

# 供电企业岗位技能培训教材

G O N G D I A N Q I Y E

GANGWEI JINENG  
PEIXUNJIAOCAI

## 业扩报装

山西省电力公司 组编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



供电企业岗位技能培训教材

# 业 扩 报 装

---

山西省电力公司 组编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内容提要

《供电企业岗位技能培训教材》由山西省电力公司组织编写，内容涵盖了变电运行、线路运行与维护、变电检修、继电保护、电网调度、电网自动化、电力营销等专业领域。本套教材的编撰贯彻了“以现场需求为导向，以提高技能为核心”的指导思想，力求从实用角度出发，提高职工解决实际问题的能力，更适合一线职工学习和提高技能的需要。

本书为《业扩报装》分册，根据业扩报装人员应具备的基础岗位知识、工作技能要求进行编写。全书共分十章，主要内容包括：电工基础知识、业扩报装专业知识、变用电业务、客户档案管理、电价电费、电能计量装置相关知识、供用电常识、电力需求侧管理、电子信息技术在电力营销中的应用、供用电合同示范文本。每章后均附有复习思考题。

本书可作为电力企业中业扩报装人员的技能培训用书，也可供电力企业相关工种及厂矿企业电力运行、检修人员参考使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

业扩报装 / 山西省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2009  
供电企业岗位技能培训教材  
ISBN 978-7-5083-8301-9

I. 业… II. 山… III. 用电管理—技术培训—教材 IV. TM92  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211452 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 395 千字

印数 0001—3000 册 定价 34.00 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

# 《供电企业岗位技能培训教材》

## 编 委 会

- 主 任 王抒祥
- 副主任 曹福成 胡庆辉 王礼田 (常务)
- 委 员 张兴国 史更林 康成平 张 强 魏 琦  
陈佩琳 左德锦 张薛鸿 霍建业 张雅明  
楼鸿平 褚艳芳 王康宁 张文芳 崔作让  
卢保喜 燕争上 丁少军 张学荣 韩海安  
张占彪 赵文元 史小报 杨宇松 刘随胜  
王文贤 王爱寿
- 主 编 丁少军
- 副主编 张冠昌 牛泓生 郭林虎
- 编 委 杨 澜 韩亚娟 齐 玮

## 《业扩报装》编写组

组 长 张雅明  
副 组 长 赵文元  
成 员 赵同生 侯效奎 杨守辰 石玉英 文 理  
主 编 赵文元  
副 主 编 赵同生 侯效奎 霍宇平  
顾 问 杨守辰  
主 审 杨守辰  
参编人员 石玉英 李万有 杨跃军 贺江华 梁尚荣  
孟秀云 曲建华 任淑芳 李雪琴 孙 荣  
杨洪涛 杨茂菊 杨跃平 张 甜 张象露  
赵 擎 李 录 石建军 高志文 王璐华  
马志强 张 罡 韩秉东 武 林 武贵强  
李 彦 陈晓峰 吴志荣 白贵君 何昌贤  
胡东生 李成英

电力工业作为关系国计民生的基础能源产业，电网的稳定运行直接关系到国民经济的发展。2008年初的南方冰雪灾害更让人们深刻体会到电网的安全运行对人民群众日常生活的重要性。当前，电力工业已进入大机组、高参数、高电压、高自动化的发展时期，新技术、新设备、新工艺不断涌现，现代电力企业对职工的专业技能水平提出了更高的要求。要实现国家电网公司“一强三优”的企业目标，广大的电力工作者就必须不断地学习新技术、新知识、新技能，全面提高自己的综合素质。

山西省电力公司一直高度重视职工的教育培训工作，把该项工作重点纳入企业的发展规划当中，不断加大培训的投入力度，努力创建学习型企业。为适应新形势下员工培训的需求，使员工培训做到有章可循、有据可依，山西省电力公司组织编写了《供电企业岗位技能培训教材》，内容涵盖了变电运行、线路运行与维护、变电检修、继电保护、电网调度、电网自动化、电力营销等专业领域。本套教材的编撰贯彻了“以现场需求为导向，以提高技能为核心”的指导思想，力求从实用角度出发，提高职工解决实际问题的能力，更适合一线职工学习和提高技能的需要。同以往的培训教材相比，本套教材具有以下特点：

