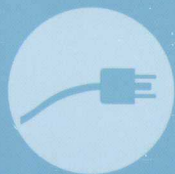


民用建筑 电气技术与设计

(第3版)

胡国文 孙宏国 编著



清华大学出版社

014006706

TU85
09-3

内容简介

本书是根据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》和《普通高等学校本科专业设置与管理办法》的有关规定，参照《电气工程及其自动化专业教学大纲》和《电气工程及其自动化专业人才培养方案》的要求，结合编者多年的教学经验和科研成果编写而成的。本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业及相关专业的教材，也可供从事电气工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

民用建筑 (第3版) 电气技术与设计

胡国文 孙宏国 编著



TU85/09-3



北航

C1690127

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是在 2001 年 7 月第 2 版的基础上,根据作者多年来从事该方面的教学和工程设计及科研工作实践,为了适应形势不断发展的需要,面对该领域的教学和工程实际需要,进一步总结提高和进行较大幅度修改而成。

全书共分 13 章。主要内容有:民用建筑电气技术设计电路基本知识、电子技术基础知识、常用电机电器知识;建筑电气施工图的识读与手工绘制及计算机辅助设计方法;民用建筑供电系统与设计;民用建筑低压配电线路与设计;民用建筑电气照明技术与设计;民用建筑电梯系统与设计;民用建筑给排水系统与设计;民用建筑空调系统与设计;民用建筑通信和 CATV 系统与设计;民用建筑安防监控系统与设计;民用建筑消防系统与设计;民用建筑安全用电与防雷保护和接地接零与设计;民用建筑总体电气设计与概预算。

本书可作为高等院校建筑工程类及建筑电气类和电气工程类相关本科专业的教材或选修教材及配套参考书;同时也可作为大专、高等职业技术教育等院校有关专业的教材或选修教材及参考书,并可作为从事该方面工程设计的专业技术人员的培训教材和实用参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

民用建筑电气技术与设计/胡国文等编著.--3 版.--北京:清华大学出版社,2013
ISBN 978-7-302-32729-5

I. ①民… II. ①胡… III. ①民用建筑—电气设备—建筑设计 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 130813 号

责任编辑:张占奎

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:33.5 字 数:810 千字

版 次:1993 年 3 月第 1 版 2013 年 9 月第 3 版 印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:59.80 元

产品编号:037570-01

前 言

现代民用建筑电气技术是以电能、电子和电气设备及电气技术为主要手段来创造、维持和改善人们居住或工作的生活环境的电、光、声、冷和暖环境的一门跨学科的综合性的技术科学。它主要涉及建筑学、近代物理学、电工学、机械电子学、供配电技术、安全防范技术、通信技术、自动化技术、计算机技术等科学和技术。它是强电和弱电与具体建筑相结合的有机整体。随着科学与技术的不断发展和形势发展的需要,还将产生许多新的变化,将会进一步向多功能的纵深方向和综合应用方向发展。

本书是在 2001 年 7 月第 2 版的基础上,结合作者多年从事该方面的教学和科研工作实践积累的经验,为适应该领域形势不断发展的需要,面对该领域的教学和工程实际需要,并应出版社的约稿要求,进一步总结提高并进行较大幅度修改而成。其目的主要是作为建筑工程类和建筑电气类及电气工程类相关本、专科专业的加深加宽内容和配套的适用教材和参考书;并可为现代民用建筑电气工程设计做一些具体指导和参考。修改编写过程中,本着培养面向新时期高层次应用型人才的要求,本着基础理论为应用服务的思想,在注意本书的系统性、理论性、适用性的基础上,充分注意设计 and 应用能力的提高及创新能力的培养。尽可能正确地处理好基础理论与应用之间的关系,使基础理论更好地为应用服务;注意加强工程设计应用能力的提高;注意最新知识的介绍。让读者通过本书的系统学习,获得应用现代电气技术知识与现代民用建筑电气技术设计中的基本应用能力及创新能力。

