



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

电工基础

主编 周慧玲 张玉萍



北京邮电大学出版社

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

电工基础

主 编 周慧玲 张玉萍

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/周慧玲主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1200-4

I. 电... II. 周... III. 电工学—专业学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 013702 号

书 名 电工基础
主 编 周慧玲 张玉萍
责任编辑 周 堃 邓 艳
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 11.5
字 数 236 千字
版 次 2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5635-1200-4/TM·9
定 价 15.00 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

本书依据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划的要求,并根据中等职业学校电类专业三、四年制通用《电工基础教学大纲》而编写,同时在编写过程中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。本教材既可供中等职业学校三年制和四年制电类专业使用,也可作为岗位培训教材。

本书采用强弱电知识全一体系,编写时突出强电,兼顾弱电,以适应现代电气电子技术的发展。为适应不同地区、不同学制、不同专业的教学要求,增加教材的灵活性,本书内容分为必学、选学(书中加“*”部分)和阅读与应用三大模块。其中必学内容为教学大纲所规定的各专业都应学习的电工基础中最重要、最基本的内容;选学内容供不同专业根据需要进行选择;应用模块内容均为工程中的实际问题,这些内容有助于学生理论联系实际,并拓宽知识面,可作为教师选讲和学生自学之用。

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和重在应用及能力培养的知识应用结构,具体来说就是电路分析、计算、电机、电器及设备的内部运行理论分析等方面,适当降低深度及难度,舍去复杂的理论分析和计算。

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

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。

4. 本书的编写注意了与中学物理课程的衔接与配合。书中练习可进一步加深对基本知识的理解和加强应用能力的培养。

本书第一至三章由张玉萍老师编写,第四至九章由周慧玲老师编写。

本书在编写过程中参考了相关文献、资料,在此谨对作者表示衷心的感谢。

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

第一章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.2 电压源和电流源	11
1.3 克希荷夫定律	12
1.4 支路电流法	14
第二章 直流电阻电路	19
2.1 电阻串联电路及其应用	19
2.2 电阻并联电路及其应用	21
2.3 电阻的混联	22
2.4 戴维南定理(等效电压源定理)	23
2.5 叠加定理	25
第三章 电容和电感	31
3.1 电容和电容器	31
3.2 电感及其基本特性	37
第四章 正弦交流电路	65
4.1 正弦交流电的基本物理量	65
4.2 正弦量的表示	69
4.3 单一参数的交流电路	71
4.4 串联交流电路	81
*4.5 串联谐振	87
4.6 并联交流电路	89
4.7 线圈和电容并联的交流电路	91
第五章 三相电路	97
5.1 三相电源	97
5.2 负载的星形连接	100
5.3 负载的三角形连接	105
5.4 三相电功率	107
第六章 变压器	115
6.1 变压器的基本构造	115
6.2 变压器的工作原理	119
6.3 变压器的铭牌	123

6.4	三相变压器	125
6.5	特殊变压器	125
第七章	交流电动机	133
7.1	概述	133
7.2	三相异步电动机的基本构造	133
7.3	三相异步电动机的工作原理	136
7.4	异步电动机的起动	140
* 7.5	异步电动机的调速、制动与反转	143
7.6	异步电动机的铭牌	144
7.7	单相异步电动机	146
7.8	常用低压控制电器	149
7.9	异步电动机控制电路	155
* 第八章	非正弦交流电	165
8.1	非正弦交流电的产生	165
8.2	非正弦交流电的分解	166
8.3	非正弦交流电的计算	167
* 第九章	信号与系统概述	169
9.1	信号的基本知识	169
9.2	信号的传输	171
9.3	系统与网络	173

第一章 电路的基本概念和基本定律

早在公元前,人们就发现了摩擦起电这一自然现象,在科学技术迅猛发展的今天,电的使用非常广泛,电能是现代工业、农业、国防、科技及人们的日常生活中占有相当重要的地位。因此,学好电工学的基本知识,掌握直流电路、交流电路和电磁的基本规律和分析方法,并掌握一定的实验技能,是非常重要的。

1.1 电路和电路模型

随着时代的发展,科学技术的不断进步,电工技术已广泛应用于生产、生活中。目前广泛使用的电气设备种类繁多,且不断更新。如家用电器中近年出现了电磁炉,照明灯具中出现了节能灯等,其中绝大部分电气设备都是由各种各样的基本电路组成的。因此,学习和掌握电路的分析和计算方法十分重要。

