

TUIJIANJIAOCAI

JSHY

全国建设行业中等职业教育推荐教材

电工与电气设备

(给水排水专业)

主编 王金寰 主审 胡晓元

● 中国建筑工业出版社

全国建设行业中等职业教育推荐教材

电工与电气设备

(给水排水专业)

主编 王金寰

主审 胡晓元

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电气设备/王金寰主编. —北京:中国建筑工程出版社, 2004

全国建设行业中等职业教育推荐教材

ISBN 7-112-06192-X

I. 电… II. 王… III. ①电工技术—专业学校—教材②电气设备—专业学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 066033 号

全国建设行业中等职业教育推荐教材

电工与电气设备

(给水排水专业)

主编 王金寰

主审 胡晓元

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7 插页: 3 字数: 186 千字

2004 年 7 月第一版 2004 年 7 月第一次印刷

印数: 1—2,500 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-112-06192-X

TU·5459 (12205)

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>

本书是全国建设行业中等职业教育推荐教材。内容包括：直流电路、单相交流电路、三相交流电路、变压器、异步电动机、供电系统。书中附有实验指导书及多层住宅电气照明施工图。

本书除可作为全日制中等职业教育教材外，亦可供相关工程技术人员参考。

* * *

责任编辑：田启铭
责任设计：孙 梅
责任校对：刘玉英

前 言

本教材是根据建设部中等专业学校市政工程施工与给水排水专业指导委员会 2002 年 4 月发布的中等职业学校三年制给水排水专业《电工与电气设备》教学大纲编写的,计划课时数 60。本教材根据以下指导思想编写:

一、《电工与电气设备》课的基础是电工学,电工学是本课程的教学难点,以往的电工学教学占用了大量的课时,效果却难如人意。我们在电工学内容的选取上以学习后续的电气工程所需要知识为指导,将在建筑电气系统中最有用的交流电的知识,例如三相四线制供电方式、线电压和相电压的来源、功率因数的概念以及交流电的电功率、线电流的计算公式等为重点,而对交流电路、电动机的工作原理等只作一般定性介绍,删减了有关理论计算部分的内容。

二、如何使学生在有限的时间内学到最实用的电气工程方面的知识?据我们了解,给水排水专业的中职毕业生大部分在建筑企业从事建筑设备(水暖电)安装工作,在建筑设备安装业有水、电不分家之说,即从事建筑给水排水安装的人要兼顾建筑电气安装。所以在供电系统部分的内容选编中,我们以介绍住宅照明配电系统安装知识为重点。住宅配电系统的安装知识比较简单,但是住宅配电系统设计方面的知识还是有一定的难度,所以我们将住宅配电线路的设计列入选学内容。

三、以往《电工与电气设备》教材都将建筑施工临时用电列为主要内容,几乎成了定势。但是据我们了解,给水排水专业的毕业生,无论他在什么单位工作,很少需要他们直接去管建筑施工用电的。而建筑施工临时用电由于牵涉到动力用电,有一定的难度,时间少了是学不到手的,所以我们没有将这部分内容选入教材。

教材编写也应当与时俱进,我们的以上做法是个尝试。当然全国各地的情况千差万别,一本教材无论如何也难以满足所有学校的需要,不尽人意之处只能敬请原谅了。

本教材由云南省建筑工程学校王金寰主编,衡阳铁路机械学校黄勇和山东聊城城建学校曹忠凯参编。四川建筑技术学院胡晓元主审。

教材在编写过程中,参考了有关文献资料及兄弟学校的教材,在此致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中存在不足和缺点,恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

