

建筑电气安装与装饰照明

左秀彦 主编

裴勇 吴承钧 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

建筑电气安装与装饰照明

左秀彦 主编

裴 勇、吴承钧 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书由建筑电气设计安装和装饰照明等部分组成,主要包括电工基础知识、电工常用工具和仪表的使用、常用低压电器低压电源的布线方法、闭路卫星电视系统、火灾探测报警系统、室内电话通信线路的设计施工、室内灯具的装饰照明等。

本书既适宜作为一般居民的生活用书,也可作为装饰、装修行业从业人员的自学读本,或作为大中专学校、职业技术学校相关专业师生的学习参考书和辅助教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气安装与装饰照明/左秀彦主编. - 北京:电子工业出版社,2001.1

ISBN 7-5053-6115-5

I.建... II.左... III.①房屋建筑设备:电气设备-安装-基本知识②建筑-照明装置-安装-基本知识
IV.TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 75185 号

书 名: 建筑电气安装与装饰照明

主 编: 左秀彦

副 主 编: 裴 勇 吴承钧

责任编辑: 杨逢仪

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京市朝阳区隆华印刷厂

装 订 者: 三河市新伟装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.25 字数: 390.4 千字

版 次: 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6115-5
TN·1366

印 数: 5000 册 定价: 20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

随着我国国民经济的飞速发展,百姓的生活水平不断提高。人们对生活环境和工作环境的要求也越来越高,既不满足于居住的秦砖汉瓦式的灰匣子,也不满足于办公的楼上楼下电灯电话。由于时代变迁,人们的生活、工作节奏加快,住宅和办公场所的功能与内涵也由单一走向多元化。因此,作为建筑配套的电气安装的内容也相应扩充,它的任务也不再仅限于装灯布线。但是,比较全面、系统地介绍强、弱电和灯光装饰照明的资料相当缺乏。为此,我们编写了本书,奉献给广大读者。

本书的编写有三大特色:

一是内容全。既有强电方面的内容,也有弱电方面的内容;既有线路的安装,也有灯光装饰照明;既有生活用电基础常识,也有专业安装基本技能。具体内容包括:第1章电工基础知识;第2章常用电工工具及使用方法;第3章常用低压电器;第4章室内布线;第5章有线电视、卫星电视线路的设计与施工;第6章室内电话通信线路的设计与安装;第7章火灾自动报警系统与灭火控制系统;第8章室内装饰照明设计基础;第9章住宅装饰照明设计;第10章公共场所照明设计。附录部分介绍了一些常用资料。这样可以基本做到使读者拥有这样一本书,就能掌握多方面的知识和技能,完成几个方面的工作。

二是图文并茂,通俗易懂。在编写上力求文字深入浅出,克服冗长的理论阐述,并辅之以大量的插图,使读者一看就明白。

三是实用性强。注重实践性和可操作性也是本书编写的重要目的。本书每一部分的内容,既讲一些理论知识,更多的侧重于介绍设计方法和施工安装方法。这样做尤其是对初学者可以起到“一学就会,拿来就用,立竿见影”的效果。

左秀彦编写本书第1、2章,裴勇编写第5章,吴承钧编写第8、9、10章,李伟编写第3、4章,许中秋编写第6章和附录部分,李存志编写第7章,参加本书编写工作的还有冯晓鸿、石萍等同志。周航审阅了全部书稿。在编写本书过程中得到了电子工业出版社领导和编辑老师的帮助和指教,在此表示衷心地感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,欢迎广大读者朋友批评指正。

编 者

2000年3月

目 录

第 1 章 电工基础知识	(1)
§ 1 电路的基本概念	(1)
§ 2 电路的欧姆定律	(5)
§ 3 电阻的串联、并联及其应用	(6)
§ 4 电功、电功率、电热及负载的额定值	(7)
§ 5 交流电	(9)
§ 6 交流电的输送	(11)
§ 7 接地装置	(14)
§ 8 家用电器的接地和接零	(19)
§ 9 安全用电常识、触电救护	(21)
§ 10 节约用电	(25)
§ 11 防雷常识	(30)
§ 12 电气火灾的预防与扑救	(33)
第 2 章 常用电工工具及使用方法	(36)
§ 1 家庭常备电工工具	(36)
§ 2 安装维修电工常备工具	(39)
第 3 章 常用低压电器	(47)
§ 1 单相电度表	(47)
§ 2 瓷插式熔断器	(50)
§ 3 瓷底胶盖闸刀开关	(53)
§ 4 照明开关	(54)
§ 5 插座、插头	(55)
§ 6 白炽灯	(58)
§ 7 荧光灯	(63)
§ 8 紧凑型电子节能灯	(70)
§ 9 吸顶灯、吊灯、壁灯	(74)
§ 10 家用漏电保护器	(77)
§ 11 自动空气开关	(79)
§ 12 交流接触器	(84)
§ 13 热继电器	(89)
第 4 章 室内布线	(93)
§ 1 绝缘导线	(93)
§ 2 绝缘导线连接及绝缘恢复	(99)
§ 3 塑料护套线布线	(106)
§ 4 硬塑料管布线	(109)

