

Jian

Zhu

Dian

gong

建筑电 工

JIANZHU DIANGONG

• 主 编 石可清
• 副主编 齐卫红 王玉冰 梁慧超
• 主 审 李德荣

中国建材工业出版社

河北省村镇建筑工匠培训教材

建 筑 电 工

主 编 石可清
副主编 齐卫红 王玉冰 梁慧超
主 审 李德荣



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电工/石可清主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2004.9
ISBN 7-80159-735-4

I. 建… II. 石… III. 建筑工程-电工-基本知识
IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 094871 号

内 容 提 要

本书主要讲述建筑电工应掌握的电工基础理论和工程识图基本知识; 施工中常用电气设备的型号与特性, 选择与安装。讲解深入浅出, 实用性强, 使具有初中文化水平的读者通过阅读本书就能初步学懂、学会。本书还重点讲述施工规程要求、工程做法和验收标准。

本书适合作建筑电工岗前技术培训和在岗电工学习的教材, 也可作为建筑电工专业中专和技校的教材, 还可供建筑电工工长和施工技术人员参考。

建筑电工

主编 石可清

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 13.5

字 数: 334 千字

版 次: 2004 年 9 月第一版

印 次: 2004 年 9 月第一次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-735-4/TU·396

定 价: 23.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

编委会成员

主任：李耀明

副主任：王增文 吴 铁 窦远明

委员：曹学潮 赵 勇 赵胜格 乔锐军

阎西康 杜守军 许素兰

序

解决“三农”问题,已经成为我国经济社会发展极为重要的战略性工作,村镇建设工作作为城镇化进程的重要组成部分,必将进入新的快速发展时期。河北省是农业大省,目前有县城以下建制镇 1868 个,村庄近 7 万个,村镇人口 5600 万人,占全省总人口的 70% 以上。村镇人口众多,建设工程量大面广,任务繁重。据统计,河北省每年村镇竣工住宅、生产性建筑、公共建筑面积近 3000 万 m^2 。村镇建设工程的结构形式、质量安全要求、使用功能、建造方式、建设规模等已经突破传统的模式,向大型化、复杂化方向发展。村镇建筑工匠是村镇房屋建设的主要力量,村镇建筑工匠的素质直接影响房屋建造的质量和安 全,因此全面提高村镇建筑工匠的素质,已成为村镇建设工作的迫切需要。

为维护村镇建设市场秩序,保障村镇建筑工程质量,确保国家、集体和个人生命财产安全,根据《河北省村镇规划建设管理条例》和建设部令《村镇建筑工匠从业资格管理规定》等法规的要求,结合河北省村镇建设的实际情况,在大量调研和反复征求意见的基础上,河北工业大学受省建设厅的委托,编写了村镇建筑工匠培训教材。为使教材更为完善,邀请了在本行业从事专业工作多年、具有丰富实践经验的专家对教材进行了审定,专家对教材提出了一些很好的意见和建议,使教材更加充实。该教材汇集了村镇建筑工匠应具备的理论基础知识和操作技能,资料翔实,语言流畅,深入浅出,通俗易懂,针对性、实用性、系统性强,便于广大建筑工匠学习和掌握。

加强建筑工匠的培训和管理,是提高村镇建筑工匠素质的重要途径。通过培训考核,使建筑工匠比较全面地掌握村镇房屋建筑技术、经济、管理方面的实用知识,并且可在实际工程建设中得到应用。建筑工匠素质的提高,是保证工程质量和安全的前提,可推动村镇建设事业健康快速发展。