绪论 1

第一章 直流电路 2

 第一节 电路的基本概念 2

 第二节 欧姆定律 4

 第三节 电功和电功率 6

 第四节 电阻的串联和并联 7

第二章 单相交流电路 10

 第一节 电磁现象 10

 第二节 正弦交流电的特征 15

 第三节 常用交流电路的负载元件 18

 第四节 单一参数的正弦交流电路 19

 第五节 电阻与电感的串联电路 22

第三章 三相交流电路 26

 第一节 三相交流电源 26

 第二节 三相负载的连接 28

 第三节 三相交流电路的计算 29

第四章 变压器 31

 第一节 变压器的结构和工作原理 31

 第二节 三相变压器 33

 第三节 常用变压器 36

第五章 异步电动机 39

 第一节 三相异步电动机的结构 39

 第二节 三相异步电动机的工作原理 41

 第三节 三相异步电动机的机械特性 44

 第四节 三相异步电动机的启动 46

 第五节 三相异步电动机的调速、反转控制与铭牌 48

 * 第六节 水位自动控制 51

第六章 供电系统 55

 第一节 供电系统概述 55

 第二节 低压配电系统 56

 第三节 电线和照明器的型号与规格 58

 第四节 低压电器和电度表的型号和规格 64

 第五节 住宅照明配电系统与电气识图 73

第六节 住宅配电线路的安装 77

第七节 防雷、接地与安全用电 84

* 第八节 住宅配电线路的设计方法 92

实验指导书 99

实验一 三相负载的星形连接法 99

实验二 单相变压器实验 101

实验三 三相异步电动机的接线和直接启动 102

实验四 导线连接与分户配电箱的装配 104

实验五 接地电阻仪的使用和接地电阻的测量 105

附录 接地电阻测量仪的作用方法 106

绪 论

电能是现代社会最重要的能源形式,电能的使用遍及人类生产、科学研究和生活的各个领域。电能是清洁、高效的优质能源,和其他形式的能源相比有着巨大的优越性。首先是它能非常方便地转变为其他形式的能量,例如用一台电动机就可以很容易地将电能转换为机械能,电动机的能量转换效率很高,可达90%左右,所以现在绝大多数机械设备都以电动机为动力,给水排水行业应用最为广泛的水泵就是如此。其次,电能的输送也极其方便,用一些不太复杂的变配电设备和几根导线就可以将电能输送到很远的地方和需要用电的每一个角落。再则电能的控制也非常方便,用一个开关就可以控制电路的通断,用一组按钮和交流接触器就可以控制电动机的启动、停止或正反转等等。现在许多复杂的机械设备控制过程的自动化无不得益于电能控制的方便性,例如用于补水和排水水泵的水位自动控制,就是控制过程自动化的典型例子。

给水排水行业大量使用电能,作为本行业的工程技术人员懂得一定的电工与电气设备方面的知识,对于了解和掌握给水排水设备的运行和管理是有必要的。本教材还要讲述一些建筑电气方面的知识,建筑设备安装是给水排水专业的毕业生就业的主要渠道之一,而在建筑设备安装业有“水、电不分家”之说,即从事建筑给水排水安装的人也要从事建筑电气安装,因此学习一些建筑电气方面的知识就很有必要了。

《电工与电气设备》是给水排水专业学生必修的一门技术基础课,其内容由电路基础、电机与控制 and 供电系统三部分组成。这三部分内容是一个有机的整体,不可或缺。但是对于本专业的毕业生最用得着的知识,还是三相交流供电方式,线电压和相电压的概念,交流电的线电流和电功率的计算以及配电线路的安装等方面的内容,学生应该集中精力学好以上这几方面的知识。

本课程内容实践性很强,要真正学好它,必须重视实验和参加一定的生产实习。

第一章 直流电路

第一节 电路的基本概念

一、电路

1. 电路的组成

电路是电流通过的闭合路径。图 1.1(a) 为手电筒电路示意图, 它是一个最简单的电路, 当开关闭合时, 形成闭合回路, 有电流流过灯泡, 灯泡发光。由图 1.1 可以看出, 这个最简单的电路, 由三个基本部分组成, 即电源部分、负载部分以及连接它们的中间环节。

