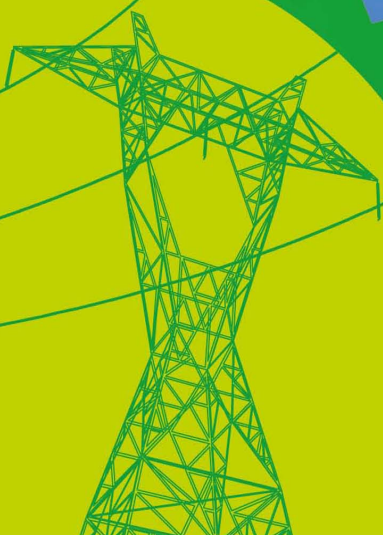


DIYA WUGONG BUCHANG SHIYONG JISHU

# 低压无功补偿 实用技术

程文卜贤成 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIYA WUGONG BUCHANG SHIYONG JISHU

# 低压无功补偿 实用技术

程文卜贤成 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书系统地讲述了无功补偿实用技术，明确给出了无功功率的定义，列举了功率因数如何确定无功补偿容量的多种计算方法，对无功电源如何最优分布和无功负荷如何最优补偿做了具体应用举例、讲解，并配一定的计算例题，更能帮助读者理解熟悉相关内容，具有很强的实用性。

本书可作为电力企业职工、乡镇农电工、企事业单位专职电工在职教育培训教材，也可供无功补偿装置设计、安装、运行、维护人员及高等院校相关专业师生阅读参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

低压无功补偿实用技术/程文，卜贤成编著. —北京：中国电力出版社，2011.10

ISBN 978-7-5123-2228-8

I. ①低… II. ①程…②卜… III. ①无功补偿 IV. ①TM714.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 212298 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 17.75 印张 238 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 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

解决资源战略问题，要有节能意识，必须下大力气节约能源。基于节约能源人人有责，作者以学习与工作中的积累编写了《低压无功补偿实用技术》一书，并仅以此作为在普及无功补偿技术的一项工作，本意在于抛砖引玉，愿更多人成为节约能源的一员。

本书共分十六章，主要内容有：交流电路中的无功功率；功率因数及电容器的无功补偿原理；提高功率因数的实际意义；提高功率因数的原则与方法；功率因数的几种基本计算方法；无功功率补偿容量的基础计算方法；电力变压器的功率因数及其无功补偿容量确定；异步电动机的功率因数及其补偿容量计算；交流电弧焊机与气体放电灯的无功功率补偿；无功功率补偿容量的优化配置；电网及 10kV 电力线路无功补偿；并网小水电无功不足及其补救措施；电网谐波与抑制电网谐波的措施；并联电容器的结构特点及其技术数据；无功补偿装置中电容器的保护；并联电容器安装与使用中的注意事项。各章节主题突出，既能独立成为系统，又相互联系贯穿，内容由浅入深，细致具体，其取材方面能做到物理概念的阐述和数学分析并重，以各种计算公式贯穿内容。本书给无功功率做了明确定义，列举了功率因数和如何确定无功补偿容量的多种计算方法，对无功电源如何最优分布和无功负荷如何最优补偿做了具体应用举例、讲解。

本书由程文和六安市电机工程学会舒城分会卜贤成同志共同编写。本书在编写和出版过程中得到了安徽电力舒城供电有限责任公司和安徽电力六安市供电公司、舒城县科协、县人事局、六安市机电工程学会等单位支持，《农村电工》杂志社编辑杨留名，舒城供电公司周霞、王祥林、许瑞生、张成生、王世应、王立胜、王少华、顾超、张鹏、魏征、卜晓晟、李爱群，六安市供电公司戴多兰等有关同志热情关怀和大力支持，在此表示