(1) 在整套教材的编写中突出了对实际操作技能的要求，不再人为地划分初、中、高技术等级，不同技术等级的培训可以根据实际情况，从教材中选取相关内容。在每一章结束时，均附有复习思考题，对本章的重点和难点内容进行温故，便于读者自学参考。

(2) 教材的编写体现了为企业服务的原则，面向生产、面向实际，以提高岗位技能为导向，强调“缺什么补什么、干什么学什么”的原则。

(3) 教材力求更多地反映当前的新技术、新设备、新工艺以及有关生产管理、质量监督和专业技术发展动态的内容。

《供电企业岗位技能培训教材》的编写人员主要由山西省电力公司的技术专家、多年从事教学工作的高级讲师组成，在编写前期经过了充分地论证，编写过程中经过了数次审定、多次修改，历时数月，终于告罄。在此，谨希望本套教材的出版，对广大电力职工技能水平的提高起到一定的指导作用，为建设“一强三优”的现代企业作出更大的贡献！

王抒洋

2008年8月

随着电力企业体制改革的深化，现代电力市场营销对营销人员应掌握的基础理论知识和实际操作技能的深度及广度，提出了更高要求。这就需要通过培训来提高职工队伍的岗位技能，以及沟通、协调能力，以适应新形势的需要。

《中华人民共和国职业技能鉴定规范》（简称《规范》）在电力行业已正式施行。为满足《规范》对电力市场营销人员的鉴定要求，做好员工岗位技能培训工作，山西省电力公司委托大同供电分公司组织相关人员编写了《供电企业岗位技能培训教材》中与电力营销相关的5个分册，分别为《电能计量》、《用电检查》、《业扩报装》、《抄表核算收费》、《95598客户服务》。在丛书的编撰过程中，山西省电力公司组织召开了多次审稿会，对提纲及内容进行讨论审定，以确保该丛书以坚持培养岗位所需要工作能力和生产技能为重点，将相关的专业理论知识与实际操作技能有机地融为一体，强调了知识够用、技能必备。

电力营销专业的这5册书，以提升操作技能为核心，力求贴近一线生产和员工培训的实际需要，贯彻“求知重能”的原则。在保证知识连贯性的基础上，突出针对性、典型性、实用性。同时反映了当前新技术、新设备、新材料、新工艺及有关电力市场管理、质量监督和专业技术发展等内容。

在该书的编写过程中，参考和辑录了相关的书籍与刊物，在此谨向这些书籍和刊物的作者致谢。

由于编写时间短、经验不足、水平有限，难免有不妥之处，恳请广大读者指正。

大同供电分公司

2008年10月

序  
前言

<b>第一章 电工基础知识</b> .....	1
第一节 直流电路基本定律 .....	1
第二节 单相交流电路 .....	6
第三节 三相交流电路 .....	15
复习思考题 .....	20
<b>第二章 业扩报装专业知识</b> .....	21
第一节 业扩报装的工作内容 .....	21
第二节 业扩报装的工作流程 .....	21
第三节 供电方案 .....	35
第四节 业扩工程 .....	49
第五节 合同相关知识与供用电合同 .....	62
第六节 业务收费与统计报表 .....	71
复习思考题 .....	85
<b>第三章 变更用电业务</b> .....	86
第一节 变更用电业务的作用及定义 .....	86
第二节 办理变更用电业务的基本规则 .....	88
第三节 变更用电业务的流程 .....	92
第四节 用电工作票的作用与使用 .....	93
复习思考题 .....	94
<b>第四章 客户档案管理</b> .....	96
第一节 客户档案的概述及分类 .....	96
第二节 客户档案的管理要求与保管 .....	97
复习思考题 .....	98
<b>第五章 电价电费</b> .....	99
第一节 电价及分类 .....	99
第二节 电费管理 .....	108
复习思考题 .....	110
<b>第六章 电能计量装置相关知识</b> .....	112
第一节 计量装置概述 .....	112
第二节 电能表常识 .....	112
第三节 互感器知识 .....	115
第四节 电能计量装置的接线与分类、配置 .....	116
复习思考题 .....	122