§ 5	塑料波纹管布线	(112)
§ 6	照明配电箱	(112)
第 5 章	有线电视、卫星电视线路的设计与施工	(116)
§ 1	有线电视概述	(116)
§ 2	有线电视系统设计	(118)
§ 3	有线电视系统的安装	(128)
§ 4	卫星电视接收系统	(135)
§ 5	卫星电视接收系统的安装	(141)
第 6 章	室内电话通信线路的设计与安装	(146)
§ 1	室内电话通信线路的分类和组成	(146)
§ 2	室内暗敷设线路的设计与安装	(147)
§ 3	室内明敷设线路的设计与安装	(172)
第 7 章	火灾自动报警与灭火控制系统	(177)
§ 1	火灾探测器类型与型号	(177)
§ 2	火灾探测器的设计安装	(180)
§ 3	点型火焰探测器的安装	(191)
§ 4	手动火灾报警按钮的安装	(192)
§ 5	火灾报警控制器的安装	(192)
§ 6	自动灭火系统的安装	(195)
§ 7	火灾事故报警通信广播系统	(197)
§ 8	其他消防设施	(198)
§ 9	系统接地装置	(199)
§ 10	智能消防	(200)
第 8 章	室内装饰照明设计基础	(202)
§ 1	光源的种类和用途	(202)
§ 2	照度标准	(202)
§ 3	灯具的类型	(202)
§ 4	灯具的选用及布灯方法	(202)
§ 5	装饰照明与普通照明的作用	(209)
§ 6	装饰照明的设计程序	(209)
第 9 章	住宅装饰照明设计	(212)
§ 1	客厅照明	(212)
§ 2	卧室照明	(213)
§ 3	书房照明	(213)
§ 4	厨房照明	(214)
§ 5	餐厅照明	(214)
§ 6	卫生间照明	(215)
§ 7	老人室照明	(215)
§ 8	儿童室照明	(215)
§ 9	门厅照明	(215)

§ 10 走廊与楼梯照明	(215)
§ 11 阳台照明	(216)
第 10 章 公共场所照明设计	(217)
§ 1 门面及外部照明	(217)
§ 2 大厅照明	(218)
§ 3 客房照明	(218)
§ 4 商店照明	(219)
§ 5 餐饮厅照明	(220)
§ 6 展示厅照明	(221)
§ 7 办公室照明	(222)
§ 8 舞厅、卡拉 OK 厅照明	(223)
§ 9 安全指示照明	(223)
附录	(226)
1. 常用配电图形符号及其对照	(226)
2. 电视频道频率分配表	(227)
3. 火灾、自动灭火图形符号	(230)

第 1 章 电工基础知识

§ 1 电路的基本概念

1.1 电路和电路图

1.1.1 电路

在生产和生活过程中,凡是利用电能进行工作的地方,都会用到电路。那么什么是电路呢?一般来说,电流所流过的路径都可以称为电路。例如我们使用的手电筒就是一个简单的电路。

1.1.2 电路的组成

一个完整的电路是由电源、用电器(负载)、开关和导线四部分组成的,如下所述。

电源:

把其他形式的能量转换成为电能的装置。它又分为交流电源和直流电源,常见的有干电池,蓄电池和发电机等。

用电器:

把电能转变成其他形式能量的装置。在家庭中常见的用电器有电灯、电饭煲、电冰箱等。

导线:

连接电源与用电器的金属线,它把电源产生的电能输送到用电器。常用铜、铝等金属材料制成。

开关:

在电路中它起到把用电器与电源接通或者断开的作用,常用的有闸刀、拉线开关等。

1.1.3 电路的状态

电路在使用当中会遇到下面三种状态。

一是通路,也叫闭路:

