

全国建设行业中等职业教育推荐教材

电工学 基础与维修电工

(物业管理专业适用)

主编 刘荣福



中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

全国建设行业中等职业教育推荐教材

电工学基础与维修电工

(物业管理专业适用)

主编 刘荣福

主审 侯继红

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学基础与维修电工/主编刘荣福. —北京:中国
建筑工业出版社, 2005

全国建设行业中等职业教育推荐教材

ISBN 7-112-07197-6

I. 电... II. 刘... III. ①建筑工程-电工-专业
学校-教材②房屋建筑设备-电气设备-维修-专业
学校-教材 IV. TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第029294号

**全国建设行业中等职业教育推荐教材
电工学基础与维修电工**

(物业管理专业适用)

主编 刘荣福

主审 侯继红

*

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

北京二二〇七工厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17 $\frac{1}{4}$ 字数: 412千字

2005年7月第一版 2005年7月第一次印刷

印数: 1—3000册 定价: 24.00元

ISBN 7-112-07197-6

TU·6426(13151)

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>

教材编审委员会名单

(按姓氏笔画排序)

王立霞	甘太仕	叶庶骏	刘 胜	刘 力
刘景辉	汤 斌	苏铁岳	吴 泽	吴 刚
何汉强	邵怀宇	张怡朋	张 鸣	张翠菊
邹 蓉	范文昭	周建华	袁建新	游建宁
黄晨光	温小明	彭后生		

本书是建筑房地产和物业管理专业的基础课程之一，以培养学生的综合素质和实践操作技能为目标，体现中等职业教育改革和发展的要求。

本书的主要内容包括：电工学基础知识、建筑供配电系统、建筑电气照明、安全用电、弱电工程技术、建筑电气的验收标准和实验实训。作者在编写过程中，力求做到图文并茂、通俗易懂。

本书可供中等职业学校物业管理专业及相近专业学习使用，也可作为职工培训教材。

* * *

责任编辑：张 晶

责任设计：赵 力

责任校对：李志瑛 王金珠

出版说明

物业管理业在我国被誉为“朝阳行业”，方兴未艾，发展迅猛。行业中的管理理念、管理方法、管理规范、管理条例、管理技术随着社会经济的发展不断更新。另一方面，近年来我国中等职业教育的教育环境正在发生深刻的变化。客观上要求有符合目前行业发展变化情况、应用性强、有鲜明职业教育特色的专业教材与之相适应。

受建设部委托，第三、第四届建筑与房地产经济专业指导委员会在深入调研的基础上，对中职学校物业管理专业教育标准和培养方案进行了整体改革，系统提出了中职教育物业管理专业的课程体系，进行了课程大纲的审定，组织编写了本系列教材。

本系列教材以目前我国经济较发达地区的物业管理模式为基础，以目前物业管理业的最新条例、最新规范、最新技术为依据，以努力贴近行业实际，突出教学内容的应用性、实践性和针对性为原则进行编写。本系列教材既可作为中职学校物业管理专业的教材，也可供物业管理基层管理人员自学使用。

建设部中等职业学校
建筑与房地产经济管理专业指导委员会
2004年7月

前 言

本教材是建筑房地产和物业管理专业的基础课程之一。本书以培养学生的综合素质和实际操作技能为目标,体现中等职业教育改革和发展的要求。通过学习,使学生掌握建筑常用电气设备的性能、工作原理、使用维护等方面的知识,并具备物业管理初、中级技术人员所必需的基础知识和基本技能,为今后的工作和继续学习打下良好的基础。

本教材介绍的主要内容有电工学基础知识、建筑供配电系统、建筑电气照明、安全用电、弱电工程技术、建筑电气的验收标准和实验实训。在编写过程中,作者力求做到图文并茂、通俗易懂。