<b>第七章 供用电常识</b> .....	123
第一节 工厂供配电系统 .....	123
第二节 工厂变、配电站及接线 .....	125
第三节 常用电气识图 .....	128
复习思考题 .....	172
<b>第八章 电力需求侧管理</b> .....	173
第一节 能源效率等级介绍 .....	173
第二节 节电技术 .....	174
第三节 无功补偿基本知识 .....	175
复习思考题 .....	177
<b>第九章 电子信息技术在电力营销中的应用</b> .....	178
第一节 ××省电力营销信息支持系统概述 .....	178
第二节 业扩管理子系统功能介绍 .....	179
<b>第十章 供用电合同示范文本</b> .....	191
第一节 高压供用电合同 .....	191
第二节 低压供用电合同 (50kW 及以上) .....	213
第三节 低压供用电合同 (50kW 以下) .....	223
第四节 转供电合同 .....	226
第五节 趸购电合同 .....	230
第六节 临时供用电合同 .....	239
第七节 居民供用电合同 .....	250
附件一 术语定义 .....	251
附件二 主要用电设备清单 .....	253
附件三 供电接线及产权分界示意图 .....	254
附件四 合同事项变更确认书 .....	255
<b>参考文献</b> .....	256



# 电工基础知识

## 第一节 直流电路基本定律

### 一、电路及组成

#### 1. 电路及电路的组成

电路是为了获得电流而将各种电气设备和元件按照一定连接方式构成的电流通路。在电路中由一个或几个元件首尾相接构成的一段无分支电路称为支路，在同一支路内，流过所有元件的电流相等，有三条或三条以上支路的连接点称为节点。电路中的任意一个闭合路径称为回路。任何一个完整的实际电路，不论其结构和作用如何，通常总是由电源、负载、开关和导线等组成。

#### 2. 电路各部分的作用

电路中电源是电路的能源，其作用是将各种形式的能量转换为电能。负载是用电的设备，其作用是将电能转换为其他形式的能量。导线是用来连接电源和负载的。开关是控制电路接通和断开的装置。

### 二、电路的工作状态

有电流通过的电路称为闭路或通路，处于通路状态的各种电气设备的电压、电流、功率等数值不能超过其额定值；电源和负载未接成闭合电路称为断路或开路，此时电路没有电流；若电源未经负载而直接由导线（导体）构成的通路称为短路，此时电源的端电压  $U=0$ ，而电流很大。

### 三、基本物理量

#### 1. 电流

电流是由电荷的定向运动形成的。用来描述电流强弱的物理量，称为电流强度，电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面上的电荷量。即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中  $I$ ——电流强度，A；

$Q$ ——通过导体截面的电荷量，C；

$t$ ——通过电荷量  $Q$  所需的时间，s。

在 SI 单位中，电流的单位是 A，简称安；此外电流的单位还有 kA（千安）、mA（毫安）和  $\mu\text{A}$ （微安）。它们之间的换算关系为： $1\text{kA}=10^3\text{A}$ ， $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$ 。

#### 2. 电位及电压

电位是在电场力作用下，单位正电荷由电场中某一点移到参考点（参考点的电位规定为零）所做的功叫做该点的电位。而两点之间的电位之差即为两点间电压，用  $U$  表示。电压的实际方向规定为高电位指向低电位，即电压也叫电压降。

在 SI 单位中，电压与电位的基本单位是 V（伏特）。常用的单位还有 kV（千伏）、mV（毫伏）和  $\mu\text{V}$ （微伏）。它们之间的换算关系为： $1\text{kV}=10^3\text{V}$ ， $1\text{V}=10^3\text{mV}=10^6\mu\text{V}$ 。

