



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等职业教育
工程造价专业系列教材



DIANQI GONGCHENG SHITU
YU SHIGONG GONGYI

电气工程识图 与施工工艺

(第三版)

主 编 赵宏家
副主编 侯志伟 魏 明 倪秋鸿



重庆大学出版社

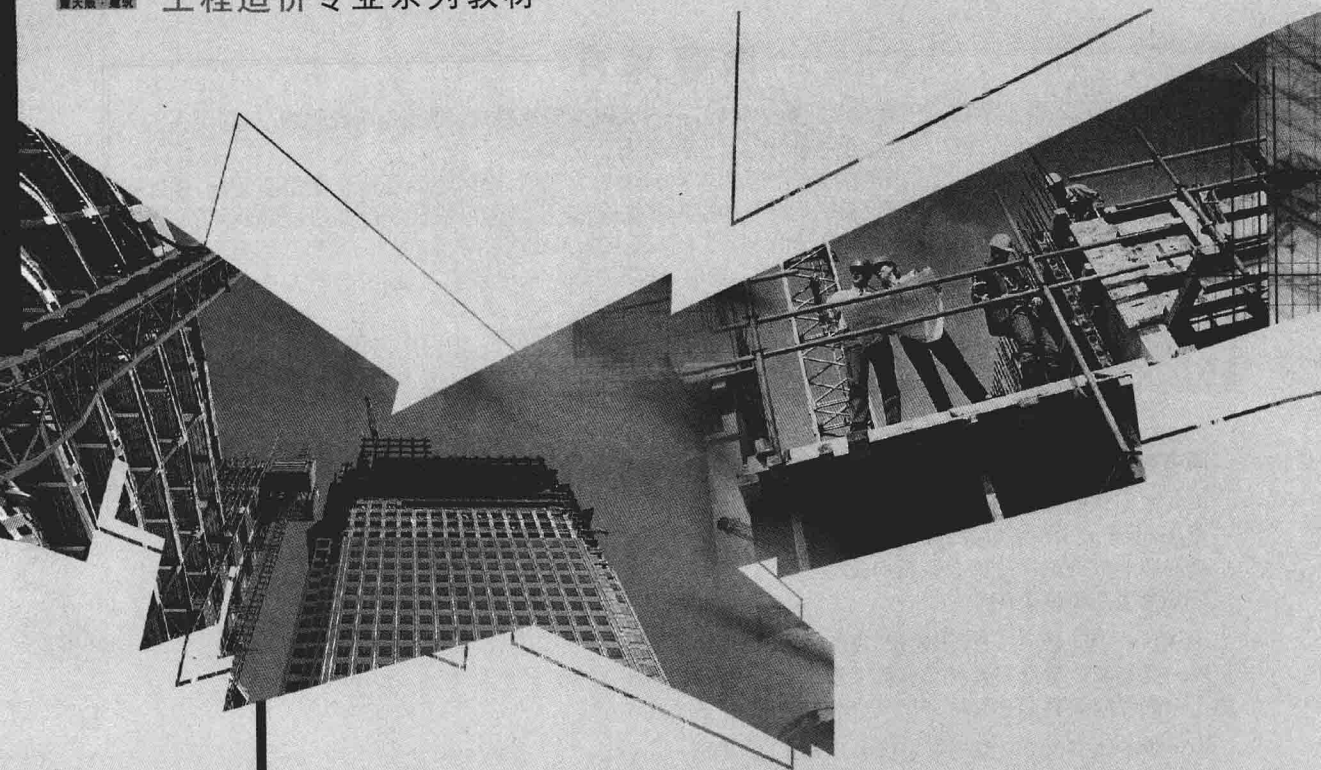
<http://www.cqup.com.cn>

GAODENG ZHIYE JIAOYU GONGCHENG ZAOJIA ZHUANYE XILIE JIAOCAI



高等职业教育

工程造价专业系列教材



DIANGONG GONGCHENG SHITU
YU SHIGONG GONGYI

电气工程识图 与施工工艺 (第三版)

主 编 赵宏家
副主编 侯志伟 魏 明 倪秋鸿

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书是高等职业教育工程造价专业系列教材之一,以贯彻国家标准、规范为指导思想,从应用实践入手,介绍建筑电气工程图的识读方法与建筑电气工程的施工工艺。