全书共分 13 章。主要内容有:民用建筑电气技术设计电路基本知识、电子技术基础知识、常用电机电器知识;建筑电气施工图的识读与手工绘制及计算机辅助设计方法;民用建筑供配电系统与设备;民用建筑低压配电线路与设计;民用建筑电气照明技术与设计;民用建筑电梯系统与设计;民用建筑给排水系统与设计;民用建筑空调系统与设计;民用建筑通信和 CATV 系统与设计;民用建筑安防监控系统与设计;民用建筑自动消防系统与设计;民用建筑安全用电与防雷保护和接地接零与设计;民用建筑总体电气设计与概预算等内容。

本书第 1,2,3 章由盐城工学院孙宏国副教授负责修改编写,其余各章及前言目录和附录等由胡国文教授负责修改编写。全书由胡国文教授负责修改统稿和定稿。本书在编写过程中得到了教育部全国高等学校教学研究中心和清华大学出版社的鼎力支持,同时得到了盐城工学院教材基金资助出版。东南大学建筑设计研究院副总工程师曹子容高工审阅了本书原书稿,提出了许多宝贵修改意见,同时本书在编写过程中还参阅了大量参考书籍(主要参考书目列于书后),作者在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,加之时间短促,书中的缺点和错误在所难免,恳切希望使用本书的广大读者提出批评和指正。

编 者

2013 年 4 月

目 录

第 1 章 民用建筑电气技术电路基本知识	1
1.1 常用电工名词及计量单位和符号	1
1.2 直流电路的计算	5
1.2.1 电阻的计算	5
1.2.2 欧姆定律	7
1.2.3 基尔霍夫定律	8
1.2.4 直流电源的计算	10
1.2.5 直流电路中电功率与电能的计算	11
1.3 电容的计算	12
1.4 电感的计算	13
1.5 正弦交流电路的计算	13
1.6 单相交流电路的计算	16
1.6.1 纯电阻电路	16
1.6.2 纯电感电路	16
1.6.3 纯电容电路	17
1.6.4 RLC 串联电路	17
1.6.5 并联电路	18
1.7 三相交流电路的计算	19
1.7.1 三相电源的联接	19
1.7.2 三相负载的联接	20
1.7.3 三相电路的功率	21
思考题与习题	23
第 2 章 民用建筑电气技术 电机、电器基本知识	28
2.1 电力变压器	28
2.1.1 电力变压器的用途及结构	28
2.1.2 单相变压器的工作原理	29
2.1.3 变压器的损耗和效率	32
2.1.4 三相变压器的结构及绕组联接方式	33
2.1.5 变压器的额定值	36
2.2 特殊用途的变压器	37
2.2.1 自耦变压器	37
2.2.2 互感器	39
2.3 三相异步电动机	41

2.3.1	三相异步电动机的结构	41
2.3.2	三相异步电动机的工作原理	43
2.3.3	三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	48
2.3.4	三相异步电动机的正确使用——起动、调速、制动	55
2.4	民用建筑常用低压电器及其选择	61
2.4.1	常用低压电器	61
2.4.2	常用低压电器的选择	73
2.5	常用继电接触典型控制	78
2.5.1	点动控制	78
2.5.2	自锁、失压、短路和过载保护控制	79
2.5.3	三相交流电动机的正反转控制	80
2.5.4	限位控制	81
2.5.5	时间控制	82
2.5.6	异步电动机的制动控制	82
	思考题与习题	83
第3章	民用建筑常用电子技术基本知识	88
3.1	常用晶体二极管及其应用	88
3.1.1	晶体二极管	88
3.1.2	特殊二极管	91
3.2	稳压管及其简单直流稳压电路	93
3.2.1	稳压二极管的特性	93
3.2.2	稳压管的主要参数	94
3.2.3	稳压二极管的应用	94
3.3	晶体三极管及其放大电路	95
3.3.1	晶体三极管简介	95
3.3.2	晶体三极管的主要参数	96
3.3.3	晶体管放大电路	97
3.4	直流放大电路与集成运算放大电路	103
3.4.1	直接耦合放大电路的零点漂移现象	103
3.4.2	差动放大电路	103
3.4.3	集成运算放大器简介	105
3.4.4	信号的运算与处理电路	107
3.5	晶闸管及其整流电路	112
3.5.1	晶闸管的构造和工作原理	112
3.5.2	可控整流主电路	114
3.5.3	晶闸管电路的应用实例	116
3.6	数字电路基础	117
3.6.1	基本逻辑门电路	117
3.6.2	触发器	122