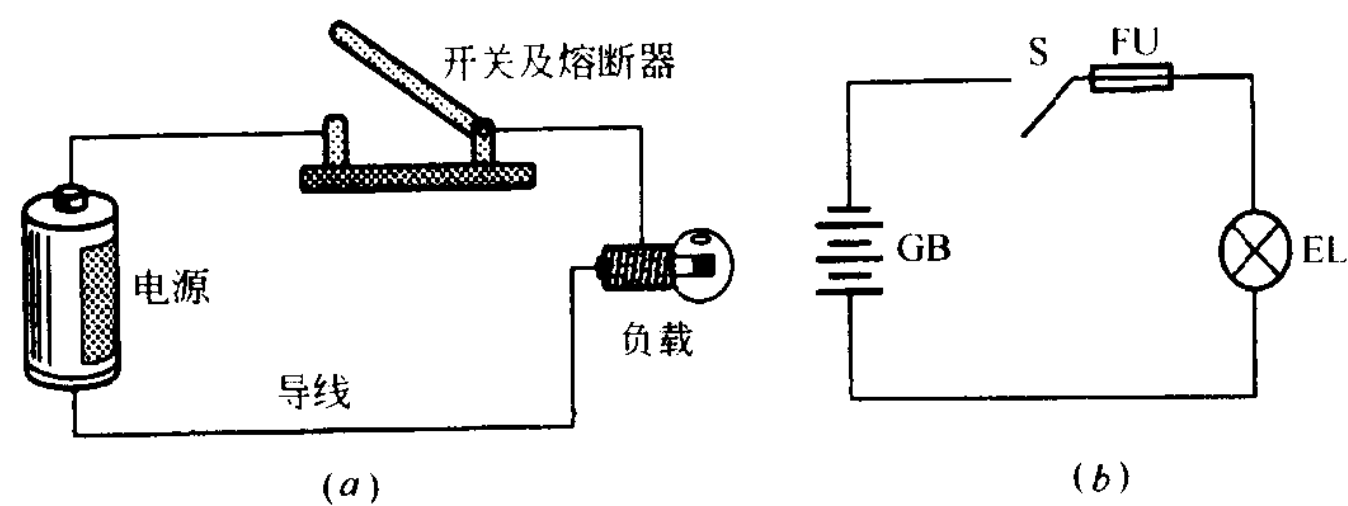


图 1.1 最简单电路
(a) 电路; (b) 电路图

电源的功能是将其他形式的能量转换为电能, 供负载使用。电源的形式很多, 有干电池、蓄电池和发电机等。

负载的作用是将电能转换成人们需要的能量形式, 供人使用。如灯泡能够将电能转换成光能, 供照明用。电炉能够将电能转换为热能, 供加热或取暖用。电动机能够将电能转换为机械能, 供驱动机械用。

中间环节是连接电源和负载的部分, 它包括导线、开关以及各种保护装备, 导线是电能的输送通道, 开关的作用是控制电路的通断, 熔断器对线路起短路保护的作用。

电路有内电路和外电路之分, 外电路是指电源以外的电路, 内电路是指电源内部的电路。对直流电路来说, 电流的方向在外电路是由正极到负极, 在内电路是由负极到正极。这样形成了闭合的回路, 才能维持持续的稳恒电流。电路有两种类型, 直流电路和交流电路。在直流电路中, 电源的正负极是固定的, 电动势的大小也是固定的, 电流是稳定的。在交流电路中, 电压和电流的方向和大小都随时间作周期性的变化。图 1.2 为直流电和正弦交流电的电流波形图。

2. 电路图

图 1.1(a) 只是一个最简单的手电筒照明电路示意图, 而实际电路由于具有复杂功能,

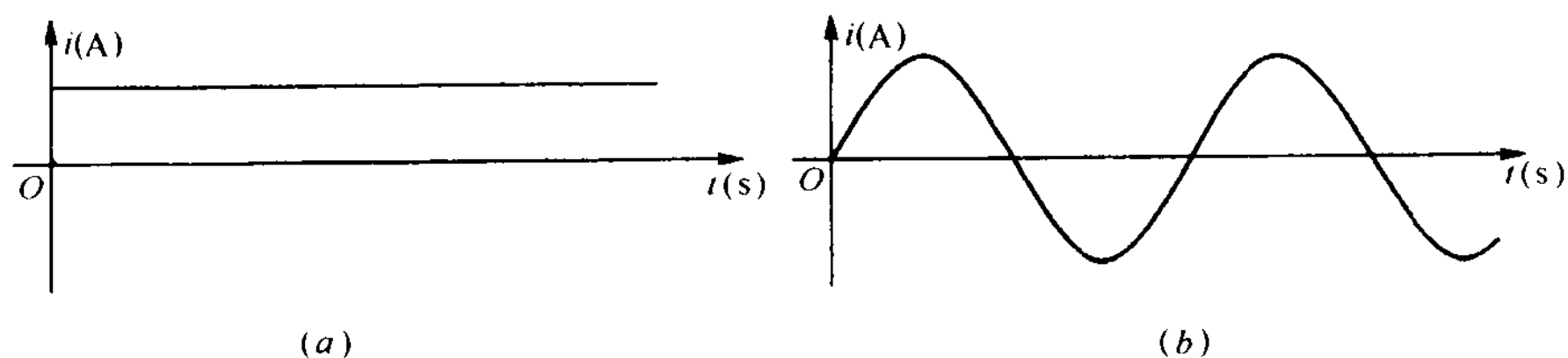


图 1.2 直流电和正弦交流电电波波形
(a) 直流电; (b) 正弦交流电

电路的结构也很复杂的。为便于分析研究,通常将实际电路画成电路图。电路图一律采用国家统一规定的图形图例、文字符号来表示各种电器设备。如图 1.1(b) 为手电筒电路的电路图。