本书由河南省焦作建筑经济学校刘荣福主编,焦作建筑经济学校李福玉、张小秋参加了编写工作。四川省高等职业技术学院马铁椿提供了相关资料。全书由焦作大学侯继红主审。编写任务分工为:刘荣福编写第一、二、三、五、八、九、十章,李福玉编写第四、六、七、十二章,张小秋编写第十一、十三章。

在本书的编写过程中,得到了建设部中等职业学校建筑与房地产经济管理专业指导委员会、河南省焦作建筑经济学校等单位及有关领导的关心和大力支持,在此表示衷心的感谢。对所参阅的有关书籍,向原作者表示致谢。

由于作者水平有限,书中难免有不妥和错漏之处,敬请各位专家和广大读者批评指正。

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的组成和工作状态.....	1
第二节 电路的基本定律和分析.....	4
复习思考题	10
第二章 单相交流电路	12
第一节 正弦交流电的基本物理量	12
第二节 正弦交流电的表示法	15
第三节 正弦交流电的加减运算	16
第四节 单一参数的交流电路	17
第五节 电阻和电感的串联电路	23
第六节 电感性负载和电容的串联交流电路	26
第七节 电感性负载和电容的并联交流电路	29
第八节 提高电路功率因数的意义和方法	31
复习思考题	33
第三章 三相交流电路	35
第一节 三相交流电源	35
第二节 三相负载的星形连接	37
第三节 三相负载的三角形连接	40
复习思考题	43
第四章 电子技术常识	45
第一节 半导体的基本知识	45
第二节 晶体二极管及其应用	46
第三节 晶体三极管	52
第四节 基本放大电路	57
复习思考题	68
第五章 变压器和异步电动机	70
第一节 变压器的用途及结构	70
第二节 变压器的工作原理	72
第三节 变压器的铭牌和运行维护	74
第四节 特殊变压器	77
第五节 异步电动机	81
第六节 异步电动机的选用与维护	85
第七节 单相异步电动机	88

复习思考题	90
第六章 低压电器和控制	91
第一节 低压电器	91
第二节 异步电动机的基本控制环节	101
复习思考题	106
第七章 供电和配电系统	108
第一节 电力系统和电力网	108
第二节 低压配电线路的接线方式与结构	114
第三节 高层建筑供电	124
复习思考题	128
第八章 建筑电气照明	129
第一节 照明的基本知识	129
第二节 常用电光源、灯具及选用	133
第三节 照明供电线路	138
第四节 电气照明施工	143
第五节 照明装置的故障与维修	147
复习思考题	150
第九章 建筑电气施工图	151
第一节 阅读电气工程图的基本知识	151
第二节 常用电气图形符号及标注格式	156
第三节 电气施工图的组成及识图	159
第四节 建筑电气施工图识图举例	161
复习思考题	168
第十章 建筑防雷与安全用电	169
第一节 雷电的形成与危害	169
第二节 建筑物的防雷措施	170
第三节 低压配电系统	177
第四节 安全用电	186
复习思考题	190
第十一章 弱电工程技术	191
第一节 广播音响系统	191
第二节 火灾自动报警系统	196
第三节 安全防范系统	212
复习思考题	231
第十二章 建筑电气的验收标准	232
第一节 避雷器的验收	232
第二节 电力变压器的验收	233
第三节 低压电器的验收	234
第四节 电梯电器装置的验收	236

第五节	配线工程的验收	238
第六节	电气照明的验收	239
第七节	接地装置的验收	240
第八节	火灾自动报警装置的验收	240
第九节	安全防范装置的验收	242
	复习思考题	243
第十三章	实验与实训	244
第一节	实验	244
第二节	维修电工实训	251
	主要参考文献	265

第一章 直 流 电 路

第一节 电路的组成和工作状态

一、电路的组成和作用

1. 电路的组成

电能的产生、输送及各种电气设备的工作都是依靠电路来实现的。我们把电流流过的路径,称之为电路。电路由电源、负载、导线、控制与保护设备等几部分组成。

(1)电源

电源是指发电机、电池等将其他形式的能量转换为电能的装置。如:发电机、干电池可分别将机械能、化学能转换为电能。在电路中,也常常将向后级电路提供电能的装置称为电源,如变压器。

