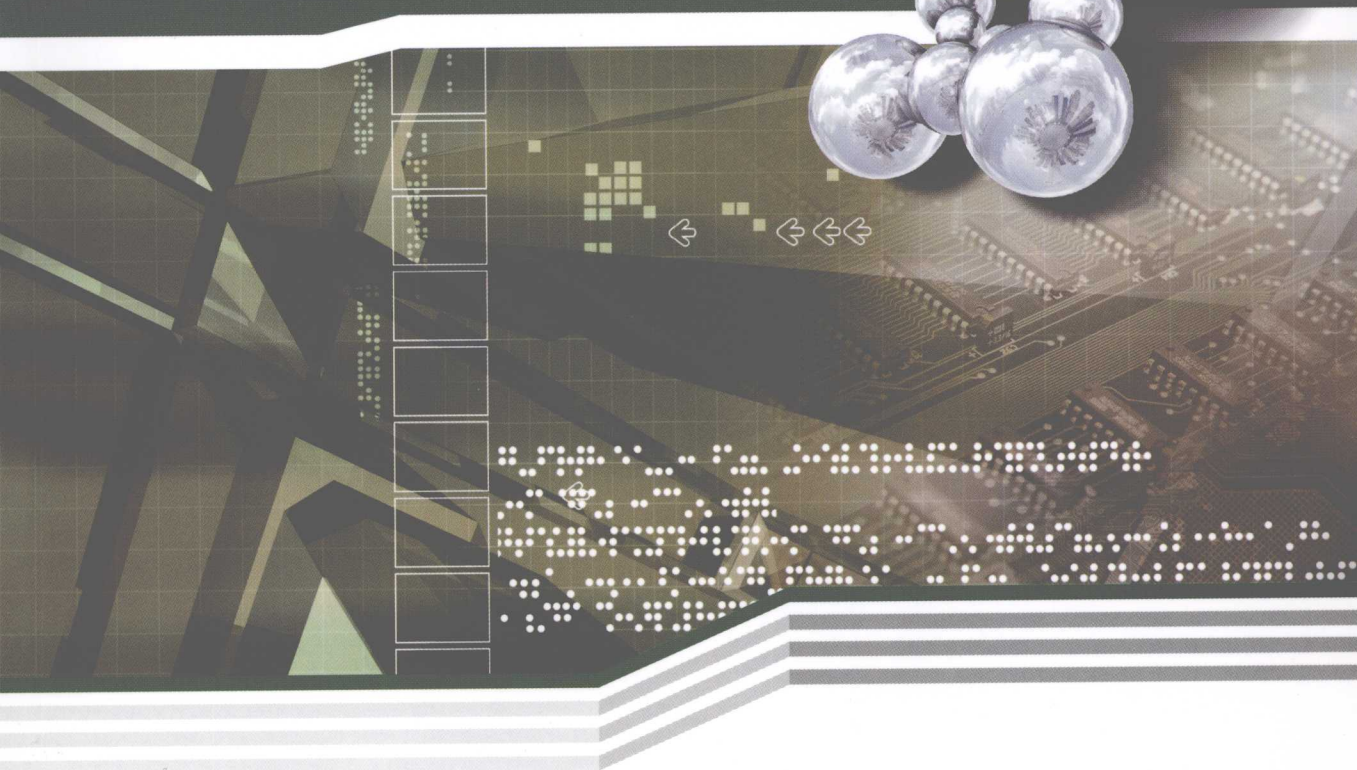




最新全国中职教育
通用·实用规划教材

电工基础

适用专业 电子电气类



◎主编 庄阿龙 何剑锋



中国地图出版社



最新全国中职教育
通用·实用规划教材

培 养 态 度 · 训 练 技 能

电工基础

主 编 庄阿龙 何剑锋

中国地图出版社

北 京

内 容 简 介

《电工基础》教材是根据中等职业学校电类及相关专业电工技术教学大纲编写。主要内容包括：电路的基础概念和基本定律、直流电路分析、正弦交流电路、三相正弦交流电路、磁和磁路、变压器、电动机、继电-接触器控制、电工仪器与测量、安全用电技术。

本书可作为中等职业技术学校电类各专业的通用教材，也可作为电工与电子行业岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/庄阿龙, 何剑锋主编. —北京: 中国地图出版社, 2007.9