二、电路的基本物理量

1. 电流

电流是定向运动的电荷形成的。如图 1.3 所示,在电场力作用下,正电荷在外电路从正极向负极运动。电荷流过灯泡时,灯泡将电荷携带电能转化为光能。在电源内部(内电路),电荷在电源力作用下,从负极流向正极,将其他形式的能量转化为电能。

电流的方向规定为正电荷的运动方向,与电子(负电荷)的运动方向相反。

表示电流的大小的物理量叫电流强度,通常简称为电流。即“电流”一词,有时指电流本身,有时指电流的大小。电流强度定义为单位时间通过导体横截面的电荷量,即

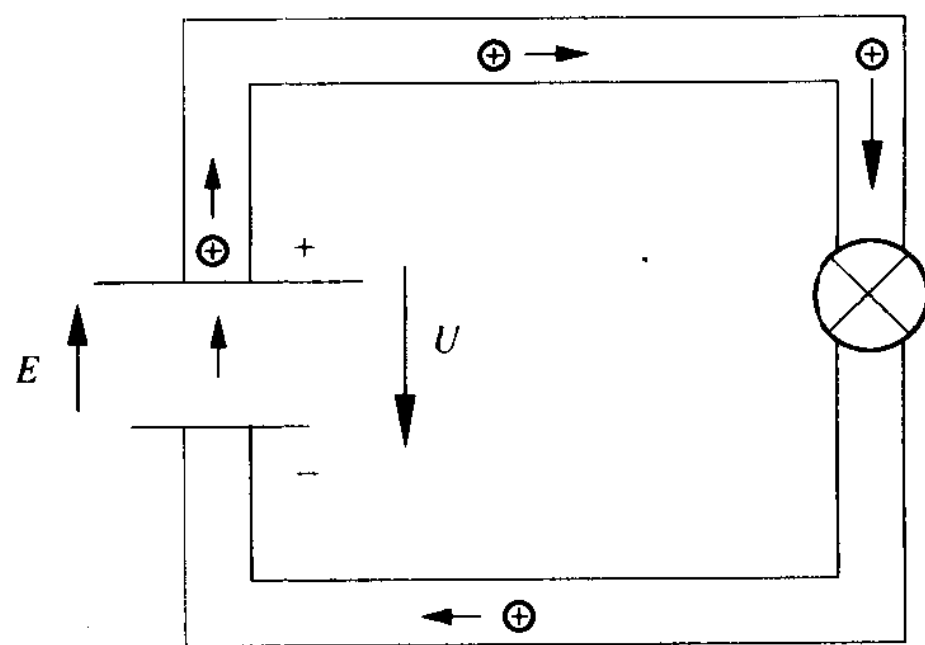


图 1.3 电流示意图

$$I = \frac{Q}{T} \quad (1-1)$$

式中 I ——电流强度, A(安培, 简称安);

Q ——电荷量, C(库仑);

T ——时间, s(秒)。

电流强度的工程实用单位还有 kA(千安)、mA(毫安)、 μ A(微安)。

$$1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1\text{A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

2. 电动势

大家都熟悉水塔的作用,为了使水管中有水流,需用水泵把水从低处提升到高处,实质是使水具有一定的势能。与此类似,电路中要有持续的电流,需利用电源内部的电源力,不断将电荷从负极移到正极,使正极的电荷具有一定的电势能。衡量电源力移动正电荷做功能力的物理量是电动势,它等于将单位正电荷从负极移到正极所做的功,也就是正极的单位

正电荷所具有的电势能。电动势的符号表示为 E ，单位为 V (伏特，简称为伏)，实用单位还有 kV (千伏)， mV (毫伏)。

$$1kV=10^3V$$
$$1V=10^3mV$$

电动势的方向规定为从电源的内部负极指向正极，如图 1.3 所示。

3. 电位差和电压

(1) 电位差

将水抽上水塔以后，水管两头的形成一定的水位差，当水由高水位向低水位流动的时候，水势能的释放并转换。在电源中，正极与负极间产生一定的电位差，当正电荷沿外电路由正极向负极移动的时候，电势能得以释放，转变为其他形式的能量。电位差的单位是 V (伏特)。