1.1.1 电路的组成和作用

1. 电路的组成

电路就是电流的通路,是为了完成某一任务、某种需要由某些电气设备或元件按一定方式组合起来的。如图1-1所示。

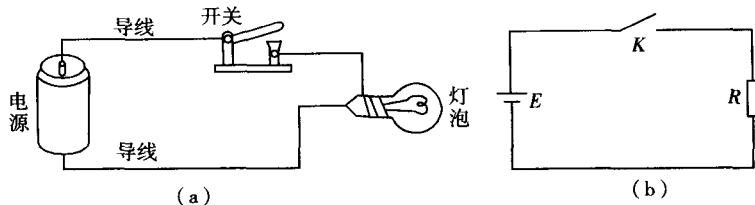


图1-1 电路

电路的功能不同,其复杂程度也不同。但不论复杂程度如何,都可分为以下三个组成部分:

(1) 电源

电源提供电路所需的电能,可以将其他形式的能量转化为电能。如电池是将化学能转化成电能;发电机是将机械能转化成电能。

对于电源来说,由负载和中间环节组成的电流通路称为外电路,电流方向由电源正极指向负极;电源内部的电流通路又称为内电路,电流方向由电源负极指向正极。

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

(2) 负载

负载是电路中消耗电能的设备或器件,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;电动机是将电能转化为机械能;电炉是将电能转化为热能等。

负载的大小是以单位时间内耗电量的多少来衡量的。由于电路中的负载都表现出一定的电阻性,当电源电压一定时,电阻大的负载所取用的电流较小,消耗的功率也小;反之,负载的电阻越小,消耗的电功率越大。

(3) 中间环节

中间环节是传送、分配和控制电能的部分。包括:导线、开关、熔断器、测量仪表等。

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。

2. 电路模型

图 1-1(a)所示的电路在分析器件的接法原理时是很有用的,但要用它对电路进行定量分析和计算时就很困难。所以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。这样一个实际电路就可以用多个理想元件的组合来模拟,这样的电路称为电路模型,如图 1-1(b)所示。

建立电路模型具有十分重要的意义。实际生产、生活中所用的电气设备的器件种类繁多,而理想电路元件只有有限的几种,因此电路模型的建立就使电路的分析大大简化。电路模型还反映了电路的主要性能,忽略了它的次要性能,因而电路模型只是实际电路的近似,二者并不完全等同。

关于电路模型的概念还有几点需要说明的是:

(1) 理想电路元件是具有某种确定的电磁性能的元件,是一种理想的模型,实际中并不存在,但它在电路的理论分析与研究中起着重要的作用。

(2) 不同的实际电路部件,只要具有相同的主要电磁性能,在一定条件下可用同一模型表示。如只表示消耗电能的理想电阻元件 R 、只表示存储磁场能量的理想电感元件 L 、只表示存储电场能量的理想电容元件 C 等。这三种最基本的理想元件可以代表种类繁多的各种负载。

(3) 同一个实际电路部件在不同的应用条件下的模型可以有不同的形式。如实际电感器应用在低频电路中时,可以用理想电感元件 L 代替;而用在较高频电路中时则可以用理想电感元件 L 与理想电阻元件 R 串联代替,而用在更高频率电路中时,又可以用理想电感元件 L 与理想电阻元件 R 串联后再与理想电容元件 C 并联代替。

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。对于这些电路,由于输送和变换能量的规模一般较大,输送距离较远,因此要求尽可能地减少损耗以提高效率。

(2) 信息的传递和处理

在现代化的生产、生活和科学技术领域中,还有另一类以传递和处理信号为主要目的的电路,例如语言、文字、音乐、图像的广播和接收,生产过程中的自动调节,各种输入数据的数值处理,信号的存贮等等。但其数量很小,要求能准确地传递和处理信号,即保证不失真。如工业生产中广泛使用的测温仪器热电偶,是将温度差转化成微小热电势。压力变送器是将压差转化成微小电压。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

任何物质都是由分子组成,分子由原子组成,而原子又由带正电的原子核和带负电的电子组成。在通常的状态下,原子核所带的正电荷数与核外电子所带的负电荷数相等而使原子呈现电中性,不显电性,物质也不显带电的性能。假如给予一定的外加条件,如接上电源,就能使金属或某些溶液中的电子发生有规则的运动。