愿工匠培训教材成为广大村镇建筑工匠的良师益友,愿村镇建筑工匠为提高村镇建设水平做出更大贡献。

河北省建设厅副厅长



目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电路的基本知识及欧姆定律.....	1
第二节 常用电工测量仪表	18
第三节 电力系统的中性点运行方式	23
第四节 感应电动机	26
第五节 变压器	28
第二章 负荷计算	31
第一节 电力负荷	31
第二节 计算负荷	32
第三节 尖峰电流的计算	39
第三章 线路敷设及导线选择	41
第一节 室外线路	41
第二节 室内线路	56
第三节 导线和电缆截面选择	95
第四章 电气设备选择与安装	107
第一节 成套配电柜、动力配电箱的选择与安装	107
第二节 配电箱(盘)选择与安装.....	111
第三节 低压断路器和熔断器选择与安装.....	113
第四节 电气照明灯具及灯开关的安装.....	120
第五节 插座及插座箱的安装.....	130
第六节 吊扇的安装.....	132
第七节 弱电工程安装.....	133
第五章 工程识图知识与配电系统	134
第一节 国标——电气图用图形符号及文字代号.....	134
第二节 建筑电气工程图.....	158
第三节 低压配电系统.....	164

第六章 接地与防雷装置施工	167
第一节 接地的形式、要求和适用范围	167
第二节 接地装置的安装.....	172
第三节 防雷装置.....	182
第七章 电气安全、漏电保护	190
第一节 电流对人体的作用.....	190
第二节 电气安全与触电急救.....	191
第三节 漏电保护.....	195
第八章 施工现场临时用电	201
第一节 临时供用电的施工组织设计.....	201
第二节 发电设施、变电设施、配电设施.....	202
第三节 架空线路及电缆线路.....	203
第四节 常用电气设备.....	204
第五节 照 明.....	206
第六节 接地与防雷.....	207
第七节 安全技术管理.....	207

第一章 电工基础知识

第一节 电路的基本知识及欧姆定律

一、几个基本的物理概念

(一)导体、绝缘体和半导体

1. 导体 具有大量能够自由移动的带电粒子(自由电子或正、负离子),因而能很好地传导电流的物体,在传导电流时呈现较小的电阻。如金、银、铜、铁、锡、石墨、碳及电解液等。

2. 绝缘体 没有或只有极少量能自由移动的带电粒子,因而电流不能或很难通过的物体,对电流传导呈现非常大的电阻。如空气、木材、棉、毛、玻璃、瓷、橡胶、塑料等。

3. 半导体 导电性能介于导体和绝缘体之间的物体,在某一特定条件下呈导体状态,能够传导电流,当改变某一特定条件时又呈现绝缘体状态,不允许电流通过。如锗、硅晶体二极管及金属的氧化物、硫化物。

(二)电荷及其运动规律

1. 电荷 它是电的量度,习惯上也把带电体本身简称电荷,电子是其最小单元。任何物体都具有大量的极微小的带正电和带负电的质点。在正常条件下,这些带正负电的质点在数量上是相等的。由于某种原因,使正电荷多于(或少于)负电荷,因而这物体便带正电(或带负电)。

电荷以字母“ Q ”表示(或用 q 表示),单位为库仑(C)。一个电子的电荷是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

2. 电荷的运动规律 带电体周围的空间具有电力作用,此空间叫电场。电场具有能量(电能)。在带电体 Q 附近,放置另一个带电体 q ,那么 q 就会受到电场的作用力。如果它们带的电荷性质相同,就相互排斥;如果性质不同则相互吸引。当带电体在电场力的作用下移动时,电场便对带电体做了功。

(三)电势、电势差及电压

在电场力的作用下,单位正电荷从某点移动到参考点(通常将参考点的电势定为零电势)时电场所做的功,叫做该点的电势。

电路中任意两点 a 、 b 间的电势差值叫做 a 、 b 间的电势差,也叫 a 、 b 间的电压。这两点的电势分别用 V_a 和 V_b 表示;两点间的电势差即电压,用 U_{ab} 表示。电势、电势差和电压的单位均为伏特(简称伏),用 V 表示,较低的电压用毫伏(mV)表示,较高的电压用千伏(kV)表示。

$$1\text{mV} = \frac{1}{1000} \text{V} = 10^{-3}(\text{V})$$

$$1\text{kV} = 1000\text{V} = 10^3(\text{V})$$

电压的等级及标准由国家统一制定,从电力的生产(发电)、输送、分配到电器设备的生产都要按照国家规定的标准电压进行。

小电压有:12V、24V、36V。因电压较小在使用时不会对人构成危险,所以又称为安全电压(注意:36V也有电死人的记录,因此不同生活、生产环境下,安全电压规定值是不同的)。

