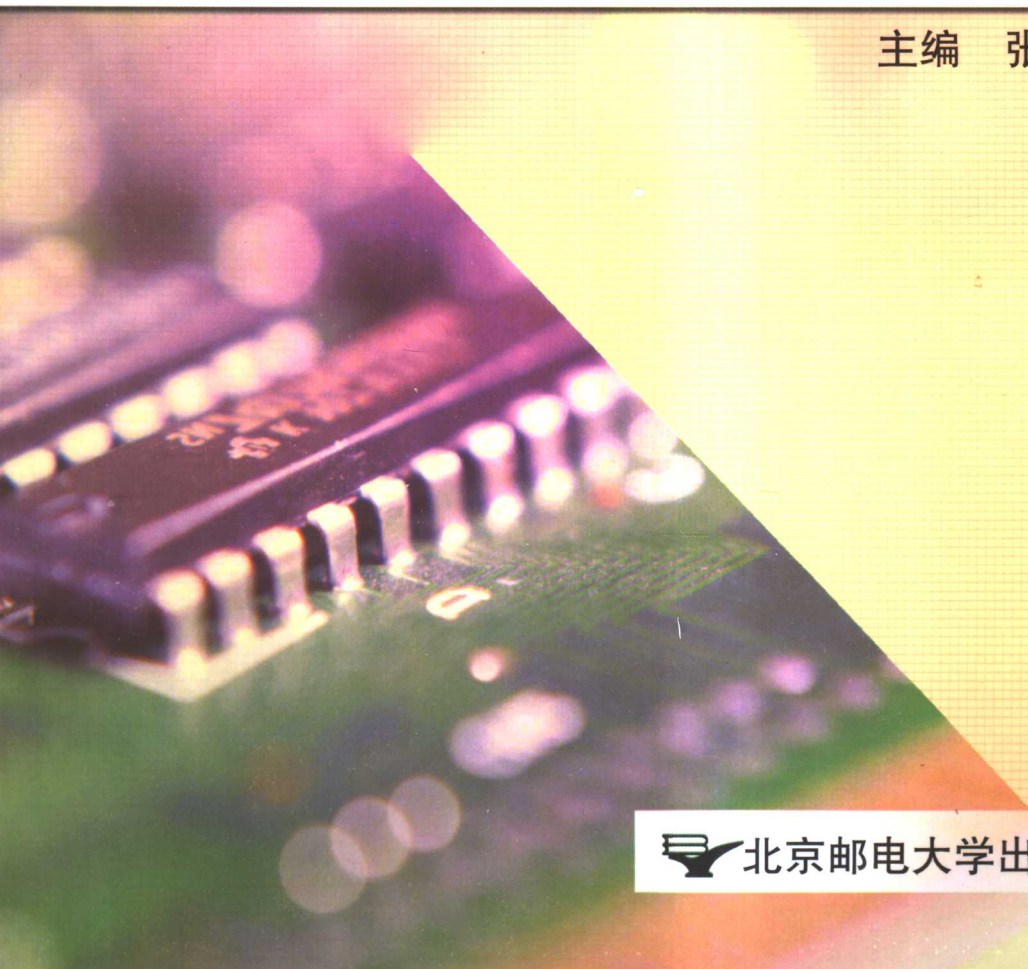




21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电工与电子技术

主编 张玉萍



北京邮电大学出版社



中华人民共和国教育部
中国职业技术教育学会
中国机械工业联合会

电工与电子技术

主编 张毅刚



清华大学出版社

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

电工与电子技术

主 编 张玉萍

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/张玉萍主编. —北京:北京邮电大学出版社, 2006

ISBN 7 - 5635 - 1314 - 0

I. 电... II. 张... III. ①电工技术—专业学校—教材②电子技术—专业学校—教材 IV. ①TM②TN
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082657 号

书 名 电工与电子技术
主 编 张玉萍
责任编辑 周 堃 赵延玲
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 12.75
字 数 260 千字
版 次 2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7 - 5635 - 1314 - 0/TN · 466
定 价 16.50 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系
E-mail: publish@bupt. edu. cn

电话: (010)82551166 (010)62283578
Http://www. buptpress. com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁发的中等职业学校非电类相关专业3、4年制通用电工与电子技术教学大纲编写的中等职业教育教材;在编写过程中还参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。

本书在编写过程中注意了以下几点:

1. 建立精讲型的知识体系结构,舍去复杂的理论分析和计算,降低深度及难度,着重培养学生的知识运用能力和实际操作技能。

2. 适当调整教材内容体系,使教材内容与当前社会科学技术的发展及实际应用相符合。

3. 全书图形符号及文字均采用新国标,力争做到言简意赅、深入浅出、内容新颖、图文并茂。

本书中引入了大量日常生产和生活实际中常见的,且与教材内容相关的实际应用实例作为阅读材料,以增加学生对所学内容的感性认识,提高学习兴趣,拓展学生的思路。

书中练习是为进一步加深对基本知识的理解和加强应用能力的培养而编写的,这些练习可以反映学生对电工与电子技术中的基本概念和基本原理的理解程度和应用能力。

本书由河北建材职业技术学院张玉萍老师编写,编写过程中得到了北京邮电大学周慧玲老师的大力帮助,在此表示感谢。

本书在编写过程中参考了有关文献、资料,在此谨对作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些错误及不妥之处,恳请广大读者及同行予以批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路及其基本物理量	1
1.2 电阻的连接	8
1.3 电路的工作状态	10
1.4 克希荷夫定律	12
* 1.5 电压源和电流源	14
本章小结	15
习题	16
阅读材料	18
第 2 章 正弦交流电路	20
2.1 正弦交流电的基本物理量	20
2.2 正弦量的表示	23
2.3 单一参数的交流电路	24
2.4 电阻与电感串联电路	32
2.5 线圈和电容并联的交流电路	35
本章小结	36
习题	37
阅读材料	40
第 3 章 三相交流电路	42
3.1 三相电源	42
3.2 负载的星形联结	45
3.3 负载的三角形联结	47
3.4 三相电功率	49
本章小结	50
习题	51
阅读材料	53
第 4 章 变压器	54
4.1 磁路的基本知识	54
4.2 变压器的基本构造	57
4.3 变压器的工作原理	60
* 4.4 特殊变压器	63

本章小结	65
习题	66
阅读材料	67
第 5 章 交流电动机	69
5.1 概述	69
5.2 三相异步电动机的基本构造	69
5.3 三相异步电动机的工作原理	73
5.4 异步电动机的机械特性	75
5.5 单相异步电动机	78
5.6 异步电动机的起动	80
5.7 异步电动机的调速	82
本章小结	83
习题	84
阅读材料	85
第 6 章 电动机控制电路	89
6.1 常用低压控制电器	89
6.2 异步电动机控制电路	95
本章小结	97
习题	98
阅读材料	98
第 7 章 供电与安全用电	102
7.1 城市电力网概述	102
7.2 电力负荷	103
7.3 安全用电	104
本章小结	107
习题	108
阅读材料	109
第 8 章 常用半导体元件	112
8.1 半导体二极管	112
8.2 半导体三极管	116
8.3 晶闸管	121
本章小结	123
习题	124
阅读材料	126

第 9 章 直流稳压电路	130
9.1 单相桥式全波整流电路	130
9.2 滤波电路	132
9.3 稳压管稳压电路	136
9.4 集成稳压器	137
9.5 单相桥式半控整流电路	139
9.6 交流调压电路	140
本章小结	141
习题	141
阅读材料	143
第 10 章 基本放大电路	147
10.1 共射放大电路的组成和各元件的作用	147
10.2 共射放大电路的分析	148
10.3 静态工作点对输出信号波形的影响	151
10.4 静态工作点的稳定	152
10.5 放大电路的基本动态性能指标	154
10.6 射极输出器	156
10.7 集成运算放大器	157
本章小结	164
习题	165
阅读材料	168
第 11 章 脉冲数字电路基础	171
11.1 概述	171
11.2 数制和码制	172
11.3 逻辑门电路	174
11.4 触发器	178
11.5 寄存器	184
11.6 计数器	186
本章小结	191
习题	192
阅读材料	195

第 1 章 直流电路

现代社会,科学技术飞速发展,新产品不断出现,目前广泛使用的电气设备种类繁多,且不断更新。电在各行各业以及人们的日常生活中都占有相当重要的地位。因此,学好电学的基本知识,是非常必要也非常重要的。