(最新全国中职教育适用·实用规划教材)

ISBN 978-7-5031-4480-6

I.电… II.①庄…②何… III. 电工学-专业学校-教材 IV.TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第130444号

责任编辑 李 军
特约编辑 郭拥军

封面设计 王凯丽
责任校对 叶国珩

出版发行 中国地图出版社
社 址 北京市宣武区白纸坊西街3号
电 话 010-83543927
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

邮政编码 10054
网 址 www.sinomaps.com
经 销 新华书店

成品规格 787×1092 1/16
字 数 315 000

印 张 15

版 次 2007年8月第1版
印 数 1-5000

印 次 2007年8月第1次印刷
定 价 20.00元

书 号 ISBN 978-7-5031-4480-6/G·1580

如有印装质量问题, 请与我社发行部联系

前 言

本教材是根据中等职业学校机电类及相关专业电工技术教学大纲来进行编写,编写的教材适用对象是以初中毕业为起点的中等职业技术学校学生为主。学习对象的教育背景与知识结构决定了我们编写的教材要尽可能地通俗易懂、易学易用,是学生理解电工技术、掌握电工技能以加强学生分析和解决问题的知识基础,也是学生继续深造及将来从事该领域工作的重要工具,在本专业课程体系中占有重要的地位。

本教材遵循“淡化理论、加强应用、联系实际、突出特色”的编写原则,为解决中职教学学时少、难度大的实际情况,使学生达到教学目标、本教材力争做到理论联系实际,分析细致,通俗易懂和切合实用。

本教材在内容的组织上,先介绍电路的基本概念、电路中普遍适用的规律,再介绍不同类型电路的特殊规律及应用。先讲述简单电路,后讲述复杂电路;先一般后特殊,先简单后复杂,循序渐进,利于教学。本书内容简练、重点突出、层次分明,还特意安插了诸如小试验、小制作、小知识等丰富教材内容的段落,有利于学生深刻理解内容,发挥学生的主动性,培养学生自己探取知识的能力,从而提高教学质量。同时每章还安排了一定量的例题和习题,便于学生巩固知识。本书注重基础,保证基础理论以够用为度,强调方法应用;培养学生分析、解决问题的能力;同时突出应用性,培养学生将电工技术应用于本专业和发展本专业的能力。因此,本书主要用于中等职业技术学校、中等专科学校、成教和民办学校机电类及相关专业作为教材,也可作为职工培训教材。书中打*号的内容,各个学校可根据具体的情况进行取舍。

本书由成都理工大学庄阿龙、何剑锋主编,成都理工大学王广西老师参与编写。

编者由于水平有限,书中难免有错误和不妥之处,殷切期望读者批评指正。

编 者

2007年6月

目 录

第1章 电路的基本概念和定律	1
1.1 电学的基本物理量	1
1.2 电路的基本概念	4
1.3 欧姆定律	6
1.4 基尔霍夫定律	9
1.5 电阻元件	11
1.6 电源元件	13
第2章 直流电路分析	17
2.1 电阻的串联和并联	17
2.2 电阻的星形连接与三角形连接的等效交换	26
2.3 电压源、电流源及其等效变换	29
2.4 支路电流法	32
*2.5 网孔分析法	34
2.6 节点电压法	36
2.7 叠加定理	38
2.8 戴维南定理和诺顿定理	41
*2.9 非线性电阻电路的分析	44
第3章 正弦交流电路	49
3.1 正弦交流电的三要素	50
3.2 正弦交流电的相量法	53
3.3 电感元件	56
3.4 电容元件	61
3.5 RL 和 RC 串联电路	65
3.6 RLC 串联电路	70
3.7 阻抗的串联与并联	72
3.8 正弦交流电路的功率	75
3.9 提高功率因素的方法	78
第4章 三相正弦交流电路	81
4.1 三相正弦交流电动势的产生	81
4.2 三相电源绕组的联接	83

