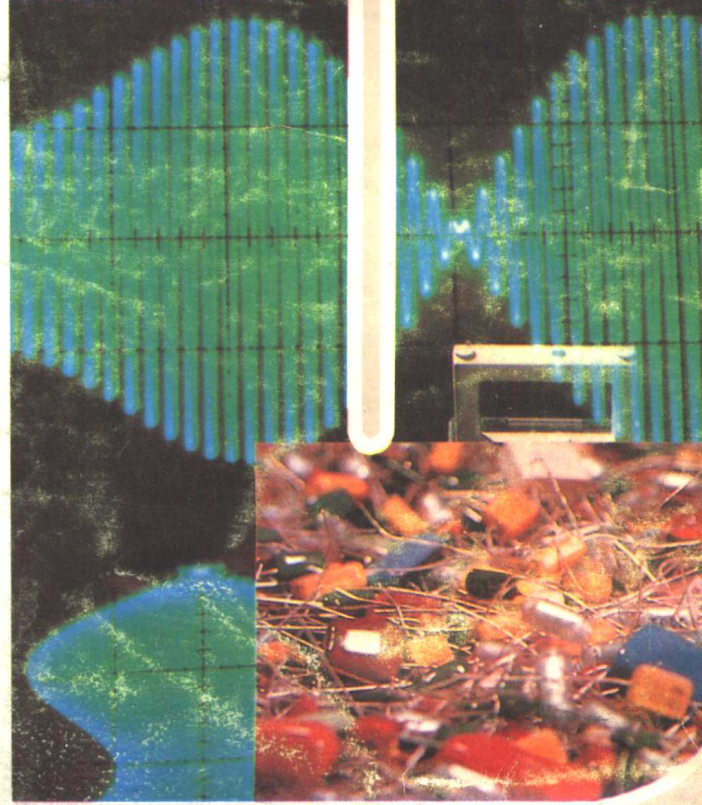
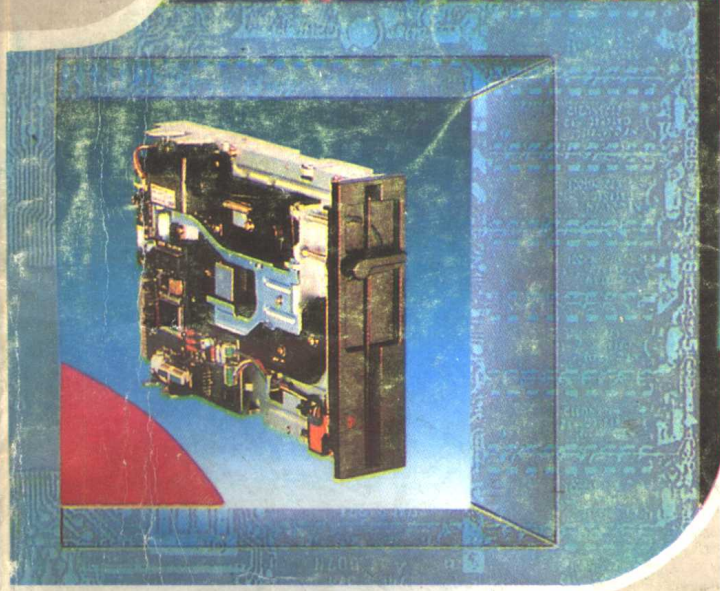
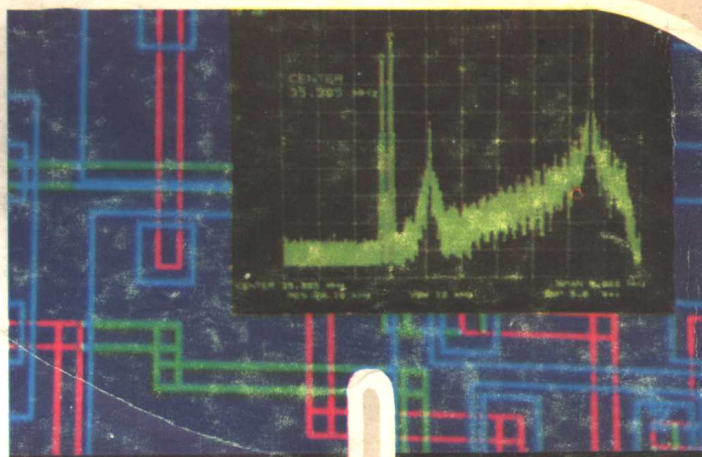