### 3. 电动势

电源是电路中产生并维持电位差的能源。为了衡量电源将其他能转化为电能的能力，引入了电动势这一物理量。电源将单位正电荷由负极移到正极所做的功称为电动势，用  $E$  表示。电动势的单位与电压的单位相同，也是 V（伏特）。电动势的方向规定为在电源内部由负极指向正极，也就是电位升的方向。

### 4. 电阻

电流通过导体时所受到的阻力称为电阻。物体的电阻由它本身的物理条件决定。金属导体的电阻与它的材料、几何尺寸有关。

电阻定律的表达式为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中  $R$ ——导体的电阻， $\Omega$ ；

$L$ ——导体的长度，m；

$S$ ——导体横截面积， $\text{mm}^2$ ；

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

电阻的常用单位为  $\Omega$ （欧姆）、 $\text{k}\Omega$ （千欧）、 $\text{M}\Omega$ （兆欧），它们之间的换算关系为

$$1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$$

反映导体导电能力的物理量还有电导。电阻的倒数就是电导，用  $G$  表示。它的单位是 S（西门子）。

## 四、欧姆定律

欧姆定律是反映电压、电动势、电流、电阻之间关系的基本定律，是电工学中最重要定律。

### 1. 部分电路欧姆定律

图 1-1 所示为不含电源的部分电路。通过某导体中的电流与加在该导体两端的电压成正比，与该导体的电阻成反比。其数学表达式为

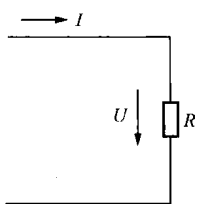


图 1-1 部分电路

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

式中  $I$ ——电流，A；

$U$ ——电压，V；

$R$ ——电阻， $\Omega$ 。

式 (1-3) 也可写成

$$U = IR$$

或

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

**【例 1-1】** 工程上常用“伏安法”测量电阻，如图 1-2 所示，已知电压表的读数  $U=220\text{V}$ ，电流表的读数  $I=0.5\text{A}$ ，求被测电阻是多少？

解：根据欧姆定律，被测电阻  $R$  为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.5} = 440(\Omega)$$

## 2. 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的无分支的闭合电路。如图 1-3 所示。图 1-3 中的虚线框内代表一个实际电源。电源的电阻称为内电阻，用  $r$  表示。下面分析无分支电路中  $E$ 、 $R$ 、 $I$  之间的关系。

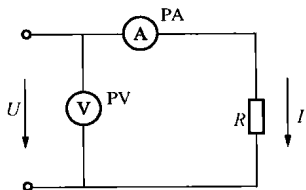


图 1-2 用“伏安法”测量电阻的电路图

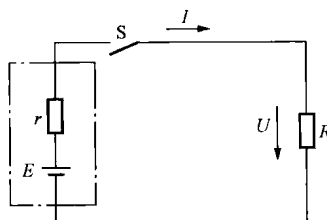


图 1-3 全电路图

在一个无分支闭合电路中，电流强度与电源电动势成正比，与内外电阻之和成反比。表达式为

$$I = \frac{E}{r + R} \quad (1-4)$$

这个规律称为全电路欧姆定律。

**【例 1-2】** 有一电源，电动势  $E=3\text{V}$ ， $r=0.4\Omega$ ，外接负载电阻  $R=9.6\Omega$ ，求电源端电压和内压降。

解：
$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{3}{0.4 + 9.6} = 0.3(\text{A})$$

内压降 
$$U_r = Ir = 0.3 \times 0.4 = 0.12(\text{V})$$

端电压 
$$U = IR = 0.3 \times 9.6 = 2.88(\text{V})$$

或 
$$U = E - U_r = 3 - 0.12 = 2.88(\text{V})$$

## 五、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路的基本定律，包括基尔霍夫第一定律（电流定律）和基尔霍夫第二定律（电压定律）。

### 1. 基尔霍夫第一定律（KCL）

根据电流的连续性原理可以得到：在电路中的任一节点，流进节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。

如图 1-4 所示，有 5 条支路汇合于一个节点 A，其中  $I_1$  和  $I_3$  流入节点，电流  $I_2$ 、 $I_4$  和  $I_5$  流出节点，于是可得