(2) 电压

电压就是电位差，电压用大写字母 U 表示，显然电压的单位也为 V (伏特)，电压的方向规定为从高电位指向低电位。

电压、电动势的单位都为伏特，从单位看，电动势和电压是一样的，这是因为它们都表示将单位正电荷从一点移到另一点所做的功，它们都具有单位电荷包含的电势能的物理意义。但两者有本质区别，与电动势相联系的是电源和电源力，它是电源将其他形式的能量转变为电势能；与电压相联系的是外电路和电场力，此时电势能转化为其他形式的能量。如图 1.3 所示， U 表示电压，它与外电路相联系，从正极指向负极。 E 表示电动势，它与内电路相联系，其方向为从负极指向正极。电压和电动势的箭头所指恰是正电荷运动的方向。

习 题

- 1. 在电路中电源和负载的作用是什么？
- 2. 试说明电动势和电压的意义是什么？它们有什么联系和区别？

第二节 欧 姆 定 律

欧姆定律是电路中最基本的定律，它反映了电路中电动势、电压、电流和电阻之间的关系，应用十分广泛。

一、一段电路的欧姆定律

图 1.4 所示为一段不包含电源而仅含有电阻的电路，通常称为一段无源电路。实验证明流过电阻的电流与该电阻两端的电压成正比，与该电阻成反比，这就是欧姆定律，可表示为

$$I=\frac{U}{R} \tag{1-2}$$

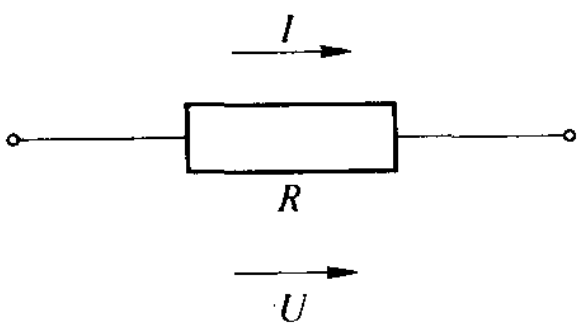


图 1.4 一段电路欧姆定律

【例 1-1】 一只电炉接到 $220V$ 的电压上，流过的电流为 $5A$ ，问电炉的电阻为多大？

【解】 根据欧姆定律

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{5} = 44\Omega$$

二、全电路欧姆定律

如图 1.5 所示,含有电源和负载的闭合电路称为全电路。图中 r 为电源内阻,它和 E 构成电源内电路。

实验证明,全电路中的电流与电动势成正比,与闭合电路总电阻成反比,这就是全电路欧姆定律,可表示为

$$I = \frac{E}{(r+R)}$$

此式常写为

$$U = E - Ir \quad (1-3)$$

上式表明,电源的输出电压 U 等于电动势 E 与内阻上的电压降 Ir 之差。

【例 1-2】 在图 1.5 电路图中,设电源的电动势为 6V ,内电阻为 0.2Ω ,外电路的电阻为 5.8Ω ,求电路的总电流、电源的输出电压和电源的内部电压降。

【解】 按全电路欧姆定律 $I_{\text{总}} = \frac{E}{(r+R)} = \frac{6}{0.2+5.8} = 1\text{A}$

按一段电路的欧姆定律电源的输出电压为

$$U = IR = 1 \times 5.8 = 5.8\text{V}$$

电源的内部电压降是由电源的内电阻引起的,所以

$$U_0 = rI = 0.2 \times 1 = 0.2\text{V}$$

三、电路的工作状态

负载、开路和短路是电路的三种工作状态,利用全电路欧姆定律,可说明电路三种工作状态时的特点。

1. 负载状态

负载状态是电源与负载接通,电路中有电流流过,负载处于工作状态,电路中的电流称为工作电流或负载电流。

2. 开路状态

外电路断开时称为开路状态,也称断路,此时电路中没有电流通过,负载处于不工作状态。

3. 短路状态

电源两端未经负载,直接被导线接成闭合回路的状态,称为短路状态,这是电路中最严重的故障状态。电源短路时,外电路电阻极小(理论值为零),电源内阻也很小,根据全电路欧姆定律,电路中短路电流极大,会损坏电源和导线,甚至造成火灾和爆炸等严重事故。在交流电路中,必须用熔断器或低压断路器对电路进行短路保护。

