

建筑电气 与智能化工程入门

杨绍胤 杨 庆 编著

JIANZHU DIANQI YU ZHINENGHUA GONGCHENG RUMEN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

建筑电气 与智能化工程入门

杨绍胤 杨 庆 编著

JIANZHU DIANQI YU ZHINENGHUA GONGCHENG RUMEN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书针对入门读者的需求,介绍了建筑电气和智能化工程的基本知识、技术应用及工程实例,注重反映建筑电气和智能建筑工程领域的新技术、新产品。内容包括基础知识,建筑电气设备,建筑供电系统,电气照明,建筑设备控制,火灾自动报警系统,安全防范系统,电视系统,广播系统,通信系统,通用布线系统,电子信息机房,防雷,接地,智能住宅和居住区,建筑电气和智能建筑工程的设计。

本书既可供智能建筑工程设计、安装、验收的技术人员阅读,也可作为建筑电气及智能化、自动控制或电子信息类专业的教材。

图书在版编目(CIP) 数据

建筑电气与智能化工程入门/杨绍胤,杨庆编著.
北京:中国电力出版社,2011.6
ISBN 978-7-5123-1865-6

I. ①建… II. ①杨… ②杨… III. ①房屋建筑设备:
电气设备-智能控制 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 131554 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 3 月北京第二次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 486 千字 1 插页
印数 3001—6000 册 定价 42.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着我国建设事业的高速发展,各种新型办公建筑、金融建筑、医疗建筑、体育建筑、住宅不断涌现。建筑电气技术和智能建筑工程发展也很快,除了变配电、照明动力设备、电话、电视、电脑、音响等设备外,各种新技术在建筑物中得到应用。智能化技术和自动控制技术在火灾报警、安全防范、设备控制和管理等方面的应用也在不断发展。

建筑电气和智能化工程涉及电子信息、通信、自动控制、音频和视频技术,还需要具备建筑、空调、采暖通风、给排水等专业知识。

目前,很多人对建筑物的电气和智能化系统的规划、设计、施工等工作有很大兴趣,本书可作为建筑电气专业的初学者的入门引导。同时,本书注重建筑电气和智能建筑工程新技术的发展和应用。

本书的主要内容为建筑电气和电子信息技术的基本知识,建筑供配电、火灾自动报警、安全防范、通信、通用布线系统等子系统,以及电气照明、建筑设备控制、电视系统、广播系统、电子信息机房、防雷、接地、智能住宅和居住区等相关知识,还简单介绍了建筑电气和智能建筑工程的设计。

作者在国内外长期从事电气和自动控制、建筑设备、动力工程和计算机应用技术工作,积累了丰富的有关智能建筑工程设计、施工、管理工作的经验。在总结一些工程实例及编写有关书刊经验的基础上,参考国内外最新资料编写了此书,希望能为建筑电气和智能建筑工程的发展作出一些贡献。

本书第3、4章及第12~16章由杨庆编写并提供了大部分工程实例,其余部分由杨绍胤编写。

本书编写过程中得到许多同仁的支持和协助,他们为本书提供了许多宝贵意见。同时,我们参考了大量的产品资料和书刊,在此谨向资料和书刊的提供者和作者表示衷心感谢。

由于作者的知识和实践经验所限,书中难免有不妥之处,欢迎读者提出宝贵意见或深入探讨以利完善改进。

作者

2011年8月

目 录

前言

第 1 章 建筑电气基础知识	1
1.1 概述	1
1.2 电气基础知识	4
1.3 电力系统简介	10
1.4 电子信息系统基础知识	11
1.5 计算机基础知识	15
1.6 自动控制基础知识	21
1.7 智能建筑概念	26
1.8 智能建筑的发展趋势	28
第 2 章 建筑电气设备	30
2.1 高压配电装置与高压电器	30
2.2 低压配电装置	31
2.3 变压器	33
2.4 预装式变电站	34
2.5 自备电源	35
2.6 电动机	37
2.7 低压电器	38
2.8 输电器材	41
第 3 章 建筑供配电系统	48
3.1 电负荷	48
3.2 变、配电室	53
3.3 电力电缆选择和敷设	59
3.4 低压电器选择	62
3.5 变、配电系统控制	63
3.6 电子信息系统的供电	66
第 4 章 电气照明	70
4.1 照明基础知识	70
4.2 照明器材	71