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$

或 
$$I_1 + I_3 - I_2 - I_4 - I_5 = 0$$

即，如果规定流入节点的电流为正的，则流出节点的电流就为负的，那么对任一节点来说，电流的代数和恒等于零。这就是基尔霍夫电流定律的内容，其表达式为

$$\sum I = 0 \quad (1-5)$$

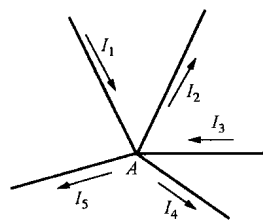


图 1-4 基尔霍夫第一定律应用图

基尔霍夫第一定律不仅适用于节点，也可以推广用于闭合曲面广义节点。

## 2. 基尔霍夫第二定律 (KVL)

基尔霍夫第二定律是描述电路中各部分电压之间相互关系的定律，它是电位单值性的体现。

在电路的任何闭合回路中，各段电压的代数和等于零。这就是基尔霍夫电压定律，其表达式为

$$\sum U = 0 \quad (1-6)$$

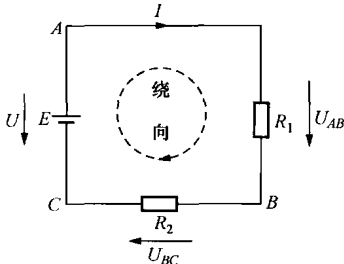


图 1-5 基尔霍夫第二定律应用图

图 1-5 中 ABCA 是一个回路。通常要规定一个绕行回路的方向，凡电压参考方向与绕向一致者，此电压前面加一正号；电压参考方向与绕向相反者，此电压前面加一负号。

按图 1-5 所示支路电压参考方向，式 (1-6) 可写为

$$-U + U_{AB} + U_{BC} = 0$$

如果各支路是由电阻和电压源构成的，那么应用欧姆定律可以把上述基尔霍夫电压定律形式改写为

$$-E + IR_1 + IR_2 = 0$$

$$E = IR_1 + IR_2$$

$$\sum E = \sum IR \quad (1-7)$$

整理后得

即

式 (1-7) 表明电路中任一闭合回路中各电动势代数和等于各电阻上电压降的代数和。式 (1-7) 是基尔霍夫第二定律的另一种表达形式。

## 六、电阻的连接

### 1. 电阻的串联

将各电阻首尾依次相连，中间没有分支，电阻的这种连接方式称为串联，如图 1-6 所示。串联电路具有以下特点：

- (1) 流过各电阻的电流相同；
- (2) 电路总电压等于各电阻上电压之和，即  $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ ；
- (3) 电路总电阻等于各电阻阻值之和，即  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ ；
- (4) 各电阻上的电压与该电阻的阻值成正比；
- (5) 各电阻上消耗的功率与该电阻的阻值成正比。

电阻串联的应用很广泛。在实际工作中，常常采用几个电阻串联构成分压器，使同一电源能供出几种不同的电压；用小阻值电阻的串联来获得较大的电阻；利用串电阻的方法，限制和调节电路中电流的大小；在电工测量中，用串联电阻来扩大电压表的量程，以测量较高的电压等。

### 2. 电阻的并联

将各电阻的头和尾分别接在一起，使之在电路中承受相同电压，这些电阻的连接称为并联，如图 1-7 所示。并联电路具有以下特点：

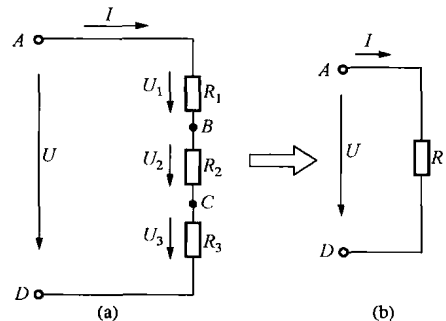


图 1-6 电阻的串联及其等效电路

(a) 电阻的串联；(b) 等效电路

- (1) 电路中各电阻上所承受的电压相同；  
 (2) 电路中的总电流等于各电阻中电流之和，即  $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ ；  
 (3) 电路中总电阻（等效电阻）的倒数等于各电阻的倒数之和，即  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ ；