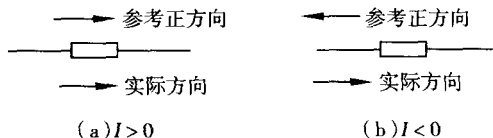


图 1-2 电流的参考正方向

电荷在电路中规则的定向移动形成电流。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。为此,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。所选的电流参考正方向与电流的实际方向并不一定一致,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 1-2 所示为电流的参考正方向。

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。

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,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。

若需要使用较大的或较小的单位,在基本单位前加上词头即可。表 1-1 为部分常用的 SI 词头。

表 1-1 几中常用的 SI 词头

所表示的因数	词头	符号	所表示的因数	词头	符号
10^{12}	太	T	10^{-1}	分	d
10^9	吉	G	10^{-2}	厘	c
10^6	兆	M	10^{-3}	毫	m
10^3	千	k	10^{-6}	微	μ
10^2	百	h	10^{-9}	纳	n
10^1	十	da	10^{-12}	皮	p

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:

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

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

$$1 \text{ 微安}(\mu\text{A}) = 10^{-3} \text{ 毫安(mA)} = 10^{-6} \text{ 安(A)}$$

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。

图 1-3 所示为各种电流与时间关系曲线。

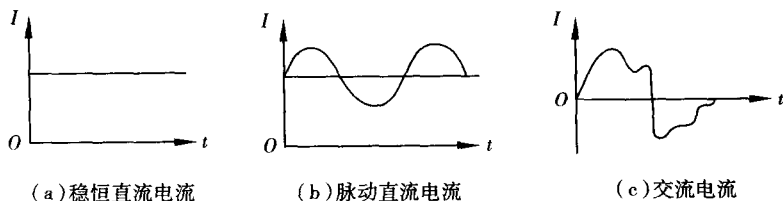


图 1-3 各种电流与时间关系曲线

例 1-1 如图 1-4 所示,说明电流的实际方向。

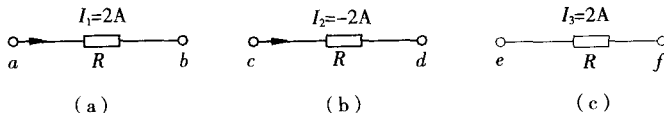


图 1-4 例 1-1 图

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 , $I_1 = -2\text{A} < 0$, 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)不能确定, 因为没有给出电流的参考方向。

例1-2 5分钟内均匀通过某导体横截面的电荷量为6库仑, 求导体中流过的电流是多少?

$$\text{解: } I = \frac{q}{t} = \frac{6}{5 \times 60} = 0.02(\text{A})$$

2. 电压

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。为了衡量电场力做功的大小, 引入了电压的概念。

电压即单位正电荷从 a 点移动到 b 点时电场力所做的功, 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, 电场力所作的功为1伏(V)

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

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

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

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

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。

3. 电位

在电工技术中, 通常使用电压的概念, 而在较复杂的电路中和电子线路中要一一说明电路中每两点间的电压就很繁琐, 所以较多使用电位的概念, 这样分析计算就较为方便。

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, 需首先选定参考点。参考点选定之后, 电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压, 也就是说某点的电位等于电场力将单位正电荷从该点移动到参考点所作的功。电位用符号“ V ”表示, 单位也是 V(伏)。 V_a 表示是 a 点的电位。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, 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。

有了电位的概念,电压的方向就可以看做是电位降低的方向,因此电压也称为电位降。

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。而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 1-3 在图 1-5 所示电路中,已知 $U_{ac} = 3\text{V}$, $U_{ab} = 2\text{V}$ 试分别以 a 点和 c 点作参考点,求 b 点的电位和 b 、 c 两点间的电压。