4.3 三相对称负载电路的分析	85
4.4 三相不对称负载电路	89
第5章 磁和磁路	92
5.1 磁场和磁性体的基本知识	92
5.2 磁场的主要物理量	97
5.3 磁路的基本概念和定律	99
5.4 磁场对电流的作用力	102
*5.5 铁磁性物质的磁化	105
第6章 变压器	110
6.1 变压器的构造与特性参数	110
6.2 变压器的工作原理	116
6.3 几种常用的变压器	121
第7章 电动机	128
7.1 电动机概述	128
7.2 异步电动机的基本结构、分类及铭牌	130
*7.3 异步电动机交流绕组	136
*7.4 交流绕组的电势和磁势	148
7.5 三相异步电动机的工作原理及运行分析	151
第8章 继电-接触器控制	165
8.1 常用低压电器	165
8.2 三相笼型异步电动机直接启动控制电路	178
8.3 三相笼型异步电动机的降压启动和制动控制	184
第9章 电工仪器与测量	190
9.1 电工测量的基本知识	190
9.2 电工测量仪表的分类	193
9.3 电流、电压和功率的测量	199
9.4 万用表	203
9.5 非电量的测量(传感器)简介	207
第10章 安全用电及防护措施	217
10.1 安全用电的意义	217
10.2 人体触电的方式及触电急救法	221
10.3 电气设备的保护接地和保护接零	224
10.4 静电防护和电气设备的防火防爆	226
参考文献	232

第1章 电路的基本概念和定律

【本章学习要求】

1. 知道电学量的单位和定义。
2. 了解电路的作用和组成以及电路模型的意义。
3. 理解电压、电流的概念及其参考方向的意义。
4. 能够对简单电路及复杂电路进行分析和计算。
5. 理解并能正确应用基尔霍夫电压定律和电流定律。
6. 理解电位的概念,会分析计算电路中各点的电位。

1.1 电学的基本物理量

1.1.1 电荷

在电路中,最重要的物理现象是电荷的运动。自然界存在正电荷和负电荷。电荷之间存在着相互作用力,这种作用力的性质决定于电荷的正负极性,同性电荷之间表现为斥力,异性电荷之间表现为引力。因此,对于带有同等电量的正负电荷总有结合在一起的趋势。对单个原子而言,原子是由带负电荷的电子与带有正电荷的原子核所组成,电子的负电荷总量等于原子核的正电荷总量,其原子内部的总电量为零,整个原子呈电中性。

在金属导电材料内部存在着大量的自由电子。带负电荷的自由电子,在受到电场力的作用下,从原子的束缚中挣脱出来,能够在导电材料内移动。导电材料内这种移动的负电荷称为载流子,而那些不能移动的正电荷称为固定电荷。因此,把含有可移动的载流子和带有相反极性的固定电荷的材料称为导体。金属导体材料包括金、银、铜、铁等。

有许多种材料是不能导电的,称之为绝缘体。在绝缘体内所有的电荷都是固定的。绝缘体材料包括玻璃、云母、陶瓷等。

物体所带的电荷的数量称为电量,电量的单位是库仑(C),通常用符号 Q 或 q 表示。

1.1.2 电压

由于异性电荷之间具有强大的吸引力,所以要分离正、负电荷

需要外加能量。若分离的正电荷比负电荷的电位高,正负电荷之间存在有一个电位差,只要两点之间能够形成导电的路径,就会导致电荷的自由移动。正电荷移动的方向是从高电位向低电位,而负电荷移动的方向是从低电位向高电位。

电位差的度量单位是伏特(V),电位差也称为电压,通常用符号 U 或 u 表示。

在实际电路中,不仅需要指出两点间的电压的数值,而且还要指出哪一点的电位高。然而,在多个不同元器件所组成的电路中,有时不可能去指明哪个点的电位高,哪个点的电位低。为了避免不必要的混乱,通常用符号来表示电位。例如某个点相对于另一个点的电位高用“+”标号来表示,另一个点相对于某个点的电位低用“-”标号来表示。根据电位的高低,电压可定义为

$$U = (\text{正“+”端的电位}) - (\text{负“-”端的电位})$$

在参考极性确定之后,相对电压会出现正电压与负电压之分。例如,“+”电压接在高电位,“-”电压接在低电位,表示接正电压。反之,“+”电压接在低电位,“-”电压接在高电位,表示接负电压。

知识园地:

金属导体在电场的作用下,导体中自由电荷重新分布的现象称为静电感应。

为什么使用高压电气设备或仪器时,电气设备的金属外壳必须接地呢?