广东省家电培训领导小组办公室组编《家用电器技术丛书》



● 熊耀辉 梁永汉 潘汉明 编著

家用电器 维修技术基础

● 电子工业出版社

广东省家电培训领导小组办公室组编 《家用电器技术丛书》

家用电器维修技术基础

熊耀辉 梁永汉 潘汉明 编著

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 简 介

本书是《家用电器技术丛书》的第一本。它全面地讲述了交、直流电路,线性网络,高频传输线,电子信号,半导体基本电路及脉冲与数字电路的原理。内容丰富,程度适中,论述清楚、透彻。可为家用电器维修人员从事实际工作准备必要且扎实的理论基础。

本书适用于初中文化程度以上的读者自学,也是参加家电维修培训班时的一本很好的参考书。同时,也可作为中专、中技及电子职业高中师生的参考。

家用电器维修技术基础

熊耀辉 梁永汉 潘汉明 编著

责任编辑 魏永昌

电子工业出版社出版(北京万寿路)

北京顺义李史山印刷厂印刷

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

开本787×1092 1/16 印张:22.5 字数:540千字

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数:15000册 定价:12.50元

ISBN7-5053-1453-X/TN·418

出版前言

目前在图书市场上,家用电器类图书琳琅满目,五光十色,目不胜收,但是真正有一定理论深度而又反映家电技术急速变化、不断更新特点的实用性图书寥若晨星。由广东省家电维修培训领导小组办公室组编的《家用电器技术丛书》正是弥补了这一不足。本丛书包括《家用电器维修技术基础》、《黑白电视机原理与检修技术》、《彩色电视机原理与检修技术》、《盒式收录机原理与检修技术》、《家用录象机原理与检修技术》、《家用组合音响原理与检修技术》、《电冰箱、空调机原理与检修技术》、《洗衣机、电风扇原理与检修技术》、《家用电热电器原理与检修技术》共九种。几乎囊括了家用电器的各个方面。

参与编写本丛书的主编、副主编、编委和编者都是具有丰富家电维修经验和电子学广博理论造诣的知名专家、教授、高级工程师和技师。他们将理论和实践完美地结合起来并针对广东地区进口的家用电器品种多、数量大、更新换代快的特点,全面、系统地叙述了家用电器的基础理论、原理、结构、使用和故障维修等全方位的知识。

本丛书在内容的编排上,由浅入深,步进阶梯小而逐渐达到一定理论深度并有大量实践维修经验的介绍,每章末都附有习题,便于读者复习。本丛书叙述简明扼要、通俗流畅、图文并茂,适于家电维修人员、理工学校有关专业师生,电子爱好者等广大读者阅读并可作为家电维修教材。

本丛书得以问世,要衷心感谢中国电子进出口总公司华南分公司、广东省家电维修领导小组、中国电子学会的鼎力支持,各位主编、副主编、编委和编者的不懈努力。

本丛书作为奉献给广大读者的礼物,愿读者在阅读的同时,指出它的不足,以便于今后改进。

广东省家电培训领导小组办公室组编
《家用电器技术丛书》

主 编 徐秉铮
副主编 马兰皋 李运林
编 委 葛长义 刘宝林 李育祥 马名伟 李克东
全景才 熊耀辉 卢泓泽

前 言

编写本书的主要目的是为家用电器使用、维修人员在学习电路原理及维修方法时提供一本技术理论基础参考书。本书适用于初中以上文化程度的读者，在自学或参加技术培训班时阅读。同时，该书可供电子中专、中技及电子职业中学的师生参考。

鉴于目前家用电器日新月异、品种繁多的特点，本书选编了有关交、直流电路，线性网络，高频传输线，电子信号概述，半导体基本电路及脉冲与数字电路等内容。本书主要从阐述电磁基本物理概念及基本电路工作原理出发，尽量避免数学推导，力求做到深入浅出，通俗易懂。同时，各章中均列举了不少应用实例，这将有助于读者避免在学习基础理论时易有枯燥之感。