1.1 电路及其基本物理量

1.1.1 电路的组成和作用

1. 电路的组成

电路是形成电流的闭合通路,其基本结构如图 1-1 所示。很多电气设备或元件就是为了完成某一任务、某种需要,由基本电路组合起来的。

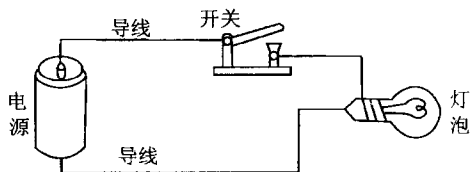


图 1-1 简单电路

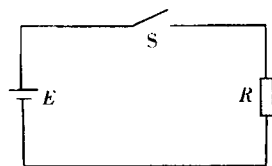


图 1-2 电路模型

电路种类有很多,由直流电源供电的电路称为直流电路;由交流电源供电的电路称为交流电路;由晶体管放大元件组成将信号进行放大的电路称为放大电路。

不论电路的功能和复杂程度如何,都有以下三个组成部分:

(1) 电源

电源是提供电路所需电能的装置,它将其他形式的能量转化为电能。如蓄电池是将化学能转化成电能;太阳能电池是将光能转化成电能;发电机是将机械能转化成电能。

(2) 负载

负载在电路中是消耗电能的装置,它将电能转化为其他形式的能量。如电灯是将电能转化为光能和热能;电动机是将电能转化为机械能;电暖器是将电能转化为热能等。

(3) 中间环节

中间环节是传输、分配和控制电能的部分,它把电源和负载连接起来组成闭合电路,并对整个电路进行控制。包括:导线、控制电器(如开关、插座等)、保护电器(如熔断器、空气自动开关)、测量仪表(如电能表、电流表、电压表等)。

闭合电路还可能分为外电路和内电路:由负载和中间环节组成的电路称为外电路,电流方向由电源正极指向负极;电源内部的电路称为内电路,电流方向由电源负极指向正极。

电源端电压即为外电路电压,其方向是从高电位指向低电位,即电位降方向。在电源内部电动势的方向是从低电位(负极)指向高电位(正极),即电位升的方向。

2. 电路模型

图 1-1 所示的电路主要用于分析器件的接线原理,在对电路进行定量分析和计算时通常用一些简单的却能表征电路性能的理想元件来代替部分实际部件。用多个理想元件组合模拟的实际电路,称为电路模型,如图 1-2 所示。

建立了电路模型,用有限的理想电路元件代替了种类繁多的电气设备和器件,电路的分析将大大简化;电路模型还反映了电路的主要性能,忽略了它的次要性能。但电路模型只是实际电路的近似,二者并不完全等同。

3. 电路的作用

(1) 电能的传输和转换

就是人们通常所说的电力工程,它包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明,以及交直流电之间的整流等。如从发电厂到用电户的远距离输电线路、生活中给照明灯具和各种家用电器供电的线路、生产中给电动机负载供电的动力供电线路等。

(2) 信息的传递和处理

就是以传递和处理电信号为主要目的电路。如文字、声音、图像的广播和接收(收音机、电视机)电路;生产过程中的自动调节(消防自动喷淋系统)电路;各种输入数据的数值处理(计算机)电路;信号的存贮等等。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电路中形成电流有两个条件,一是有电源供电,二是必须有闭合回路,即在闭合电路中,电荷在电源的作用下规则的定向移动形成电流。

电流的大小与在一定时间内通过导体横截面的电荷数量的多少有关。单位时间内,通过导体横截面的电荷数量越多,流过该导体的电流就越强;反之就越弱。用单位时间内通过导体横截面的电荷量来表示电流的大小,称为电流强度,以字母 I 表示。设在 t 秒内通过导体横截面的电荷量是 q ,则电流

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

电流的单位是安培,简称安,用符号 A 表示。电量的单位是库仑,简称库,用 C 表示。若在 1s 内通过导体横截面的电量为 1C,则电流强度就是 1A。

常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等。它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千安(kA)} = 1 \times 10^3 \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 1 \times 10^{-3} \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 微安}(\mu\text{A}) = 1 \times 10^{-6} \text{ 安(A)}$$

大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒直流电流,简称直流。大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流。

交流电流的大小是随时间变化的,若在一个很短的时间 Δt 内通过导体横截面的电量是 Δq ,则瞬时电流强度*i*为:

$$i = \Delta q / \Delta t$$

实际电路中的电流的大小可以用电流来表示。

电流的方向有实际方向和参考正方向,要加以区别。

习惯上规定电流的方向(实际方向)为正电荷运动的方向。对于简单电路,电流方向可以根据电源的极性很容易地判断出来,但在进行复杂电路的分析和计算时,某支路中电流的实际方向往往难于判断,这时就需要引入参考正方向的概念。任意选定某一方向作为电流的参考方向,称为参考正方向。选定的电流参考正方向与电流实际方向的关系是:当参考正方向与电流的实际方向一致时,则计算出的电流值为正;反之,则为负。在参考正方向选定之后,电流值才有正负之分。图1-3所示为电流的参考正方向。