在这种状态下,电路各部分连接成闭合回路,电路中有电流通过,用电器正常工作。

二是开路,也叫断路:

电路在某处断开,电路中没有电流通过,用电器不工作。

这又分两种情形。一种是正常性的断开,当在不需要使用用电器时,把开关打开,电路是断路状态,用电器不工作。如在白天我们不需照明,就要把电灯的控制开关断开,电灯不亮。另一种是属于故障性的,如线路中的保险丝熔断,导线断线等现象,也造成电路呈断路状态,但在这些情况下,会影响用电器的正常使用。因此,当这些情况出现后,要及时更换或进行维修。

三是短路,也叫捷路:

两根导线直接相连,电源有电流输出,但这时电源输出的电流并不经过用电器,只经过连接导线直接流回电源,用电器不工作。

由于在短路状态下,电路中产生的电流比正常时的电流大得多,会损坏电源和电线,严重

的还会引起火灾事故,所以在用电过程中应尽量避免短路现象出现,在供电线路中一般采用装保险或保护器等措施加以防范。

1.1.4 电路图

在设计、安装或维修各种设备、线路和用电器等的实际电路时,常要使用表示电路连接情况的图。这种用统一规定的电气图形符号来表示电路连接情况的图叫电路图。有了电路图,我们就可以比较方便地了解电路的结构和组成情况,为掌握电气设备的性能及查找故障提供了便利。图 1-1 为手电筒的电路图。

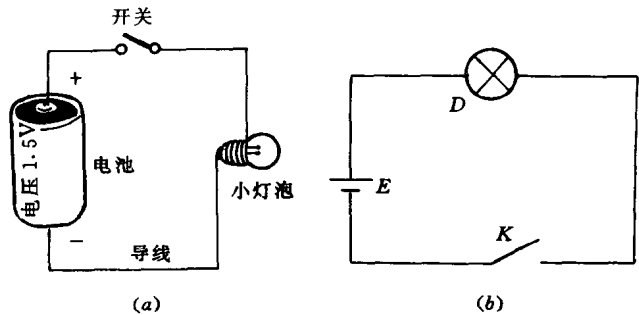


图 1-1

1.2 电流

1.2.1 电流的形成

上面的内容告诉我们,用电器要想工作,必须要有电流通过。如手电筒,只有当小灯泡中有电流通过时它才发光,否则不发光。那么什么是电流呢?它又是怎样形成的?经研究发现,电流是由带电粒子——电荷组成的,电荷的定向移动形成电流。由此可知,要形成电流,首先要有能自由移动的电荷,但仅有自由电荷还是不够的。在电路中,金属导体中含有大量的能自由移动的电荷——自由电子。由于自由电子的运动是杂乱无章的,因而对外不显电性。当把金属导体和电源接通后,导体中的自由电子(负电荷)就会受到电源负极的排斥和正极的吸引(这种作用是电场力产生的),驱使自由电子作有规则的运动,形成电流。

1.2.2 电流的大小和方向

在实际应用中,我们需要知道电路中电流的大小。电流的大小可以用单位时间内通过导体任一横截面积的电荷量来表示,称为电流强度,简称电流。

电流用符号“ I ”表示,单位为安培,简称为安。电量用符号“ Q ”表示,单位为库仑,时间用符号“ t ”表示,单位为秒。则电流强度是这样规定的:在 1 秒钟内通过导体横截面上的电荷量为 1 库,电流强度就是 1 安,即

$$1 \text{ 安} = 1 \text{ 库} / 1 \text{ 秒}$$

安培用符号“A”表示。在实际应用中,还要用到较小的单位毫安(mA)、微安(μA),它们的关系是:

$$1\text{A} = 1000\text{mA} = 10^3\text{mA} \quad \text{或} \quad 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\text{mA} = 1000\mu\text{A} = 10^3\mu\text{A} \quad \text{或} \quad 1\mu\text{A} = 10^{-3}\text{mA}$$

习惯上人们把正电荷移动的方向规定为电流的方向。它与自由电子移动的方向相反,也就是说,在电路中,电流的方向和自由电子的移动方向是相反的。

大小和方向都不随时间变化的电流称为直流电。如手电筒的干电池提供的电流就是直流电。大小和方向均随时间作周期变化的电流,称为交流电。在我们室内电灯和其他用电器所使用的电源为交流电。