解:(1)以 a 点为参考点,则 $V_a = 0$,

已知 $U_{ab} = 2\text{V}$,即 $U_{ab} = V_a - V_b = 2(\text{V})$

$\therefore V_b = V_a - 2 = 0 - 2 = -2(\text{V})$

已知 $U_{ac} = 3\text{V}$,即 $U_{ac} = V_a - V_c = 3(\text{V})$

$\therefore V_c = V_a - 3 = 0 - 3 = -3(\text{V})$

b 、 c 两点间的电压 $U_{bc} = V_b - V_c = -2 - (-3) = 1(\text{V})$

(2)以 c 点为参考点,则 $V_c = 0$

已知 $U_{ac} = 3\text{V}$,即 $U_{ac} = V_a - V_c = 3\text{V}$

$\therefore V_a = V_c + 3 = 0 + 3 = 3(\text{V})$

已知 $U_{ab} = 2\text{V}$,即 $U_{ab} = V_a - V_b = 2\text{V}$

$\therefore V_b = V_a - 2 = 3 - 2 = 1(\text{V})$

b 、 c 两点间的电压 $U_{bc} = V_b - V_c = 1 - 0 = 1\text{V}$

由上面的计算可见,参考点为 a 时, $V_b = -2\text{V}$;参考点为 c 时, $V_b = 1\text{V}$ 。但 b 和 c 两点间的电压与参考点的选择无关,始终是 $U_{bc} = 1\text{V}$ 。

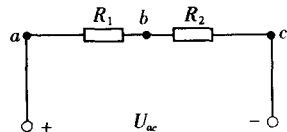


图 1-5 例 1-3 图

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 所作的功,也就是电路所消耗的电能:

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

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 度电。

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

电能是指一段时间内电流所作的功。

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;电流通过电动机做功,电能转化为机械能。

5. 电功率

电功率是衡量电能转换为其他形式能量速率的物理量,它等于单位时间内电流所作的功,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 内所作的功为 1J,则电功率就是 1W。电功率常用的单位还有千瓦等。

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

6. 电动势

电动势即非电场力将单位正电荷从电源负极移到正极所作的功,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。外力把 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电极两端的电位差,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:

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

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

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 、截面为 S 的导体,其电阻可用下式表示:

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

式中 ρ 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,称为电阻率或电阻系数。表 1-2 列出了几种材料的电阻率值。

表 1-2 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 α (0℃ ~ 100℃) (1/℃)
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}
半导体	镍铬(镍 80%、铬 20%)	1.1×10^{-6}	7×10^{-5}
	纯净锗	0.6	
	纯净硅	2300	
	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}	
	熔融石英	75×10^{16}	

在常温下,几乎所有的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℃ 时,导体电阻的变化值与原电阻值的比值,单位是 1/℃。

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. 无源电路的欧姆定律

闭合回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。

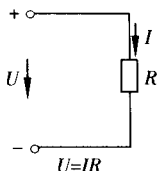


图 1-6 无源电路

※注意:式中正负号的意义有两种:一种是由电流、电压的正方向确定的即方程所带的正负号;另一种是物理量本身所带的正负号,在进行电路计算时要加以注意。首先按电流、电压的参考正方向列出方程,确定方程的正负号后,再把电流、电压本身的正负号带进去。

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。

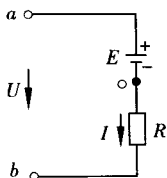


图 1-7 有源电路

由图 1-7 可得:

$$U = E + IR$$

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。

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。

1.1.4 电路的工作状态

1. 负载状态

如图 1-9 所示,开关 K 闭合,电源与负载接通成闭合回路时的工作状态称为负载状态。此时,电路中的电流称为负载电流。当电源电动势 E 和内阻 R_0 一定时,电流的大小取决于负载电阻 R 。 R 减小,电流增大; R 增加,电流减小。

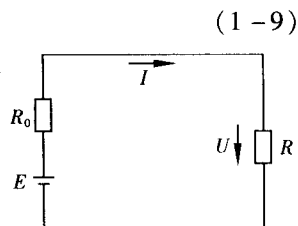


图 1-8 全电路

负载状态的电路特征是:

$$I = \frac{E}{R_L + R_0}$$

$$U = IR_L = E - IR_0$$

$$P = UI = EI - I^2 R_0$$

应注意,对于一定的电源来说,负载电流不能无限制地增加,否则会由于电流过大而把电源烧毁。对于用电设备来说,也有类似的情况。因此,各种电气设备或电路元件的电压、电流和功率等都有规定的值,即额定值。