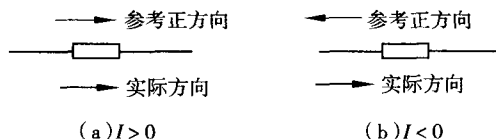


图1-3 电流的参考正方向

在电路图上所标出的电流、电压和电动势的方向,一般都是参考正方向。

例1-1 如图1-4所示,说明电流的实际方向。

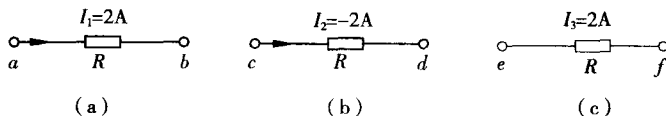


图1-4 例1-1图

解:(1)图1-4(a)中电流的参考方向由*a*到*b*, $I_1 = 2\text{A} > 0$,为正值,说明电流的实际方向和参考方向相同,即从*a*到*b*。

(2)图1-4(b)中电流的参考方向由*c*到*d*, $I_2 = -2\text{A} < 0$,说明电流的实际方向和参考方向相反,即从*d*到*c*。

(3)图1-4(c)因为没有给出电流的参考方向,所以不能确定。

2. 电位

在较复杂的电路中,为了分析和计算方便,较少使用电压而较多使用电位的概念。

由生活经验可知,水总是从高处流向低处,高处的水位高,低处的水位低,它们之间存在水位差而形成水流。同样的,在电路中,各点均有一定的电位,两点间有电位差而形成电流,在外电路中电流总是从高电位流向低电位。

电路中各点的电位是相对的物理量,要确定电路中某点的电位值,需首先选定计算电位的起点,即参考点。参考点的电位通常规定为零,所以参考点又称为零电位点。零电位点可以任意选定,但为了统一,在工程中习惯上取大地为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示,这是因为大地容纳电荷的能力非常大,它的电位很稳定,不受局部电荷量变化的影响。电子线路中一般选很多元件的汇集处为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。

电路中各点的电位值是相对的,与参考点的选择有关,参考点的选择不同,电路中各点电位的大小和方向也就不同,即电位的多值性。

在电子线路中,为了使电路简单明了,常将电源省略不画,而在电源端用电位或电动势的极性及数值标出。

3. 电压

在电工技术中,通常使用电压的概念。

带电的物体周围存在电场,电场对处在电场中的电荷有力的作用。当电场力使电荷移动时,即电场力对电荷做了功。单位正电荷从 a 点移动到 b 点时电场力所做的功称为电压,记作:

$$U_{ab} = \frac{W}{q} \quad (1-2)$$

式中 W —电场力将电荷从 a 点移动到 b 点所做的功,单位是焦耳(J)。

q —从 a 点移动到 b 点的电荷量,单位是库仑(C)。

U_{ab} —a、b 两点间的电压。

在国际单位制中,电压的单位是伏(特),符号为 V,将 1 库仑的正电荷从 A 点移动到 B 点,电场力所做的功为 1 伏(V)

常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V),它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1 \times 10^3 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 1 \times 10^{-3} \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 微伏}(\mu\text{V}) = 1 \times 10^{-3} \text{ 毫伏(mV)} = 1 \times 10^{-6} \text{ 伏(V)}$$

与电流一样,电压不但有大小,而且有方向。电压总是对电路中的两点而言。在电路中任意两点之间的电压的实际方向往往不能预先确定,因此同样可以任意设定某段电路电压的参考正方向,并以此为依据进行电路计算。

电压的方向从高电位指向低电位,即为电位降低的方向,因此电压也称为电位降。电路

中任意两点间的电压与参考点的选择无关,即电压是惟一的。

例 1-2 在图 1-5 所示的电路中,求分别以 A 点、B 点和 D 点为参考点时各点的电位及 A、B 两点间的电压。

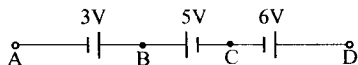


图 1-5 例 1-2 图

解:(1)以 A 点为参考点,即 $V_A = 0(\text{V})$,则

$$V_B = 3(\text{V}), V_C = (-5) + 3 = -2(\text{V}), V_D = 6 - 2 = 4(\text{V})$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = 0 - 3 = -3(\text{V})$$