1.3 电动势、电位和电压

1.3.1 电动势

电源是产生电流的根源,它实际上是一种能量的转换装置。如干电池和蓄电池把化学能转换成电能;发电机把机械能转换成电能……在电源内部进行能量转换的过程中,产生一种非静电力,它不断地把电子从正极移到负极,由此建立并且维持正极和负极之间具有一定的电压。当用导线把电源和用电器接成闭合回路时,电流在电路中就持续不断地流通。

不同的电源其转换能量的本领大小也不一样,我们引入“电动势”这个物理量来表示这种本领的大小。电动势用符号“ E ”来表示,单位是伏特,符号为“V”。它表示电源内部非静电力所具有的把电子从正极移到负极,建立并维持电压的本领。如干电池的电动势为 1.5V,蓄电池每一个单元的电动势为 2V。

1.3.2 电位和电压

在分析电路时,有时需要比较电路中某两点的电性能,这就需要引入电位的概念。在电路中,每一点都有一定的电位,就如同空间的每一处都有一定的高度一样。讲高度首先要确定一个计算高度的起点。例如,一棵树高有 15 米,这个高度是从地平面算起的。讲电路中某点电位,也要先指定一个计算电位的起点,称为零电位点。

原则上零电位点在电路中可以任意选定,但习惯上,通常选大地为零电位点。在电子仪器和设备中又常把金属机壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。零电位点的符号是“ $\perp$ ”或“ $\perp$ ”。

零电位点确定后,电路中某点的电位高低就是该点与零电位点之间的电压大小。

电位实质上是电荷在电场中某一点所具有的电势能。而电压是指在任意一段电路上,电场力把电荷从电路的一端推向另一端时所做的功。

电压和电位既有联系又有区别,主要表现在以下几个方面:

电位是针对电路中的某一点而言的,电压是电路中任意两点间的电位差;电路中某点的电位高低与零电位点的选择有关,当零电位点改变时,各点的电位也会改变,但任意两点间的电压大小却是不变的,与参考点无关。

电位和电压的单位都是一样的,基本单位是伏特,用符号“V”表示。在使用中,有时也用到较大的单位和较小的单位,它们的关系是:

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

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

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

1.4 电阻

1.4.1 电阻

导体中的电流是自由电子的定向移动形成的,自由电子在运动过程中必然要和其他粒子发生碰撞,而且碰撞的次数相当高,显然这种碰撞现象阻碍了自由电子的定向移动,对电流表现出某种程度的阻力。导体这种对电流的阻碍作用就称为电阻。

电阻用符号“ R ”或“ r ”表示,电阻的单位是欧姆,简称欧用符号“ Ω ”表示,常用的电阻单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$),它们的关系是:

$$1 \text{ 千欧}(k\Omega) = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧}(M\Omega) = 10^3 \text{ 千欧}(k\Omega) = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)$$

电阻在电路图中的符号如图 1-2 所示。

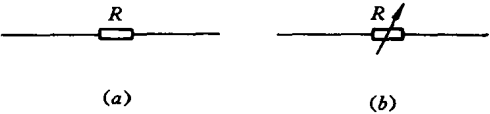


图 1-2

导体的电阻是客观存在的,通常不随导体两端的电压大小而变化,即使没有电后,导体仍然有电阻。导体电阻的大小是由它本身的物理条件决定的,决定的因素有长度、横截面积、材料和温度等。

在保持一定温度不变的情况下,实验证明,导体的电阻与导体的长度 L 成正比,与导体的横截面积 S 成反比,并与导体的材料性质有关,可用下式表示:

$$R = \rho L / S$$

上式也叫电阻定律。

式中 R ——电阻(Ω);
 ρ ——电阻率($\Omega \cdot m$);
 L ——导体的长度(m);
 S ——导体的横截面积(m^2)。

不但金属导体有电阻,其他物质也有电阻。不同的物质有不同的电阻率(ρ),电阻率的大小反映了不同材料导电性能的好坏。根据材料导电性能不同,把物质分为三大类,即导体、绝缘体和半导体。电阻率小的材料,导电性能好,通常把电阻率小于 $10^{-6} \Omega \cdot m$ 的材料称为导体,如金属;电阻率大,表示导电性能差,电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot m$ 的材料称为绝缘体,如石英、塑料等;电阻率的大小介于导体和绝缘体之间的材料,称为半导体,如硅、锗等。

表 1-1 列出了几种常用材料在温度为 $20^\circ C$ 时的电阻率。从表中可以看出,银材料的导电性能最好,但由于银的价格较昂贵,用它作导线不太经济,只用在一些特殊场合。目前大多采用铜材料和铝材料制作导线。铝比铜更丰富,价格便宜,所以铝比铜用量更大。