低电压有:直流 110V、220V,交流 110V、220V、380V。高压交流有:3kV、6kV、10kV……

我国的安全规程规定:

低压——指设备对地电压在 250V 及以下者;

高压——指设备对地电压在 250V 以上者。

这种高、低压的划分方法是从人身安全方面考虑的。

而我国的一些设计、制造和安装规程通常是以 1000V 为界限来划分高、低压的,一般规定:

低压——指额定电压在 1000V 及以下者;

高压——指额定电压在 1000V 以上者。

电源内部分离电荷以维持电势差的能力叫做电动势,用符号 E 表示。电动势 E 的大小等于单位电荷在电源内部非静电力的作用下通过电源时所获得的能量,单位为伏特(V)。电源的电动势在数值上等于外电路断开时电源两极间的电势差。

必须注意,电动势和电压两者的概念不同,不可混淆。电动势是指电源内部的一种非静电力(如机械能作用力、化学能作用力),其方向是从负极到正极的方向,即电势升高的方向。而电压是指外电路中任意两点间的电压高低之差,它的方向是电压降低的方向。

(四)电源和负载

将其他形式的能量转变为电能的装置,称为电源。如发电机将机械能转变为电能;干电池和蓄电池将化学能转变为电能;核电站是把原子能转变为电能等等。在电子和电工设备中,也称变换电能形式的装置为电源,如整流器(将交流变换为直流);逆变器(将直流变换为交流);稳压器等。

将电能转变为其他形式能量的装置,称为负载(也称负荷)如电灯、电动机、电炉等,它们分别把电能转变为光能、机械能、热能等。

变压器和输电线路是中间环节,是联接电源和负载的部分,它起传输和分配电能的作用。在实际工作中可以把变压器一次侧(输入端)看作是负载,因为它从线路中吸收能量;把变压器二次侧(输出端)看作是电源,因为它向线路输出能量。

能量不能创造(生产)也不能消亡(消灭),只是各种形式的能量等值地相互转换,例如发电机输出的电能一定等于电能在传输过程中变压器和线路的能量损耗以及负载把电能转变为其他形式能量的总和,这就是能量守恒定律。

(五)电路和电流

电荷由高电压向低电压流动所经过的路径叫电路。电路由电源、变压器、导线、开关等组成。电路一定成闭合回路,才能有电荷流动。

电荷在电路中流动形成电流。习惯上把正电荷的运动方向定为电流方向。单位时间通过导体横截面的电量叫电流强度,简称为电流,用符号 I 表示,电流的单位为安培(A)。

$$I = \frac{q}{t}$$

式中 q ——电量,单位是库仑(C);

t ——时间,单位是秒(s)。

1 秒钟内流过导体横截面的电量是 1 库仑,则导体内的电流强度为 1 安培(A)。根据不同需要,电流的单位还有微安(μA)、毫安(mA)、千安(kA)。

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1000000}\text{A} = 10^{-6}(\text{A})$$

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A} = 10^{-3}(\text{A})$$

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3(\text{A})$$

电流的大小和方向不随时间变化的叫做直流电(DC),电流的大小和方向随时间变化的叫交流电(AC)。

有时会遇到电流密度这个名词,所谓电流密度就是导体横截面每平方毫米流过的电流值,即电流 I 与导体横截面积 S 的比值,用字母“ J ”表示

$$J = \frac{I}{S}$$

电流密度 J 的单位为 A/mm^2 。导体横截面积 S 的单位为 mm^2 。

(六)电阻

电子在导体内做定向移动时,会受到导体中原子的阻力,这种阻碍电流通过的阻力叫做导体的电阻,用字母“ R ”或“ r ”表示,其单位为欧姆(Ω),较小的电阻用微欧姆($\mu\Omega$)和毫欧姆($\text{m}\Omega$)为单位,较大的电阻用千欧姆($\text{k}\Omega$)、兆欧姆($\text{M}\Omega$)为单位。