(2)负载

负载是指将电能转换为其他形式能量的用电设备。如:电动机、电灯、电炉等都属于负载,它们将电能转换为机械能、光能、热能等。在电路中,也常常将后级电路称为前级电路的负载。

(3)控制与保护设备

控制设备是用来控制电路接通与断开的装置,如:刀开关。

保护设备是指当电路出现故障时,为避免线路或设备损坏,并将故障限制在一定的范围内的各种电气装置。如:熔断器、自动空气开关等可及时切断故障电路,减少损失。

(4)导线

导线是将电路中的组成元件和各部分连接起来,形成完整电路的金属导体。导线上通过电流或电信号,可实现电能或信号的传输与分配。

常用的导线有铜芯线和铝芯线两种。

一般地,我们把电源内部的电流通路称为内电路;把负载、控制与保护设备和导线等构成的电流通路称为外电路。

2. 电路的作用

(1)可以实现电能的传输、分配和转换

在电力系统中,发电厂的发电机将热能、原子能、水的动能、风能等形式的能量转换为电能,通过变压器、输电线路和各类控制设备输送并分配到各类电力用户,用户的各种用电设备又将电能转换为热能、机械能、光能或其他各种形式的能量。

(2)能够实现电信号的传递和处理

通过电路中的各种元件,可以将传送来的电信号进行变换或加工成为所需要的输出信号。譬如,电子电路中的放大器可以将微弱的输入电信号放大为工作需要的较强的输出电

信号,送给测量仪表或控制设备,实现设备的自动运行或零部件的自动加工。

二、描述电路的基本物理量

1. 电流

自然界里存在有两种电荷:正电荷和负电荷。电荷的数量多少称为电量,用符号 q 表示;在国际单位制中,电量的单位是库仑,用 C 表示。

当电路中的电荷受到电源的电场力作用而做有规律的定向运动时,就形成了电流。电流是有方向的,正电荷的移动方向为电流的正方向。

为了衡量电流的大小,引入电流强度这一物理量。也就是说,用电流强度(I)来表示电流的强弱。电流强度(在电工学中简称为电流)是指单位时间内通过导体截面的电量(q),

即:
$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$

式(1-1)表示,若 1 秒钟(s)内通过导体任一截面的电量为 1 库仑(C),则称此时通过该导体的电流强度为 1 安培,即:

$$1 \text{ 安培(A)} = \frac{1 \text{ 库仑(C)}}{1 \text{ 秒钟(s)}}$$

在国际单位制中,电流强度的基本单位是安培(A),简称安。常用的单位还有千安培(kA)及毫安培(mA)、微安培(μ A)。

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

$$1\text{A} = 1000\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

2. 电源的电动势

在电源的内部存在一种非电力,称之为电源力。电源力能把电源内部导体上的正负电荷分离,即把正电荷从低电位处(如电源的负极)移到高电位处(如电源的正极),而把负电荷从高电位处移到低电位处。在移动电荷的过程中,电源力对电荷做了功。为了表示电源的这种做功能力,引入电动势这一物理量。

在电源内部,电源力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功,称为电动势。即:电源的电动势在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的负极经电源内部移到电源正极的过程中,电源力所做功 W 的大小。