表 1-1 常用金属的电阻率($20^\circ C$)

材 料	电阻率($\Omega \cdot m$)
银	1.65×10^{-8}
铜	1.75×10^{-8}
钨	5.51×10^{-8}
铁	9.78×10^{-8}
铅	2.22×10^{-7}
铸铁	5.0×10^{-7}
黄铜(铜锌合金)	6.5×10^{-8}
铝	2.83×10^{-8}
康铜	4.4×10^{-7}

1.4.2 电阻与温度的关系

如前所述,电阻是电流在流动过程中,电荷与其他粒子碰撞而产生的阻碍作用。我们又知道,温度对物质内部的粒子运动情况产生作用。因此,温度的变化会对物质的电阻发生影响,概括起来可以分为三类。

一般物体的电阻是随温度的升高,电阻增大。对于一般金属导体,温度每升高 1°C 时,电阻的增加量约为千分之三至千分之六,增加量相当小。所以当温度变化范围小时,金属导体电阻可以认为是不变的。但当温度变化大时,电阻的增加就不能忽略。例如,40W 的白炽灯泡的灯丝电阻在不发光时约为 100Ω ,正常发光时,灯丝温度可达 2000°C 左右,此时的电阻超过 $1\text{k}\Omega$,变化是相当大的。

少数物质的电阻随温度的升高,电阻反而下降,也有一些合金的电阻,是几乎不受温度的影响的。

§2 电路的欧姆定律

2.1 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律是电路中的一个重要定律,它表述了一段电路上的电流与这段电路两端加的电压和这段电路的电阻三者之间的关系。通过实验可得到下面的结论:流过导体的电流 I 与这段导体两端的电压 U 成正比,与这段导体的电阻 R 成反比,这就是部分电路欧姆定律。其计算公式为:

$$I = U/R \quad \text{或} \quad U = IR$$

式中 I ——导体中的电流(A); U ——导体两端的电压(V); R ——导体的电阻(Ω)。

例:已知某白炽灯的额定电压是 220V,正常发光时的电阻为 1210Ω ,试求流过灯丝的电流。

解:根据部分电路欧姆定律可得 流过灯丝的电流 $I = U/R = 220/1210 \approx 0.18(\text{A})$

2.2 全电路欧姆定律

全电路是指同时含有电源和用电器的闭合回路,图 1-3 表示一个最简单的闭合回路。虚线框中的代表电源, E 代表电源的电动势, r 代表电源的内电阻, R 代表用电器的电阻。通常把电路分为两部分,电源内部的电路称作内电路,电源外部的电路称作外电路。那么全电路的欧姆定律的内容是:全电路中的电流强度 I 与电源的电动势 E 成正比,与整个电路的电阻($R + r$)成反比,计算公式为:

$$I = E/(R + r)$$

式中 I ——电路中的电流(A); E ——电源的电动势(V); R ——外电路的电阻(Ω); r ——电源的内电阻(Ω)。

上式可变为:

$$E = IR + Ir$$

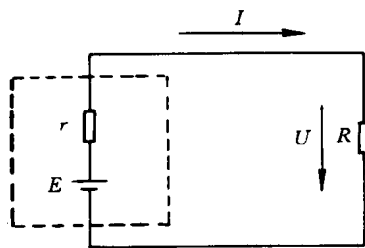


图 1-3

由于 $U_{\text{外}} = IR$, 外电路上的电压, 也叫端电压; $U_{\text{内}} = Ir$, 电源内部电路上的电压, 所以又可得到下式:

$$E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

即, 电源的电动势等于外电压与内电压之和。

下面来分析几种应用情况。

当外电路断开时, R 变成无限大, 电流 I 为零, Ir 也为零, 则 $U_{\text{外}} = E$, 这表明外电路断开时, 端电压等于电源的电动势。

这就给出了一个测量电源电动势的简便方法。在电源不接外电路时, 用万用表的电压挡, 测量电源两端的电压, 就是它的电动势大小。

当外电路短路时, R 趋于零, 端电压 $U_{\text{外}}$ 也趋于零, 这时电流: $I \approx E/r$ 由于电源的内电阻 r 一般都很小, 故短路时的电流很大, 比正常通路时的电流大许多倍。电路中的电流太大, 不但会烧坏电器, 还可能引起火灾事故。所以, 在用电过程中要避免出现短路现象。