$$1\mu\Omega = \frac{1}{1000000}\Omega = 10^{-6}(\Omega)$$

$$1\text{m}\Omega = \frac{1}{1000}\Omega = 10^{-3}(\Omega)$$

$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega = 10^3(\Omega)$$

$$1\text{M}\Omega = 1000000\Omega = 10^6(\Omega)$$

导体电阻大小与该导体的长度 l 成正比,与导体的横截面积 S 成反比,并与导体材料的导电性能有关,可用下式表示:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——导体的电阻,单位为(Ω);

l ——导体的长度,单位为(m);

S ——导体的横截面积,单位为(mm^2);

ρ ——导体的电阻率,单位为($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

电阻率 ρ 也叫“电阻系数”它表示长 1m 、横截面 1mm^2 的导体所具有的电阻值,导体的电阻率与导体材料有关,一般金属导体的电阻率随温度升高而增大。

二、欧姆定律及简单的串、并联电路

(一)欧姆定律

1. 定义 按图 1-1 接线做实验。若保持电阻箱的电阻值不变,调节可变电阻 r 以改变 A 、

B 两点间的电压,便可发现电路中流过的电流 I 与电压 U 成正比;若保持 A、B 两点间的电压不变,改变电阻箱的电阻 R 值则电流 I 与电阻 R 成反比。

由此可以得出欧姆定律:在直流电阻电路中,流过电阻中电流的大小与电阻两端电压的大小成正比;与电阻值的大小成反比。用公式表示为

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

2. 欧姆定律的三种表达方式 对于直流电路中的电压、电流、电阻三个物理量,只要已知其中任意两个,便可求出第三个,因此欧姆定律有三种表达方式,即:

(1) 已知电压、电阻,求电流: $I = \frac{U}{R}$;

(2) 已知电流、电阻,求电压: $U = IR$;

(3) 已知电压、电流,求电阻: $R = \frac{U}{I}$ 。

为了帮助记忆,将上述三个物理量的关系用图 1-2 表示,图中横线表示除号。

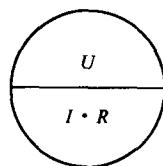


图 1-2 欧姆定律图示

在使用图 1-2 进行计算时,用手指遮住要求的物理量,剩下的就是运算公式。

【例 1】一根导线的电阻为 0.2Ω ,流过 50A 的电流,求这根导线上的电压降是多少?

解: $U = IR = 0.2 \times 50 = 10(\text{V})$

(二) 串联电路

把几个用电器的首尾依次联接起来的联接方式叫串联,如图 1-3 所示。

电阻串联电路的特点:

(1) 各电阻中的电流相等;

(2) 各电阻两端的电压值与各自的电阻值成正比,即

$$U_1 = IR_1$$

$$U_2 = IR_2$$

$$U_3 = IR_3$$

(3) 电路两端的总电压 U 等于各段电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$= IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$= I(R_1 + R_2 + R_3)$$

(4) 电路中的总电阻(等效电阻)等于各段电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

可见,串联的电阻越多,总电阻越大。在电源电压不变的情况下,电路中串联的电阻增加,将使电路中的电流减少,起到限流作用。这个特点在实际工作中得到了广泛的应用,如在直流电动机启动时,在电枢中串联一个电阻以限制启动电流。串联电阻还具有均压或分压作用,电

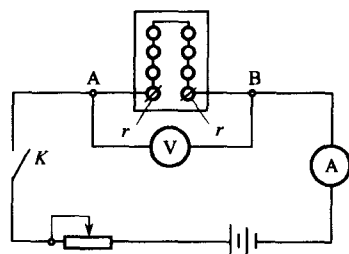


图 1-1 简单直流电路

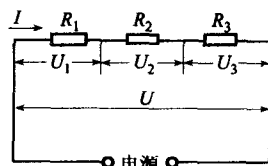


图 1-3 电阻串联

压表量程的扩大,就是利用这个原理实现的。

(三) 并联电路

把几个电器的首、尾分别联在一起、接到电源上,如图 1-4 所示,这种联接方式叫做并联。如各用户的电灯、家用电器与电源的联接就是并联电路。

电阻并联电路的特点:

(1) 各电阻上呈受的电压相等,即

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

(2) 各电阻中流过的电流与各自的电阻成反比,即

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3}$$

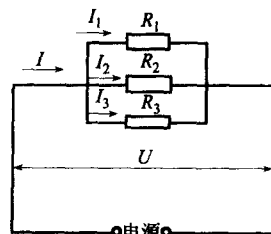


图 1-4 并联电路

(3) 并联电路中总电流等于各支路电流之和,即

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ &= \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \\ &= U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \end{aligned}$$

(4) 并联电路中总电阻的倒数等于各并联支路电阻倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

或

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

当各并联支路的电阻相等时,总电阻等于各支路电阻值的 $\frac{1}{n}$, 其中 n 为并联支路数,即

$$R_{\text{总}} = \frac{R_{\text{支}}}{n}$$

可见,并联电阻越多,总电阻越小。

(5) 并联电阻对总电流有分流作用。电源的并联是将各电源的正极和负极分别联在一起。电源并联时,每个电源的电动势必须相等而且内阻也要相等,这样输出的电流才能相等。如果内阻不相等则输出的电流与内阻大小成反比,并联后的电源总电动势仍同于单一电源的电动势。电源并联后,供给电路的允许电流可以增大。

(四) 混联电路

实际电路往往既有串联又有并联,这种电路称为混联电路。图 1-5 中, R_1 和 R_2 串联, R_3 和 R_4 并联,就是一个简单的混联电路。它的等效电阻(总电阻) R 可用下式计算:

$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

混联电路的计算步骤为：①应用电阻串联和并联的公式把电路简化，然后再求出电路的总电阻；②应用欧姆定律求出总电流；③根据总电流求出各支路的电流；④根据各电阻上的电流求出各电阻上的电压降。

(五)电功和电功率

1. 电功 导体中使电荷产生位移的电场力所做的功叫做电功。

如前所述，导体两端的电压是单位电荷从导体的一端移到另一端时电场力所做的功。电荷量为 Q 的电荷从导体的一端移到另一端时，电场力所做的功(用字母“ A ”表示)等于电量与电压的乘积，即

$$A = QU$$

因 $I = \frac{Q}{t}$ 得 $Q = It$ ，将其代入上式得：

$$A = UIt$$

式中 A ——电功，单位为焦耳(J)；

t ——电流通过的时间，单位为秒(s)。

2. 电功率 在单位时间(1秒)内电场力所做的功叫做电功率，用字母 P 表示，即

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UIt}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电功率的单位是 J/s，又称瓦(W)。较大的单位叫千瓦(kW)。

当电路的两端电压为 1V，通过的电流为 1A 时，其电功率就是 1W。

日常所说的电炉、电灯的瓦数，均指的是电功率。

工程中常用的电功实用单位为千瓦·时(kW·h)，即 1kW 功率的机器 1 小时所做的电功是 1 千瓦·时(kW·h)，俗称 1 度电。

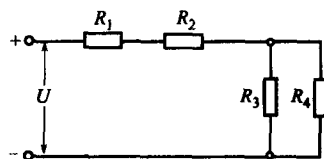


图 1-5 混联电路

三、交流电路

交流电可利用变压器把电压升高，实现远距离输电，以减少电能在输电线路上的损失，也可将电压降低，以满足各种不同用电设备的需要。

(一)正弦交流电

交流电各参量的变化规律符合正弦函数变化规律的称正弦交流电。如图 1-6 所示。工业和日常生活中使用的交流电就是正弦交流电。它的电压、电流和电动势均随时间按正弦函数规律变化，变化速率为 50 周/秒，即频率为 50 赫兹(Hz)，这样的频率称为工业频率，简称“工频”。