本书共分15章，其中1~7章，12、13章及附录部分由熊耀辉负责编写，8~11章及15章由梁永汉负责编写，14章由潘汉明负责编写。全书由徐秉铮教授，马兰皋高级工程师，李运林教授等审阅。

本书在编写过程中得到了中国电子进出口总公司华南分公司，广东电子学会，广东家电维修领导小组，广东省家电维修人员培训中心等单位的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不足之处，恳请广大读者提出批评指正。

编 者

目 录

第一章 直流电路	(1)
一、概述	(1)
二、电流和电路	(1)
三、欧姆定律	(4)
四、电功率和电能	(5)
五、基尔霍夫定律	(6)
六、电阻的串并联	(8)
七、电源输出最大功率的条件	(12)
习题	(14)
第二章 正弦交流电路	(16)
一、概述	(16)
二、正弦交流电的基本参数	(16)
三、正弦交流电路中的基本元件	(20)
四、单一元件的正弦交流电路	(25)
五、RLC 串联交流电路	(29)
六、并联交流电路	(32)
习题	(34)
第三章 电磁的基本概念及应用	(36)
一、磁场	(36)
二、描述磁场的基本参数	(37)
三、铁磁材料特性	(38)
四、磁场对载流导体的作用力	(41)
五、电磁感应	(42)
六、变压器工作原理	(46)
七、伺服电动机	(49)
习题	(52)
第四章 谐振回路与耦合回路	(53)
一、概述	(53)
二、串联谐振回路	(54)
三、并联谐振回路	(61)
四、耦合谐振回路	(68)

习题.....	(77)
第五章 滤波器.....	(78)
一、概述.....	(78)
二、LC 滤波器.....	(78)
三、晶体滤波器.....	(90)
四、陶瓷滤波器.....	(93)
五、声表面滤波器 (SAWF)	(95)
习题.....	(98)
第六章 高频传输线.....	(99)
一、概述.....	(99)
二、传输线的特性阻抗 Z_c	(100)
三、传输线的传输特性.....	(101)
四、行波系数与驻波系数.....	(105)
五、无损耗短路线.....	(106)
六、无损耗开路线.....	(109)
七、仿真线.....	(111)
八、高频传输线的应用.....	(112)
习题.....	(116)
第七章 电子信号概述.....	(117)
一、概述.....	(117)
二、正弦信号.....	(119)
三、周期脉冲信号及频谱.....	(120)
四、调幅信号及频谱.....	(125)
五、调频信号及频谱.....	(129)
六、信号的失真.....	(131)
习题.....	(135)
第八章 半导体二极管, 三极管工作原理.....	(136)
一、半导体二极管.....	(136)
二、半导体三极管.....	(140)
习题.....	(147)
第九章 三极管放大器.....	
一、基本放大器的分析.....	(148)
二、放大器的工作点稳定.....	(158)
三、放大器的三种组态.....	(159)

四、放大器的故障检修	(161)
习题	(163)
第十章 常用放大器	(165)
一、多级放大器	(165)
二、负反馈放大器	(166)
三、功率放大器	(173)
习题	(189)
第十一章 直流放大器, 集成电路及稳压电源	(192)
一、直流放大器	(192)
二、集成运算放大器	(197)
三、几种简单的集成电路	(200)
四、直流稳压电源	(205)
习题	(215)
第十二章 高频小信号谐振放大器	(217)
一、概述	(217)
二、单调谐放大器	(217)
三、双调谐放大器	(222)
四、参差调谐放大器	(226)
五、三极管内部反馈的有害影响及解决方法	(228)
六、集成化调谐放大器	(230)
习题	(232)
第十三章 正弦振荡器	(233)
一、概述	(233)
二、互感耦合振荡器	(233)
三、三点式LC振荡器	(236)
四、石英晶体振荡器	(243)
五、RC振荡器	(245)
六、压控振荡器(VCO)	(249)
习题	(252)
第十四章 脉冲电路	(253)
一、概述	(253)
二、脉冲波形及其主要参数	(253)
三、半导体管的开关特性	(254)
四、RC电路	(258)