大地的电势为零,把导线和仪器设备的外壳与大地连接起来,使得仪器设备的金属外壳与大地保持相同的电势,人体接触到外壳也不会有触电的危险。

若仪器设备外壳不接地,或接地不良,由于设备内部漏电、损坏或绝缘不良等原因,使得金属外壳与电源相通,产生与电源相等的电势,若人接触这样的外壳就会有触电的危险。

特别在使用机床、焊机、电机等都必须注意接地良好。

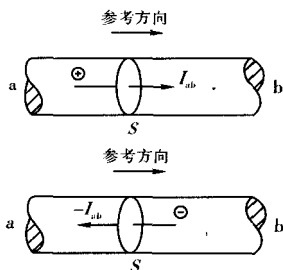


图1-1 电流方向和参考方向

1.1.3 电流

移动的正电荷从高电位的区域向低电位区域移动,可移动的负电荷从低电位的区域向高电位区域移动,这种电荷有规律的移动就出现了电流。如图1-1所示,依照横截面 S 选择一个电流的参考方向,也就确定了电流的正负。习惯上规定:正电荷移动的方向

与参考方向一致,为正电流;负电荷移动的方向与参考方向相反,为负电流。电流的定义为

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1-1)$$

式中: i ——电流,A;

ΔQ ——单位时间通过导体的电量,C;

Δt ——电子通过导体的单位时间,s。

电流的单位是安培(A),通常用符号*I*或*i*表示。

人们通常以正电流的方向作为电流的方向。如图1-2所示是一个两端电路网络,当电流流过一个两端电路时,依据参考方向,电流*i*从“+”电压A端流入,A端流入的电流与A'端流出的电流相等,因为对两端电路网络而言,电路的元器件都是呈电中性,所以流入A端的电流必然同时从电路的A'端流出。

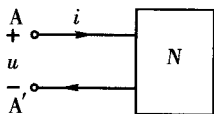


图1-2 两端电路网络

1.1.4 功率

在电路网络的两端上施加一个电源电压,电路的两端具有了电源电压,电流就会流经此电路。如果电源电压与电流流经的方向一致(关联参考方向),就可以定义出一个重要的电学物理量——功率。

能量传递的速率称为功率。功率(*P*)的定义为

$$P = UI \quad (1-2)$$

功率的单位是瓦特(W),功率的量纲是焦耳/秒(J/s)。

功率是传递能量的能力。遵照能量守恒定律,电路所消耗的电能量等于组件或器件上转换的能量,而这种转换的能量可以是热能、机械能、磁能等。在发热组件上消耗电能转换热能,如我们用电炉取暖。给蓄电池充电,是把电能储存起来。

功率等于电压与电流的乘积。由于存在电压和电流的正负极性,使得功率成为代数量。当 $P > 0$ 时,表示电路的元器件消耗功率或者吸收功率;当 $P < 0$ 时,表示电路的元器件提供功率。

日常使用的电功率单位是千瓦时(kW·h),也称为“度”。1千瓦时是1度,表示功率为1千瓦的用电器在1小时内所消耗的电能,1千瓦时=1千瓦×1小时=3.6×10⁶焦耳。

例1-1:一盏照明灯的功率为50W,平均每天开灯的时间4小时,问全年(以365天计算)要消耗多少度电?若每度电价为0.80元,那么要交多少电费?

解:照明灯全年所消耗的电能为

$$50 \times 4 \times 365 \times 10^{-3} = 73 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

则全年电费为 $0.8 \times 73 = 58.4$ 元

答:照明灯全年要耗73度电,要交纳58.4元电费。

例1-2: 在三个组件组成的电路中, 如图1-3所示, $I=1\text{A}$, $U_1=10\text{V}$, $U_2=6\text{V}$, $U_3=4\text{V}$, 求各组件功率, 并分析电路的功率平衡关系。

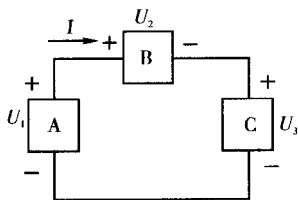


图1-3 三个组件电路

解: 组件A: 取非关联方向, $P_1 = -U_1 I = -10 \times 1 = -10\text{W}$, $P_1 < 0$, 提供10W功率, 电源。