(二)正弦交流电的三要素

1. 频率 电压、电流自某一瞬时值开始，变化一周又回到起始位置所需的时间(即按正弦函数规律完成一个循环的变化所需的时间)叫做周期。用“ T ”表示，单位为秒(s)。

1 秒内变化的周期数叫做频率,用“ f ”表示,单位为赫兹(Hz)。

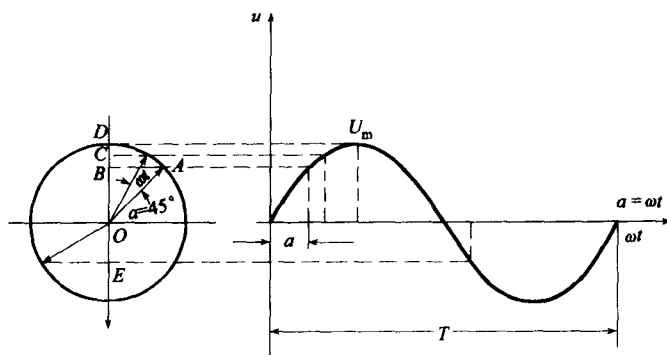


图 1-6 正弦曲线

频率和周期的关系为:

$$f = \frac{1}{T} \text{ 或 } T = \frac{1}{f}$$

日常使用工频 50Hz 交流电的周期为:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02(\text{s})$$

为了便于计算,将一个周期划分为 360° 电角度,或 2π 弧度。 180° (电角度) = π (弧度) 为半周期; 90° (电角度) = $\frac{\pi}{2}$ (弧度) 为 $1/4$ 周期。

交流电每秒钟变化的角度叫做角频率,用 ω 表示。如果交流电在 1 秒内变化的电角度为 α ,则其角频率为:

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

$$\alpha = \omega t$$

因为交流电在一个周期 T 内变化的弧度为 2π ,所以它的角频率为:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \frac{1}{T} = 2\pi f$$

频率或角频率是正弦交流电的三要素之一。

2. 最大值 最大值又叫幅值或振幅,是衡量交流电的主要参数之一,它表明正弦交流电参量的最大变化范围。

每周期内有一次正的最大值和一次负的最大值,两者大小相等,方向相反。

通常用大写字母加下标 m 表示最大值,如 E_m 、 U_m 、 I_m 等,分别表示电动势、电压和电流的最大值。

3. 初相位 对于一个正弦交流电参量,用频率和最大值即可表明其特点,但对于两个或两个以上交流电量,只有频率和最大值仍不能说明两者之间的关系和特性(如图 1-7 所示)。尽管两个正弦交流电参量的频率和幅值相同,但由于在电角度 $\alpha = \omega t = 0$ 时的初始状态不同

即初相角不同,在同一 ωt 时刻两者具有不同的瞬时值,故得出两组曲线。

当 $\omega t = 0$ 时,瞬时值为零的正弦交流电,其初相角为零;瞬时值不为零的正弦交流电,其初相位不为零,而是 φ (图 1-7 中的 A 点)。 φ 叫做初始相位,简称初相位。如 A 点在纵轴的左侧,初相位为正值,在右侧为负值。图中曲线 u_1 的初相位 $\varphi_1 = 0$,曲线 u_2 的初相位 $\varphi_2 = +\varphi$ 。