当电路处于通路状态时, 端电压为:

$$U_{\text{外}} = E - U_{\text{内}} = E - Ir$$

这说明: 在电源有内电阻时, 电源的端电压等于电动势减去电源内阻上的电压降。通常, 电动势 E 和内电阻 r 可以看成恒定不变的, 当负载电流 I 变化时, 电源的端电压下降得多。这也正是在用电过程中, 当人们同时使用的用电器很多时, 发现电源电压下降的原因。

§3 电阻的串联、并联及其应用

3.1 电阻的串联

如果电路中有两个或多个电阻一个接一个顺序相联, 并且在这些电阻中通过同一个电流, 则这种连接方式就称为电阻的串联。图 1-4 是两个电阻串联的电路。

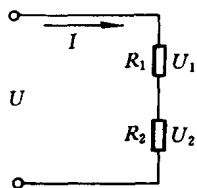


图 1-4

由于电阻串联时电流只有一条通路, 所以电路的总电阻 R 等于各串联电阻之和, 即 $R = R_1 + R_2$, R 称为电阻串联电路的等效电阻。

电流 I 流过电阻 R_1 和 R_2 时都要产生电压降, 分别用 U_1 和 U_2 表示, 即 $U_1 = IR_1$; $U_2 = IR_2$ 。

上式表明, 在串联电路中, 电压的分配与电阻成正比, 即阻值越大的电阻所分配到的电压越大, 反之电压越小。

串联电路上的总电压等于各串联电阻上的电压降之和, 即:

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) = IR$$

电阻串联的应用很广泛, 常见的有:

- ① 用几种电阻串联来获得阻值较大的电阻。
- ② 采用几个电阻构成分压器, 使同一电源能供给几种不同的电压。
- ③ 当负载的额定电压低于电源电压时, 可用串联的办法来满足负载接入电源使用的需要。例如可将两个相同的 6V 指示灯串接后接到 12V 电源中使用。
- ④ 利用串入电阻的方法来限制和调节电路中电流的大小。

3.2 电阻的并联

两个或两个以上电阻接在电路中相同的两点之间,这种连接方式叫做电阻的并联。图 1-5 所示是两个电阻的并联。

显然,并联电阻上承受着同一电压,根据欧姆定律,可以分别计算出每个电阻上的电流。即: $I_1 = U/R_1$ $I_2 = U/R_2$ 各个并联支路中电流的总和应等于电路的总电流,即: $I = I_1 + I_2$ 根据计算,并联电路的等效电阻(即总电阻)的倒数等于各并联电阻的倒数之和,即:

$$1/R_{\text{总}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \cdots + 1/R_n$$

在实际工作中,经常需要计算两个电阻并联的等效电阻,这时可利用下列简捷公式:

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

若并联的 n 个电阻值都为 R ,则流过各并联支路的电流为总电流 I 的 n 分之一,即: $I_1 = I_2 = \cdots I_n = I/n$

总电阻为各个并联电阻值 n 的分之一,即:

$$R_{\text{总}} = R/n$$

电阻并联的应用也非常广泛,在实际工作中常见的主要应用有:

① 凡是工作电压相同负载几乎全是并联,例如工厂中的各种电动机、电炉、电烙铁以及各种照明灯具都是并联使用。这是因为负载在并联状态工作时,它们两端的电压完全相同,负载之间不会互相影响,人们可以根据不同需要开启或停止并联使用的各个负载。

② 用并联电阻来获得某一较小电阻,如用两个 300Ω 电阻并联可得到一个 150Ω 的电阻。

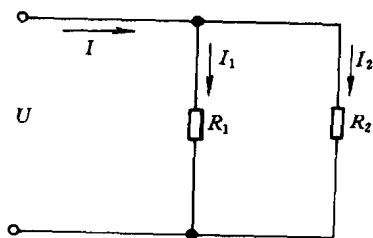


图 1-5

3.3 电阻的混联

既有电阻串联又有电阻并联的电路叫电阻的混联电路,混联电路的串联部分具有串联电路的性质,并联部分具有并联电路的性质。

计算混联电路等效电阻的步骤大致如下:

首先要把电路整理和简化成容易看清的串联或并联关系,为做到这一点,除需掌握电阻串、并联的定义外,比较有效的手段是画等效图。先在电路中各电阻的连接点上标注一字母,并将各字母按顺序在水平方向排列(待求端的字母应放在最外端),然后把各电阻填入各对应的字母之间,最后根据电阻串并联的定义依次画出等效电路,之后,根据简化的电路进行计算。