五、微分电路与积分电路.....	(261)
六、限幅与箝位电路.....	(264)
七、双稳态电路.....	(270)
八、单稳态电路.....	(277)
九、自激多谐振荡器.....	(282)
十、锯齿波发生器.....	(284)
十一、间歇振荡器.....	(290)
十二、锯齿电流发生器.....	(293)
习题.....	(299)
第十五章 数字电路.....	(301)
一、逻辑门电路.....	(301)
二、数制及不同数制的转换.....	(307)
三、触发器.....	(308)
四、寄存器.....	(312)
五、计数器.....	(314)
六、译码器与显示器.....	(317)
七、模/数与数/模转换.....	(321)
习题.....	(329)
附录一、万用表的使用与工作原理.....	(331)
附录二、信号发生器的使用与简单工作原理	(335)
附录三、示波器的使用与简单工作原理.....	(337)
附录四、扫频仪的使用与简单工作原理	(345)

第一章 直流电路

一、概 述

电在工农业生产、国防、科学研究以及日常生活等各方面的应用是非常广泛的。电的应用一般可归纳为：利用电能变换成其它形式的能量(如机械能)，使生产设备运转(如电动机等)；或利用电信号进行信息传输；或是对生产过程进行控制；以及利用电的热效应，光效应、磁效应等为生产、生活服务。无论是电能的传输，还是电信号的传递，一般总是要构成这样或那样的电路，因此，学习家用电器技术通常总得从掌握电路基本理论入手。

本章主要介绍直流电路中所要遵循的基本规律和最基本，最简单的分析计算方法。电路遵循的规律通常包括两个方面：一是组成电路的各个元件的特性，对于直流电路而言，元件一般指电阻及等效电阻。二是整个电路中各个元件及直流电源等相互之间必须服从的关系。这里主要介绍欧姆定律，基尔霍夫定律等的基本概念及数学表达式。

二、电 流 和 电 路

1. 电 流

在生产实践与人们日常生活中，会遇到各式各样的电气设备。譬如，当电源开关合上之后，电灯会发光、电炉会发热、电动机(马达)会转动等等。以上现象的发生，都是因为电灯电路中、电炉电路中以及电动机电路中有电流流过的缘故。电流有交流电流与直流电流之分，这里主要是分析讨论直流电流。

下面先举一个常见的实际例子，也许是人人都已做过的实验，这就是手电筒的供电电路。为了说明问题方便，我们将电路画成图 1-1 形式。电路中用到的直流电压 E 为两节 1.5 伏的干电池，小灯泡为通常手电筒用的电珠，几段导线作联线，开关 K 可用手代替。

实验结果表明，当开关闭合后，电源(电池)，导线，灯泡以及开关 K 形成一闭合回路，于是，这将给电源产生的电流提供一个通路。在闭合的回路中有电流流通时，小灯泡就会发光。若是把开关 K 断开，闭合回路的条件即遭破坏，电流被中断，灯泡立即会熄灭。

电流是一种客观存在的物理现象，尽管我们通常不能用肉眼看到它，但是它会以各种表现，如热效应(灯泡的发光、发热)、电磁效应(电机转动)等而被人们所觉察。

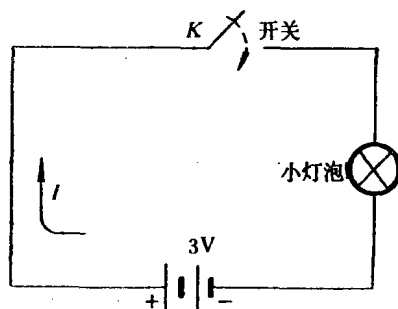


图1-1 直流电路

直流电流是一个既具有大小而且还有方向的物理量，通常称为矢量。在物理学中，习惯

把正电荷流动的方向作为电流方向。如图 1-1 所示电路中，当开关 K 闭合时，电流的方向则由电源（电池）负极，经电源内部到正极，再由电源正极到开关 K ，再经开关 K 流入灯泡，最后回到电源负极这样一个流经方向。

电路中各种电器的光、热、电磁效应都直接与电流的大小有关。例如，新买来的电池装在手电筒里会比较光亮，装在半导体收音机中声音会比较宏亮（与旧电池比较），这证明新电池能供出的电流较大。相反，手电筒和收音机在使用了一段时间后，会因为旧电池供不出较大的电流而灯泡渐渐变暗，收音机声音变小。