组件B: 取关联方向, $P_2 = U_2 I = 6 \times 1 = 6\text{W}$, $P_2 > 0$, 吸收6W功率, 负载。

组件C: 取关联方向, $P_3 = U_3 I = 4 \times 1 = 4\text{W}$, $P_3 > 0$, 吸收4W功率, 负载。

$$P_1 + P_2 + P_3 = -10 + 6 + 4 = 0$$

答: 电路的功率平衡。

1.2 电路的基本概念

1.2.1 电路的组成与作用

电路是由相互连接的电气元件组成的闭合回路。电路组成的形式是多种多样的, 其作用是把电气元件按一定的要求连接组成系统来完成有目的的工作。

电路的作用宏观地可以划分成两种: 一种是实现电能的传输或转换, 另一种是实现信号的传递和处理。

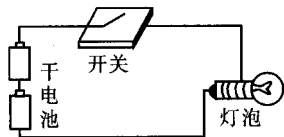


图1-4 手电筒电路图

手电筒电路就是一个最简单的电路, 如图1-4所示。电路中的电流从电源出发, 经过电路的开关元件与负载(灯泡), 由负载把电能转换成光能。负载是取用电能的元件或设备, 它可以是电灯、电炉、电动机等。电路的组成包括: 电源、中间环节(开关元件)、负载。电路的作用是实现电能的传输和转换。电路另一种作用是实现信号的传递和处理。信号处理系统用于对信号的处理, 处理的信号可以是电量的信号, 也可以是非电量的信号。信号处理系统将接收到的信号进行某种方式的处理, 或是从信号中提取出信息并对信息加以改进, 以适当的形式将信息传输出去。这方面的例子很多, 如收音机、扩音机、电视机、温度控制器等。

1.2.2 电路的模型化

实际的电路是由真实的电气元件所组成的。电路的设计一方

面要对实际的电气元件、实际的电路和实际的系统进行研究,另一方面要对实际的电气元件以抽象化的方式导出理想化的模型。当我们学习电路的基本定律和研究电路理论时,用理想化的电路和电路元件来模拟真实的元器件,或者模拟其功能,可以达到简化的作用。

对实际电路的分析或数学计算,将实际的电路和实际的元器件进行模型化,在特定的条件下突出其主要的特性,忽略其次要特征,可以避免烦琐的数学计算。由理想电路元件所组成的电路就是电路模型,它是对实际电路的抽象与简化。

常用的理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等,这些元器件分别由相应的参数来表示。例如常用的手电筒,其实际电路元件有干电池、电珠、开关和筒体,实际电路如图1-4所示。电珠是电阻元件,其参数为 R ;干电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内电阻(简称内阻) R_0 。筒体是连接干电池与电珠的中间元件,其电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体。手电筒电路模型如图1-5所示。

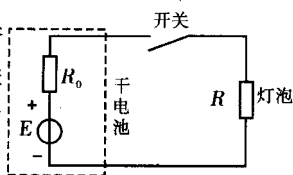


图1-5 手电筒电路模型

电路图是用来表示电路连接的情况及其原理,它的绘制采用规定符号,表1-1所列几种常用的电工符号。

表1-1 几种常用的电工符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电 池		电 流 表	
导 线		电 压 表	
开 关		熔 断 器	
电 阻		电 容	
照 明 灯		接 地	

1.2.3 电路的三种基本状态

在不同的条件下,电路会处于不同的状态,并具有不同的特点。实际电路的状态可以综合为通路、开路和短路三种基本状态。

1. 通路

如图1-6所示的电路中,当开关S闭合,电路中有电流通过,负载正常工作,电路实现了能量的传输和转换。电路正常、安全运行状态称为通路或有载状态。

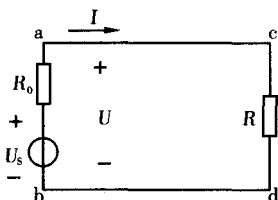


图1-6 电路通路

2. 开路

如图1-7所示的电路中,当开关S断开,电路中无电流通过,负载不工作,电路处于开路,这种开路属于正常开路状态。开路状态有二种情况:

一种是人为的正常开路状态,即正常断电,例如关断设备开关、断开电闸等。

另一种是非正常开路状态,即在电路中不应该断开的部位断开,使电路不能导通,负载停止工作。这是电路的故障状态,对人们的生活和生产带来影响,甚至造成损失。例如电器保险丝熔断、局部电路断线等。