§ 4 电功、电功率、电热及负载的额定值

4.1 电功

各种各样的电气设备接通电源后都在做功,把电能转换成其他形式的能量,如热能、光能、机械能等。我们把电能转换成其他形式的能叫做电流做功,做功的大小与这段电路两端电压 U 、流过电路的电流 I 以及通电时间 t 成正比,即:

$$W = UIt$$

式中 W ——电功,单位焦耳(J); U ——电压,单位伏(V); I ——电流,单位安(A); t ——时间,用秒(s)作单位。

将 $U = IR$ 代入可得:

$$W = I^2 R t$$

若将 $I = U/R$ 代入,则得:

$$W = U^2 t / R$$

上列三式可根据不同的条件灵活运用。

4.2 电功率

电流在 1 秒钟内所做的功称电功率,用字母 P 表示。

$$P = W / t$$

在上式中,若电功单位为焦耳,时间单位为秒,则电功率的单位是瓦特,简称瓦,用字母 W 表示。

在实际工作中,电功率的常用单位还有千瓦(kW),毫瓦(mW)等。

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

$$1 \text{ 毫瓦(mW)} = 10^{-3} \text{ 瓦(W)}$$

如果功率的单位用千瓦(kW),时间的单位用小时,则计量用电量(消耗的电能)的实用单位为千瓦小时,用 kW·h 来表示。1kW·h 就是通常说的 1 度电。

计算电功率还有以下常用的式子:

$$P = IU = I^2 R$$

4.3 电流的热效应

电流通过导体时使导体发热的现象叫电流的热效应。也就是说,电流的热效应就是电能转换成热能的效应。白炽灯、电烙铁、电暖箱等电热工具,都是利用电流的热效应进行工作的。

英国科学家焦耳和俄国科学家楞次在研究了电流的热效应后,各自提出了相同的实验定律——焦耳楞次定律。定律指出:电流流过导体产生的热量,与电流的平方、导体的电阻及通电时间成正比。电流通过电阻时发出的热量可用下面的公式来计算:

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——热量,单位是焦耳,简称焦,用字母“J”表示。

4.4 负载的额定值

由于电流的热效应,电气元件和设备在工作时会发热,为保证电气元件和设备能长期安全工作,要对不同的元件和设备规定相应的最高工作温度。显然,工作温度取决于发热量,发热量又取决于电流、电压或电功率。我们把元器件和设备安全工作时所允许的最大电流、电压和电功率分别叫做它们的额定电流、额定电压和额定功率。一般元件和设备的额定值都标在明显位置,也可从产品目录中查到,导线的额定电流也可以通过查表获得。

在实际工作中,元器件和设备所消耗的实际功率与工作条件有关。如额定电压为 220V,额定功率为 60W 的灯泡,只有接到 220V 电源上时,它的功率才是 60W;当电源电压低于 220V 时,它的实际功率就小于 60W;当电压很低时,灯泡甚至不会发光。当电压高于 220V 时,灯泡

的实际功率就会超过 60W,甚至会烧坏灯泡。

我们把元器件或设备在额定功率下的工作状态叫做额定工作状态,也叫满载。低于额定功率的工作状态叫轻载,高于额定功率的工作状态叫过载或超载,由于过载很容易烧坏用电器,所以一般情况都不允许出现过载。

为保证在突然发生过载时不烧坏用电器,通常都在电路中安装保护装置。最常见的保护装置是熔断器。熔断器中的熔丝(也叫保险丝)由低熔点的合金制成,熔丝与用电器串联,当电路两端的电压升高或电路发生短路导致电路中的电流增大到一定数量时,熔丝首先被烧断,从而切断电路,保护了电源或用电器不被烧坏。

§5 交 流 电

5.1 什么是交流电

前面我们所介绍的都是方向和大小不随时间变化的直流电,而在现代工农业和日常生活中所使用的电能,几乎都是由发电厂供给的交流电。这不仅因为交流电机比直流电机简单、成本低、工作可靠,更主要的是可用变压器来改变交流电的大小,便于远距离输电和向用户提供各种不同等级的电压。