本书重点强调了工程图的识读练习,全书的内容分为3个部分:建筑电气工程识图基本知识,考虑到有的专业没有开设电工学课程,补充了交流电的基本知识;强电部分内容讲述了配线工程、照明与动力工程、变配电工程、建筑防雷接地工程,并结合电气工程实例讲解系统图和平面图的识读方法与施工工艺;弱电部分内容,讲述了火灾报警与消防联动系统,通信、安防及综合布线系统,以系统分析为主,通过部分电气工程实例讲解系统图和平面图的识读方法。

本书适用于电气类、建筑类本、专科及高职等相关专业的教学用书,也可作为职业培训教材及安装工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程识图与施工工艺/赵宏家主编. —3版.

—重庆:重庆大学出版社,2011.7(2013.7重印)

高等职业教育工程造价专业系列教材

ISBN 978-7-5624-2964-7

I. 电… II. 赵… III. ①建筑工程—电气设备—

识图—高等职业教育—教材②建筑工程—电气设备—工程

施工—高等职业教育—教材 IV. TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第122278号

高等职业教育工程造价专业系列教材

电气工程识图与施工工艺

(第三版)

主 编 赵宏家

副主编 侯志伟 魏 明 倪秋鸿

责任编辑:林青山 李文杰 版式设计:林青山

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19 字数:474千

2011年7月第3版 2013年7月第17次印刷

印数:77 001—87 000

ISBN 978-7-5624-2964-7 定价:27.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

编委会

顾 问 尹贻林 阎家惠

主 任 武育秦

副主任 刘 洁 崔新媛

委 员 (以姓氏笔画为序)

马 楠 王小娟 王 亮 王海春 付国栋 刘三会

李中秋 许 光 刘 武 李绪梅 张 川 吴心伦

杨甲奇 吴安来 张建设 张国梁 时 思 钟汉华

郭起剑 涂国志 崔新媛 蒋中元 彭 元 谢远光

韩景玮 廖天平

特别鸣谢(排名不分先后)

天津理工大学经济管理学院
重庆市建设工程造价管理总站
重庆大学
重庆交通大学应用技术学院
重庆工程职业技术学院
平顶山工学院
徐州建筑职业技术学院
番禺职业技术学院
青海建筑职业技术学院
浙江万里学院
济南工程职业技术学院
湖北水利水电职业技术学院
洛阳大学
邢台职业技术学院
鲁东大学
成都大学
四川交通职业技术学院
湖南交通职业技术学院
青海交通职业技术学院
河北交通职业技术学院
江西交通职业技术学院
新疆交通职业技术学院
甘肃交通职业技术学院
山西交通职业技术学院
云南交通职业技术学院
重庆市建筑材料协会
重庆市交通大学管理学院
重庆市建设工程造价管理协会
重庆市泰莱建设工程造价事务所
江津市建设委员会



《高等职业技术教育工程造价管理专业系列教材》共计 12 种,由重庆大学出版社于 1992 年正式出版发行,又于 2002 年进行了第 2 版的修订再版。该系列教材自问世以来,受到全国各有关院校师生及工程技术人员的欢迎,产生了一定的社会反响。编委会就广大读者对该系列教材出版的支持、认可与厚爱,在此表示衷心的感谢。

随着我国社会经济的蓬勃发展,建筑业管理体制改革的不断深化,工程技术和管理模式更新与进步,以及近年来我国工程造价计价模式和高等职业教育人才培养模式都有了较大的变化,这些变化必然对该专业系列教材的体系构成和教学内容提出更高的要求。为适应我国“高等职业教育工程造价专业”人才培养的需要,并以系列教材建设促进其专业发展,重庆大学出版社通过全面的信息跟踪和调查研究,在广泛征求有关院校师生和同行专家意见的基础上,决定重新改版、扩充《高等职业教育工程造价专业系列教材》。

本系列教材的编写是根据国家教育部制定颁发的《高职高专教育专业人才培养目标及规格》和《工程造价专业教育标准和培养方案》,以社会对工程造价专业人员的知识、能力及素质需求为目标,以国家注册造价工程师考试的内容为依据,以最新颁布的国家和行业规范、标准、法规为标准而编写的。本系列教材针对高等职业教育的特点,基础理论的讲授以应用为目的,以必需、够用为度,突出技术应用能力的培养,反映国内外工程造价专业发展的最新动态,体现我国当前工程造价管理体制改革的精神和主要内容,完全能够满足培养德、智、体全面发展的,掌握本专业基础理论、基本知识和基本技能,获得造价工程师初步训练,具有良好综合素质和独立工作能力,会编制一般土建、安装、装饰、工程造价,初步具有进行工程造价管理和过程控制能力的高等技术应用型人才。