衷心的感谢。杜世桂同志包揽家务给予全力支持，为此也表示友好的谢意。

限于作者水平，本书内容可能存在疏漏和错误之处，故诚恳希望有关专家和读者给予批评指正。

作 者

2012 年 1 月

前言

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 正弦交流电路中的无功功率</b>     | 1  |
| 第一节 电能和电功率                  | 1  |
| 第二节 交流电路中的无功功率              | 2  |
| 第三节 正弦交流电路中电感线圈及电容器上的无功功率   | 4  |
| <b>第二章 功率因数及电容器的无功补偿原理</b>  | 7  |
| 第一节 功率因数的数理概念               | 7  |
| 第二节 对功率因数的一般要求              | 8  |
| 第三节 电容器的无功功率补偿原理及基本意义       | 11 |
| 第四节 功率因数表的正确接线              | 12 |
| 第五节 单相 220V 感性负载的无功电量表计接线分析 | 14 |
| <b>第三章 提高功率因数的实际意义</b>      | 20 |
| 第一节 提高供用电设备出力及减少其占用容量       | 20 |
| 第二节 减少负荷电流                  | 21 |
| 第三节 降低电能传输中的损耗              | 21 |
| <b>第四章 提高功率因数的原则与方法</b>     | 26 |
| 第一节 自然功率因数                  | 26 |
| 第二节 几种典型用电设备的自然功率因数         | 26 |
| 第三节 提高用电设备自然功率因数的方法         | 27 |
| 第四节 感性负载人工串联电阻、电感或电容运行情况分析  | 29 |
| 第五节 感性负载并联电阻、电感或电容运行情况分析    | 32 |
| <b>第五章 功率因数的几种基本计算方法</b>    | 35 |
| 第一节 依据负荷功率计算功率因数            | 35 |
| 第二节 利用电能计量表计计算功率因数          | 36 |

|            |                                           |           |
|------------|-------------------------------------------|-----------|
| 第三节        | 利用现场临时测量数据计算功率因数 .....                    | 38        |
| 第四节        | 利用图表查阅功率因数 .....                          | 41        |
| 第五节        | 其他情况下功率因数的计算 .....                        | 46        |
| <b>第六章</b> | <b>无功功率补偿容量的基础计算方法 .....</b>              | <b>51</b> |
| 第一节        | 无功功率补偿后最佳功率因数的确定原则 .....                  | 51        |
| 第二节        | 无功功率补偿容量原始计算方法 .....                      | 54        |
| 第三节        | 利用电能计费计量表计算无功补偿容量 .....                   | 57        |
| 第四节        | 利用图表求取无功补偿容量 .....                        | 59        |
| 第五节        | 按提高电压的要求确定无功补偿容量 .....                    | 60        |
| 第六节        | 按降低线损的要求确定无功补偿容量 .....                    | 60        |
| 第七节        | 电容器补偿无功功率投运中（属欠补、全补或过补）<br>状况的量计与判断 ..... | 61        |
| <b>第七章</b> | <b>电力变压器的功率因数及其无功补偿容量确定 .....</b>         | <b>64</b> |
| 第一节        | 电力变压器的相关参数 .....                          | 64        |
| 第二节        | 变压器空载时一次侧功率因数的分析计算及其无功<br>补偿容量 .....      | 66        |
| 第三节        | 变压器带有负载时一次侧功率因数的确定 .....                  | 68        |
| 第四节        | 高供低计配电变压器无功补偿容量计算 .....                   | 72        |
| 第五节        | 高供高计用户（配电变压器）无功补偿容量的计算 .....              | 77        |
| 第六节        | 配电变压器固定补偿无功功率经济效益分析 .....                 | 79        |
| <b>第八章</b> | <b>异步电动机的功率因数及其补偿容量计算 .....</b>           | <b>82</b> |
| 第一节        | 异步电动机的无功功率及其功率因数 .....                    | 82        |
| 第二节        | 电动机的自然功率因数的确定与提高 .....                    | 87        |
| 第三节        | 电动机的无功补偿技术 .....                          | 89        |
| 第四节        | 设计电动机无功就地补偿容量的原则和计算步骤 .....               | 90        |
| 第五节        | 电动机就地补偿无功功率并联电容器容量的计算 .....               | 93        |
| 第六节        | 确定电动机就地补偿无功功率容量的计算 .....                  | 103       |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第九章 交流电弧焊机与气体放电灯的无功功率补偿</b>    | 109 |
| 第一节 交流电弧焊机无功功率补偿                  | 109 |
| 第二节 荧光灯的无功功率补偿                    | 113 |
| 第三节 高压汞、钠灯的无功功率补偿                 | 118 |
| <b>第十章 无功功率补偿容量的优化配置</b>          | 124 |
| 第一节 电网无功负荷分布情况和无功补偿原则             | 124 |
| 第二节 无功补偿有关当量                      | 128 |
| 第三节 无功电源的最优分布——等网损微增率准则简介<br>及其应用 | 131 |
| 第四节 无功负荷的最优补偿——最优网损微增率准则<br>及其应用  | 136 |
| 第五节 电力变压器的等值电阻及电力线路星网电路等值<br>转换计算 | 140 |
| <b>第十一章 电网及 10kV 电力线路无功补偿</b>     | 143 |
| 第一节 电网无功优化补偿                      | 143 |
| 第二节 10kV 电力线路无功补偿情况分析与对策          | 146 |
| 第三节 10kV 电力线路无功补偿的配置              | 148 |
| 第四节 10kV 电网无功补偿简易配置               | 154 |
| <b>第十二章 并网小水电无功不足及其补救措施</b>       | 157 |
| 第一节 并网小水电无功考核现状及其弊端               | 157 |
| 第二节 小水电无功出力不足的根本原因                | 158 |
| 第三节 并网小水电无功不足的技术补救措施              | 161 |
| 第四节 并网小水电无功不足的管理补救措施              | 162 |
| 第五节 改进无功考核办法及无功电能价格政策             | 164 |
| <b>第十三章 电网谐波与抑制电网谐波的措施</b>        | 166 |
| 第一节 电网谐波与谐波的危害                    | 166 |
| 第二节 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 电路中谐振         | 169 |