3.6.3 A/D、D/A 转换器	123
思考题与习题	125
第4章 民用建筑电气工程施工图的识读与绘制	130
4.1 民用建筑电气施工图概述	130
4.1.1 建筑电气施工图基本知识	130
4.1.2 民用建筑电气施工图的内容	131
4.2 民用建筑电气施工图的阅图方法及步骤	132
4.2.1 民用建筑电气施工图的特点与图形符号和文字符号	132
4.2.2 阅读民用建筑电气施工图的一般步骤	133
4.2.3 照明平面图的阅读	137
4.2.4 电气动力平面图的阅读	138
4.2.5 照明配电系统图与其他系统图的阅读	139
4.3 民用建筑电气施工图的手工绘制方法	139
4.3.1 民用建筑电气工程图的基本要求	140
4.3.2 手工绘图方法简介及步骤	140
4.4 民用建筑电气施工图的计算机辅助设计方法	141
思考题与习题	157
第5章 民用建筑供配电系统与设计	158
5.1 民用建筑供配电系统与设计概述	158
5.1.1 现代电力系统的基本概念	158
5.1.2 民用建筑供配电系统设计	161
5.2 民用建筑供配电负荷的分级和计算	163
5.2.1 民用建筑供配电负荷的分级和供电的要求	163
5.2.2 民用建筑供配电负荷的计算	167
5.3 民用建筑供配电系统设计	172
5.3.1 民用建筑供配电系统的运行方式	172
5.3.2 民用建筑供配电系统的供电电压选择	173
5.3.3 民用建筑供配电系统设计	174
5.3.4 民用建筑供配电设备选择	176
5.4 高层民用建筑供配电系统与设计	179
5.4.1 高层民用建筑供配电系统设计的基本原则	179
5.4.2 常用的几种高压供电方案	180
5.4.3 高层民用建筑变、配电所位置选择和负荷计算	181
5.4.4 高层民用建筑低压配电系统设计	184
5.5 自备电源和应急照明系统与设计	187
5.5.1 自备电源系统与设计	187
5.5.2 应急照明系统与设计	193
思考题与习题	201

第6章 民用建筑低压配电线路与设计	203
6.1 民用建筑常用电线、电缆的型号和截面选择.....	203
6.1.1 民用建筑常用电线、电缆的型号选择	203
6.1.2 导线截面的选择.....	206
6.2 民用建筑低压配电系统的配电方式	212
6.2.1 低压配电系统制式.....	212
6.2.2 低压配电系统配电方式.....	216
6.3 低压架空配电线路设计	218
6.3.1 低压架空线路的设计要求.....	218
6.3.2 架空导线的力学计算与排列和间隔.....	220
6.3.3 绝缘子与横担选择.....	221
6.4 电缆配电线路设计	222
6.4.1 电缆配电线路的设计.....	222
6.4.2 电缆配电线路的敷设.....	223
6.5 室内低压配电线路设计	230
6.6 民用建筑常用低压配电箱的选择、布置和安装.....	233
思考题与习题.....	235
第7章 民用建筑电气照明技术与设计	237
7.1 民用建筑电气照明技术概要	237
7.1.1 照明技术的基本概念.....	237
7.1.2 电气照明设计主要内容及设计程序.....	240
7.1.3 电气照明施工图的设计.....	241
7.2 常用照明电光源和灯具的选择与布置	241
7.2.1 常用照明电光源.....	241
7.2.2 常用照明电光源的选择.....	246
7.2.3 灯具的特性和选择.....	248
7.2.4 灯具的布置和安装.....	251
7.3 照度计算方法和步骤	254
7.3.1 逐点照度计算法及步骤.....	254
7.3.2 光通利用系数法.....	255
7.3.3 单位容量法.....	260
7.4 民用建筑照明供电与负荷计算	262
7.4.1 民用建筑照明供电要求.....	262
7.4.2 照明供电线路的供电方式及控制方式.....	263
7.4.3 照明供电线路的负荷计算.....	268
7.5 民用建筑电气照明设计	274
7.5.1 电气照明设计内容与设计程序.....	274
7.5.2 民用建筑电气照明设计举例.....	277
7.5.3 智能建筑的电气照明设计.....	282