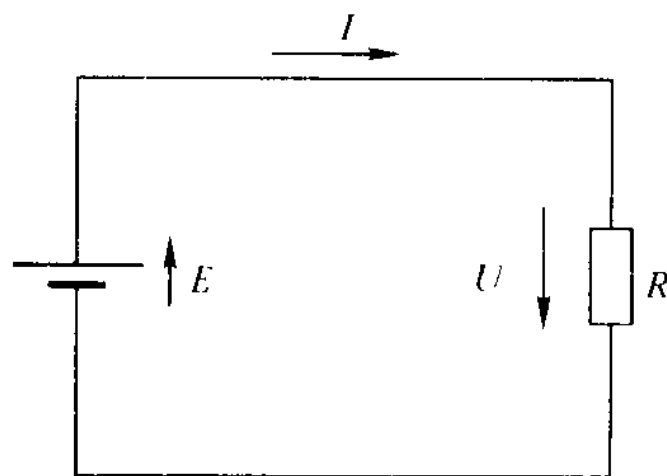


图 1.5 全电路欧姆定律

习 题

1. 有一个电源,不接负载时,其两端电压为 3V ,接上 18Ω 的负载电阻 R 时,电源两端电压为 2.7V ,求电源的内电阻 r 等于多少?

2. 什么是电路的短路状态？短路的危害是什么？交流电路是如何以线路进行短路保护的？

第三节 电功和电功率

一、电功

电流通过负载做的功，称为电功。例如，通电的灯泡发光，通电运转的电动机输出机械能等，这都是电流通过负载做功的实例。电流做功必然要消耗电能，而且此电功与消耗的电能是相等的，因此，人们又将电功称为电能。

在直流电路中负载消耗的电能

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

式中 W ——电功(电能),J(焦耳);

U ——电压,V(伏特);

I ——电流,A(安培);

T ——时间,s(秒)。

二、功率

单位时间所做的电功称为功率，它是表示电流做功快慢的物理量。从负载角度看，它表示了负载消耗电能的快慢，指负载单位时间消耗的电能，即

$$P=\frac{W}{T} \quad (1-5)$$

式中 P ——电功率,W(瓦特)，实用单位还有 kW(千瓦)、mW(毫瓦)。

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

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

将式(1-4)代入式(1-5)可得出

$$P=UI=I^2R=\frac{U^2}{R} \quad (1-6)$$

式中 U 和 I ——一段电路的电压和电流；

R ——该段电路负载的电阻值。

电能的实用单位为 kWh(千瓦时)，1kWh 俗称 1 度电，它表示功率为 1kW 的负载通电 1 小时所消耗的电能。

【例 1-3】 有一个电热器接在 220V 的电路，通过的电流为 5A，求通电 1 小时所产生的热量为多少？

【解】 根据式(1-5)可知电热器消耗的电能

$$W=PT=UIT=220\times 5\times 3600=3960000\text{J}$$

热功当量告诉我们，一焦耳的电能可产生 0.24 卡的热量，所以所求产生热量为

$$Q=0.24W=0.24\times 3960000=950400\text{卡}$$

【例 1-4】 有一只 200W 白炽灯，接入 220V 的电路中，求通过灯泡取用的电流是多少？灯丝的电阻是多少？工作多长时间消耗 1 度电？

【解】 额定电流

$$I=\frac{P}{U}=\frac{200}{220}=0.909\text{A}$$

$$\text{灯丝的电阻} \quad R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{200} = 242 \Omega$$

$$\text{消耗一度电的时间} \quad T = \frac{W}{P} = \frac{1000 \text{Wh}}{200 \text{W}} = 5 \text{h}$$

三、电气设备的额定值

为保证电气设备的正常工作和充分发挥其效能,任何电气设备对于接入电路的电压、取用的电流值和输出(或消耗)的功率等都有一个预定的标准值,在电工术语中称为额定值。最常用的额定值是额定电压 U_N 、额定电流 I_N 和额定功率 P_N ,如果是用交流电的设备还必须指明交流电的额定频率。电气设备的额定值是使它正常工作的必要条件,都明确地标注在设备的铭牌上,如果将一个额定电压为 220V 的用电设备误接入 380V 的电路,肯定要将它“烧毁”,如果将额定电压为 220V 的电灯接入 36V 的电路,它肯定是很不亮的。

习 题

1. 有一只 220V、60W 的灯泡,灯丝的电阻在冷态下和炽热态下是不一样的。其常温状态下测得的电阻为 60Ω ,试问灯泡通电瞬间(冷态)的电流是多少?它是炽热态电流的多少倍?
2. 一只 220V、1500W 的电炉,试求:电炉的电阻是多少?电炉的工作电流是多大?如果电炉每天使用 2.5 小时,一个月(以 30 天计)要消耗多少电能?
3. 有一台电视机,其铭牌上写着的规格为 110~240V,50/60Hz,230W,问这三个数据各是什么意思?

