

授课教材：电工电子技术基础与技能

授课内容：4.4.3 功率因数的提高





- 1) 电路的阻抗最小, 总阻抗等于  $RLC$  串联电路的电阻  $R$ 。
- 2) 电路中的电流最大, 谐振电流为

$$I_0 = \frac{U}{Z_0} = \frac{U}{R}$$

【串联谐振在电力上的危害】在电力工程上要防止串联谐振的发生, 因为在电力电网上, 存在着大量的电感和电容 (电感为电动机、电感线圈等, 电容为功率因数补偿电容器、容性负载等), 如果电路发生谐振, 产生的高电压会将电容或电感的绝缘介质击穿, 造成设备损坏。



### 巩固与提高

#### 1. 填空题

- (1) 在  $RL$  串联电路中, 若已知  $U_R = 6V$ ,  $U = 10V$ , 则电压  $U_L =$  \_\_\_\_\_  $V$ 。
- (2) 在  $RLC$  串联电路中, 当  $X_L > X_C$  时, 电路呈 \_\_\_\_\_ 性; 当  $X_L < X_C$  时, 电路呈 \_\_\_\_\_ 性; 当  $X_L = X_C$  时, 电路呈 \_\_\_\_\_ 性。
- (3) 一个  $RLC$  串联谐振电路,  $\omega = 1000 \text{ rad/s}$ ,  $C = 100 \mu\text{F}$ , 则  $L =$  \_\_\_\_\_  $H$ 。

#### 2. 判断题

- (1)  $RL$  串联电路中阻抗是电阻和电感对交流电呈现的阻碍作用。 ( )
- (2)  $RL$  串联电路中, 电阻、电感和阻抗构成阻抗三角形。 ( )
- (3) 在  $RC$  串联电路中, 电路呈容性。 ( )

## 4.4 电能测量与节能

### 4.4.1 电能的测量

电流做功所消耗电能的多少可以用电功来度量, 电功的计算公式为

$$W = UIt = Pt$$

电能 (或电功) 用电能表来计量。交流电能表是累计用户一段时间内消耗电能多少的仪表。电能表按原理划分为感应式和电子式两大类。

感应式电能表结构简单、价格低廉、直观、动态连续、停电不会丢数据。按用途可分为单相电能表、三相三线电能表和三相四线电能表。其中, 单相电能表主要用于计量一段时间内家庭的所有电器用电量的总和, 而三相电能表则常用于计量电站、厂矿和企业的用电量。



### 小提示

#### 分时计费

❖ 为缓解我国日趋尖锐的电力供需矛盾, 调节负荷曲线, 改善用电量不均衡的现象, 全面实行峰、平、谷分时电价制度, “削峰填谷”, 提高全国的用电效率, 合理利用电力资源, 国内部分省市的电力部门已开始逐步推出了多费率电能表, 对用户的用电量分时计费。





**例 4-12** 某电烤箱的额定电压为 220V，额定功率为 1000W，把它接到 220V 的工频交流电源上工作。求电烤箱的电阻值和电流。如果连续使用 0.5h，它所消耗的电能是多少？

**解：**电烤箱接在 220V 交流电源上，它工作在额定状态，这时流过的电流就是额定电流，将电烤箱看成纯电阻负载，所以

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{1000}{220} \text{ A} \approx 4.55 \text{ A}$$

它的电阻值为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4.55} \Omega \approx 48.4 \Omega$$

工作 0.5h 消耗的电能为

$$W = Pt = 1000 \times 0.5 \text{ W} \cdot \text{h} = 0.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

即 0.5 度。

#### 4.4.2 节能

电能是人们日常生活和企业生产必不可少的能源。随着人们生活水平的提高，电力供需矛盾日益突出，节约用电是缓解供电紧张的当务之急。

环保专家算过一笔账，按火力发电计算，每节约一度电就相当于节省 0.4kg 的标准煤和 4L 纯净水，同时减少 0.272kg 炭粉尘、0.997kg 二氧化碳和 0.03kg 二氧化硫的排放。

日常生活中的电能消耗主要是家用电器，每个人都应该有节电的意识，并应从小处做起。如：选用节能灯，如果每个家庭换上一只节能型荧光灯，那么全国每年就能相应减少 10% 的照明用电；选择节能型家电；合理使用空调器，据专家测算，一台 1.5 匹<sup>①</sup>分体式单冷空调器，如果温度调高 1℃，按运行 10h 计算能节省 0.5kW·h；把电视机的音量和亮度调至最佳状态，音量过大、亮度过强都会过度消耗电能；电冰箱应放在阴凉通风处，使用时尽量减少开门次数和时间；避免计算机、电视、热水器等长期处于待机状态；在离开办公室、教室等公共场合时，要随手关灯，等等。

对于企业节约用电，要从管理和技术上对用电进行改革，要制定相应的规章制度，严格控制电能的使用；加强照明管理，确保照明设施的有效利用，避免浪费；合理利用工业余热进行生产活动。

节约用电，提高电能的利用率，从我做起，从身边的小事做起，让节约成为一种社会责任。



#### 知识拓展

##### 中国能效标识

能效标识又称能源效率标识，是附在耗能产品或其最小包装物上，表示产品能源效率等级等性能指标的一种信息标签，目的是为用户和消费者的购买决策提供必要的信息，以引导和帮助消费者选择高能效节能产品。

目前已有 100 多个国家和地区实施了能效标识制度。能效标识为背部有黏性的、顶部标有“中国能效标识”（CHINA ENERGY LABEL）字样蓝白背景的彩色标签，一般粘贴在产品的正面面板上，分为 1、2、3、4、5 共 5 个等级：等级 1 表示产品达到国际先进水平，最