表征电流大小（强弱）的单位有安培（符号为 A ），毫安（符号为 mA ），微安（符号为 μA ）等。直流电流的大小，可用安培表，毫安表，微安表以及万用表中电流档进行测量。测量时，电流表应串接在欲测量电流流经的回路之中。

电流单位之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 安培 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 (\mu A)}$$

2. 电路

电路实际上就是指电流通过的路径。电路通常由三大部分组成：即电源，负载及导线和控制元件。

电路中要产生电流，通常必须具备两个条件：其一是，电路必须是闭合的；其二是，在闭合电路中必须要有电源电压（或等效电压）存在。二者缺一不可。

电路中的电源，是电路中供应电能的设备。电源的功能是把非电能（化学能，机械能等）转变为电能。例如，电池就是将化学能转换成电能的装置。

负载，是电路中消耗或储存电能设备的总称。在直流电路中，常见的负载一般是电阻或等效电阻。电阻为耗能元件。

导线及控制元件，是电源与负载组成通路的中间桥梁。除导线外，控制元件一般有开关，熔断器等，它们用于电能的传输，分配和控制。

下面，就电压和电阻这两个电路中的基本概念，作进一步的阐述。

（1）电压

众所周知，水在河流里能流动，是因为河流上游的水位高于下游的水位，即上下游之间有一定的水位差。城市里自来水管中的水之所以会流动，也是因为高水位和低水位之间的差别而产生的一种压力，水才会从高处流向低处。我们一打开水龙头开关，水就会自动流出来，正是因为自来水的贮水塔比地面高，或者是由于用水泵推动水产生了压力差的缘故。电也是如此，电流之所以能够在导线中流动，也正是由于闭合电路中有高电位和低电位之差，通常将这种电位差称为电压。在前面提到电流方向的问题时，曾指出，在如图 1-1 所示的闭合电路（当开关 K 闭合的情况下）中，电流是沿电源正极，开关 K ，灯泡，电源负极方向流动的。由此可见，对电源 E 而言，正极的电位比电源负极的电位要高，即电源正负极之间有一个电位差（电压）存在。譬如，对于一节干电池，其正负极之间的电位差则为 1.5 伏。我们知道，水塔上的高水位的水是如何上去的呢？那是由水泵压上去的。而干电池的电压则是利用化学作用而产生的。

表示直流电源电压的符号常用 E 。而表示电路中元件两端的电压（电位差）则为 U 。电压

如同电流一样是一矢量,即不但有大小,而且还有方向。电压大小的单位常有:伏特(符号为V),毫伏(符号为mV)及微伏(符号为 μ V)等。

电压的大小可用电压表测量。电压表有伏特表(伏特计)、毫伏表,微伏表以及万用表中的直流电压档。测量电压时,通常要注意两个问题。首先,要选择适当的量程。譬如用万用表测一节干电池的电压,应选万用表的2.5伏档或10伏档为宜。假如量程选得不合适,则会产生较大的误差。若选万用表的250伏档来测一节电池的电压,表头指针几乎不偏转,这样就很难读准数值。其次,用电压表或万用表直流电压档测电压时,要注意极性,因为电压是有方向的。

(2) 电阻

水在水管中流动会受到阻力,其阻力的大小与管子的粗细,长短及管子内壁的光滑程度等因素有关。电路中的电流大小,也与受到的阻力有关,此阻力常称为电阻。一条导线存在一定的电阻,其电阻的大小与导线的粗细,长短及材料等因素有关。用同样材料制成的,长度相同的一段导线,其截面积愈大,则电阻值愈小。而对材料相同,横截面积相等的两段导线,其导线愈长则电阻值愈大。

表征电阻大小的单位为欧姆(符号为 Ω),此外,还常用千欧(符号为 $k\Omega$),兆欧(符号为 $M\Omega$)等。它们之间的换算关系如下:

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

电阻的大小通常是用万用表的欧姆档进行测量的。在测量时要注意选择合适的量程,以提高测量精度。在测量高阻(譬如,变压器的绝缘电阻)时,而常用到一种兆欧表(摇表)。这里值得一提的是,当你想测某电气设备中某个电阻的阻值时,必须先将电气设备的外接电源插头拔出(切断供电电源),亦即是说,电阻的测量应在不带电的情况下进行,否则,万用表会很容易损坏。