4.3	照明工程应用	73
4.4	照明设计计算	74
4.5	照明控制与配电	75
4.6	应急照明	79
4.7	照明节能	83
4.8	建筑电气照明实例	84
第5章	建筑设备控制	85
5.1	建筑设备及其控制	85
5.2	建筑设备电动机控制	86
5.3	建筑物自动化系统的功能	87
5.4	建筑物自动化系统软件	92
5.5	建筑物自动化系统设计	93
5.6	空气调节自动控制	99
5.7	建筑给排水自动控制	106
5.8	电梯和自动扶梯自动控制	107
5.9	能耗自动计量	107
5.10	建筑物自动化系统的安装调试检测	108
第6章	火灾自动报警系统	114
6.1	火灾自动报警系统	114
6.2	火灾探测器	115
6.3	手动报警按钮和火灾警报装置	116
6.4	火灾自动报警控制装置	118
6.5	火灾自动报警系统的设置	119
6.6	可燃气体报警和电气火灾报警系统	127
6.7	消防联动控制	130
6.8	火灾应急通信装置	134
6.9	火灾自动报警系统的供电、线路及接地	137
6.10	火灾自动报警系统设计	139
第7章	安全防范系统	144
7.1	安全防范系统概念	144
7.2	视频监控系统	145
7.3	入侵报警系统	159
7.4	出入口控制系统	163
7.5	电子巡查系统	169
7.6	安全防范系统设计	170
7.7	停车场管理系统	172

7.8	应急联动系统	178
第 8 章	电视系统	180
8.1	电视	180
8.2	电视接收天线	185
8.3	前端	187
8.4	放大器	189
8.5	传输网络 and 用户分配系统	190
8.6	有线电视工程设计安装	193
第 9 章	广播系统	196
9.1	广播系统概念	196
9.2	声学原理	199
9.3	典型广播系统	200
9.4	广播扬声器	205
9.5	公共广播系统设计	209
9.6	数字网络广播系统	212
第 10 章	通信系统	215
10.1	通信系统概述	215
10.2	程控数字用户交换机	219
10.3	电话系统设计	221
10.4	卫星通信系统	224
10.5	无线通信系统	227
10.6	视频会议系统	229
10.7	信息导引及发布系统	231
10.8	时钟系统	232
第 11 章	通用布线系统	234
11.1	通用布线系统的概念	234
11.2	通用布线系统的组成	236
11.3	通用布线系统的设计	245
11.4	通用布线系统实例	259
第 12 章	电子信息机房	262
12.1	电子信息机房概述	262
12.2	电子信息机房建设	264
12.3	电子信息机房的设备布置	269
12.4	电子信息机房环境要求	272
12.5	电子信息机房的安全措施	276

第 13 章 防雷	278
13.1 防雷概念	278
13.2 雷电防护分区	279
13.3 防雷措施	279
第 14 章 接地	283
14.1 供电系统接地	283
14.2 电子信息系统接地	286
14.3 电磁兼容性和电磁环境	287
第 15 章 智能住宅和居住区	289
15.1 智能住宅和居住区概念	289
15.2 住宅智能化系统	290
15.3 访客对讲系统	292
15.4 住宅通信系统	295
15.5 居住区物业管理系统	296
15.6 家居布线系统	297
15.7 智能住宅和居住区设计	298
第 16 章 建筑电气和智能建筑工程的设计	301
16.1 建筑电气设计文件	301
16.2 建筑电气方案设计	301
16.3 建筑电气初步设计	302
16.4 建筑电气施工设计	306
附录 建筑电气文字符号	310
参考文献	316