由于现代教育技术在教学中的应用和教学模式的不断变革,教

材作为学生学习功能的唯一性正在淡化,而学习资料的多元性也正在加强。因此,为适应高等职业教育“弹性教学”的需要,满足各院校根据建筑企业需求,灵活调整及设置专业培养方向。我们采用了专业“共用课程模块+专业课程模块”的教材体系设置,给各院校提供了发挥个性和设置专业方向的空间。

本系列教材的体系结构如下:

共用课程模块	建筑安装模块	道路桥梁模块
建设工程法律法规	建筑工程材料	公路工程材料
工程造价信息管理	建筑结构基础	公路工程经济
工程成本和控制	建设工程监理	公路工程概论
工程测量	建筑工程技术经济	公路工程监理
工程造价专业英语	建设工程项目管理	公路工程施工组织设计
	建筑识图与房屋构造	公路工程制图与识图
	建筑识图与房屋构造习题集	公路工程制图与识图习题集
	装饰构造与施工工艺	公路工程施工与计量
	电气工程识图与施工工艺	桥隧施工工艺与计量
	管道工程识图与施工工艺	公路工程造价编制与案例
	建筑工程施工工艺	公路工程招投标与合同管理
	建筑工程造价	公路工程施工放样
	安装工程造价	
	装饰工程造价	
	建设工程造价管理	
	建设工程招投标与合同管理	
	建筑工程造价实例	

注:①本系列教材赠送电子教案。

②希望各院校和企业教师、专家参与本系列教材的建设,并请毛遂自荐担任后续教材的主编或参编,联系 E-mail:lich@cqp.com.cn。

这次该系列教材的重新编写出版,不仅每门课程的内容都做了较大增加和删改,还新增了9门课程。从而,拓宽了该专业的适应面和培养方向,给各有关院校的专业设置提供了更多的空间。这说明,该系列教材是完全适应工程造价相关专业教学需要的一套好教材,并在此推荐给有关院校和广大读者。

编委会
2005年10月

前言

《电气工程识图与施工工艺》是工程造价专业系列教材之一,本书以贯彻国家标准、规范为指导思想,从应用实践入手,介绍建筑电气工程图的识读方法与建筑电气工程的施工工艺。

建筑电气工程包括强电(建筑电气)和弱电(智能建筑)。强电主要是指电能的分配和使用,其特点是电压高、电流大、频率低,主要考虑的问题是节能、安全。其分配与控制用的导线截面与电气装置的占空性大,规模也比较大,是建筑物中最基本和最常见的工程,因此其重点是平面图的识读。弱电主要指信息的传送与控制,其特点是电压低、电流小、频率高,主要考虑的问题是信息传送的效果。弱电系统的前端设备多是高、新技术产品,发展速度比较快,更新换代也比较快,需要的专业知识面也非常宽,但其配线工程和信息终端接口相对比较简单,施工工艺与强电也基本相同,重点是系统介绍和系统图的识读。

本书是在第一版的基础上进行修改的,重点是加强了工程图的识读练习。内容可以分为3个部分,其一是建筑电气工程识图基本知识,考虑到有的专业没有开设电工学课程,本书补充了交流电的基本知识。其二是强电部分,主要内容有:配线工程、照明与动力工程、变配电工程和建筑防雷接地工程,并结合电气工程实例讲解系统图和平面图的识读方法与施工工艺。其三是弱电部分,主要内容有:火灾报警与消防联动系统,通信、安防及综合布线系统。以系统分析为主,通过部分电气工程实例讲解系统图和平面图的识读方法。