在电子设备中,常常会用到银,铜,铝,铁等导体。实践证明,各种导体的导电性能(即对电流的阻碍程度)是各不相同的。金属导体的电阻大小与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比。即

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

式中 ρ ——导体的电阻率(由材料的导电性能而决定的常数),单位是:欧姆·毫米²/米。

例如:银的导电率 $\rho=0.0165 \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

铜的导电率 $\rho=0.0175 \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

铝的导电率 $\rho=0.0263 \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

铁的导电率 $\rho=0.5 \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

由此可见,银的导电性能最好,铜,铝次之,而铁的导电性能最差。

式中, l 为导体的长度(如导线的长度),其单位为米(m);而 S 则为导体的横截面积(如导线的横截面积),其单位为平方毫米(mm^2)。

在电路中,常常会用到一种专门的电阻器,简称为电阻。电阻是电子电路中用得最多的元件之一,约占元件总数的40%以上。电阻的品种很多,其结构,尺寸和规格也不一样。电阻除有阻值大小之分(如 360Ω , $10k\Omega$ 等)外,还有固定电阻和可变电阻(通常又称为电位器)

两种。若按材料来分有碳膜电阻, 金属膜电阻和金属氧化膜电阻等。若是按结构上来区分, 又有所谓线绕电阻和非线绕电阻等。

电流通过电阻时, 电阻会消耗功率, 所以, 通常称电阻为耗能元件。因此, 对于标准电阻, 不但有阻值大小的不同, 而且还有额定功率的区别。在电路中, 流过电阻的电流愈大, 电阻消耗的功率就愈大。当电流过大, 电阻实际耗损的功率超过额定标称功率时, 电阻就会过度发热, 甚至被烧焦发臭, 直至被烧坏。因此, 我们在使用电阻时, 不但要注意它的阻值, 而且要了解它的额定功率。

三、欧姆定律

欧姆定律是电子学中一个最基本的定律, 它表明了电路中电流、电压和电阻三者之间的关系规律, 欧姆定律是德国物理学家欧姆通过大量的实验, 于1827年得出的。

电阻元件在电路中对电流呈现一种阻力, 而且会消耗一定的能量, 因此, 沿电流流通方向必然会出现电压降。如果电阻元件的电阻值为 R , 则电阻元件两端的电压降 U 与通过它的电流 I 有如下关系:

$$U = R \cdot I \quad (1-2)$$

式中, R 为电阻值, 单位为欧姆(Ω); I 为流过电阻的电流大小, 单位为安培(A); U 为电阻 R 两端呈现的电压, 单位为伏特(V)。式(1-2)表示的关系, 即为欧姆定律。这里请特别注意, 因为电压 U 和电流 I 都是有方向的, 因此, 式(1-2)应在如图1-2所示的情况下才是正确的。

显然, 在图1-2中, U 与 I 的方向是一致的。如果电压降与电流的方向(这里指的是参考方向, 并不一定代表实际方向)相反, 则欧姆定律必须为如下形式:

$$U = -I \cdot R \quad (1-3)$$

例1-1 已知电阻 $R = 1\text{k}\Omega$, 而测得 R 两端的电压 $U = 10\text{V}$, 求流过电阻 R 的电流 I 为多大?

解: 根据欧姆定律, 有

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{1000} = 0.01\text{A} = 10\text{mA}$$