建筑电气基础知识

1.1 概 述

建筑电气与智能建筑工程是将电气和电子信息技术应用于建筑物和相关区域，主要涉及建筑物和电气、电子技术的基本内容。

1.1.1 建筑工程的类型

建筑物由于用途、规模不同，所需要的功能系统也不同。

1.1.1.1 按照用途分类

建筑物按照用途可分为民用建筑和工业建筑。

(1) 民用建筑物按照用途、功能分为办公建筑、商业建筑、文化建筑、媒体建筑、体育建筑、医疗建筑、学校建筑、交通建筑、住宅建筑等。

1) 办公建筑。办公建筑包含商务办公建筑、行政办公建筑、金融办公建筑等，又可分为专用办公建筑和出租办公建筑。专用办公建筑指行政办公建筑、公司办公建筑、企业办公建筑、金融办公建筑；出租办公建筑指业主租给各种公司办公用的商务办公建筑。办公建筑主要提供完善的办公自动化服务、各种通信服务并保证有良好的环境。

2) 商业建筑。商业建筑包含商场、宾馆等。随着旅游业务国际化的到来，对旅游建筑也提出多功能、服务质量高、提高效率、增加安全性等要求。智能旅游建筑则要求有多种用于提高其舒适度、安全性、信息服务能力、效率等的设施。商业建筑主要提供商业和旅游业务处理和安全保卫、设备管理等功能。

3) 文化建筑。文化建筑指图书馆、博物馆、会展中心、档案馆等。文化建筑主要提供各种业务处理和安全保卫、设备管理等功能。

4) 媒体建筑。媒体建筑包含剧（影）院、广播电视业务建筑等。

5) 体育建筑。体育建筑包含体育场、体育馆、游泳馆等。

6) 医院建筑。医院建筑主要是指提供医疗服务的各类建筑，并应实现医疗网络化的信息系统建设。综合医疗信息系统可用于医疗咨询、远程诊断、病历管理、药品管理等。

7) 学校建筑。学校建筑包含普通高等学校和高等职业院校、高级中学和高级职业中学、初级中学和小学、托儿所和幼儿园等开展教学的相关建筑。

8) 交通建筑。交通建筑包含空港航站楼、铁路客运站、城市公共轨道交通站、社会停



车库（场）等。

9) 住宅建筑。住宅建筑包含住宅和居住小区。

住宅（residential building）是供家庭使用的建筑物，又称居住建筑。住宅形式多种多样，有低层住宅、多层住宅、小高层住宅、高层住宅、别墅、SOHO（small office home office）、排屋（townhouse）等。

居住小区（residential area）或住区（uptown）是由多栋住宅组成的小区。住区包含道路、园林、休闲设施、商业、教育设施等。

(2) 工业建筑。工业建筑有通用和专用之分。

1) 专用工业建筑指发电厂、化工厂、制药厂、汽车厂等生产某种产品的工业建筑。

2) 通用工业建筑指一般的机械、电器装配厂。

1.1.1.2 按照规模分类

建筑工程按照规模大小可分为大型、中型和小型建筑。

(1) 大型建筑工程指面积 $20\,000\text{m}^2$ 以上的建筑物。

(2) 中型建筑工程指面积 $5000\sim 20\,000\text{m}^2$ 的建筑物。

(3) 小型建筑工程指面积 5000m^2 以下的建筑物。

1.1.1.3 按照高度分类

建筑物按照高度可分为单层、多层、高层、超高层建筑。对住宅而言：

(1) 1~3 层为低层住宅。

(2) 4~6 层为多层住宅。

(3) 7~9 层为中高层住宅。

(4) 10 层以上为高层住宅。

1.1.2 建筑电气

建筑电气是指为建筑物和人类服务的各种电气、电子设备，供用电系统和电子信息系统。

建筑电气系统（building electrical system）包括电力系统和智能建筑系统两部分。

(1) 电力系统（electric power system）。指电能分配供应系统和所有电能使用设备。

与建筑物相关的电气设备主要用于电气照明、空调、采暖通风、运输等。向各种电气设备供电需要通过供配电系统，一般是从高压或中压电力网取得电力，经变压器降压后，用低压配电柜或配电箱向终端供电。有的建筑物还有自备发电机或应急电源设备。对于供电不能间断的设备，需要配备不间断电源设备。

