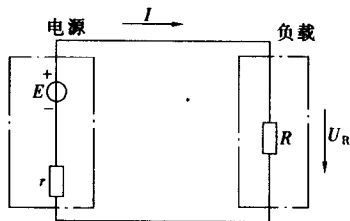


图 1-8 全电路图

2.2 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路的基本定律之一，包括基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律两部分。下面以图 1-9 为例介绍与定律有关的几个名词术语：

(1) 支路 电路中的每一条分支称为支路，每一条支路只流过一个电流。在图 1-9 中共有三条支路，即 acb 、 adb 和 ab ，前两者含有电压源称为有源支路，后者称为无源支路。

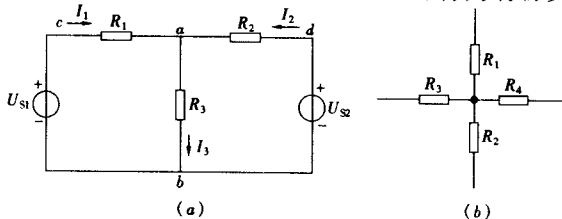


图 1-9 支路、节点、回路和网孔示意图

(2) 节点 电路中3条或3条以上的支路相连接的点称为节点。图1-9中有 a 和 b 两个节点。如果为三条以上支路汇集处, 则“ $\cdot$ ”不可省去。

(3) 回路 电路中任一闭合路径均称为回路。在图1-9中有三个回路, 分别为 $abca$ 、 $abda$ 、 $cadbc$ 。

(4) 网孔 中间没有其他支路的回路称为网孔。在图1-9中有 $abca$ 、 $abda$ 两个网孔。

2.2.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)

基尔霍夫电流定律也称节点电流定律, 应用于电路中的节点, 确定连接在同一节点上的各条支路电流之间的关系。

该定律指出: 在任一瞬间, 流入任一节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。可记作

$$\sum I = 0 \quad \text{或} \quad \sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-9)$$

KCL 定律是电路中电荷守恒的一种反映, 它表示了电流的连续性, 即在任一瞬间, 电路中任一节点均无电荷的堆集或消失。

在图1-9中所示电路中, 由式(1-9)可得

$$\text{节点 } a \quad I_1 + I_2 = I_3$$

$$\text{节点 } b \quad I_3 = I_1 + I_2$$

显然这两个方程是一致的。对于有 N 个节点的电路, 可以依据 KCL 定律写出 $N-1$ 个电流方程。在应用时, 表达式中电流要有确定的方向, 必须首先对各支路电流设定参考方向。对于每一个节点, 在设定参考方向时, 流进、流出电流必须同时存在。

2.2.2 基尔霍夫电压定律 (KVL)

基尔霍夫电压定律也称回路电压定律, 应用于回路, 确定电路的任一回路中各段电压之间相互关系的基本定律。

该定律指出: 在任一瞬间, 沿任一回路循行方向(顺时针或逆时针方向)循行一周, 在该循行方向上的电压降的代数和等于各理想电压源电动势的代数和。可记作

$$\sum U = \sum U_S \quad \text{或} \quad \sum IR = \sum U_S \quad (1-10)$$

此方程称为回路电压方程。列方程时, 先给回路确定一个顺时针(或逆时针)绕行参考方向, 其中理想电压源电动势的参考方向与回路循行方向一致时, 取正号, 反之取负号; 电流的参考方向与回路的循行方向一致, 该电流在电阻上产生的电压降取正号, 反之取负号。