本书适用于电气类、建筑类本、专科及高职等相关专业

的教学用书,也可作为职业培训教材及安装工程技术管理人员的参考用书。

本书由重庆大学赵宏家任主编,侯志伟、魏明及倪秋鸿(中建第三工程局高工)任副主编。其中,第1章及附录由赵宏家、施毛第编写,第2章由倪秋鸿、唐琰年编写,第3章由赵宏家、魏明、张宝平编写,第4章由倪秋鸿编写,第5章由刘军生、徐静、赵宏家编写,第6章由侯志伟、徐静编写,第7章由侯志伟、倪秋鸿编写。赵宏家负责组织编写及全书整体统稿工作。

本书在编写过程中,编者查阅参考了大量公开或内部发行的技术书刊和资料,借用了其中大量的图表及内容,在此向原作者致以衷心的感谢。也特别感谢中国建筑设计研究院教授级高工孙成群老师授权本书编者使用其主编的《建筑工程设计编制深度实例范本·建筑电气》著作中的部分工程图。在编写过程中得到重庆大学教材建设基金资助,以及重庆大学电气工程学院、继续教育学院等相关院系领导及同志们的大力支持,特别是本系列教材编委会组织了相关专家通审全文,并提出了极好的意见,在此向他们表示真诚的感谢。

建筑电气工程各领域发展迅速,学科综合性越来越强,虽然编者在编写时力求做到内容全面、通俗易懂,但限于自身专业水平,书中难免存在缺漏和不当之处,敬请各位同行、专家和广大读者批评指正。

编 者
2006.3

目录

1 建筑电气工程识图基本知识	1
1.1 交流电的基本知识	1
1.2 建筑电气工程识图基本知识	21
1.3 低压配电系统的接地及安全	35
复习思考题 1	42
2 室内配线工程	44
2.1 室内配线工程概述	44
2.2 建筑电气工程安装常用材料	46
2.3 配管配线	57
2.4 线槽配线	64
2.5 封闭(插接)式母线槽配线	68
2.6 钢索配线	71
2.7 电气竖井内配线	73
复习思考题 2	84
3 照明与动力工程	85
3.1 照明与动力平面图的文字标注	85
3.2 某办公科研楼照明工程图	90
3.3 某住宅照明平面图	102
3.4 动力工程电气平面图	109
复习思考题 3	118
4 变配电工程	120
4.1 变配电工程概述	120
4.2 变配电系统的主接线	124
4.3 变配电工程图读图练习	133
复习思考题 4	165

5 建筑防雷接地工程	166
5.1 建筑物防雷	166
5.2 防雷与接地装置安装	173
5.3 建筑防雷接地工程图阅读	186
复习思考题 5	192
6 火灾报警与消防联动	193
6.1 火灾自动报警分级与探测器种类	193
6.2 火灾探测器的选择与布置	195
6.3 火灾报警与消防联动工程实例	206
复习思考题 6	219
7 通信、安防及综合布线系统	220
7.1 电话通信系统	220
7.2 共用天线电视系统	223
7.3 广播音响系统	230
7.4 安全防范系统	235
7.5 有线电视与广播音响系统工程实例	242
7.6 综合布线系统	249
7.7 建筑弱电工程读图练习	257
复习思考题 7	272
附 录	273
附录表 1 GB/T 4728《电气简图用图形符号》摘录(一)	273
附录表 2 项目种类的字母代码表与常用基本文字符号	281
附录表 3 导线允许载流量表	289
参考文献	291

1 建筑电气工程识图基本知识

建筑电气工程的主要功能是输送和分配电能、应用电能和传递信息,为人们提供舒适、便利、安全的建筑环境。电能的应用主要是交流电(工频强电),信息传递主要是高频弱电或直流电。本章主要介绍交流电的基本知识、建筑电气工程图的特点和低压配电系统的接地及安全。

1.1 交流电的基本知识

由于三相交流电在生产、输送和应用等方面有很多优点,因此交流电力系统都是采用三相三线制供电,三相四线制配电或三相五线制(增加一条接地保护线)配电。所谓三相四线制就是3条相线(火线)1条零线的供电体制。3条相线具有频率相同、幅值相等、相位互差 120° 的正弦交流电压,称为三相对称电压。而单相交流电就是三相交流电路中的一相,因此三相交流电路可视为3个特殊的单相电路组合。