供配电设备包括变配电所、建筑物配电设备、单元配电设备、电能计量设备、户配电箱等。

电能使用设备包括电气照明、插座、空调、热水器、供水排水、家用电器等设备。

为了保证各种设备的安全可靠运行，电力系统需要采用防雷、防雷击电磁脉冲、接地、屏蔽等措施。

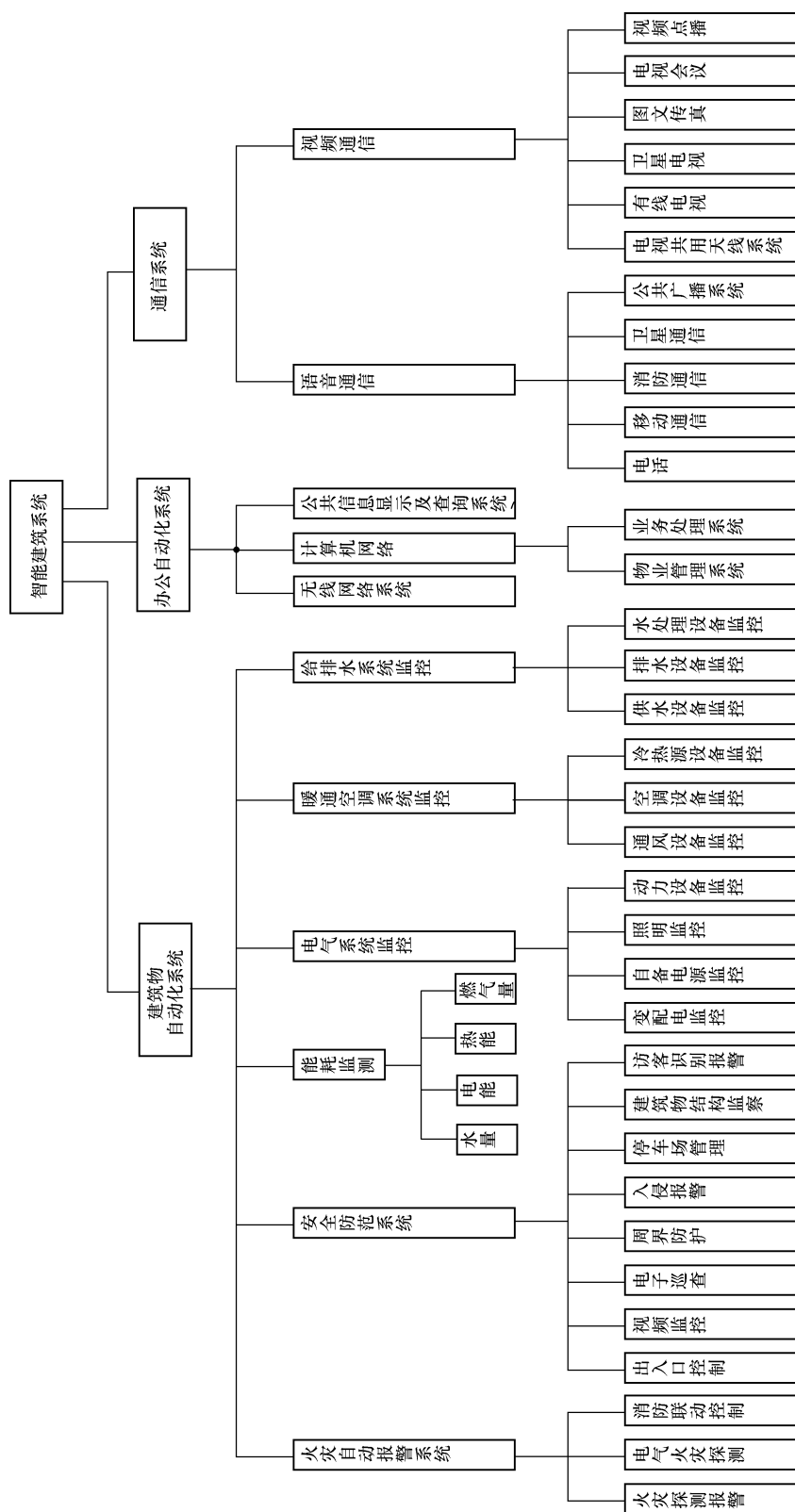


图 1-1 智能建筑系统及其子系统



(2) 智能建筑系统 (intelligent building system) (或称智能建筑工程、建筑智能化系统) 是为建筑物提供信息通信、自动控制、安全防范等功能的各种设备或系统, 包括建筑物自动化系统、通信系统和办公自动化系统。