【例 1-1】 列出图 1-10 所示电路的回路电压方程。

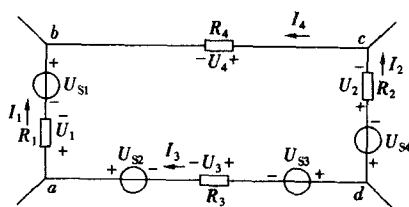


图 1-10 例 1-1 电路图

【解】 各支路电流的参考方向如图 1-10 所示。选定回路循行方向为逆时针方向, 即 $adcba$, 则:

$$-U_1 - U_3 + U_2 + U_4 = -U_{S1} - U_{S2} + U_{S3} - U_{S4}$$

$$\text{即} \quad -R_1 I_1 - R_3 I_3 + R_2 I_2 + R_4 I_4 = -U_{S1} - U_{S2} + U_{S3} - U_{S4}$$

$$\text{或} \quad R_2 I_2 + R_4 I_4 + U_{S1} + U_{S2} + U_{S4} = R_1 I_1 + R_3 I_3 + U_{S3}$$

由上式可看出, 沿任意闭合回路绕行一周, 回路中各电压的代数和(或各电势的升高

之和)必等于各理想电源电动势的代数和(或各电势降低之和)。

对于有 M 个网孔的电路,可以依据 KVL 列出 M 个电压方程。

2.2.3 基尔霍夫定律的应用

对于简单的电路,可以应用欧姆定律来求解,对于较复杂的电路,则可以应用基尔霍夫定律来求解。其具体步骤为:

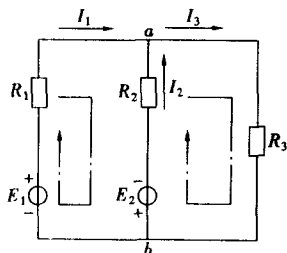


图 1-11 例 1-2 电路图

- (1) 标出各条支路电流的参考方向。
- (2) 对于 N 个节点的电流应用 KCL 列出 $N-1$ 个电流方程。
- (3) 标出每个网孔的绕行方向。
- (4) 对于 M 个网孔,应用 KVL 列出 M 个电压方程。
- (5) 联立电流和电压方程,求解各支路电流。

【例 1-2】 电路如图 1-11 所示,已知 $U_{S1} = 80V$, $U_{S2} = 40V$, $R_1 + R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 10\Omega$ 。求各支路电流。

【解】 电流的参考方向及网孔的绕行方向如图所示,列出电流方程和电压方程为

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ U_{S1} + I_2 R_2 + U_{S2} = I_1 R_1 \\ U_{S2} + I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0 \end{cases}$$

将题中给出的数值代入

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ 80 + 5I_2 + 40 = 5I_1 \\ 40 + 5I_2 + 10I_3 = 0 \end{cases}$$

解之得 $I_1 = 12.8A$ $I_2 = -11.2A$ $I_3 = 1.6A$

I_2 为负值,说明它的实际方向与参考方向相反。

2.3 叠加定理

叠加定理指出:由线性和多个电源组成的电路中,任何一条支路的电流或电压等于各个电源分别单独作用时,在该支路所产生的电流或电压的代数和。

应用叠加定理时应注意以下几点:

(1) 叠加时要注意以原电路的电压与电流的参考方向为准,各单个电源电路中的电压(电流)分量的参考方向与原电路中电压(电流)的参考方向一致时取正,不同时取负。

(2) 叠加定理只适用于线性电路。在非线性电路中,电阻不是常数,上述推导不能成立。在线性电路中,叠加原理只适用于电流和电压的计算,而不适用于功率的计算,因为功率和电流、电压的关系不是线性关系。

(3) 在考虑某个电源单独作用时应假定其余的电压源电压都等于零,即将其余的电压源短接。若被短接的电压源有内阻,在短接电源时,相应的内阻不能短接。

【例 1-3】 电路如图 1-12 所示,利用叠加定理,求电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

【解】 由叠加定理可知,电路中 U_{S1} 、 U_{S2} 共同作用,在各支路产生的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 应该是 U_{S1} 单独作用在各支路中产生的电流 I'_1 、 I'_2 、 I'_3 和 U_{S2} 单独作用在各支路中产生的电流 I''_1 、 I''_2 、 I''_3 叠加的结果。