① 1 匹 = 1 马力 = 735.499W。



节电,即耗能最低;等级2表示比较节电;等级3表示产品的能源效率为我国市场的平均水平;等级4表示产品能源效率低于市场平均水平;等级5是市场准入指标,低于该等级要求的产品不允许生产和销售。

世界各国都通过制定和实施能效标准、推广能效标识制度来提高用能产品的能源效率,促进节能技术进步,进而减少有害物的排放和保护环境。

以空调能效标识为例,上面的信息包括:产品的生产者名称、规格型号、能效等级、能效比、输入功率、制冷量、依据的国家标准号,如图4-62所示。其中“输入功率”表明了空调在标准工况下工作时单位时间所要消耗的电能,“制冷量”则是表示空调在标准工况下的制冷能力,“能效比”则可以由前两者计算得出:能效比=制冷量/输入功率。

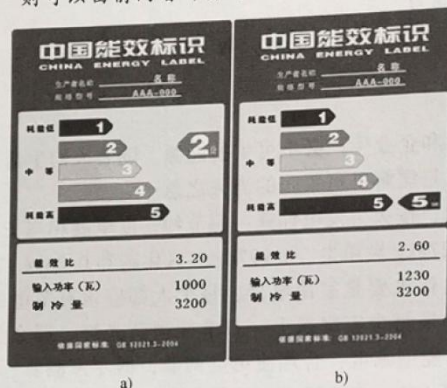


图4-62 中国能效标识

a) 空调A b) 空调B

#### 4.4.3 功率因数的提高

##### 1. 功率因数提高的意义

功率因数是指用电负荷的有功功率与视在功率的比值。功率因数的大小与电路的负载性质有关,如白炽灯、电阻炉等电阻性负载的功率因数为1,一般具有电感或电容性负载的电路功率因数都小于1。电力用户用电设备,如变压器、异步电动机、电力线路等,除从电力系统吸取有功功率外,还要吸取无功功率,完成电磁能量的相互转换,才能做功。电路的无功功率大,降低了设备容量的利用率,也增加了电力系统输电过程中的有功功率损耗。所以供电部门对用电单位的功率因数有一定的标准要求。

功率因数低会引起以下不良后果:

1) 电源设备的容量不能得到充分利用。发电机、变压器等电源设备在保证其输出的电压和电流不超过额定值的情况下,  $\cos\varphi$  越低,发电设备输出的有功功率就越小,设备容量利用越不充分。如一台容量为  $100\text{kV}\cdot\text{A}$  的变压器,若负载的  $\cos\varphi=1$ ,则此变压器就能输出  $100\text{kW}$  的有功功率;若  $\cos\varphi=0.5$ ,则此变压器只能输出  $50\text{kW}$  的有功功率,说明变压器的容量不能被充分利用。

2) 增加了电路上的功率损耗和电压降。根据电流  $I=\frac{P}{U\cos\varphi}$ ,当电路的有功功率  $P$  和电





压  $U$  一定时,  $\cos\varphi$  越小, 电路中电流就越大, 这就增加了电路和设备上的功率损耗。

因此, 提高电路的功率因数对合理科学地使用电能、提高设备利用率和节约电能有着重要意义。

## 2. 功率因数提高的方法

提高功率因数并非改变用电设备本身的功率因数, 而是在保证负载正常工作不受影响的前提下, 提高整个电路的功率因数。

1) 提高自然功率因数。自然功率因数是在没有任何补偿情况下, 用电设备的功率因数。提高自然功率因数的方法有:

- ① 合理选择电动机容量, 防止“大马拉小车”。
- ② 避免电动机或设备空载运行。
- ③ 合理配置变压器, 恰当地选择其容量。

2) 采用人工补偿无功功率。实际中可使用电路电容器或调相机, 一般多采用在感性负载两端并联电容器的方法补偿无功功率, 提高电路的功率因数。

并联电容器的补偿方法又分为:

① **个别补偿**。适用于低压网络, 优点是补偿效果好, 缺点是电容器利用率低。如在荧光灯电路的输入端并联一个合适的电容器  $C$ , 就可以使该电路的功率因数由 0.5 提高到 0.9。

② **分组补偿**。实际中将电容器分别安装在各车间配电盘的母线上。特点是电容器利用率较高且补偿效果也较理想。

③ **集中补偿**。把电容器组集中安装在变电所的一次或二次侧的母线上。在实际中会将电容器接在变电所的高压或低压母线上, 电容器组的容量按配电所的总无功负荷来选择。特点是电容器利用率高, 但不能减少用户内部配电网络的无功负荷。



## 巩固与提高

### 1. 填空题

- (1) 交流电路中的有功功率用符号 \_\_\_\_\_ 表示, 其单位是 \_\_\_\_\_ 或 \_\_\_\_\_。
- (2) 交流电路中的无功功率用符号 \_\_\_\_\_ 表示, 其单位是 \_\_\_\_\_。
- (3) 电能用 \_\_\_\_\_ 来计量。

### 2. 单选题

- (1) 交流电路中, 提高功率因数的目的是 ( )。
  - A. 增加电路的功率损耗
  - B. 增加负载的输出功率
  - C. 降低设备的利用率
  - D. 提高电源利用率
- (2) 为提高功率因数, 常在感性负载两端 ( )。
  - A. 并联电抗器
  - B. 串联电抗器
  - C. 并联电容器
  - D. 串联电容器

## 实训 4-4 照明电路配电板的安装

### 实训目标

- 1) 掌握单相电能表的工作原理;