1) 建筑物自动化系统 (building automation system, BAS) 包含建筑物设备的控制系统、家庭自动化系统、能耗计量系统、停车库管理系统 (car parking system, CPS), 还可以包括火灾自动报警和消防联动控制 (fire alarm system, FAS)、安全防范系统 (security system, SCS)。安全防范 (SCS) 系统可包含视频监控系统 (close circuit TV, CCTV)、出入口控制系统 (access control system, ACCS)、电子巡查系统、边界防卫系统、访客对讲系统。住宅可以包括水表、电表、燃 (煤) 气表、热能 (暖气) 表的远程自动计量系统。

2) 通信系统 (telecommunication system, TCS) 包含电话系统、公共 (有线) 广播 (PA)、电视系统 (TV) 等。

3) 办公自动化系统 (office automation system, OAS) 包含计算机网络 (LAN)、公共显示和信息查询装置, 是为物业管理或业主和用户服务的办公系统。办公自动化系统可分为通用和专用两种。住宅可以包括住户管理、物业维修管理系统。

图 1-1 所示为智能建筑系统及其子系统, 其具体设置按照各种建筑物的功能需求而定。



1.2 电气基础知识

1.2.1 电路基础知识

1.2.1.1 电路组成

电路由电源、负载和中间环节组成。常见负载有电阻器、电容器和电感器。

(1) 电阻。电阻是导体的一种基本性质, 与导体的尺寸、材料、温度有关。电阻在电路中具有降低电压、电流的作用。

电阻器 (Resistor) 是用导体制成的具有一定阻值的元件。电阻器的种类很多, 通常分为碳膜电阻、金属电阻、线绕电阻等。此外, 还有固定电阻与可变电阻、光敏电阻、压敏电阻、热敏电阻等。

电阻的基本表示符号是 “R”。

电阻的单位为欧姆 (Ω) 常用单位有 Ω (欧)、 $k\Omega$ (千欧)、 $M\Omega$ (兆欧) 等。

(2) 电容。电容指电容器的两极间的电场与其电量的关系。

电容器 (electric capacity) 由两个金属极中间夹有绝缘材料 (介质) 构成。绝缘材料不同, 所构成的电容器的种类也不同。

电容器按结构可分为固定电容、可变电容、微调电容。按介质材料可分为气体介质电容、液体介质电容、无机固体介质电容、有机固体介质电容和电解电容。按极性可分为有极性电容和无极性电容。我们最常见到的极性电容是电解电容。

电容在电路中具有隔断直流电, 通过交流电的作用, 因此常用于级间耦合、滤波、去耦合、旁路及信号调谐。

电容的基本表示符号为 “C”。



电容的基本单位是 F (法), 常用的是 μF (微法)、 pF (皮法), 它们之间的换算关系如下

$$1\text{F} = 1\,000\,000\mu\text{F}$$

$$1\mu\text{F} = 1\,000\,000\text{pF}$$

(3) 电感。电感是指导体产生的磁场与其电流的关系。在电路中, 当电流流过导体时, 会产生电磁场, 电感是衡量线圈产生电磁感应能力的物理量。给一个线圈通入电流, 线圈周围就会产生磁场, 线圈所围的面积中就有磁通量通过。通入线圈的电流越大, 磁场就越强, 通过线圈的磁通量就越大。实验证明, 通过线圈的磁通量和通入的电流是成正比的, 它们的比值称为自感系数, 也叫电感。如果通过线圈的磁通量用 Φ 表示, 电流用 I 表示, 电感用 L 表示, 那么

$$L = \Phi/I$$

能产生电感作用的元件统称为电感元件, 常常直接简称为电感器。

电感器 (Inducer, Inductor) 按导磁体性质可分为空芯线圈、铁氧体线圈、铁芯线圈、铜芯线圈;