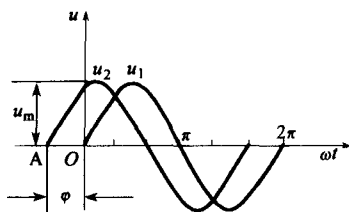


图 1-7 初相角不为零的正弦曲线

初相位也是正弦交流电参量中的一个重要参数,它表明正弦电参量的初始状态。

为了比较两个相同频率正弦量的相位关系,我们引入相位差的概念。相位差就是两个同频率正弦交流电的相位之差。

在分析电路时,对时间起点的选择,可任意指定某一电参量的初相角为零,其余电参量的初相位则由它们之间的相位差来确定。

若两个相同频率正弦电参量的初相位相同,它们之间的相位差为零,则称“同相”;若两者的初相位相差 180° ,则称“反相”。

频率(或角频率)、最大值和初相位是确定正弦交流电参量的三要素。这三个参量已知后,交流正弦量的变化规律就完全确定了,也就可以进行运算了。

(三)交流电的有效值和平均值

1. 有效值 交流电的瞬时值在不断地变化,给测量和计算带来了不便,习惯上都用有效值来表示交流电的大小。

交流电的有效值是根据电流的热效应规定的:若某一交流电通过某一电阻经过一定时间所产生的热量,等于某一直流电通过同一电阻在同等时间内所产生的热量,则与此交流电相当的直流电的数值就叫做该交流电的有效值。仪表测量到的电压和电流的数值都是有效值,在交流的计算中都采用有效值来计算。我们平时所说的 220V、380V、10A、30A 等指的就是有效值。

按照规定,有效值用大写字母表示,如电动势、电压、电流的有效值分别用 E 、 U 、 I 表示(注意有效值不是平均值)。

正弦交流电有效值与最大值的关系如下:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m$$

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

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

即最大值 E_m 、 U_m 、 I_m 分别是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

2. 平均值 交流电的正半周和负半周大小相等,方向相反,整个周期的平均值为零。但是,在把交流变为直流的全波整流电路中,脉动电流的大小要按平均值计算。所以计算正弦量的平均值很有价值,此平均值是指半个周期内的平均值。

交流电的平均值等于最大值的 $\frac{2}{\pi}$ 。平均值用大写字母加下角标 p 表示,如 E_p 、 U_p 、 I_p 分

别表示交流电动势、电压和电流的平均值。交流电参量平均值和最大值的关系如下：

$$E_p = 0.637 E_m; \quad U_p = 0.637 U_m; \quad I_p = 0.637 I_m$$

正弦交流电的平均值与有效值的关系为：

$$E_p = 0.9 E; \quad U_p = 0.9 U; \quad I_p = 0.9 I$$

(四) 纯电阻交流电路

在纯电阻交流电路中,电压和电流的相位相同,其大小随时间不断地发生变化。电阻上的交流电压和电流符合欧姆定律的关系,用有效值计算:

$$R = \frac{U}{I}; \quad U = IR; \quad I = \frac{U}{R}$$

在纯电阻交流电路中,电压和电流同相,任意瞬时的电压值与电流值的乘积叫做瞬时功率,用 p 表示,即

$$p = ui = i^2 R$$

对于纯电阻交流电路,电压和电流同相位。当瞬时值 u 和 i 均为正值时 p 为正,当瞬时值 u 和 i 均为负值时, p 仍为正。如图 1-8 所示,说明电能全部为电阻所消耗了。