思考题与习题	284
第 8 章 民用建筑电梯、空调、供水系统与设计	286
8.1 民用建筑电梯系统与电气控制	286
8.1.1 电梯的分类与构造	286
8.1.2 电梯的基本结构	286
8.1.3 电梯的电力拖动系统	288
8.1.4 电梯的电气控制系统	291
8.2 民用建筑电梯系统的设计	295
8.2.1 民用建筑电梯的选用	295
8.2.2 民用建筑电梯系统的电气设计	297
8.3 民用建筑空调系统与电气控制	300
8.3.1 集中式空调系统的组成及工作原理	300
8.3.2 分散式空调系统	303
8.3.3 半集中式空调系统	304
8.3.4 空调系统的电气自动控制	307
8.4 民用建筑空调系统的设计	309
8.4.1 民用建筑空调系统的设计程序	309
8.4.2 民用建筑空调系统的设计	312
8.5 民用建筑供水系统与电气控制	314
8.5.1 水位控制式生活给水系统及电气控制	314
8.5.2 变频调速无塔恒压供水系统及电气控制	318
8.5.3 压力控制型无塔供水系统及电气控制	321
8.6 民用建筑供水系统的设计	323
8.6.1 供水系统的电气设计	323
8.6.2 民用建筑供水系统的设计举例	324
思考题与习题	326
第 9 章 民用建筑通信和 CATV 系统及设计	327
9.1 概述	327
9.2 民用建筑有线通信系统与设计	328
9.2.1 电话通信系统与设计	328
9.2.2 传真通信系统	335
9.2.3 计算机网络通信系统	336
9.3 民用建筑有线广播系统与设计	339
9.3.1 有线广播系统简介	339
9.3.2 语言扩声系统的组成	339
9.3.3 语言扩声系统的设计	340
9.4 民用建筑公用天线(CATV)系统与设计	341
9.4.1 公用天线系统(CATV)简介	341
9.4.2 CATV 系统的设计	343

9.4.3	卫星电视接收系统	348
9.5	民用建筑闭路电视系统(CCTV)与设计	349
9.5.1	民用建筑闭路电视系统(CCTV)简介	349
9.5.2	闭路电视系统的设计	351
	思考题与习题	353
第10章	民用建筑安全防范与监控系统及设计	355
10.1	概述	355
10.2	安全防范与监控系统探测器	356
10.2.1	传感器	356
10.2.2	入侵探测器	357
10.2.3	民用建筑常用入侵探测器	363
10.3	民用建筑常用安全防范与监控系统	364
10.3.1	传感器式安全防范与监控系统	364
10.3.2	视频移动探测报警式安全防范与监控系统	370
10.3.3	闭路电视监控型安全防范与监控系统	370
10.3.4	访客对讲保安系统	375
10.3.5	出入口门禁保安系统	376
10.3.6	电子巡更系统	383
10.3.7	周界防越报警系统	384
10.4	民用建筑安全防范与监控系统设计	387
10.4.1	系统设计要求	387
10.4.2	防盗报警系统设计	388
10.4.3	访客对讲系统设计	390
10.4.4	闭路电视监控系统设计	391
10.4.5	出入口控制系统设计	391
10.4.6	停车场管理系统设计	392
10.5	民用建筑智能安防与监控系统及设计	393
10.5.1	智能安防与监控系统的特点	393
10.5.2	智能安防监控系统的结构设计 with 系统集成	394
	思考题与习题	401
第11章	民用建筑自动消防系统及设计	403
11.1	概述	403
11.1.1	火灾的起因、特点及危害性	403
11.1.2	民用建筑消防分类	405
11.2	火灾自动报警系统及设计	406
11.2.1	火灾探测器	406
11.2.2	火灾自动报警系统	414
11.2.3	多线制系统和总线制系统及设计	415
11.3	防排烟系统与消防自动给水系统及设计	416