按工作性质可分为天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈、偏转线圈;

按绕线结构可分为单层线圈和多层线圈。

电感的作用是阻交流通直流, 阻高频通低频 (滤波)。

电感的基本表示符号为 “L”。

电感的单位是亨 (H), 常用的有毫亨 (mH) 或微亨 (μH)。 $1\text{H} = 1000\text{mH} = 1\,000\,000\mu\text{H}$ 。

1.2.1.2 电路中的物理量

电路中常用物理量有电流、电压、功率。

(1) 电压。电压 U 为两点电位差。各点电位与参考点有关。

电压的单位为 V (伏), 常用的还有 mV (毫伏)、 μV (微伏)。 $1\text{V} = 1000\text{mV} = 1\,000\,000\mu\text{V}$ 。

(2) 电流。导体中的电荷运动形成电流, 计量电流大小的物理量也叫电流。电流定义为单位时间内通过导体横截面的电量 Q 。电流的方向规定为正电荷运动的方向, 即由电源正极端流出, 回到负极。

电流的单位为 A (安), 常用的还有 mA (毫安)、 μA (微安)。 $1\text{A} = 1000\text{mA} = 1\,000\,000\mu\text{A}$ 。

(3) 电功率。电功率 P 表示电能的瞬时强度。一个元件消耗的电功率 P 等于该元件两端所加的电压 U 与通过该元件电流 I 的乘积, 即

$$P = UI$$

功率的单位为 W (瓦), 常用的还有 kW (千瓦)、mW (毫瓦)。 $1\text{kW} = 1000\text{W} = 1\,000\,000\text{mW}$ 。