电动势用符号 E 表示,即:
$$E = \frac{W}{q} \quad (1-2)$$

式中 W ——电源力所做的功,单位:焦耳(J);

q ——电源内部非静电力移动的电荷量,单位:库仑(C)。

在国际单位制中,电动势的单位是伏特,简称伏(V),常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)。

$$1\text{kV} = 1000\text{V}$$

$$1\text{V} = 1000\text{mV}$$

如果电源力把 1C 的正电荷从电源的负极移到电源的正极,所做的功等于 1J,则该电源的电动势就是 1V。

为了计算方便规定:电动势的正方向在电源内部是由电源的负极指向正极,也就是从电源的低电位指向电源的高电位;在电源外部则是从正极指向负极,即从高电位点指向低电位点。

若电源电动势的大小和方向都不随时间变化而发生改变,则该电源为直流电源,如电池、直流发电机等;若电源电动势的大小和方向都随时间的变化而发生周期性的变化,则该电源称为交流电源,如交流发电机。

3. 电压

电流流过负载时,在负载两端测得的电压值称为负载的电压降,简称电压(U),单位是伏特。规定:电流流入负载的一端为电压的正极(电位高),电流流出负载的一端为电压的负极(电位低);负载上的电压方向为从正极指向负极,即从高电位指向低电位。

电压的单位和电动势的单位是相同的。需要注意的是,负载两端电压的极性、方向同电源电动势的极性、方向的区别。

4. 电能

当电流流经电路时,电路中将进行多种形式的能量转换。在电源的内部,电源力不断克服电场力的作用,将正、负电荷分别移向电源的正极和负极而做功,实现了将其他形式的能量转换为电能的过程;在电源的外部(外电路),电荷在电场力作用下不断地流过负载,从而将电能转换为光能、热能、化学能、机械能等各种形式的能量。

电能的计算公式为:
$$W = UIt \quad (1-3)$$

电能的单位是焦耳(J),其常用单位还有:千瓦·小时,也称为“度”。

$$1 \text{ 度} = 1\text{kW} \cdot \text{h} = 36 \times 10^5 \text{ J}$$

5. 电功率

为了衡量电流做功的快慢,即能量转换的快慢,引入电功率的概念。在单位时间内,负载上消耗或电源输出的电能,称为负载或电源的电功率。用符号 P 表示。

电功率的计算公式为:
$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-4)$$

即:电功率的大小等于电路中电压和电流的乘积。

在国际单位制中,电功率的单位是瓦特(W),简称瓦;常用的单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)。

$$1\text{kW} = 1000\text{W} \quad 1\text{W} = 1000\text{mW}$$

三、电路的工作状态

1. 额定工作状态

各种电气设备的工作电压、电流及功率等都有其额定值。额定电流是指电气设备正常工作时所允许通过的最大电流,用 I_N 表示;额定电压是指加在电气设备上的正常允许工作电压,用 U_N 表示;额定功率则是指电气设备在额定电压和额定电流状态下所消耗的电功率,用 P_N 表示。

电气设备的额定值,一般都标在其铭牌上或产品说明书中。例如,某白炽灯的额定电压为 220V,额定功率为 60W;某电动机的额定电压是 380V,额定功率为 2kW 等。

使用电气设备时,应按其标注的额定值运行,不允许随意改变。若电气设备在低于其额定值的状态下运行,则不能充分发挥设备的性能,使用效率较低,经济性差。反之,若电气设备在超过其额定电压或电流的状态下运行,则会导致电气设备长期处于过热状态,极易造成设备的绝缘损坏而影响其使用寿命,甚至危及人身安全。

2. 开路状态

当电路的开关断开或某一部分断开时,称为电路的开路状态。如果外电路开路,则电路中没有电流通过,电源无电能输出,负载上也不消耗电功率,电路的这种工作状态称为空载状态。

造成电路开路的原因主要有两种:一是电源的控制开关未闭合,这属于正常开路;二是

由于电路中的某些元器件故障或导线断开、熔断器的熔丝熔断等,这些属于事故性开路。

3. 短路状态

若电路中电源(或负载)的两端,由于故障或其他原因被电阻接近于零的导体直接接通,称为电源(或负载)短路。当电源短路时,因电源的内阻值 r 很小,外电路的电阻又接近于零,故电路中的电流极大,此时会烧坏绝缘、损坏电源或其他设备,酿成严重事故。