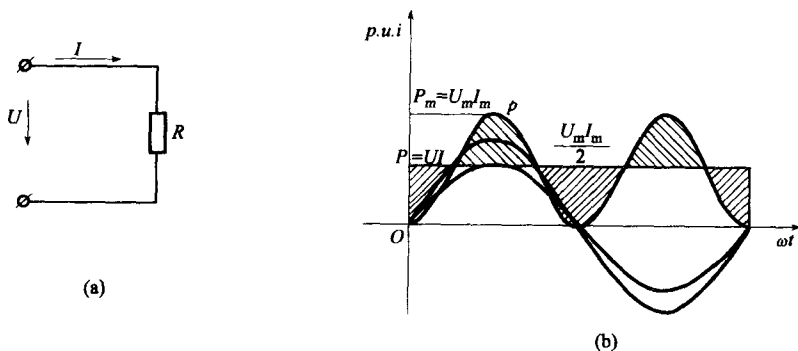


图 1-8 纯电阻电路的电压、电流、功率曲线

(a) 纯电阻电路图; (b) 纯电阻电路的电压、电流、功率曲线

如前所述,在进行电路计算时,一般不用瞬时功率值而用平均功率值。纯电阻交流电路中的平均功率可认为与瞬时功率在一个周期内的平均值相等,用大写的 P 表示

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

当电压、电流、电阻的单位分别为伏特(V)、安培(A)和欧姆(Ω)时,则功率的单位就是瓦(W)。

平均功率在实际工作中应用广泛,习惯上叫做功率或有功功率。白炽灯的瓦数指的就是有功功率。

(五) 纯电容电路

1. 电容器及其充、放电过程 电容器是储存电荷的电器元件,由两个导体(极板)中间隔

以绝缘体(介质)所组成。电容器储存电荷的能力用电容的大小来表示。一个电容器接在直流电源上,其每个极板上的电荷量与两极板间的电压 U 成正比。两极板在单位电压(1V)作用下,每一极板上所储存的电荷量叫做该电器的电容,用字母“C”表示,单位是法拉(F)。即

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中 U ——电容器极板间的电压,单位为伏(V);

Q ——电容器极板上的电荷量,单位为库仑(C)。

法拉是一个很大的单位,在实际工作中常用较小的单位微法“ μF ”或皮法“pF”(微微法“ pF ”)。

$$1\mu\text{F} = \frac{1}{1000000}\text{F} = 10^{-6}(\text{F})$$

$$1\text{pF} = \frac{1}{1000000000000}\text{F} = 10^{-12}(\text{F})$$

电容是电容器的固有的特性(一个电容器的电容是一定的),其大小与电容器的极板面积 S 、极板间的距离 d 以及极板间的介质有关。

若将直流电压加到电容器的两端,就会有同等数量的正、负电荷从电源向电容器的两个极板上聚集(充电),这样就在电源与电容器的联接导线中形成电流;同时极板上的电位也在逐渐升高,当两极板间的电压和电源电压相等时,电荷不再增加(充电停止),导线的充电电流基本为零,相当于线路“开路”,即所谓隔直(隔离直流电流)作用;若电源去掉,用导线将两极板相联,两极板的电荷开始中和(放电),这样导线上又形成电流,直到两极板电压为零,导线上电流也就为零了。

若将交流电压接到电容器的两个极板上,电路中将会出现交变的充、放电电流。在纯电容电路中,电流随电压的变化而变化,它们的相位关系如图 1-9 所示。在第一个 $1/4$ 周期(即 $0^\circ \sim 90^\circ$)电压按正弦波从零向最大值变化;电容器充电,电流与电压方向相同,电流按正弦波由最大值向零变化;在第二个 $1/4$ 周期(即 $90^\circ \sim 180^\circ$)电压从最大值向零变化,电容器放电,电流与电压方向相反,电流从零向负的最大值变化;第三个 $1/4$ 周期($180^\circ \sim 270^\circ$)和第四个 $1/4$ 周期($270^\circ \sim 360^\circ$),电压反向从零变到负的最大值又变为零,电容器反向充电、放电,电流方向与前半周期相反,电流从负的最大值变到零又变到正的最大值。电流的大小与电压变化的快慢有关。

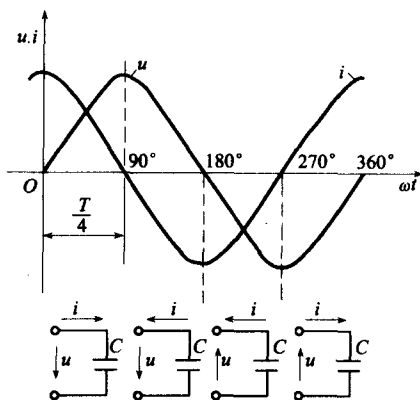


图 1-9 纯电容电路电流变化过程

按正弦曲线变化的电压、在各个阶段的变化速度不同,经过零值时,变化速度最快,此时回路电流最大;在趋向峰值时变化速度趋于零,电流变小;当经过峰值时,变化速度为零,电流也为零。由图 1-9 可见,电流相位超前于电压相位 90° ,按正弦曲线变化。