11.4	自动喷水灭火系统及设计	420
11.5	气体自动灭火系统及设计	424
11.6	火灾自动报警及联动系统设计举例	426
	思考题与习题	430
第 12 章	民用建筑安全用电与防雷保护和接地、接零及设计	431
12.1	民用建筑的安全用电	431
12.1.1	触电事故与安全用电	431
12.1.2	触电急救	433
12.1.3	防止触电的主要措施	433
12.2	电气、电子设备的接地和接零	434
12.2.1	接地电流和跨步电压	434
12.2.2	安全接地类型和作用	435
12.2.3	电子设备的接地	438
12.3	民用建筑的防雷保护与接地	439
12.3.1	雷电的形成及对建筑物的危害	439
12.3.2	建筑物的防雷等级和防雷措施	441
12.3.3	建筑物的防雷装置	442
12.4	民用建筑的接地、接零与设计	447
12.4.1	各种接地类型的相互关系和共同接地	447
12.4.2	接零系统设计	448
	思考题与习题	453
第 13 章	民用建筑总体电气设计与概预算	455
13.1	民用建筑电气工程设计概述	455
13.1.1	民用建筑电气设计范围和设计内容	455
13.1.2	民用建筑电气设计与土建等专业设计的关系	456
13.2	民用建筑电气设计原则与设计依据	457
13.3	民用建筑电气设计阶段与设计步骤	459
13.3.1	民用建筑电气设计阶段和设计深度	459
13.3.2	民用建筑电气设计的具体步骤	460
13.4	民用建筑电气设计图纸说明与设计举例	462
13.4.1	民用建筑电气设计图纸说明	462
13.4.2	民用建筑电气设计举例	467
13.5	民用建筑电气自动化和智能化系统及设计	477
13.5.1	民用建筑电气设备自动化系统及设计	478
13.5.2	民用建筑办公自动化系统(OAS)及设计	482
13.5.3	民用建筑通信自动化系统(CAS)及设计	486
13.5.4	民用建筑电气信息系统结构化综合布线系统(SCS)及设计	491
13.6	民用建筑电气工程的概算和预算	494
13.6.1	概预算基本知识	494

13.6.2	民用建筑电气工程的概算	496
13.6.3	民用建筑电气工程的施工图预算	498
	思考题与习题	501
附录 I	常用电力变压器、电动机及交流接触器主要技术数据	503
附录 II	常用照明电光源技术参数	506
附录 III	常用绝缘导线允许载流量表	508
附录 IV	常用自动开关技术数据	510
附录 V	建筑电气平面图部分常用图形符号及文字符号	512
	参考文献	521

第1章 民用建筑电气技术电路基本知识

本章主要介绍民用建筑电气技术和工程设计中有关电路方面的基本知识。主要介绍电工常用名词、直流电路、单相和三相正弦交流电路计算等内容,为民用建筑的电气设计准备必要的基本知识。

1.1 常用电工名词及计量单位和符号

电子——带有负电荷的基本粒子。电子的电量等于 $-1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ (库[仑])。