|             |                               |     |
|-------------|-------------------------------|-----|
| 第三节         | 抑制电网谐波的简单措施·····              | 170 |
| 第四节         | 谐波对无功补偿装置的影响及串联电抗器抑制谐波·····   | 173 |
| 第五节         | 滤波电容器及利用滤波电容器抑制电网高次谐波·····    | 177 |
| 第六节         | 低通滤波器使用的滤波电容器选用计算·····        | 184 |
| 第七节         | 高频涌流及其限制·····                 | 187 |
| 第八节         | 交流滤波器的无功功率分配·····             | 193 |
| 第九节         | 交流滤波装置的设置·····                | 196 |
| <b>第十四章</b> | <b>并联电容器的结构特点及其技术数据</b> ····· | 205 |
| 第一节         | 并联电容器的结构概述·····               | 205 |
| 第二节         | 并联电容器的技术数据·····               | 209 |
| 第三节         | 并联电容器工频额定容量与标称电容值的换算·····     | 212 |
| 第四节         | 无功补偿电容器电流的计算·····             | 213 |
| 第五节         | 并联电容器的组合·····                 | 214 |
| 第六节         | 电容器的电容值简便测量·····              | 219 |
| 第七节         | 并联电容器损耗有功电能和输出无功电能的测量·····    | 220 |
| <b>第十五章</b> | <b>无功补偿装置中电容器的保护</b> ·····    | 225 |
| 第一节         | 控制保护设备和载流元件的选择·····           | 225 |
| 第二节         | 并联电容器的保护方案·····               | 227 |
| 第三节         | 并联电容器的过电压保护·····              | 234 |
| 第四节         | 并联电容器过负荷的产生及防止措施·····         | 236 |
| 第五节         | 过补偿的危害及主要预防措施·····            | 238 |
| 第六节         | 低压无功补偿如何避免投切振荡·····           | 240 |
| 第七节         | 无功补偿装置中电容器的放电回路·····          | 241 |
| 第八节         | 自愈式低压并联电容器的保护装置介绍·····        | 243 |
| <b>第十六章</b> | <b>并联电容器安装与使用中的注意事项</b> ····· | 247 |
| 第一节         | 并联电容器安装与使用中的安全要求·····         | 247 |
| 第二节         | 电动机无功补偿必须注意的问题·····           | 251 |