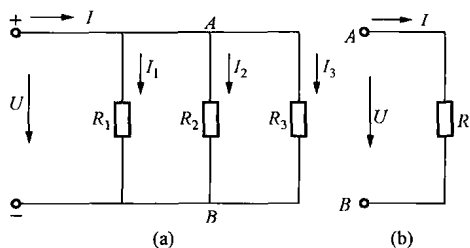


图 1-7 电阻的并联及其等效电路  
 (a) 电阻的并联；(b) 等效电路

- (4) 在电阻的并联电路中，各支路电流与支路的电阻值成反比；  
 (5) 在电阻的并联电路中，各支路电阻消耗的功率与其电阻值成反比。

并联电路的应用也是十分广泛的。凡额定电压相同的负载几乎全采用这种电路，这样一个负载正常工作时不影响其他负载，人们可根据需要来启动或断开各个负载；为了选择合适阻值的电阻，有时将几个大阻值的电阻并联起来配成小阻值电阻以满足电路的要求；在电工测量中，经常在电流表两端并联分流电阻，以扩大电流表的量程，并且通过合理选择分流电阻，可以制成不同量程的电流表等。

### 3. 电阻的混联

电路中电阻元件既有串联又有并联的连接方式，称为混联，如图 1-8 所示。

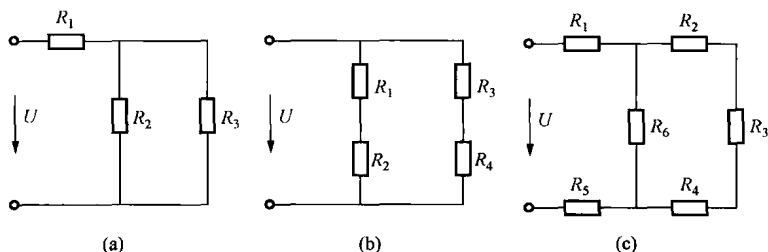


图 1-8 电阻混联电路  
 (a) 电路一；(b) 电路二；(c) 电路三

分析计算混联电路时，应先合并串联或并联部分，逐步对电路进行等值简化，求出总的等效电阻。然后根据欧姆定律，由总电阻、总电压（或总电流）求出电路中的总电流（或总电压），最后再利用电阻串并联知识逐步推算出各部分的电压和电流。

## 七、功率及电能

### 1. 功率

单位时间内电流所做的功，称为功率。它是衡量电流做功的快慢，即能量转换快慢的物理量，用  $P$  表示。功率等于电压和电流的乘积，表达式为

$$P = UI \quad (1-8)$$

功率的单位是 W（瓦特）。当  $U=1V$ 、 $I=1A$  时， $P=1W$ 。常用的较大的功率单位是 kW（千瓦）和 MW（兆瓦）。

### 2. 电能

一段时间内电流所做的功，称为电能。电能的大小不仅与电功率大小有关，还与做功的

时间长短有关,用  $W$  表示,其表达式为

$$W = Pt \quad (1-9)$$

电能的单位是 J (焦耳),1J 就是功率为 1W 的用电设备使用 1s 所吸收 (或消耗) 的电能。在电力电路中,常采用 kWh (千瓦·时) 为电能单位,俗称度。 $1\text{kWh}=3.6\times 10^6\text{J}$ 。

**【例 1-3】** 一会议厅有 100W 灯泡 10 只,2kW 电热器 2 台,均在 220V 电压下使用。试求:

- (1) 总电流;
- (2) 每天使用 3h,20 天用了多少电能?