1.2.1.3 欧姆定律

欧姆定律用于表示电路中电压 U 、电流 I 和电阻 R 的关系。

(1) 一般电路的欧姆定律。设一个电阻 R 上的电压为 U , 流过的电流为 I , 则各量之间的关系为

$$I = U/R$$



或

$$U = IR$$

这就是欧姆定律。

(2) 全电路欧姆定律。全电路欧姆定律表示电源电动势与负载两端电压和电源内阻上电压之间的关系，即电源电动势等于负载两端电压与电源内阻上的电压之和。

电路中电动势 E 、电流 I 、电阻 R 和电源内阻 r 的关系为

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

或

$$E = I(R + r) = IR + Ir = U_r + U_R$$

1.2.1.4 电阻的连接

(1) 电阻的串联及其分压作用。电路中由两个或多个电阻一个接一个地顺序相连，通过电阻的电流相同，这样的连接方式称为电阻的串联。串联时

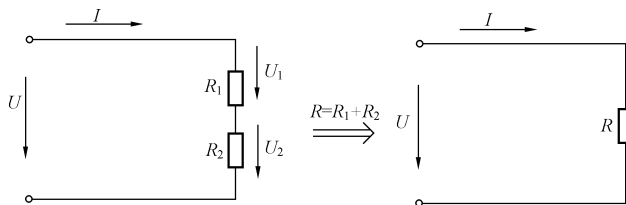


图 1-2 电阻的串联

$$R = R_1 + R_2$$

图 1-2 所示为电阻的串联。

(2) 电阻的并联及其分流作用。由两个或多个电阻首端与首端连接，尾端与尾端连接，构成两个分支，每个电阻两端承受相同的电压，这样的连接方式称为电阻的并联。

并联电路中电阻 R_1 和 R_2 并联，其等效电阻的倒数等于各个电阻倒数之和，即

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$$

或

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

图 1-3 所示为电阻的并联。

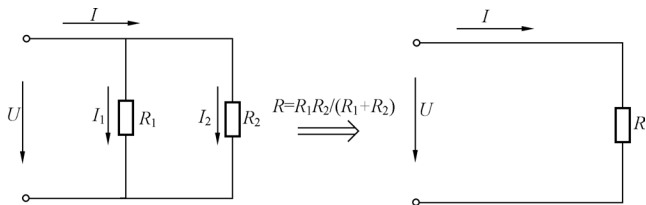


图 1-3 电阻的并联

1.2.1.5 电路工作状态

电路工作状态分为有载、开路和短路三种。有载时负载电阻 R 为

一定数值；开路时负载电阻为无穷大，即 $R = \infty$ ；短路时负载电阻为零，即 $R = 0$ 。

1.2.2 电源

电源 (electrical source 或 power supply) 是供给用电设备电能的装置。电能可以分为直流电和交流电。

1.2.2.1 直流电

直流电 (direct current, DC) 指供电的电压或电流是恒定的不随时间变化的电源。

蓄电池就是一种直流电源，它的基本参数包括电压 (如 2、6、12V 等)、容量 (如 65、100Ah 等)。

1.2.2.2 交流电

交流电 (alternating current, AC) 指供电的电压或电流是有规律随时间变化的电源。



其变化规律理想的是正弦波。

(1) 正弦交流电。正弦交流电的电压或电流随时间而按照正弦函数作周期性变化。

正弦交流电的电压或电流有瞬时值 u 、 i ；幅值 U_m 、 I_m 和有效值 U 、 I ，其相互关系为

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$U = 0.707 U_m$$

$$I = 0.707 I_m$$

(2) 交流电的参数。主要有周期、频率、角频率、相位。

1) 周期。交流电的周期 T 指变化一个循环所需要的时间，单位为 s ，其表达式为

$$T = 1/f$$

2) 频率。交流电的频率 f 指交流电每秒钟变化的周期数，单位为 s^{-1} 或 Hz ，其表达式为

$$f = 1/T$$

3) 角频率。交流电的角频率 ω 为每秒变化的弧度，单位为 rad/s ，其表达式为

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

4) 相位。交流电的相位指交流电瞬时的电角度 $\omega t + \varphi_0$ ，其中 φ_0 为初相角。

正弦交流电示意图如图 1-4 所示。

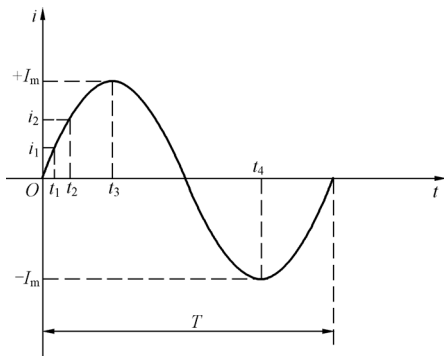


图 1-4 正弦交流电

1.2.2.3 交流电路

交流电路由纯电阻元件 R 、电感元件 L 和电容元件 C 组成。

(1) 纯电阻元件的交流电路。其电压、电流、功率的关系如下：

瞬时电压

$$u = i R$$

瞬时电流

$$i = u/R$$

瞬时功率

$$p = u i$$

平均功率

$$P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

(2) 电感元件交流电路。电感 L 接入交流电路中，其电压、电流关系用有效值表示为

$$U_L = \omega L I_L$$

(3) 电容元件交流电路。电容 C 接入交流电路中，其电压、电流关系用有效值表示为

$$U_C = \frac{I_C}{\omega C}$$

(4) RL 串联电路。对于电阻、电感串联的电路。设电阻为 R ，感抗为 X_L ，其总阻为 Z ，可以用阻抗三角形来表示



$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

电压为

$$U = IZ$$

电流为

$$I = U/Z$$

1.2.2.4 交流电源

交流电源分为单相交流电源和三相交流电源。

(1) 单相交流电源 (single phase source)。单相交流电源由一根相线和中线组成。

交流电源功率因数 (power factor, PF) 用 $\cos\varphi$ 表示, 它是有功功率与视在功率之比, 是电流和电压间的相位差造成的。

$$\cos\varphi = P/S = R/Z$$

式中 φ ——电流、电压的相位差。

交流电源有功功率和无功功率的比例与功率因数有关。提高功率因数可以减少无功损耗。对于单相电路视在功率

$$S = UI$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

有功功率

$$P = S\cos\varphi = UI\cos\varphi$$

无功功率

$$Q = S\sin\varphi = UI\sin\varphi$$

$$I = P/U\cos\varphi$$

式中 U ——电压, V;