电荷——电荷分为正电荷和负电荷。电子是电荷的最小单位,物体得到或失去电子,称该物体带电;得到电子的物体带负电,失去电子的物体带正电。电荷与电荷之间存在着相互的作用力:同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。

电流——带电粒子有规则的运动称为电流。习惯上规定,正电荷定向移动的方向为电流的方向。在金属导体中,电流的方向与自由电子移动的方向正好相反。

电流强度——描述电流强弱的物理量。设在某时间 t 内通过某导体横截面的电量为 q ,则在该导体内的电流强度 $I=q/t$ 。如果在1s内通过该横截面的电量为1C,则该导体内的电流强度 $I=1\text{C}/1\text{s}=1\text{A}$ (安[培])。

电流密度——在单位横截面上通过的电流大小,称为电流密度,其单位是 A/mm^2 (安/毫米²)。

电位——在电场力的作用下,把单位正电荷从 a 点移动到规定的参考点所做的功,称为参考点的电位。在理论研究中,常取无限远点作为电位的参考点;但在实际应用中,常取大地作为电位的参考点。电位的单位为V(伏[特])。

电压——在电场力的作用下,把单位正电荷由 a 点移到 b 点所做的功,称为 a 点到 b 点的电压,亦称 a 、 b 两点间的电位差。电压的单位为V。

电动势——在电源内部,电动力把正电荷从负极移送到正极所做的功 W 与被移送的电量 q 的比值,称为该电源的电动势,即 $\epsilon=\frac{W}{q}$ 。电动势的单位与电位、电压的单位相同,也是V。

导体——带电粒子能在其内自由移动的物体称为导体。各种金属、各种酸、碱、盐的水溶液以及人体等均属于导体。导体的电阻率一般小于 $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 。

绝缘体——带电粒子不能在其内部自由移动的物体称为绝缘体,亦称为电介质。如橡胶、塑料、云母、陶瓷、干木材和空气等均是绝缘体。绝缘体的电阻率一般大于 $10^5 \Omega \cdot \text{m}$ 。

半导体——导电性能介于导体与绝缘体之间的物体称为半导体。如锗、硅、硒等属于半导体。半导体的电阻率一般在 $10^{-6} \sim 10^5 \Omega \cdot \text{m}$ 之间。

电导——描述导体传导电流本领的物理量称为电导,其符号表示为 G ,单位为S(西[门子]),简称西)。

电导率——表示物质导电性能的参数称为电导率,又叫电导系数,其单位为 S/m (西/米)。

电阻——导体一方面能让电荷在其中通过,另一方面又对通过它的电荷产生阻碍作用,这种阻碍作用称为导体的电阻。电阻值的大小与导体的长度 L 成正比,与导体的横截面积 S 成反比,还与导体的材料性质有关。计算电阻的公式为

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

式中: R ——电阻, Ω ;

ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

L ——导体的长度, m;

S ——导体的横截面积, mm^2 ;

电阻率又称电阻系数,是表示物质导电性能的参数。不同材料的电阻率也不同。材料的电阻率越大,导电性能就越差。

电感——是自感与互感的统称。

自感——由于通过闭合回路(或线圈)内的电流变化,引起穿过该回路(或线圈)所包围面积的磁通量也跟着变化而产生感应电动势的现象,称为自感现象,其所产生的感应电动势,称为自感电动势。

由引起自感现象的磁通量与产生此磁通量的电流之比值,称为该回路(或线圈)的自感系数,简称自感,以字母 L 表示,单位为 H(亨利),自感系数 L 的数值是由回路(或线圈)本身的特性决定的,与回路(或线圈)的形状、大小,以及周围介质的磁导率有关。一个确定回路(或线圈)的自感系数是一定的。

互感——两个线圈相互接近,当其中一个线圈中的电流发生变化时,引起穿过另一个线圈所包围面积的磁通量也跟着变化而产生感应电动势的现象,叫做互感现象,其所感应的电动势叫做互感电动势。