解: (1) 总功率  $P = 100 \times 10 + 2 \times 10^3 \times 2 = 5 \times 10^3 (\text{W}) = 5 (\text{kW})$

总电流 
$$I = \frac{P}{U} = \frac{5000}{220} = 22.7 (\text{A})$$

(2) 所用电能 
$$W = Pt = 5 \times 3 \times 20 = 300 (\text{kWh})$$

## 八、电流的热效应

电流通过金属导体时,导体会发热,这种现象称为电流的热效应。电流流过金属导体产生的热量与电流的平方、导体的电阻、通电时间成正比,这个规律称为焦耳定律,表达式为

$$Q = I^2 R t \quad (1-10)$$

式中  $Q$ ——导体产生的热量, J;

$I$ ——通过导体的电流, A;

$R$ ——导体的电阻,  $\Omega$ ;

$t$ ——通电时间, s。

电流的热效应在现代工业中得到广泛的应用,可以利用它来加热、熔炼和制造各种电热器,如电阻炉、电烙铁等。电热现象虽然有利用的一面,但在其他场合,又成了有害的东西,例如电线具有一定的电阻,如果过大,可使导线温度过高,严重时有可能损坏电线的绝缘,甚至引起火灾。

任何电气设备也都存在这个问题,例如变压器、发电机、电动机等都会由于绕组电阻的发热使其温度升高,严重时损坏绝缘,影响电气设备的安全和寿命。

## ◎ 第二节 单相交流电路

在现代工农业生产及日常生活中,绝大多数都是应用交流电。交流电被广泛采用的主要原因:①交流电压易于升高和降低,这样便于高压输送和低压使用;②交流电动机比直流电动机性能优越、使用方便。因而,发电厂发的电都是交流电,即使在需要直流电的地方,往往也是将交流电通过整流设备变换为直流电。

### 一、交流电的概念

大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流。交流电流、交流电压、交流电动势统称交流电,以文字符号“AC”或图形符号“~”表示。我们日常生活或生产中用的交流电是随时间按正弦规律交变的,所以称为正弦交流电,简称交流电。交流电的基本物理量介绍如下。

### 1. 周期与频率

正弦交流电随时间按正弦规律由正到负、由负到正周而复始地变化。变化一周所经历的时间称为周期，用符号  $T$  表示，单位为 s (秒)。

正弦交流电每秒交变次数称为频率，用  $f$  表示，单位为 Hz (赫兹)。周期和频率互为倒数，即

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{或} \quad T = \frac{1}{f} \quad (1-11)$$

交流电每秒内变化的弧度数称为角频率，它是反映交流电变化快慢的物理量。用  $\omega$  表示，单位为 rad/s (弧度每秒)。周期、频率和角频率的关系为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (1-12)$$

我国和世界上大多数国家的电力工业的标准频率，即所谓“工频”是 50Hz，周期为 0.02s。

### 2. 瞬时值和最大值

交流电在某一时刻的值称为瞬时值，用  $e$ 、 $i$ 、 $u$  表示。

最大的瞬时值称为正弦交流电的最大值，也称幅值或峰值。用  $E_m$ 、 $U_m$ 、 $I_m$  表示。它反映正弦交流电的变化幅度。

### 3. 有效值和平均值

交流电的瞬时值和最大值都不能反映交流电的实际效果，所以，在工程计算、测量中均采用交流电的有效值。所谓有效值是指一个交流电流和一个直流电流分别作用于同一电阻，若在相同的时间内，它们产生的热量相等，则这个直流电流值称为交流电流的有效值。即交流电流的有效值就是与它热效应相当的直流电流值。有效值一般用  $E$ 、 $I$ 、 $U$  表示。计算结果表明，正弦交流电的最大值等于有效值的  $\sqrt{2}$  倍。

正弦交流电的平均值是指半个周期内的平均值。根据分析计算，正弦交流电在半个周期内的平均值是最大值的 0.637 倍。

### 4. 相位和相位差

在  $e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$  中，电动势的瞬时值  $e$  是由振幅  $E_m$  和正弦函数  $\sin(\omega t + \varphi)$  共同决定的。我们把  $(\omega t + \varphi)$  称为该正弦交流电的相位或相位角。 $\varphi$  是  $t=0$  时的相位，称为初相位，简称初相。初相反映了正弦交流电起始时刻的状态，通常它的绝对值应不大于  $180^\circ$ 。