推广: 含源支路的欧姆定律

在一支路中不仅有电阻, 而且还有电源存在, 通常称作为含源支路。

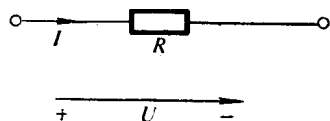


图1-2 电流、电压方向

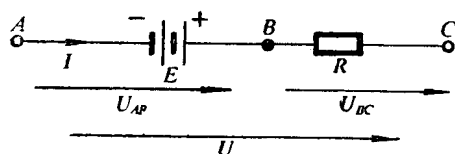


图1-3 含源支路

如图1-3所示各物理量的参考方向, 有

$$U = U_{AB} + U_{BC}$$

而 $U_{AB} = -E$

$$U_{BC} = I \cdot R$$

所以,有

$$U = -E + IR$$

由此可得

$$I = \frac{U + E}{R}$$

如果改变 U , I 及 E 的参考方向, 只要采用上述的推导过程, 显然可以得到类似于上式的式子。

四、电功率和电能

电流通过灯泡会发亮, 通过电炉会发热, 这说明电流通过电器时将电能转换成其它形式的能, 即作了功。而电功率是用于衡量电能转换速度的物理量, 反映了电场力在单位时间内所作的功。对于纯电阻电路, 电功率 P 与电压 U , 电流 I 及电阻 R 的关系如下:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R \quad (1-3)$$

式中, 电功率 P 的单位为瓦特(W)。在实用中, 还常用千瓦(kW)和毫瓦(mW)等单位, 其中:

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}$$

$$1\text{mW} = 10^{-3}\text{W}$$

在式(1-3)中, 若 U 的单位为伏(V), I 的单位为安(A), R 的单位为欧姆(Ω)时, 则 P 的单位为瓦特(W)。

例1-2 试求阻值为2千欧姆, 额定功率为1/4瓦的电阻所能呈受的最大电流和电压?

解: 根据 $P = I^2 \cdot R$ 可求电阻所能允许通过的最大电流为

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{4 \times 2 \times 10^3}} = 11.2 \text{毫安}$$

根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可求电阻所能呈受的最大电压为

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{\frac{1}{4} \times 2 \times 10^3} = 22.3 \text{伏}$$

在电力工程中, 测量电功的单位常常采用千瓦小时(kWH)。1千瓦小时就是电流的功率为1千瓦在一小时内所做的功, 发电厂和变电站用来计算用户耗电量的电度表, 以“度”为单位, 1度电即为1千瓦小时的功, 譬如, 1千瓦的电炉供电1小时, 则耗电能为1度电。

例1-3 某大楼有50盏电灯, 每个灯泡的功率为100瓦, 问全部电灯点亮2小时, 共耗电多少度?

解: 50只灯泡的总功率为

$$P = 50 \times 100 = 5\text{kW}$$

点亮2小时共耗电度数为

$$A = 5\text{kW} \times 2 = 10 \text{度}$$

电流通过金属导体时, 电荷在电场力的作用下, 沿金属导体作定向运动, 不断地与原子

发生碰撞和摩擦,从而使分子的热运动加剧,将一部分电能转变为热能,使导体的温度升高。导体通电时会发热的现象称作为电流的热效应。

电流热效应的应用极其广泛,利用它可以制作电炉,电烙铁,电熨斗,电饭煲等电热器。另一方面,由于电流的热效应会使导线温度上升,势必加速绝缘材料的老化,造成不同程度的漏电或损坏电气设备。因此,在出厂的电气设备上都得标明该产品的额定电压,额定电流及额定功率。所谓额定电压,额定电流和额定功率,是指电气设备为安全起见所允许的最高电压,最大电流和最大耗损功率。意思是说,电气设备在使用时不能超过这些数值,否则就会被损坏。

为了提高供电的安全性,往往在电气设备的供电通路中串联一只熔断器。熔断器中的熔丝采用低熔点材料制作(常用铅锡合金),它比较柔软,熔点低,一般温度在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 时便可熔化。当电流一旦过大,熔断丝便首先被熔断,迅速将供电线路切断,使电气设备及供电线路等得到保护。

五、基尔霍夫定律

1845年基尔霍夫在总结前人经验的基础上,通过大量的实验结果,创立了两条重要的定律。这两条定律称之为基尔霍夫第一定律和基尔霍夫第二定律,它是计算各种电路不可缺少的基本定律。

1. 基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律也称为节点电流定律。所谓节点,系指电路中三个以上分支电路的汇集点,如图1-4中A、B两点。