第四节 电阻的串联和并联

在实际电路中,负载电阻由于连接方式不同,电路形式也不一样,电阻的串联与并联是负载最基本的连接方式,混联是在一个电路中,既有互相串联的电阻又有相互并联的电阻。

一、电阻的串联

把两个或两个以上的电阻依次连接,使电流只有一条通路,称电阻的串联,如图 1.6 所示。

串联电路的特点

1. 在串联电路中,流过各串联电阻的电流为同一电流。

$$I_1 = I_2$$

2. 串联电路的总电压等于串联各电阻上的电压之和,即

$$U = U_1 + U_2$$

由此式可知,电阻的串联具有分压作用,即每个电阻上的电压小于电路上的总电压。

3. 串联电路的总电阻等于各分电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 \quad (1-7)$$

在电工技术中常把图 1.6(b)称为图 1.6(a)的等效电路,总电阻 R 也常称为等效电阻。

【例 1-5】 串联电阻的一个重要用处是组成分压器,以方便地取得各种数值的电压。例如在图 1.6(a)中,如果 $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$,电路的端电压 $U = 12 \text{V}$,试求电阻 R_1 和 R_2

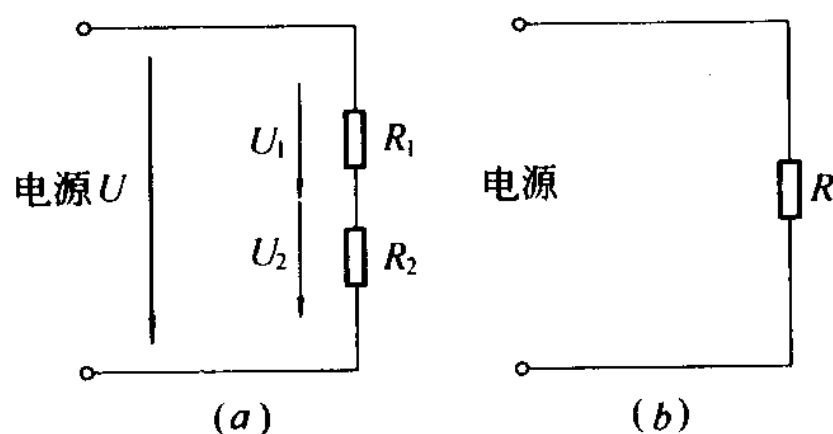


图 1.6 电阻的串联

(a)电阻的串联;(b)串联电阻的等效电阻

的电压降 U_1 和 U_2 。

【解】 串联电阻的等效电阻为

$$R = R_1 + R_2 = 100 + 200 = 300 \Omega$$

依据一段电路欧姆定律通过串联电阻的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{300} = 0.04 \text{ A}$$

因此

$$U_1 = R_1 I = 100 \times 0.04 = 4 \text{ V}$$

$$U_2 = U - U_1 = 12 - 4 = 8 \text{ V}$$

由此可见,只要改变串联电阻的值,形成不同的组合,就可以获得不同的电压。

二、电阻并联

把几个电阻一端联在一起,另一端也联在一起,使各电阻承受相同电压,构成多条电流通路,称为电阻的并联,如图 1.7 所示。

并联电路特点:

1. 在并联电路中,并联各电阻两端的电压为同一个电压,即

$$U = U_1 = U_2$$

在实际的交流配电线路中,由于用电设备的额定电压都是相等的,它只能并联入电路。所以所有的用电设备全部都是并联入电路。

2. 并联电路的总电流等于各并联电阻中的电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 \quad (1-8)$$

3. 并联电路的总电阻的倒数等于各并联电阻倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (1-9)$$

此公式的推导如下:

根据式(1-8)和式(1-2)

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

令

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

所以

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

即

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-10)$$

通常把图 1.7(b)称为图 1.7(a)的等效电路,电阻 R 也称并联电路的等效电阻。

【例 1-6】 在图 1.7 中,设 $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$,求并联电阻 R_1 和 R_2 的等效电阻。