短路的原因大部分是由于电气设备绝缘损坏或者接线错误而造成的。电源一旦出现短路,就应迅速切断短路电流,以免损坏电源和设备。为了防止意外短路事故的发生,要求在电路中安装自动开关、熔断器或其他保护电器。

第二节 电路的基本定律和分析

一、欧姆定律

欧姆定律是德国物理学家欧姆(1787~1854)用实验的方法得出的,该定律表示了电路中电压、电流和电阻之间的相互关系,它是电路的基本定律。

1. 部分电路的欧姆定律

如图 1-1 所示,为闭合电路中仅含有电阻的一段电路,设电阻 R 两端的电压为 U ,流过该电阻的电流为 I ,根据欧姆定律可得出:

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

即:通过电阻 R 的电流 I 的大小与加在它两端的电压 U 成正比,与其自身的电阻 R 成反比。

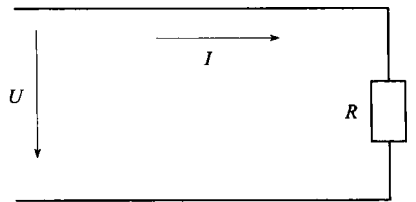


图 1-1 一段电阻电路的欧姆定律

2. 全电路欧姆定律

如图 1-2 所示为一闭合电路,电源的电动势为 E , r 为电源的内电阻, R 为负载电阻, R_L 为导线电阻。可根据全电路欧姆定律来计算该闭合电路的有关数据,其表达式为:

$$\sum E = I \sum R \quad (1-6)$$

式中 $\sum E$ ——电动势的代数和;

$\sum R$ ——电路中的总电阻。

根据式(1-6)可知, $\sum E = E$ $\sum R = r + R + R_L$

则

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} = \frac{E}{r + R + R_L} \quad (1-7)$$

【例题 1-1】 如图 1-3 所示,已知电源的电动势为 $E = 50\text{V}$,内阻为 $r = 0.5\Omega$,电阻 $R_1 = 24\Omega$,线路的总电阻 $R_L = 0.5\Omega$ 。试求:①负载短路时,电路中的电流;②正常工作时,负载两端的电压和线路上损耗的电压;③若电阻 R_1 数值增加,电路中的电压和电流各有何变化?

【解】 ①负载短路时,电路中只有电源的内阻 r 和线路的电阻 R_L ,

则,电流为: $I = 50 \div (0.5 + 0.5) = 50\text{A}$

②电路的总电阻为: $\sum R = 24 + 0.5 + 0.5 = 25\Omega$

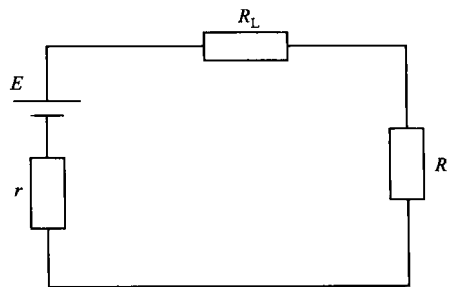


图 1-2 全电路欧姆定律

负载的端电压为: $U_R = (50 \div 25) \times 24 = 48V$
 线路上的损耗电压为: $U_L = (50 \div 25) \times 0.5 = 1V$
 电源内阻上的电压为: $U_r = (50 \div 25) \times 0.5 = 1V$

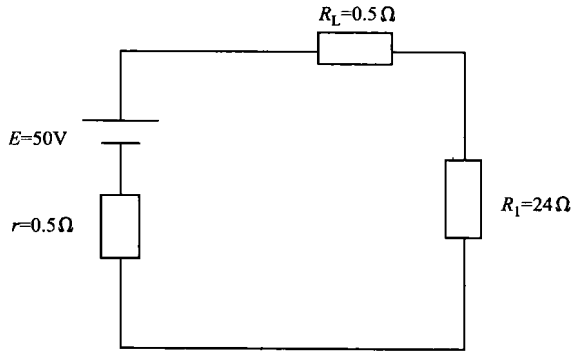


图 1-3 例题 1-1 图

③当电阻 R_1 的数值增加时,外电路的总电阻值随之增大,因电源电动势不变,则电路中的总电流减小;由于电源的内阻和线路的电阻值均不变,故电源内阻和线路上的电压降减小,则外电路(负载)上的电压值升高。