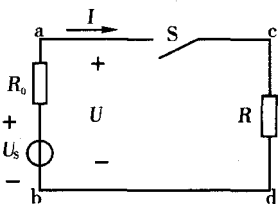


图1-7 电路开路

3. 短路

在图1-8所示的电路中,电源正负极连接在一起,电源被短路了,这种短路被称为短路状态。

电源短路时,外电路的电阻可视为零,电流有捷径通路,不再流过负载。因为在电流的回路中仅有很小的电源内阻 \$R_0\$,所以回路中必然产生很大的电流。短路电流会损坏电源,烧毁导线,甚至造成火灾。因此,为了防止发生短路事故时损坏电源,在电路中要接入熔断器FU,如图1-8所示。当电路中的电流超过熔断器额定值,熔断器熔断,电路开路。

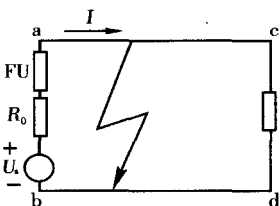


图1-8 电路短路

在某些情况下则需要电路短路,例如变压器的铜损测量或过载短路试验,但必须给变压器施加很小的电压。有时,为了某种实际需要,将电路的某一局部短路,这种情况称为短接。

1.3 欧姆定律

导体中电流 \$I\$ 与导体两端的电压 \$U\$ 成正比,把这个关系表达为

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } R = \frac{U}{I} \quad (1-3)$$

根据上式,导体中的电流 \$I\$ 与导体两端的电压成正比,与导体的电阻 \$R\$ 成反比,这个关系式就是欧姆定律。

对于同一个导体,不管电压和电流的大小怎样变化,比值 R 是恒定的。对于不同的导体, R 的数值一般是不同的。在同一电压下,导体的电阻 R 越大,流过电阻的电流就越小,这就表明电阻对电流起到阻碍的作用。

电阻的单位是欧姆(Ω),通常用符号 R 表示。根据欧姆定律规定,当电阻两端施加1V的电压,通过的电流是1A,这个电阻的阻值是1 Ω ,所以,1 $\Omega=1\text{V}/1\text{A}$ 。

由欧姆定律引出电阻的概念,导体的电阻是导体具有的一种物理性质,它的大小取决于电阻的物理材料、长度和横截面积。导体的电阻 R 和它的长度 L 成正比、和它的横截面积 S 成反比,这个结论称之为电阻定律,写成公式是

$$R=\rho \frac{L}{S} \tag{1-4}$$

式中: R ——导体的电阻, Ω ;

L ——长度,m;

S ——导体的横截面积, m^2 ,

ρ ——导体的电阻率, $\Omega\cdot\text{m}$ 。

比例常数 ρ 与导体的材料有关,是反映材料导电性能的一个物理量,称为材料电阻率。横截面积和长度相同的不同材料的导体, ρ 值越大,电阻越大。表1-2所列几种导体材料的电阻与电阻率,其中形状为圆柱体,长(L)为1m,横截面(S)为1 mm^2 。

表1-2 几种导体材料在20℃的电阻与电阻率

材 料	电 阻(Ω)	$\rho(\Omega\cdot\text{m})$
银	0.016	1.6×10^{-8}
铜	0.017	1.7×10^{-8}
铝	0.029	2.9×10^{-8}
铁	0.086	8.6×10^{-8}
锰铜合金	4.3	4.3×10^{-5}
玻璃	5×10^7	5×10^7

表1-3列出部分国际单位制的单位,称为SI单位。本书采用SI国际单位制。

表1-3 部分国际单位制的单位(SI单位)

量的名称	单位名词	单位符号	量的名称	单位名词	单位符号
长度	米	m	电荷[量]	库[仑]	C
时间	秒	s	电位、电压	伏[特]	V
电流	安[培]	A	电容	法[拉]	F
频率	赫[兹]	Hz	电阻	欧[姆]	Ω
能量、功	焦[耳]	J	电导	西[门子]	S
功率	瓦[特]	W	电感	亨[利]	H

在实际应用中,我们看到的这些SI单位太大或太小。因此我们可以在这些SI单位前面加上表1-4的国际单位制词头,构成SI的十进制倍数或分数单位。

表1-4 国际单位制词头

因数	10^9	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
名称	吉	兆	千	毫	微	纳	皮
符号	G	M	k	m	μ	n	p