• 1.1.1 单相交流电 •

1) 交流电的概念

大小和方向随时间做周期性变化的电压或电流统称为交流电。以交流电的形式产生电能或供给电能的设备称为交流电源,用交流电源供电的电路称为交流电路。

交流发电机发出的交流电一般都按正弦规律变化。如果将一个负载(电热器 R)接到这种电源上,通过负载的电流 i 也将按正弦规律变化。以横坐标表示时间 t ,以纵坐标表示流过负载的电流 i 的大小和方向,那么这个正弦交变电流随时间变化的规律,就可以形象地用一条正弦曲线表示出来,如图1.1所示。

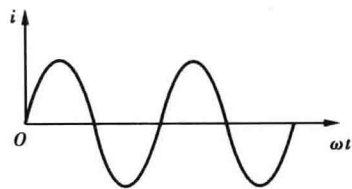


图 1.1 正弦交变电流

与图1.1所对应的正弦交变电流 i ,可以用如下的数学式表达:

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1.1)$$

交流电和直流电是有明显区别的。交流电的大小和方向总是随时间变化的,交流电源并无正负极之分,交变电流一会儿从电源上端流出,一会儿从电源上端流入,电路中电流的方向总是不停地变化。而直流电则总是由电源的正极流出,流入电源的负极,电流的方向始终不

变,而且电流的大小也总是保持着稳定的数值。

2) 正弦交流电的特征量

式(1.1)如果用电动势表示,即:

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.2)$$

可以做出正弦交变电动势 e 的波形如图 1.2 所示。可见正弦电动势 e 的特征可由最大值 E_m 、角频率 ω 和初相角 φ 这 3 个参数进行确定。因此称这 3 个参数为正弦量的特征量,亦称为正弦量的三要素。

(1) 周期与频率

周期和频率都是表征交流电变化快慢的。正弦量变化一个循环的时间称为周期,用 T 表示,它的单位是秒(s)。周期越短,表明交流电变化越快。

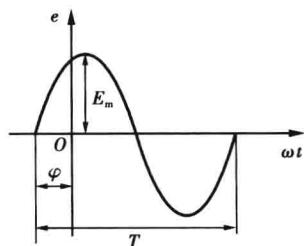


图 1.2 正弦电动势的波形

交流电 1 s 变化的次数(或周期数)称为交流电的频率,用 f 表示,单位是赫[兹](Hz)。我国发电厂发出的交流电的频率均为 50 Hz,这一频率为我国工业用电的标准频率,简称工频。由定义可知,频率与周期互为倒数,即:

$$f = 1/T \quad \text{或} \quad T = 1/f \quad (1.3)$$

交流电变化的快慢除了用周期和频率表示外,还可以用角频率 ω 表示,它在数值上等于正弦交流电每秒所经历的电角度(弧度数)。因为正弦交流电每一周期 T 时间内经历了 2π 弧度的电角度(见图 1.2),所以角频率为:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T \quad (1.4)$$

(2) 相位和初相位

式(1.2)中的 $(\omega t + \varphi)$ 反映了正弦量变化的进程,称为相位角,简称相位。 φ 是当 $t=0$ 时的相位角,即:

$$\varphi = (\omega t + \varphi) |_{t=0}$$

故称 φ 为初相角或初相位,简称初相,它的单位是弧度(rad)或度($^\circ$)。初相位的绝对值一般规定用小于或等于 180° (π) 的角表示,即 $|\varphi| \leq 180^\circ$ 。

(3) 同频率正弦量的相位差

为了比较同频率的正弦量的相位关系,引入相位差的概念。顾名思义,相位差就是两个同频率正弦量的相位之差,用 Ψ 表示。

例如:有两个同频率的正弦电流

$$i_1 = I_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

由上述定义,得两电流的相位差为:

$$\Psi = (\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (1.5)$$

上式表明,两个同频率正弦量的相位差就等于它们的初相位之差。

当两个同频率的正弦量的相位差 $\Psi=0$ 时,即 $\varphi_1 = \varphi_2$ 时,如图 1.3(a) 所示, i_1 与 i_2 同时达到零值(或最大值),称它们同相;当 $\Psi>0$ 时,即 $\varphi_1 > \varphi_2$,如图 1.3(b) 所示, i_1 先于 i_2 达到零值(或最大值),称 i_1 超前 i_2 一个 Ψ 角,也可以称 i_2 滞后 i_1 一个 Ψ 角;当 $\Psi = \pm \pi$ 时,如图 1.3(c)