引起互感现象的磁通量与产生此磁通量的电流之比值叫做该线圈的互感系数,简称互感。理论和实践都证明,这两个线圈的互感系数在数值上是相等的,并以字母 M 表示、单位为 H。互感系数的数值只与线圈的形状、大小、两个线圈的相对位置,以及周围介质的磁导率有关。

感抗——当交流电通过电感电路时,电感有阻碍交流电流通过的作用,这种作用称为感抗,其数值由下式求得

$$X_L = 2\pi fL \quad (1-2)$$

式中: X_L ——自感抗, Ω ;

f ——交流电的频率, Hz(赫[兹])。

L ——自感, H。

电容——两个彼此绝缘而又互相靠近的导体,具有储存电荷的能力,这个能力称为电容,以字母 C 表示。电容的数值等于一侧导体所储存的电荷量 Q 与该两导体间的电位差 U 的比值,即

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-3)$$

容抗——当交流电流通过电容电路时,电容具有阻碍电流通过的作用,这种作用称为容抗,其数值由下式求得

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (1-4)$$

式中: X_C ——容抗, Ω ;

f ——交流电的频率, Hz;

C ——电容, F(法[拉])。

阻抗——当交流电流通过同时具有电阻、电感、电容的电路时,它们共同产生阻碍电流通过的作用,这种作用称为阻抗,其数值由下式求得

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \quad (1-5)$$

式中: Z ——阻抗, Ω ;

L ——自感, H。

直流电——大小和方向都不随时间改变的电流,称为恒定电流,也就是通常所说的直流,即直流电。

正弦交流电——大小和方向都随时间作周期性变化的电流,称为交流电,电流(电压、电动势)随时间作正弦规律变化的交流电,称为正弦交流电。

正弦交流电的三要素——正弦交流电由频率(或周期)、幅值(或有效值)和初相位来确定。频率、幅值和初相位称为确定正弦交流电的三要素。

正弦交流电的频率——正弦交流电在每秒钟内交变的次数称为频率,用字母 f 表示,单位为 Hz(赫[兹])。在我国和大多数国家都采用 50Hz 作为电力标准频率,所以 50Hz 也称为工频。

正弦交流电的周期——正弦交流电变化一次所需的时间称为周期,用字母 T 表示,单位为 s(秒)。

频率与周期为倒数关系,即

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-6)$$

角频率——描述正弦交流电变化快慢的还可用角频率来表示,因为一个周期内经历了 2π 弧度,所以角频率为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (1-7)$$

式中: ω ——正弦交流电的角频率,它的单位是 rad/s(弧度每秒)。

幅值——正弦交流电在一个周期内瞬时值中最大的值称为幅值或最大值,用带下标“m”的大写字母来表示,如 I_m 、 U_m 及 E_m 分别表示电流、电压及电动势的幅值。正弦交流电在一个周期内任一瞬间的值称为瞬时值,用小写字母来表示,如 i 、 u 及 e 分别表示电流、电压及电动势的瞬时值。

有效值——有效值是根据电流的热效应来规定的。假定一个正弦交流电流 i 通过电阻 R 在一个周期内产生的热量,和另一个直流电流 I 通过同样大小的电阻 R 在相等的时间内产生的热量相等,则表明这两天电流的热效应量是相等的,因此把这个直流电 I 在数值上定为交流电 i 的有效值。