【解】 由式(1-10)可得

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = 6.67 \Omega$$

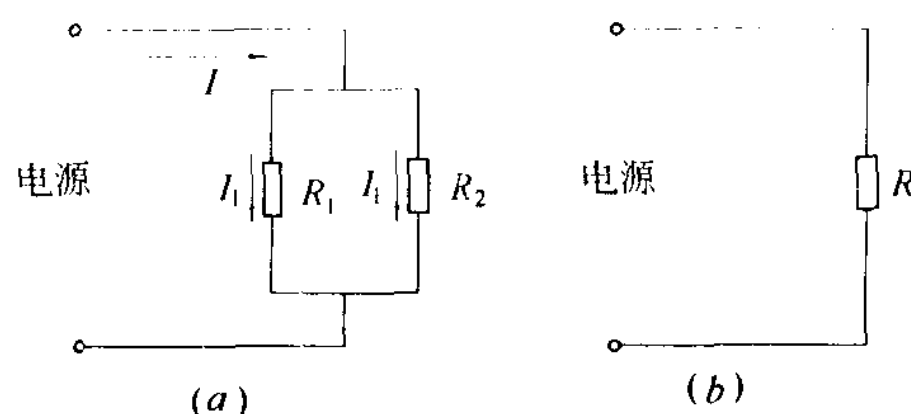


图 1.7 电阻的并联

(a)电阻的并联;(b)并联电阻的等效电阻

由此例可以看出,电阻并联以后,其等效电阻小于各分电阻。

习 题

1. 在图 1.6(b)中,如果电路端电压 $U=220\text{V}$,导线电阻为 0.2Ω ,负载 $R=10.8\Omega$,试求负载两端的电压。
2. 在照明电路中,由于所有的灯泡都是采用并联方式接入电路。某灯具内有 10 只 220V 、 40W 的灯泡,试求通过向该灯具供电电线的电流(要求用两种不同的方法求解)。

第二章 单相交流电路

现代电力系统供应的电力都是交流电,我们的工农业生产和日常生活的用电设备绝大部分是交流电设备。这是由于交流电与直流电相比,其生产、输送和使用更为方便经济,表现在以下几个方面,一是交流电机(包括发电机和电动机)与直流电机相比具有结构简单、坚固耐用和维修方便的优点;二是交流电易于改变电压,可以方便而有效地降低线路损耗。在需要直流电的场所,也可以用整流器十分方便地将交流电变成直流电。交流电用起来方便,但交流电的理论比直流电复杂得多。

第一节 电磁现象

电和磁是两种有着内在联系,密不可分的物理现象,“电生磁,磁生电”,电磁相生是对电磁现象形象的描述。电磁现象是交流电得以存在的物理基础,交流电的产生、输送和应用都是电磁运动规律在技术上的应用。要理解交流电的工作原理,学习一些电磁知识是必要的。

一、磁现象的基本知识

1. 磁场和磁力线

磁体之间有力的作用,每个磁体有两极:N极(北极)和S极(南极),同性磁极间是排斥力,异性磁极间是吸引力。力的传递必须通过物质,磁极之间力的作用是通过存在于磁体之间的磁场实现的,每个磁体周围都存在着磁场。磁极之间作用力有大有小,这决定于磁场的强弱,描述磁场强弱的物理量叫磁感应强度,磁感应强度的单位是T(特)。

磁场看不见,摸不着,为了能够形象地描述它,我们采用“磁力线(磁感线)”,磁力线是画在平面上的曲线(直线也是曲线的一种),磁力线的方向在磁体内部是由S极指向N极,在磁体外部是由N极指向S极。磁感应强度越大的地方,磁力线越密集,磁力线是一条闭合的曲线。从磁力线图可以很清楚地看出磁场的走向和磁感应强度的分布。图2.1即为部分磁场的磁力线图,由此可见一斑。

2. 电流和磁场

在实验中我们发现,不但磁极可产生磁场,电流周围也存在着磁场。如图2.2所示,用小磁体(磁针)可以试探出电流周围的磁场。通过电流周围存在着磁场的现象,人们发现了电和磁的内在联系,电可以生磁,进一步的研究发现,凡运动电荷的周围都存在着磁场,磁场归根结蒂都是运动电荷产生。电流产生磁场的方向可用安培定则(右手螺旋定则)来判断,如图2.2所示。

一根导线产生的磁场有限,用处不大。人们把导线一圈圈地密绕在圆柱形的物体上,制成螺线管,通电后,由于每匝线圈产生的磁场相互叠加,因而在螺线管内部产生较强的磁场,从外部看,通电螺线管变成了一个圆柱形的电磁体,如图2.3(a)所示。细长通电螺线管内磁场的磁感应强度由下式决定