所示, i_1 若达到正的最大值, i_2 与此同时达到负的最大值, 就称这两个正弦量反相。

必须注意, 超前、滞后是相对的。例如在 1.3(b) 中, i_1 超前 i_2 一个 Ψ 角, 也可以说 i_1 滞后 i_2 一个 $(2\pi - \Psi)$ 角。为了避免混乱, 规定 $|\Psi| \leq \pi$ 。

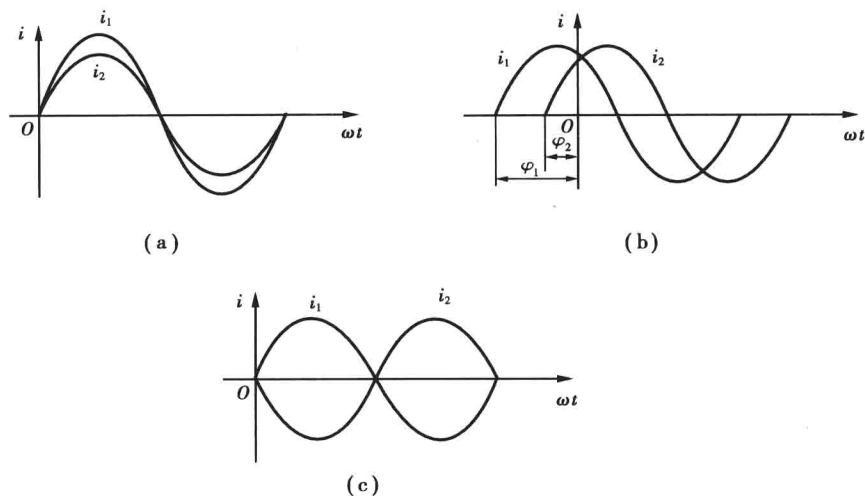


图 1.3 正弦量的相位差

3) 正弦交流电的有效值

由于正弦量随时间瞬息变化, 不使用它来计量交流电的大小, 因而工程中常用有效值表示正弦量的大小。

何为交流电的有效值呢? 在物理学里已经知道, 若把一交变电流 i 和一直流电流 I 分别通过两个等值的电阻 R , 如果在相同的时间内它们产生的热量相等, 则此直流电流值就叫做该交流电流的有效值。因此, 交变电流的有效值实际上就是在热效应方面同它相当的直流电流值。按照规定, 有效值都用大写字母表示, 和表示直流的字母一样, 例如 I , U 及 E 分别表示交流电流、交流电压及交流电动势的有效值。

对于给定的交流电来说, 其有效值为一常数, 且交流电的最大值越大, 其有效值也越大。由实验与计算的结果证明, 正弦交流电流的有效值与其最大值之间存在一个简单的关系, 即:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m = 0.707 I_m \quad (1.6)$$

同理, 正弦交流电压的有效值为
$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m = 0.707 U_m \quad (1.7)$$

这说明, 正弦交流电的有效值等于其最大值的 $1/\sqrt{2}$ 倍或 0.707 倍。

工程计算与实际应用中所说的交流电压和电流的大小, 都是指它的有效值。电机、电器等的额定电压、额定电流都是用有效值来表示的。例如, 说一个灯泡的额定电压是 220 V, 某台电动机的额定电流是 10 A, 都是指其有效值, 一般的电流表和电压表的刻度(读数)也是根据有效值来定的。

4) 相量的概念与正弦量的相量表示法

正弦量可以用三角函数表示, 也可以用波形图表示。但是, 利用三角函数表达式进行正弦

量计算是非常繁琐的。我们知道,由两个实数决定的物理量可以用向量或复数表示,如力、速度等,因此正弦量也可以用向量或复数表示而进行计算。

与三角函数表达式和波形图一样,利用复平面上的旋转向量可以完整地体现正弦量的 3 个特征量。例如有一个正弦量:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

今在复平面上作它的旋转向量。令向量的长度等于正弦电流的幅值 I_m ; $t=0$ 时,向量与横轴正向之间的夹角等于正弦电流的初相角;向量以 ω 的速度按逆时针方向旋转,便得到如图 1.4 所示的旋转向量。从图中不难看出,旋转向量任意瞬时在虚轴上的投影正是此时正弦量的瞬时值。可见,用旋转向量可以完整地表达一个正弦量。