|           |                                      |     |
|-----------|--------------------------------------|-----|
| 第三节       | 并联电容器检修、测试工作中的安全与运行维护·····           | 255 |
| 第四节       | 10kV 电力线路无功补偿装置的接线方案与<br>注意事项·····   | 258 |
| <b>附录</b> | ·····                                | 261 |
| 附录 A      | 拉丁字母表·····                           | 261 |
| 附录 B      | 希腊字母表·····                           | 261 |
| 附录 C      | 汉语拼音字母表·····                         | 262 |
| 附录 D      | 常用导电材料的物理性质·····                     | 262 |
| 附录 E      | 几种常用电量单位的换算·····                     | 263 |
| 附录 F      | 某些常用量的量纲指数及实用单位·····                 | 263 |
| 附录 G      | 电学和磁学的量和单位符号·····                    | 264 |
| 附录 H-1    | 10kV S9 系列双绕组无励磁调压电力变压器<br>技术数据····· | 265 |
| 附录 H-2    | 10kV SZ9 系列双绕组有载调压电力变压器<br>技术数据····· | 265 |
| 附录 H-3    | 35kV S9 系列双绕组无励磁调压电力变压器<br>技术数据····· | 266 |
| 附录 H-4    | 35kV SZ9 系列双绕组有载调压电力变压器<br>技术数据····· | 266 |
| 附录 H-5    | 10kV S7 系列双绕组无励磁调压电力变压器<br>技术数据····· | 266 |
| 附录 I      | Y 系列三相异步电动机技术参数·····                 | 267 |
| 附录 J      | 并联电容器技术数据·····                       | 268 |
| 附录 K      | 功率因数调整电费计算表·····                     | 272 |
| 附录 L      | 功率因数调整电费计算公式表·····                   | 274 |

# 正弦交流电路中的无功功率

## 第一节 电 能 和 电 功 率

### 一、电能

我们知道，在电力系统及电力设备和实际生产、生活中，我们所需要的并不是电流本身，而是伴随电压、电流的电磁场能量，它就被广泛地称作“电能（量）”。

### 二、电功率

电功率是用来衡量电能转换（成其他形式能，其中也包含电能）速度的物理量。其数值等于单位时间（1s）内电路通过的电荷总量所转换的电能。

众所周知，在直流电路中，电路的电功率可表示为

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

式中  $P$ ——电路的电功率，W 或 kW；

$U$ ——电路的电压，V 或 kV；

$I$ ——电路的电流，A。

### 三、电路吸收功率和发出功率的定义

在式（1-1）中的电流和电压的方向，即使是直流，但当选定电流的方向为正方向（参考量）时，则电压的方向相对电流来讲有两种可能，即可能与电流同方向，也可能与电流反方向。这样一来，式（1-1）的值就有可能为正也有可能为负，因此，电工学中规定：在一段电路中，如果电



流  $I$  和电压  $U$  正方向相同, 即  $P$  为正值时, 则表示该段电路吸收功率; 反之, 如果二者方向相反, 即  $P$  为负值时, 则表示该段电路发出功率。

图 1-1 所示为一简单电路。当接通电源时, 对于外电路 ARB 上的电

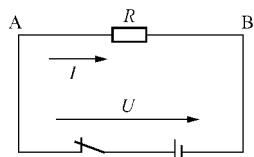


图 1-1 简单电路图

流  $I$  和电压  $U$  方向相同, 则表示外电路 ARB 吸收电功率 (交换为电阻  $R$  的热能)  $P$ 。但对于电源而言, 电流的方向和电压的方向相反, 则表示电源发出功率  $P$ 。由此可见, 实验中的情况与电工学中的上述规定是完全符合的, 它体现了能量的守恒。

## 第二节 交流电路中的无功功率

### 一、交流电路上的“电生场”和“场生电”

在物理学或电工学里我们知道, 在交流电路中, 变压器等电感线圈是通过电磁感应交换能量完成工作的, 而电容器是通过极板间的电场实现电能和场能的交换而完成工作的。在这种交换的过程中不断地把电能交换成场能 (磁场能或电场能), 而后再把这种场能交换成电能 (或其他形式的能), 即如同在解释电磁感应现象时所说成的“电生磁场 (电场) 和磁场 (电场) 生电”。

我们还知道, 理想的电感线圈、电容器在交换能量时, 即工作的过程中, 它们在一个周期内吸收的电源电功率 (完全交换成电、磁场的能量) 等于 (这种) 电磁场 (能量) 释放 (再交换成) 电能的功率, 也就是说他们 (电感线圈和电容器) 不消耗功率 (能量)。这样在一个周期内外电源的能量与电、磁场能量交换的功率的代数和 (平均功率) 等于零。