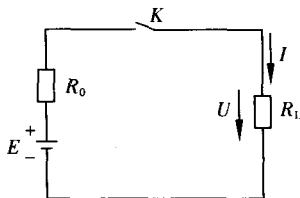


图 1-9 负载状态

电气设备在额定值下的工作状态称为额定工作状态,也称满载状态。

当电流流过电路时,由于导线及电气元件都有一定的电阻,会有一部分电能转变为热能而使设备的温度升高,因此,电气设备工作时都有规定的最高容许温度。如常用的橡胶绝缘导线的最高容许温度为 65°C ; 电缆的最高容许温度为 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。如果电气设备工作时温度上升过高,超过了容许值,绝缘材料会很快变脆损坏,温度再升高,绝缘材料就会炭化燃烧,毁坏电气设备,造成严重事故。

电气设备开始工作后,温度逐渐升高,在一定时间内,设备产生的热量与散发出的热量相等,温度不再升高,此时电气设备的温度称为稳定温度。电气设备长时间连续工作,稳定温度达到最高容许温度时的电流称为额定电流。为了限制电气设备中的电流不致过大并保证绝缘材料的安全使用而规定的加在电气设备上的最高电压值称为该设备的额定电压。

额定值是设计和生产部门对电气产品所作的规定,常用下标“N”表示。如额定电流 I_N 、额定电压 U_N 、额定功率 P_N 等。按照额定值使用电气设备才能保证安全可靠、经济合理、不会缩短设备的使用寿命。

2. 空载(开路、断路)状态

如图 1-9 所示,开关 K 断开,电路不通,此时电路中负载电阻为无穷大,电流为零。电路的这种状态称为空载(开路)状态。空载时,电路的端电压在数值上等于电源电动势,叫做开路电压,用 U_{oc} 表示。电路不输出功率。

空载状态电路的特征是:

$$I = 0$$

$$U_{oc} = E$$

3. 短路状态

图 1-9 中,若外电路电阻 R 减小到零,则电路中仅有电源内阻 R_0 , R_0 很小时,电流会达到很大的数值,称为短路电流,用 I_s 表示。电路的这一状态称为短路状态。

$$I_s = \frac{E}{R_0}$$

这时电源对外不输出功率,电源功率全部转换为热能,使温度迅速上升以致使电源烧毁。

例 1-4 如图 1-9,已知电源电动势 24V,内阻 0.2Ω ,负载电阻 5.8Ω ,求负载电流和短路电流。

解:根据全电路欧姆定律,有:

$$I = \frac{E}{R_L + R_0} = \frac{24}{5.8 + 0.2} = 4(\text{A})$$

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{24}{0.2} = 120(\text{A})$$

可见,短路电流远大于负载电流。

电源的短路是应该避免的。为防止短路引起大电流烧毁电源的事故,通常在电路中安装熔断器或其他自动保护装置,以防止事故扩大,从而保护电气设备和供电线路。

但有时由于某种需要,人为地将电路的某一部分或某个元件短路。例如为防止电动机起动电流对串接在电动机回路中的电流表的冲击,在起动时将电流表短接,使起动电流旁路通过,待电动机起动后再断开短路线,恢复电流表的作用。这种有用的短路称为短接。如图 1-10 所示。

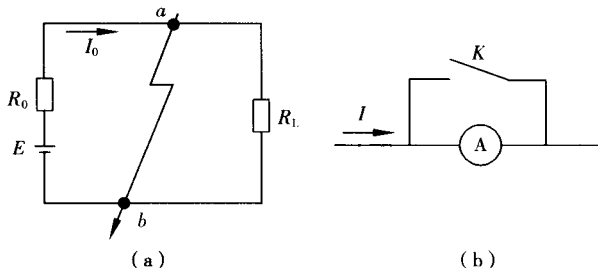


图 1-10 电路的短路
(a)电源短路;(b)电源短接

1.2 电压源和电流源

实际电源有两种,电压源和电流源。

电压源:为电路提供一定电压的电源称为电压源,以电动势 E 与内阻 R_0 串联的形式表示。若电压源的内阻 R_0 为零,电源将提供一个恒定不变的电压,则称为理想电压源,又称恒压源。恒压源有两个特点:一是电压恒定不变,二是电路中电流的大小取决于与恒压源连接的负载电阻的大小。实际电压源的内阻很小,可以看成是理想电压源与电阻 R_0 串联而成。如图 1-11 所示。