(2)以 B 点为参考点,即 $V_B = 0(\text{V})$,则

$$V_A = -3(\text{V}), V_C = -5(\text{V}), V_D = 6 - 5 = 1(\text{V})$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = (-3) - 0 = -3(\text{V})$$

(3)以 D 点为参考点,即 $V_D = 0(\text{V})$,则

$$V_C = -6(\text{V}), V_B = 5 - 6 = -1(\text{V}), V_A = -3 - 1 = -4(\text{V})$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = (-4) - (-1) = -3(\text{V})$$

由上面的例题可知,A、B 两点间的电压与参考点的选择无关,不管参考点为哪一个点, U_{AB} 始终是 -3V 。

4. 电能

在导体两端加上电压,导体内就建立了电场。电场力推动自由电子定向移动过程中要作功,设导体两端的电压为 U ,通过导体横截面的电荷量为 q ,根据电压的定义可得出电场力对电荷量 q 所做的功,也就是电路所消耗的电能为

$$W = Uq \quad (1-3)$$

因

$$q = It$$

所以

$$W = UIt \quad (1-4)$$

在国际单位制中, W 、 U 、 I 、 t 的单位分别是焦耳(J)、伏特(V)、安培(A)、秒(s)。在生产和生活实际中,电能的另一个常用单位是千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$), $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 就是常说的 1 度。

$$1 \text{ 度} = 1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

电能是指一段时间内电流所做的功。

电流作功的过程实际上就是电能转化为其他形式的能的过程。如电流通过电炉作功,电能转化为热能;电流通过电动机作功,电能转化为机械能等。

5. 电功率

电功率是用电设备单位时间所消耗的电能,用字母 P 表示。

$$P = \frac{W}{t}$$

将式 1-4 代入得

$$P = UI \quad (1-5)$$

式中, P 、 U 、 I 、 t 的单位分别为瓦特(W)、伏特(V)、安培(A)、秒(s),若电流在 1s 内所做的功为 1J,则电功率就是 1W。电功率常用的单位还有千瓦等。

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 1 \times 10^3 \text{ 瓦(W)}$$

6. 电动势

在循环水路中靠水泵将水从低水位提升到高水位来维持水位差而产生水流,在电路中是靠电源来维持产生电流的两点间的电位差。

非电场力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功称为电动势,它表示电源将非电能转换成电能的能力。

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-6)$$

电动势的单位也是伏特。非电场力把 1 库仑正电荷从电源负极移到正极所做的功是 1 焦耳,则电源的电动势等于 1 伏特。

电动势不仅有大小而且有方向。电动势在数值上等于电源两极间的电位差,方向规定为电源推动正电荷运动的方向,即电位升的方向。所以电动势与电压的实际方向相反。

7. 电阻

电流通过金属导体时,做定向运动的自由电子会与金属中的带电粒子发生碰撞。可见,导体对电荷的定向运动有阻碍作用。电阻就是反映导体对电流的阻碍作用大小的一个物理量。

电阻用字母 R 表示。电阻的单位是欧姆,简称欧,用符号 Ω 表示。

若导体两端的电压是 1V,导体内通过的电流是 1A,则这段导体的电阻就是 1 Ω 。常用的电阻单位还有 k Ω 和 M Ω ,它们之间的换算关系是:

$$1\text{k}\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1 \times 10^3 \text{k}\Omega = 1 \times 10^6 \Omega$$

导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,并与导体的材料性质有关。对于长度为 l 、横截面积为 S 的导体,其电阻可用下式表示:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-7)$$

式中, ρ 为电阻率,也称电阻系数。其值与导体材料性质有关,与导体的几何尺寸无关,不同导体的电阻率是不同的,同一材料在不同温度下其电阻率也不相等。部分常见材料的电阻率和电阻温度系数值见表 1-1。