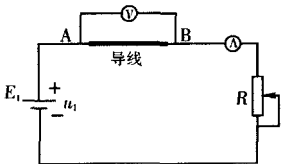


图1-9 实验电路

实验

如图1-9所示的电路图连接电路,做下面的实验。图中A和B之间接入待研究的合金导线。把材料、横截面积相同,但长度不同的合金导线,先后接入电路中。调节变阻器,保持导线两端的电压相同,并测出电流。实验表明,电流与导线的长度成反比,这表示导线的电阻与导线的长度成正比。

把材料、长度相同,但横截面不同的合金导线,先后接入电路中。调节变阻器,保持导线两端的电压相同,并测出电流。实验表明,电流与导线的横截面积成正比,这表示导线的电阻和导线的横截面积成反比。

把长度和横截面积都相同,但不同材料的导线,先后接入电路中,重做上面的实验。实验表明,材料不同,导线的电阻也不同。

例1-3:直流电机励磁绕组在220V电压作用下,通过绕组的电流为0.427A,求绕组的电阻。

解:已知电压 $U=220\text{V}$,电流 $I=0.427\text{A}$,得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.427} = 515.2\Omega$$

答:绕组的电阻为 515.2Ω 。

例1-4:有一量程为30V的电压表,内阻为 $40\text{k}\Omega$,用它测量电压时,通过的最大电流是多少?

解:已知电压 $U=300\text{V}$,电阻 $R=40\text{k}\Omega$,得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{300}{40 \times 1000} = 0.0075\text{A} = 7.5\text{mA}$$

答:通过的最大电流是 7.5mA 。

1.4 基尔霍夫定律

电路是由各种元件连接组成。元件连接关系使得电路的电压和电流受到制约,约束关系由基尔霍夫定律确定。基尔霍夫定律描述了电路中电流和电压的代数关系,它是分析与计算电路的理论基础。

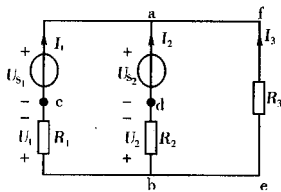


图1-10 电路

在介绍基尔霍夫定律之前,如图1-10所示电路为例,说明几个名词。

支路:在电路中,由一个或几个元件首尾相接构成的无分支的电路。在图1-10所示电路中一共有三条支路。

节点:电路中三条或三条以上支路连接的点称为节点。在图1-10所示电路中就有两个节点:a和b。

回路:电路中任意一个闭合路径叫回路。图1-10所示电路中acba、abefa和acbefa都是回路。

网孔:在电路中,电路内部不含有支路的回路叫网孔。图1-10所示电路中acba和abefa是网孔。

1.4.1 基尔霍夫电流定律(KCL)

由于电路中正负电荷之间的吸引力,使得电路中任何节点的电荷不会自发地堆积起来。在任意时刻,流入某一节点的电流之和应该等于该节点流出的电流之和。由于电流的连续性,基尔霍夫电流定律表述为进入(流出)任意节点的电流的代数和必等于零。

用公式表示

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (1-5)$$

如图1-10所示,电路中a节点连接3条分支电路,它们分别是ca、ab、af支路,各支路电流的和为

$$I_1+I_2=I_3$$

即

$$I_1+I_2-I_3=0$$

按规定的参考方向, I_1 、 I_2 是流入的电流,取“+”号, I_3 是流出的电流,取“-”号。

在电路中 R_1 、 U_{S1} 是串联连接,则流过 R_1 、 U_{S1} 是同一电流,通常元件串联连接时具有同一个电流。

例1-5:如图1-11所示,节点A有5条支路, $I_1=2A$, $I_2=3A$, $I_3=-2A$, $I_4=-5A$,试求 I_5 。

解:根据KCL得

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

代入已知数据

$$2-3-(-2)+(-5)+I_5=0$$

$$I_5=4A$$

答: $I_5=4A$ 为正值,说明 I_5 的实际方向是流入节点A。

1.4.2 基尔霍夫电压定律(KVL)

基尔霍夫电压定律是用于确定电路电压的基本物理性质,即在电路中的任意两点的电压与在电路内所走的路径无关。电路中的电压的性质可用基尔霍夫电压定律表述为在一个电路内,沿任一回路循环方向,回路中各段电压降的代数和恒等于零。