交流电是指大小和方向都随时作周期性变化的电动势(电压或电流)。发电厂供给的交流电都是正弦交流电,也就是按正弦规律变化的交流电,它的波形见图 1-6。

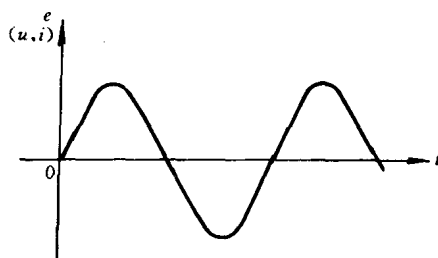


图 1-6

5.2 正弦交流电的产生

正弦交流电通常是由交流发电机产生的,图 1-7(a)、(b)为交流发电机的示意图。

在静止不动的磁极间装有能转动的圆柱形铁心,铁心上紧绕着线圈 $aa'bb'$,线圈的两端分别连接着两个彼此绝缘的铜环 C,铜环又通过电刷 A、B 与外电路相接,当线圈在磁场中沿逆时针方向旋转时,线圈中就产生感生电动势,为获得正弦交流电,磁极被设计成特殊形状,如图 1-7(b)所示。在磁极中心处磁感应强度最强,在中心两侧磁感应强度按正弦规律逐渐减小,在磁场分界面 OO' 处磁感应强度正好为零(称中性面),使得不仅铁心表面的磁感应强度按正弦规律分布,而且磁感应强度的方向总是处处与铁心表面垂直,这样,线圈中的感生电动势就是按正弦规律变化的交流电。

5.3 交流电的周期、频率和角频率

正弦交流电的瞬时值每经过一定的时间会重复一次,在交流电变化的过程中,由某一瞬时值经过一个循环后变化到同样方向和大小的瞬时值,叫做变化一周,我们把交流电变化一周表示为 360° 或 2π 弧度,称为电角度。如图 1-8 所示,交流电变化一周所需要的时间叫周期,用字母 T 表示,以秒(s)作单位。周期越短,交流电变化越快。我国电力网供给的交流电周期为 0.02s。

在 1 秒钟内变化的周期数,叫做交流电的频率,用字母 f 来表示,每秒钟变化一周,定为

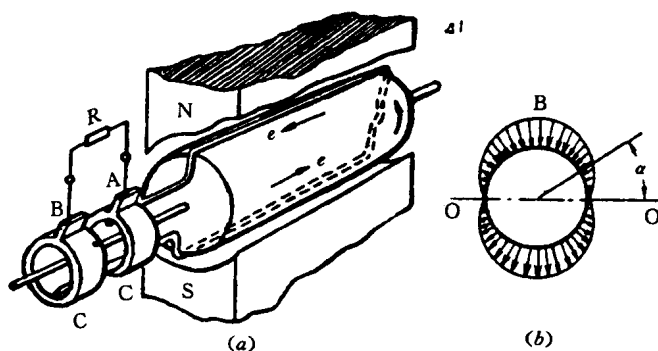


图 1-7

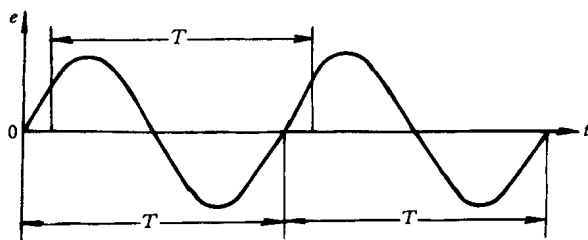


图 1-8

1 赫兹, 简称为赫, 用 Hz 表示。我国电力网供给的交流电都是 50Hz。显然, 周期与频率的关系为:

$$T = 1/f \quad f = 1/T$$

在进行正弦交流电路的计算时, 还采用角频率 ω 与频率 f 、周期 T 的关系:

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f$$

ω 的单位为弧度/秒, 常写成 rad/s。50Hz 相当于 314rad/s。

5.4 交流电的有效值

我们比较不同的交流电时, 除周期、频率外还要比较大小, 而交流电的大小是不断变化的, 难以取哪个数值作为衡量交流电大小的标准, 所以有必要引入一个既能准确反映交流电的大小, 又方便计算和测量的物理量。通常是根据交流电做功的多少来作为衡量交流电大小的标准。让交流电和直流电分别通过阻值完全相同的电阻, 如果在相同的时间内这两种电流产生的热量相等, 我们就把此直流电的大小定义为交流电的有效值。交流电流、电压和电动势有效值的符号分别是 I 、 U 和 E 。

通过计算, 正弦交流电的有效值和最大值之间有如下关系 (用 I_m 、 U_m 、 E_m 表示相应的最大值):

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 I_m$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 U_m$$