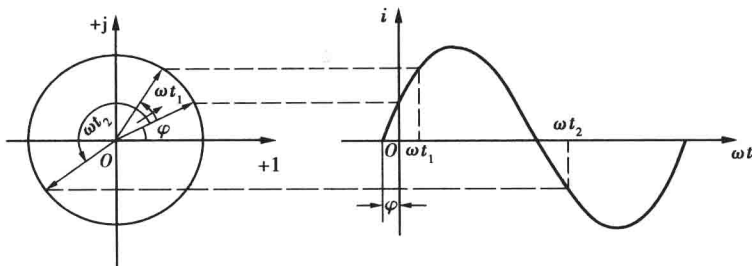


图 1.4 旋转向量与正弦量的关系

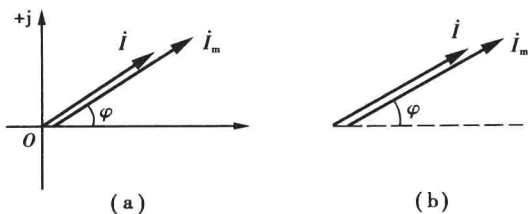


图 1.5 正弦量的相量图

前面已经提及,我们主要关心正弦量的幅值(或有效值)和初相两个特征量。因此向量可不必旋转,只需在复平面上画出表示 $t=0$ 时正弦量的幅值(或有效值)和初相的向量,如图 1.5(a)所示。为使图面清晰,复平面的实轴与虚轴亦可省去,如图 1.5(b)所示。为了表示与空间向量(如力、速度等)有别,把正弦量在复平面上的向量图称为相量图,把表示随时间按正弦规律变化的正弦量向量称为相量,把用相量表示正弦量的幅值(或有效值)和初相的方法叫正弦量的相量表示法。并且对正弦电压、电流的幅值相量用 $\dot{U}_m, \dot{I}_m$ 表示,有效值相量用 $\dot{U}, \dot{I}$ 表示。例如:

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

其幅值相量的复数表达式为:

$$\dot{U}_m = U_m \angle \varphi_u = U_m (\cos \varphi_u + j \sin \varphi_u) \quad (1.8)$$

有效值相量的复数表达式为:

$$\dot{U} = U \angle \varphi_u = U (\cos \varphi_u + j \sin \varphi_u) \quad (1.9)$$

综上所述,正弦量的相量表示法有 2 种形式:相量图和相量式(复数式)。

• 1.1.2 单一参数的交流电路 •

由于交流电路中的电压、电流的大小和方向随时间做周期性的变化,因而交流电路的分析

计算比直流电路复杂。例如,在直流电路中,由于直流电的大小和方向不随时间而变化,对电感线圈不会产生自感电动势而影响其中的电流的大小,故相当于短接;对于电容,在电路稳定后则相当于把直流电路断开(即隔直)。在交流电路中,电感和电容对交流电流起着不可忽略的阻碍作用。因此,首先分析电阻、电感、电容3个单一参数对交流电路的影响,再分析多参数的电路就容易多了。

1) 纯电阻电路

白炽灯、碘钨灯、电阻炉等负载,它们的电感与电阻相比是极小的,可忽略不计。因此这类负载所组成的交流电路,实际上就可以认为是纯电阻电路,如图1.6(a)所示。图中箭头所指电压、电流的方向为参考方向。

(1) 电压与电流的关系

设加在电阻 R 两端的电压为:

$$u = U_m \sin \omega t \quad (1.10)$$

根据欧姆定律,通过电阻的电流瞬时值为:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t \quad (1.11)$$

由此可见

$$\dot{I}_m = \frac{\dot{U}_m}{R} \quad \text{或} \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{R} \quad (1.12)$$

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$$

比较式(1.10)和式(1.11)可知,在正弦电压的作用下,电阻中通过的电流也按正弦规律变化,且电流与电压同相位。它们的相量图和波形图见图1.6(b)和(c)。

若用相量表示上述关系更为简捷,即:

$$\dot{I}_m = \frac{\dot{U}_m}{R} \quad \text{或} \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{R} \quad (1.13)$$