### 二、无功功率

#### 1. 广义上的无功功率

由以上所述, 可知由于它们 (电感线圈、电容器) 在 (能量交换) 工

作中的每个瞬间只存在着吸收或释放（发出）能量的交换形式的一种，即电能交换成场能或场能交换为电能，也就是说瞬时（电）功率都不一定为零。

电工学中把交流电路上（这种）在能量交换中，外电源的电能交换为电、磁场的能量，并且这种电、磁场能又可逆交换为电能，而且在一个周期内交换的平均功率等于零的瞬时电功率（只是完成交换工作的功率）广义上被叫做无功功率。它表示有能量交换，但不消耗功率，并且只有在交流电路中它才有确切的物理意义；它是电路中储能元件与电路中电源间交换的功率。

无功功率有感性无功功率和容性无功功率之分，这个问题我们将在后面再作介绍。

## 2. 狭义上的无功功率

瞬时无功功率的振幅值（极大值）代表电源能量转换为电、磁场能量的最大速率（可逆情况也是一样），它具有前面讲的电功率的特点——量纲，且与电阻电路中的计算方法相同（具体计算后面另有叙述）。为了使我们的讨论问题简单、具体、统一，本书我们所讲的无功功率，也即是通常所讲的无功功率，均是单指以上能量交换瞬时电功率的振幅（极大）值或其有效值。

## 3. 无功功率的单位

无功功率的单位本也可用瓦特（W 或 kW）表示，但因它实际上并不是“有效功率”，只是建立电、磁场的“没有效”的功率，故为了区别起见，把它的单位叫做无功伏安，或其音释为“乏”，有时也用字母 var 表示，扩大 1000 倍即为无功千伏安，通常用“千乏”或 kvar 表示。

相对应，我们就称通常所说的交流电路中的平均功率（指做有效功的）为有功功率，或叫实际功率。为区别记忆，通常用拉丁字母“P”表示有功功率，而另用拉丁字母“Q”表示无功功率。



### 三、交流电网中存在和需要无功功率

电力系统运行时,在电能的输送和转换过程中,许多电磁现象及电磁作用都是借助无功功率来进行(工作)的,例如,我们大量使用的电力变压器、电动机、镇流器、电容器等电气设备,这些设备大多是按照电磁感应原理制作的,它们在工作时,必须向电网吸收无功功率,建立工作磁场或电场,因此我们说交流电网中存在和需要无功功率。

### 第三节 正弦交流电路中电感线圈及电容器上的无功功率

我们知道,所谓正弦交流电,就是电路中的电流和电压随时间按正弦函数规律变化,我们常简称为交流电及交流电路。

#### 一、正弦交流电路中电感线圈的感性无功功率

若令交流电路中的电流为参考正弦量(即初相位角为零),而由电工学理论知道,纯电感(理想电感没有电阻)电路中电流滞后电压 $90^\circ$ 的相位角差,则电感电路的瞬时功率可写成

$$\begin{aligned} q_L &= ui = U_m \sin(\omega t + \pi/2) I_m \sin(\omega t) \approx U_m \sin(\omega t) I_m \sin(\omega t) \\ &= 1/2 U_m I_m \sin(2\omega t) \end{aligned} \quad (1-2)$$

$$\text{其中} \quad \omega = 2\pi f (\text{rad/s}) \quad (1-3)$$

式中  $q_L$ ——电感电路(以下简称电路)上的瞬时无功功率, kvar;

$u$ ——电路中的交流电压的瞬时值, kV;

$i$ ——电路中交流电流的瞬时值, A;

$U_m$ ——电路上的交流电压的幅值, kV;

$I_m$ ——电路上的交流电流的幅值, A;

$\omega$ ——交变电源的角频率或角速度, rad/s;

$f$ ——交变电源的频率(周波)或赫兹(1/s 或 Hz);

$t$ ——时间, s;

$\pi$ ——约等于 3.14, rad;

$\sin(\omega t)$  ——三角函数的正弦符号。

式 (1-2) 是一个关于时间的正弦函数。在数学知识里我们知道, 正弦函数  $U_m I_m \sin(2\omega t)$  的值在自己的上半周为正, 下半周为负。也就是说, 它在自己的上半周期 (电源的第一个  $1/4$  周期) 内吸收功率, 而在其下半周期 (电源的第二个  $1/4$  周期) 内却发出功率。其变化频率为电源频率的两倍, 它说明电感线圈上的功率在电源的一个周期内完成两个周期变化。也就是说完成吸收、发出, 再吸收、发出两个循环。