根据以上所述,可得

$$\int_0^T Ri^2 dt = RI^2 T \quad (1-8)$$

由此可得出正弦交流电的有效值

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (1-9)$$

当正弦电流用三角函数式 $i = I_m \sin \omega t$ 表示时,则有

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (1-10)$$

因为正弦电流 i 是由作用在电阻 R 两端的正弦电压 u 产生的,所以同样可推得正弦电压的有效值

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} \quad (1-11)$$

正弦电压的表达式为 $u = U_m \sin \omega t$,则

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (1-12)$$

有效值都用大写字母表示,和表示直流的字母一样。

一般所讲的正弦电压或电流的大小,都是指它的有效值。一般交流电流表和电压表的刻度也是根据有效值来定的。

初相位——正弦交流电计时起点($t=0$)时的相位角,用 ψ 表示。正弦交流电是随时间而变化的,要确定一个正弦交流电,除了频率、幅值以外,还须确定初相位。正弦交流电流可表示为

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1-13)$$

上式中, $t=0$ 时的初相位 $\psi=0$; 正弦交流电流也可表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi) \quad (1-14)$$

上式中, $t=0$ 时的初相位为 ψ 。初相位为零,正弦交流电流的初始值($t=0$ 时的值)为零。初相位为 ψ ,正弦交流电的初始值 $i_0 = I_m \sin \psi$,不等于零。

正弦交流电表达式中的角度 ωt 和 $(\omega t + \psi)$ 称为正弦交流电的相位角或相位。

有功功率——交流电路的平均功率,也叫有功功率,以字母 P 表示,表达式为

$$P = UI \cos \varphi \quad (1-15)$$

式中: P ——有功功率,W(瓦[特]);

U ——交流电压的有效值,V;

I ——交流电流的有效值,A;

φ ——交流电压与交流电流之间的相位角差或相位差。相位差是由电路(负载)的参数决定的。只有在纯电阻负载的情况下电压与电流才会同相位,它们的相位差 $\varphi=0$,对于其他负载,其相位差 $\varphi=0^\circ \sim 90^\circ$ 。

无功功率——在具有电感或电容的电路中,电感或电容与电源之间发生能量互换;在半个周期内把电源送来的能量储存起来,而在另半个周期内又把储存的能量送还给电源,这

样周而复始地进行,但上述过程中只有这样能量的互换,并不真正消耗能量。在电工计算中,为了衡量这个交换能量的规模,将它定义为无功功率,其表达式为

$$Q = UI \sin \varphi \quad (1-16)$$

式中: Q ——无功功率, var(乏);

U ——电压的有效值, V;

I ——电流的有效值, A;

φ ——电压与电流的相位差, ($^{\circ}$)。

视在功率——在具有电阻及电抗(感抗与容抗的统称)的电路中,电压与电流有效值的乘积,称为视在功率,其表达式为

$$S = UI \quad (1-17)$$

式中: S ——视在功率, V · A;

U ——电压的有效值, V;

I ——电流的有效值, A。

功率因数——有功功率与视在功率的比值,称为功率因数,其表达式为

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (1-18)$$

式中: $\cos \varphi$ ——功率因数, φ 称为功率因数角,它是电压与电流之间的相位差;

P ——交流电路的有功功率,即平均功率, W;

S ——视在功率, V · A。

由于有功功率是小于或等于视在功率的,所以功率因数 $\cos \varphi$ 的数值为 0~1。

相电压——三相电源线中任一根火线与中性线之间的电压,称为相电压,以字母 U_{ϕ} 表示。

线电压——三相电源线中任意两根火线之间的电压,称为线电压,以字母 U_l 表示。

相电流——三相负载中,每相负载中流过的电流,称为相电流,以字母 I_{ϕ} 表示。

线电流——三相电源线,每相电源线中流过的电流,称为线电流,以字母 I_l 表示。

1.2 直流电路的计算

1.2.1 电阻的计算

1. 导体的电阻

求导体电阻用式(1-1)。导体电阻不是固定不变的,它随着导体温度的不同而有所变化,其关系式为

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-19)$$

式中: α ——电阻的温度系数, $1/^{\circ}\text{C}$;

R_1 、 R_2 ——温度变化前的电阻和温度变化后的电阻, Ω ;

t_1 、 t_2 ——变化前的温度和变化后的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

几种常用导体的电阻率和电阻温度系数见表 1-1。