用公式表示

$$\sum_{i=1}^n U_i=0 \quad (1-6)$$

如图1-10所示,沿路径a→d→b→c→a形成一个闭合回路。a和d之间为电压降 U_{S2} ,d和b之间的电压降为 U_2 ,b和c之间的电压降为 U_1 ,c和a之间为电压降 U_{S1} ,把这些电压降加起来,得到

$$U_{S2}+U_2+U_1+U_{S1}=0$$

上述方程中,四个电压降中至少有一个为负。

为了确定每个电压降的符号,有一种简便方法:由于每个电压降项两端都有正负极性,沿着闭合回路写方程时(可以顺时针方向或逆时针方向写方程),对每一项电压降先遇到的符号为正,则该项电压降为正;如先碰到的符号为负,则此项电压降为负。

对于节点a、b而言,元件 R_3 与adb支路是并联,则adb支路电压和 R_3

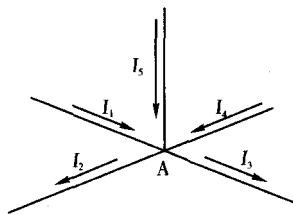


图1-11 节点A

的电压是相等的。通常元件并联连接时,元件上电压总是相等的。

应用:

为了计算电路中各点的电位值,必须选定电路中的某一个点作为参考点,并规定该点的电位为零。参考点是零电位的点, $U_0=0$,在电路图上用符号“ $\perp$ ”表示。在电工技术中,规定大地为零电位的参考点,接地点是零电位点,在电路图上用符号“ $\perp$ ”表示;在电工技术中,规定若干导线连接的公共点或接机壳点作为参考点,公共点或接机壳点是零电位点,在电路图上用符号“ $\perp$ ”表示。电路分析时,可以任意选取某一点为参考点。

例1-6:如图1-12所示的电路中, $E_1=12\text{V}$, $E_2=16\text{V}$, $R_1=40\Omega$, $R_2=50\Omega$, $R_3=1.7\Omega$, $I_1=0.15\text{A}$, $I_2=0.2\text{A}$,计算电路中B、C、D点电位。

解:选定电路中A点作为参考点, $U_A=0$,则电路各点的电位值为

$$E_1=U_B-U_A$$

$$U_B=E_1=+12\text{V}$$

$$U_C=U_C-U_A=E_1-R_1I_1=12-40\times0.15=+6\text{V}$$

$$U_D=E_2=U_D-U_A=+16\text{V}$$

答:电路中B、C、D点电位分别是+12V、+6V、+16V。

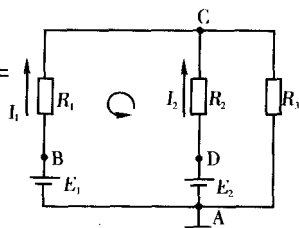


图1-12 直流电路

1.5 电阻元件

电阻元件是为实际电阻提出的一种理想模型。

遵循欧姆定律的电阻是一种最常见的线性电阻元件,符号如图1-13所示。但对于某些导电器件(如晶体管),欧姆定律并不适用,由此将线性电阻元件的概念加以扩展,提出电阻元件的一般定义。

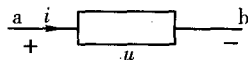


图1-13 电阻元件

1.5.1 电阻元件的伏安特性

一个二端电阻元件在任意时刻的电压 U 与电流 I 的关系由 $u-i$ 平面坐标系上一条曲线表示。用纵坐标表示电流 i ,用横坐标表示电压 u ,画出的 $u-i$ 曲线称为电阻的伏安特性曲线。它表明了电阻两端的电压与电流的约束关系(Voltage Current Relationship, 简称VCR)。如果电阻中的电流与电压成正比,其伏安特性曲线为通过坐标原点的直线,则该电阻称为线性电阻,如图1-14所示;如果电阻中的电流与电压不成正比,其伏安特性曲线为通过坐标原点的曲线,则该电阻称为非线性电阻,如图1-15所示。

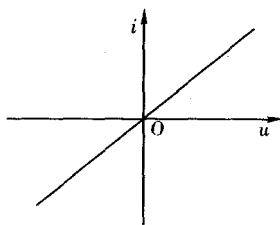


图1-14 线性电阻的伏安特性