由上述可见式 (1-2) 具有无功功率的特征 (定义), 因此这种功率是无功功率。又因为电感电路中电流滞后电压  $90^\circ$ , 按惯例, 电工学中命名此种无功功率为“感性无功功率”。

为了衡量这种功率的大小, 必须计算它, 习惯上常用式 (1-2) 的极大值或有效值表示, 电感上的无功功率常用  $Q_L$  表示, 即有

$$Q_L = 1/2 U_m I_m = UI = I^2 X_L = U^2 / X_L \quad (1-4)$$

$$\text{其中} \quad X_L = \omega L = 2\pi fL \quad (1-5)$$

式中  $Q_L$  ——电感线圈的无功功率, kvar;

$U$  ——交变电压的有效值, kV;

$I$  ——交变电流的有效值, A;

$X_L$  ——电感线圈的感抗,  $\Omega$ ;

$L$  ——电感线圈的电感, H。

## 二、正弦交流电路中电容器的容性无功功率

在电容器电路中的能量交换是电源的电能与电容器中的电场能 (量) 的交换。同样由试验证明, 在理想电容器的电路中, 电流超前于电压  $90^\circ$  的相位角差, 若仍令电流为参考向量, 则电容器电路的瞬时功率可以写成

$$q_C = ui = U_m \sin(\omega t - \pi/2) I_m \sin(\omega t) = -U_m \sin(\pi/2 - \omega t) \cdot I_m \sin(\omega t)$$



$$\begin{aligned}
 &= -U_m \cos(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = -1/2 U_m I_m \sin(2\omega t) \\
 &= -1/2 U_m I_m \sin(2\omega t) \\
 &= -UI \sin(2\omega t) \quad (1-6)
 \end{aligned}$$

式中  $q_c$ ——电路上电容器的瞬时无功功率, kvar。

将式 (1-6) 与式 (1-2) 比较可以发现, 其形式基本相同, 只是式 (1-6) 前面多了一个负号, 显而易见, 在电容器电路中, 这种功率 ( $q_c$ ) 在自己的上半周期 (电源第一个 1/4 周期) 内发出功率, 而在其下半周期 (电源第二个 1/4 周期) 内却吸收功率, 这正好与电感电路中的情况相反。即在电源的一个周期内完成发出、吸收, 再发出、吸收两个循环周期,  $q_c$  也符合无功功率的定义, 因此式 (1-6) 也表示无功功率。

同样, 为了衡量这种不断变化功率的大小, 常用式 (1-6) 的极大值或有效值来表示, 即

$$Q_c = -1/2 U_m I_m = -UI = -I^2 X_c = -U^2 / X_c \quad (1-7)$$

$$\text{其中} \quad X_c = I / (\omega C) = 1 / (2\pi f C) \quad (1-8)$$

式中  $Q_c$ ——电容器的无功功率, kvar;

$X_c$ ——电容器的容抗,  $\Omega$ ;

$U$ ——交变电压有效值, kV;

$C$ ——电容值, F。

## 功率因数及电容器的无功补偿原理

### 第一节 功率因数的数理概念

功率因数在电力企业中又叫力率。功率因数是电力企业中的一重要考核指标。那么，功率因数到底是什么？它又是如何影响电力企业和工业企业等电力用户的效益呢？这些都是我们从事电业工作的员工及企业主管者们不可模糊的专业知识。

#### 一、感性电路的定义

在通常的交流电路中，由于总是有电感、电容和电阻存在，而在电工学中我们已经知道，在这样的电路中电流和电压之间必然存在着相位差，即相角，其常用希腊字母  $\varphi$  表示。当是纯电阻电路时  $\varphi=0$ 。按电工学惯例，一般常将电路视作感性电路，也就是说，电流将滞后电压有一个相位角  $\varphi$ ，如果  $\varphi$  角为负值，则表明电路实质为容性电路。

#### 二、功率因数的数理概念

由图 2-1 功率三角形可知，在数值上功率因数为有功功率  $P$  和视在功率  $S$  的比值，即有

$$\cos\varphi = P/S \quad (2-1)$$

式中  $P$ ——某一系统（或线路，或某独立）负载的有功功率，kW；

$S$ ——对应于  $P$  的系统的视在功率，kVA；

$\varphi$ ——相角；

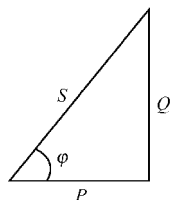


图 2-1 功率三角形