上式称为电阻元件伏安关系的相量形式,它同时给出了电压与电流的数量关系和相位关系。

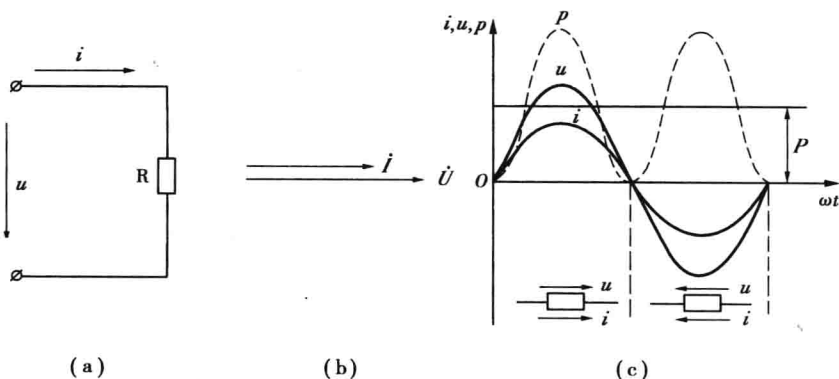


图 1.6 纯电阻电路及其相量图和波形图

(2) 电阻上的功率

① 瞬时功率:

在电阻上任意瞬间所消耗的功率称为瞬时功率,它等于此时电压瞬时值和电流瞬时值的乘积,即:

$$\begin{aligned} p_R &= ui = U_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t \\ &= \frac{U_m I_m}{2} (1 - \cos 2\omega t) = UI (1 - \cos 2\omega t) \\ &= UI + UI \sin(2\omega t - \frac{\pi}{2}) \end{aligned} \quad (1.14)$$

上式表明,电阻的瞬时功率由 2 部分组成:恒定部分 UI 和时间 t 的正弦函数部分。由于正弦值不大于 1,所以 p_R 永远不为负值。这说明电阻在任一时刻总是消耗电能的。这一点从图 1.6(b) 中虚线所示功率的波形上也可以看出,其任一瞬时的波形总是正值。瞬时功率的波形可由式(1.14)画出:先画一条与横轴平行且距离为 UI 的直线,然后以这条直线为新的横坐标轴,画出正弦波形。它的振幅为 UI ,角频率为 2ω ,初相为 $-\frac{\pi}{2}$ 。

② 平均功率(也称有功功率):

瞬时功率的实用价值不大,在工程计算和测量中常用平均功率。顾名思义,平均功率即在一个周期内瞬时功率的平均值,用 P_R 表示。

$$P_R = \frac{1}{T} \int_0^T p_R dt = \frac{1}{T} \int_0^T UI (1 - \cos 2\omega t) dt = UI \quad (1.15)$$

由于 $U = IR$,所以电阻上的平均功率还可以表示为:

$$P_R = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.16)$$

由此得出结论:纯电阻电路消耗的有功功率等于其电压和电流有效值的乘积。它和直流电路的功率计算公式在形式上完全一样。有功功率的单位为瓦(W)或千瓦(kW)。

2) 纯电感电路

在交流电路中的电感线圈,如果其上的电阻可以忽略,则可把它看做一个纯电感电路。如日光灯镇流器、变压器线圈等,在忽略其电阻时,就是一个纯电感,电路如图 1.7(a) 所示。

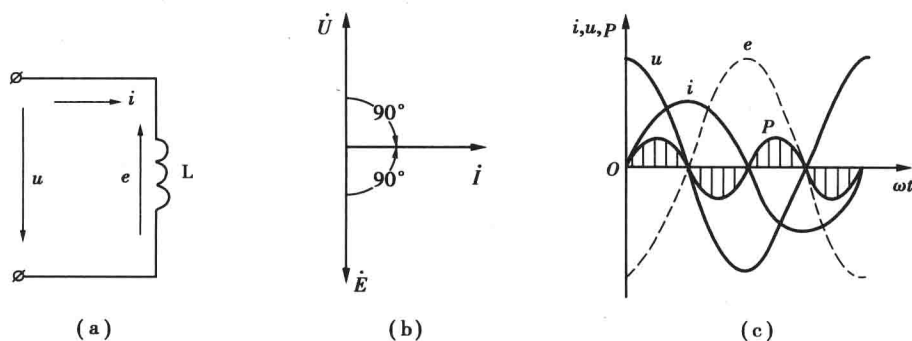


图 1.7 纯电感电路及其相量图和波形图