二、电阻的串联、并联和混联电路

1. 电阻的串联电路

几个电阻依次首尾相连接,中间没有其他分支电路的连接方式称为串联。如图 1-4 所示,串联电路具有以下特点:

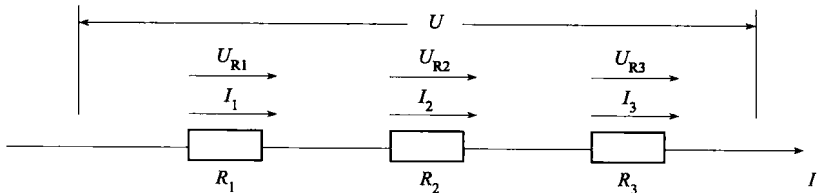


图 1-4 电阻的串联电路

(1)电路中各处的电流强度相等,即: $I_1 = I_2 = I_3 = I$ (1-8)

(2)电路两端的总电压等于各电阻电压的代数和,即:

$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad (1-9)$$

(3)各电阻上的电压 U_i 与其阻值 R_i 成正比,即:

$$U_i = U \frac{R_i}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1-10)$$

式中 $i = 1, 2, 3$ 。

(4)总电阻 R 等于各电阻之和,即: $R = R_1 + R_2 + R_3$ (1-11)

(5)总功率 P 等于各电阻消耗功率之和,即: $P = P_1 + P_2 + P_3$ (1-12)

2. 电阻的并联电路

把几个电阻的首端、尾端分别接在一起连接方式称为并联。如图 1-5 所示,并联电路

具有以下特点:

(1)各电阻两端的电压相等,即: $U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = U$ (1-13)

(2)电路的总电流等于各支路电流之和,即: $I = I_1 + I_2 + I_3$ (1-14)

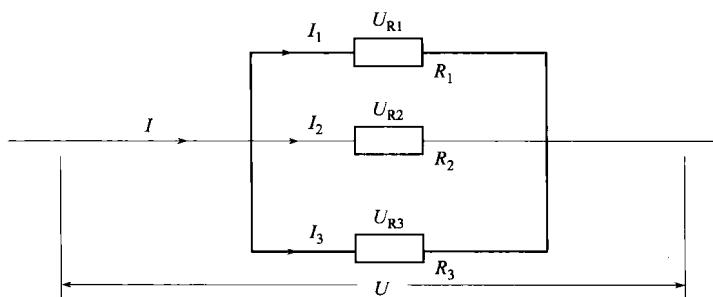


图 1-5 电阻的并联电路

(3)各支路上分得的电流与该支路电阻的倒数成正比,即:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} \quad (1-15)$$

(4)电路总电阻的倒数等于各支路电阻的倒数之和,即:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-16)$$

(5)电路的总功率 P 等于各电阻消耗的功率之和,即:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1-17)$$

3. 电阻的混联电路

实际电路中,电阻往往既有串联也有并联,这样的电路称为混联电路。对于混联电路,在计算时,首先要进行电路分析,弄清楚各电阻的串并联关系,然后再进行有关计算。

【例题 1-2】 如图 1-6 所示为一混联电路,各阻值分别为: $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, $U = 36V$,求电路中的电流 I_1 。