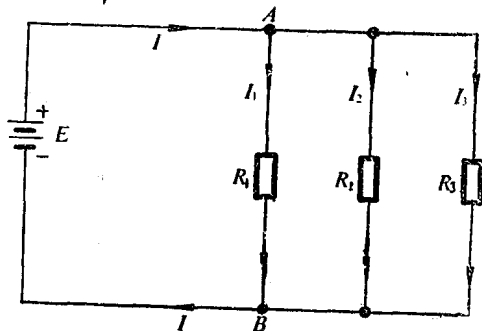


图1-4 两节点电路

基尔霍夫第一定律指出:流入一个节点的电流之和必定等于从这个节点流出的电流之和。对A点而言,流入的电流为 I ,而流出的电流为 I_1, I_2, I_3 之和,因此有:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

而对于节点B而言,流入电流为 I_1, I_2, I_3 之和,而流出电流为 I ,根据定律,同样有:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

根据定律,对于任何一个节点,有:

$$\sum I_{\text{流入}} = \sum I_{\text{流出}} \quad (1-4)$$

如果假定流入节点的电流为正,而流出节点的电流为负,那么,对于同一节点,流入节点的电流与流出节点电流的代数和必定等于零,即有

$$\sum I = 0 \quad (1-5)$$

对于图1-4电路而言,节点A有

$$\sum I = I - (I_1 + I_2 + I_3) = 0$$

应当指出,电流是一个矢量,它不但有大小,而且还有方向。在应用节点电流定律时,

先要在电路上标定各支路电流的方向，通常称之为参考方向。对于已知的电流，可按其实际方向标出；而对于未知方向的电流，则可随意标定一个参考方向，然后根据节点电流定律列方程。求解后，若结果为正，则说明电流的实际方向与假设的参考方向是一致的；若解得结果为负值，则说明电流的实际方向与假定参考的方向相反。

例1-4 在图1-4所示电路中，若电源电压 E 为10伏，电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为10千欧、20千欧和40千欧，求各支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及总电流 I ？

解：因为加于电阻 R_1 、 R_2 及 R_3 两端的电压均为10伏，因此，根据欧姆定律有

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{10}{10 \times 10^3} = 1\text{mA}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{10}{20 \times 10^3} = 0.5\text{mA}$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{10}{40 \times 10^3} = 0.25\text{mA}$$

根据基尔霍夫第一定律，则可求得流入节点 A 的电流为

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 1.75\text{mA}$$

基尔霍夫第一定律的物理意义是：在电路的任何一个节点上既不可能堆积电荷，也不可能漏掉电荷。在节点处，任何时刻流入节点的电荷和流出节点的电荷量均相等。它好比水在水管中流动一样，在几条管道的交接处，任何流入和流出的水量都相等。基尔霍夫第一定律说明了电路中任何一处的电流都是连续的。

推广：基尔霍夫第一定律不仅适用于任意一个节点，也适用于电路中的任一假想的封闭面。

如图1-5所示，可将节点 A 及 B 用虚线框住，定为假想的封闭面。

由上图可见，流入假想封闭面的电流为

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 1 + 2 + 3 + 4 = 10\text{A}$$

因此，流出假想封闭面的电流 I_5 应为10A。这一结果也可以应用基尔霍夫定律，分别对节点 A 、 B 列方程，求解出电流 I_5 的数值得以证实。对于节点 A ，有

$$I_6 = I_1 + I_2 = 3\text{A}$$

对于节点 B ，有

$$I_5 = I_3 + I_4 + I_6 = 3 + 4 + 3 = 10\text{A}$$

由此可见，用两种方法求得的结果是完全一致的。

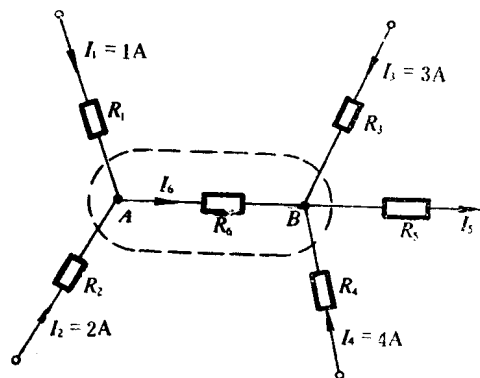


图1-5 电路假想封闭面

2. 基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律又称为回路电压定律。所谓回路，是指电路中任何一个闭合路径，如图1-6所示，由电源 E_1 ，电阻 R_1 及 R_3 组成回路(I)；而由电源 E_2 ，电阻 R_2 及 R_3 组成的回路(II)。