表 1-1 部分常见材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称		20℃时的电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{m})$	电阻温度系数 $\alpha(0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C})$ ($1/^\circ\text{C}$)
导体	银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}
	铜	1.7×10^{-8}	4.1×10^{-3}
	铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}
	钨	5.3×10^{-8}	5×10^{-3}
	铁	9.78×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-3}
	铂	1.0×10^{-7}	3.9×10^{-3}
	锡	1.14×10^{-7}	4.4×10^{-3}
	锰铜(铜 86%、锰 12%、镍 2%)	4×10^{-7}	2×10^{-5}
	康铜(铜 54%、镍 46%)	5×10^{-7}	4×10^{-5}
	镍铬(镍 80%、铬 20%)	1.1×10^{-6}	7×10^{-5}
半导体	纯净锗	0.6	
	纯净硅	2300	
绝缘体	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$	
	塑料	$10^{15} \sim 10^{16}$	
	玻璃	$10^{10} \sim 10^{14}$	
	陶瓷	$10^{12} \sim 10^{13}$	
	云母	$10^{11} \sim 10^{15}$	
	琥珀	5×10^{14}	
	熔凝石英	75×10^{16}	

在常温下,几乎所有导体的电阻值与温度之间都有如下的近似关系:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-8)$$

式中, α 是电阻的温度系数,它等于温度升高 1°C 时,导体电阻的变化值与原电阻值的比值,单位是 $1/^\circ\text{C}$ 。

1.1.3 欧姆定律

流过电阻的电流与其两端电压成正比,与电阻值成反比,这就是英国物理学家欧姆在实验中发现的欧姆定律,它是分析电路的基本定律之一。

1. 无源电路欧姆定律

电路中的一段不包含电动势,仅含有电阻的电路称为无源电路,如图 1-6 所示。

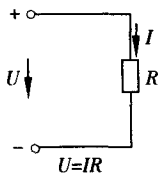


图 1-6 无源电路

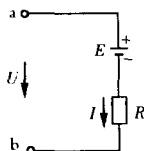


图 1-7 有源电路

2. 有源电路的欧姆定律

含有电源的电路称为有源电路。如图 1-7 所示。

由图 1-7 可得：

$$U = E + IR \quad (1-9)$$

式中,电压和电动势的正方向与电流正方向一致时取正号,反之则取负号。

3. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路。

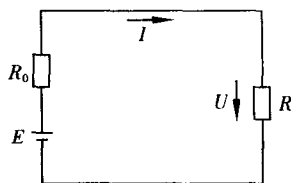


图 1-8 全电路

如图 1-8 所示,有

$$U = IR = E - IR_0$$

即

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-10)$$

式中, R_0 为电源内阻。

1.2 电阻的连接

1.2.1 电阻的串联

如图 1-9 所示,有 n 个电阻 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 顺序相接,其中没有分岔,称为 n 个电阻串联。电路特点是:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

其中,总电阻

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

功率

$$P = I(U_1 + U_2 + \cdots + U_n) = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

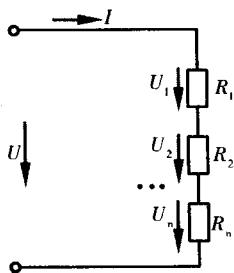


图 1-9 串联电路

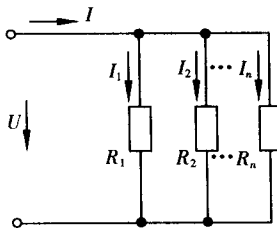


图 1-10 并联电路

可得, n 个串联电阻吸收的总功率等于各个电阻吸收的功率之和。

串联分压:各串联电阻上分压的大小与各电阻值的大小成正比。

1.2.2 电阻的并联

如图 1-10 所示,有 n 个电阻 $R_1, R_2, R_3, \cdots, R_n$ 并排连接,称为 n 个电阻并联。电路特点是:

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

其中总电阻

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

功率

$$P = U(I_1 + I_2 + \cdots + I_n) = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

可得, n 个并联电阻吸收的总功率等于各个电阻吸收的功率之和。

并联分流:各并联电阻上电流的大小,与各电阻值的大小成反比。

1.2.3 电阻的混联

在一个电路中,即有相互串联的电阻,又有相互并联的电阻,这样的电路称为混联电路。

计算和分析混联电路,可以用找等电位点,画等效电路,求等效电阻等方法。

例 1-3 在图 1-11(a) 所示的电路图中,已知 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 15\Omega$, $R_5 = 30\Omega$, 求开关 S 断开及闭合时, a、b 两点间的等效电阻。

解: 开关 S 断开及闭合时的等效电路如图 1-11(b)、图 1-11(c) 所示,求得其等效电阻分别为 10Ω 、 10Ω 。