两个同频率交流电的相位之差称为相位差。根据两个同频率交流电的相位差，可以确立两个交流电的相位关系。

最大值（或有效值）、角频率（或频率、周期）和初相是表征正弦交流电的三个重要物理量，通常把它们称为正弦交流电的三要素。

## 二、正弦交流电的表示法

为了便于研究交流电，人们通常用四种形式表示一个正弦交流电。下面重点研究正弦交流电的相量表示法。

### 1. 解析式表示法

用三角函数式表示正弦交流电的方法称为解析式表示法。正弦交流电动势、电压和电流的解析式分别为



$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$$

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

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

## 2. 波形图表示法

在图 1-9 所示的直角坐标系中，纵坐标表示正弦量的瞬时值，横坐标表示时间，作出  $e$ 、 $i$ 、 $u$  的波形图，这样可以很直观地看出交流电的变化规律。这种方法称为波形图表示法。

## 3. 相量表示法

(1) 相量表示法。所谓相量表示法就是用一个在直角坐标系中绕原点旋转的矢量来表示正弦交流量的方法，也称为旋转矢量表示法。

我们把表示正弦交流电的这一矢量称为相量，常用相应字母符号上方加“·”表示。如正弦电流  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$  的相量表示法，如图 1-10 所示。图中  $\dot{I}_m$  的长短代表正弦电流的最大值， $\dot{I}_m$  与横轴正方向的夹角表示  $i$  的初相位  $\varphi$ ， $\dot{I}_m$  以角速度  $\omega$  逆时针方向旋转，这样，在任一瞬间，旋转矢量在纵轴上的投影就是该交流电流的瞬时值。

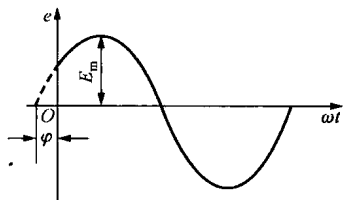


图 1-9 正弦交流电的波形图

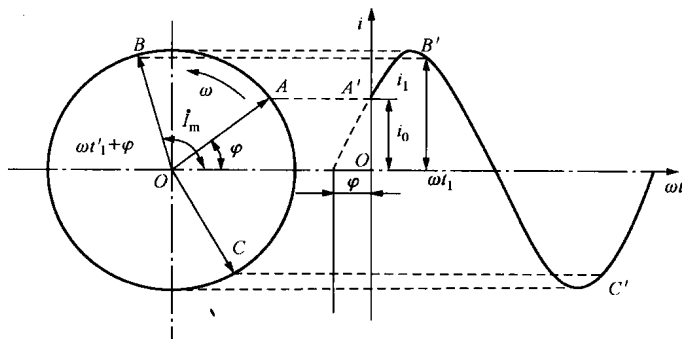


图 1-10 正弦电流的相量表示法

正弦量不是相量，只是用相量表示，相量本身也不是正弦量，它们之间只有对应关系，不能相等。已知正弦量可写出代表它的相量；反之，已知相量，也可以写出它所代表的正弦量。实际中常采用有效值相量，这样，每一个相量的长度不再是最大值，而是有效值，有效值相量用  $\dot{I}$ 、 $\dot{U}$ 、 $\dot{E}$  表示。

(2) 相量图。将几个同频率正弦量的相量画在同一坐标系中，所组成的图形称为相量图。作相量图时，实轴和虚轴一般都不画出，可以任选一个正弦量的相量，作为参考相量。在相量图上，参考相量的方向常选取与正实轴的方向一致，其他正弦量相量的初相应分别等于它们与参考相量的相位差。但只有同频率的正弦量才能画在同一相量图上，否则无法进行比较和运算。

(3) 相量的加、减运算。用相量图表示正弦交流电后，它们的加、减运算就可以按平行四边形法则进行。一般步骤是先画出各正弦量的相量，然后用平行四边形法则作出合成相量，最后用三角公式计算出结果。

## 4. 复数表示法

把一个表示正弦量的相量画在复平面上，相量便可以用复数表示，从而正弦量也就可以用复数来表示。这种用复数表示的方法便于正弦量运算。