I ——电流, A。

单相交流电功率示意图如图 1-5 所示。

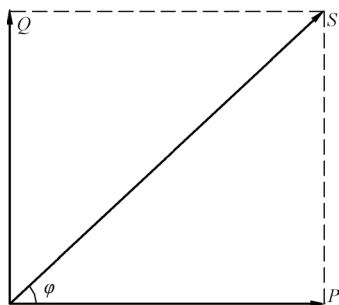


图 1-5 单相交流电功率

(2) 三相交流电源 (three phase source)。三相交流电源由相线和中线组成。相线有 3 根, 分别标为 L1、L2、L3、中线 1 根, 标为 N。

三相交流电源各个相线间电压为线电压 U_L 。相线和中线之间为相电压 U_P 。线电压 U_L 指三根相线 L1、L2、L3 之间的电压; 相电压 U_P 指相线和中线间的电压, 如 L1N、L2N、L3N 之间的电压。线电压 U_L 和相电压 U_P 的关系为

$$U_L = \sqrt{3}U_P$$

目前我国一般用户三相交流电源相电压为 220V, 线电压为 380V。

(3) 三相交流电路。三相交流电路负载有星形连接或三角形连接两种方式。

1) 负载星形连接时, 线电压与相电压、线电流与相电流的关系为

$$U_L = \sqrt{3}U_P$$



$$I_L = I_P$$

式中 I_L ——线电流；

I_P ——相电流。

对于三相对称负载，有

$$I_N = 0$$

2) 负载三角形连接时，线电压与相电压、线电流与相电流的关系为

$$U_L = U_P$$

$$I_L = \sqrt{3}I_P$$

3) 三相电功率。三相交流电源功率分为视在功率 S 、有功功率 P 和无功功率 Q 。

对于三相交流电源，视在功率是没有考虑电压和电流相位差的功率，即

$$S = \sqrt{3}U_L I_L$$

视在功率可以分解为有功功率 P 和无功功率 Q 。

有功功率为

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P = 3U_P I_P \cos\varphi = \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi = S \cos\varphi = 1.732U_L I_L \cos\varphi$$

无功功率为

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

对三相对称负荷

$$Q = 3U_P I_P \sin\varphi = \sqrt{3}U_L I_L \sin\varphi = S \sin\varphi = 1.732U_L I_L \sin\varphi$$

1.2.2.5 电源质量

近年来，电力网中非线性负载逐渐增加，如变频驱动或晶闸管整流直流驱动设备、计算机、重要负载所用的不间断电源（UPS）、节能荧光灯系统等，这些非线性负载将导致电网污染，电力品质下降，引起供用电设备故障，甚至引发严重火灾事故等。世界上（包括我国）的一些建筑物突发火灾已被证明与电力污染有关。

电力污染及电力品质恶化主要表现在：电压波动、浪涌冲击、谐波、三相不平衡等方面。

(1) 电压波动及闪变。电压波动是指多个正弦波的峰值在一段时间内超过（低于）标准电压值，大约从半周期到几百个周期，即从 $10\text{ms} \sim 2.5\text{s}$ ，包括过电压波动和欠电压波动。普通避雷器和过电压保护器完全不能消除过电压波动，因为它们是用来消除瞬态脉冲的。普通避雷器在限压动作时有相当大的电阻值，考虑到其额定热容量（焦耳），这些装置很容易被烧毁，而无法提供以后的保护功能。这种情况往往很容易忽视掉，这是导致计算机、控制系统和敏感设备故障或停机的主要原因。另一个相反的情况是欠电压波动，它是指多个正弦波的峰值在一段时间内低于标准电压值，或如通常所说的晃动或降落。长时间的低电压情况可能是由供电公司或由于用户过负载造成，这种情况可能是事故现象或计划安排。更为严重的是失压，它大多是由于配电网内重负载的分合造成，如大型电动机、中央空调系统、电弧炉等的启停以及开关电弧、熔丝烧断、断路器跳闸等。

闪变是指电压波动造成的灯光变化现象对人的视觉产生的影响。

(2) 谐波。交流电源的谐波（harmonics）电流是指其中的非正弦波电流。电源谐波的定义是：对周期性非正弦波电量进行数学分解，除了得到与电网基波频率相同的分量，还得