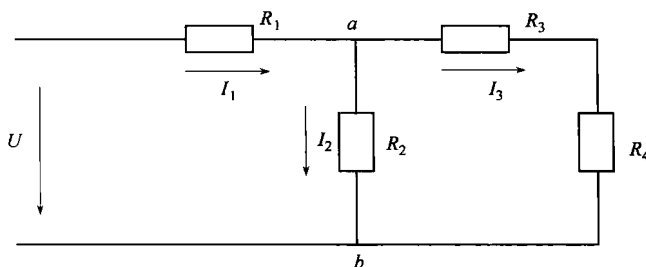


图 1-6 例题 1-2 图

【解】 根据电阻串联、并联的公式可知:

(1) $R_{34} = R_3 + R_4 = 5\Omega$

(2) $R_{ab} = \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{5 \times 5}{5 + 5} = 2.5\Omega$

(3) $R = R_1 + R_{ab} = 10 + 2.5 = 12.5\Omega$

$$(4) I_1 = \frac{U}{R} = \frac{36}{12.5} = 2.88\text{A}$$

同理,可计算出 I_2 、 I_3 。

三、克希霍夫定律

1. 克希霍夫第一定律(KCL)

又称克希霍夫电流定律,它是有关节点电流的定律。节点是指支路的连接点,通常所说的节点是指三条或三条以上支路的连接点。

克希霍夫电流定律为:在电路中,当有多个电流流经某一节点处时,任一时刻流入该节点的电流之和必定等于流出该节点的电流之和。

即:
$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-18)$$

如图 1-7 所示的电路中:

在 A 点处 $I_1 = I_2 + I_3$ 在 B 点处 $I_5 + I_6 = I_1$

在 C 点处 $I_2 = I_4 + I_5$ 在 D 点处 $I_3 + I_4 = I_6$

该定律是“电荷守恒”的一种反映。它说明在电路的任一节点处,不可能有电荷的产生和消灭,也不可能有电荷的堆积现象发生,这是被大量的实验事实所证明的。

2. 克希霍夫第二定律(KVL)

又称克希霍夫电压定律,它是确定一个回路内各部分电压关系的定律。该定律为:在任一瞬时,沿着任一闭合回路绕行一周,回路上电动势的代数和等于各段电阻电压降的代数和。

即:
$$\sum E = \sum IR \quad (1-19)$$

公式(1-19)中各项的正负号按下述原则确定:

(1) 电动势正负值的确定。任意选择一回路绕行方向,若电动势的方向与回路的绕行方向一致,则该电动势取正值;反之,则取负值。

(2) 电阻上电压降正负值的确定。当电路中电流的方向不能确定时,可先假定各支路上电流的正方向;若支路上的电流方向与指定的回路绕行方向一致时,电阻上的电压降取正值;反之,取负值。

(3) 列写方程时,回路中所有的电动势代数和及所有电阻上的电压降代数和要分别写在等号的两边,不能混淆。

例如,选择图 1-8 所示的回路 I,根据克希霍夫电压定律可得:

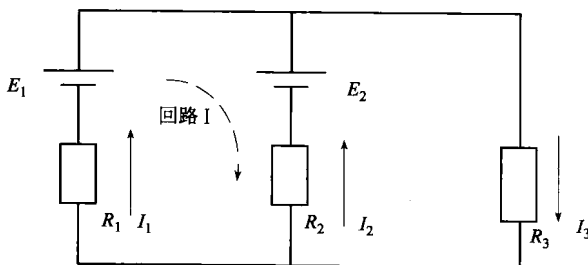


图 1-8 克希霍夫电压定律

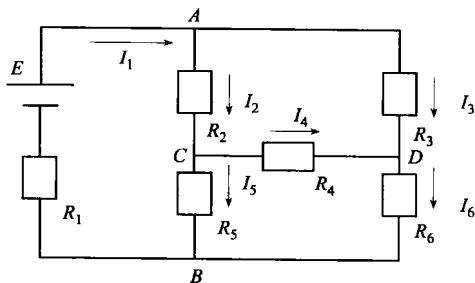


图 1-7 克希霍夫电流定律