

# 电工技术与电子技术



## 第4章 正弦交流电路

主讲教师：刘玉英



# 功率因数的提高

主讲人：刘玉英





## 功率因数的提高

### 主要内容:

功率因数的概念；功率因数低的原因；提高功率因数的方法。

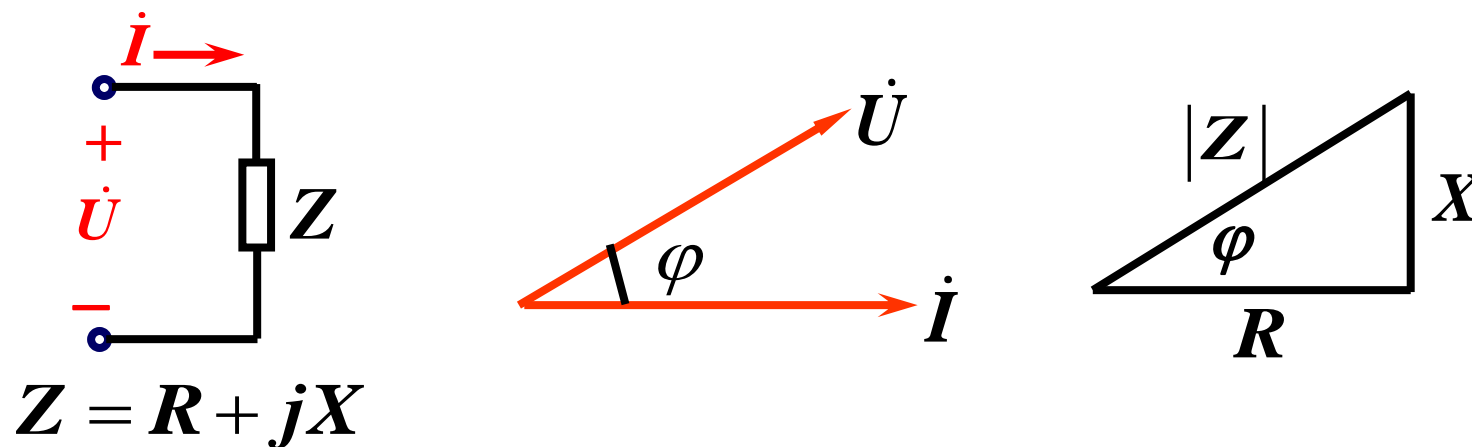
### 重点难点:

提高功率因数后原支路的工作状态；所并电容大小的计算。



## 1. 功率因数 $\cos \varphi$ ：对电源利用程度的衡量。

$\varphi$  的意义：电压与电流的相位差，阻抗的辐角



当  $\cos \varphi < 1$  时，电路中发生能量互换，出现无功功率  $Q = UI \sin \varphi$ ，这样引起两个问题：



## (1) 电源设备的容量不能充分利用

$$S_N = U_N \cdot I_N = 1000 \text{ kV} \cdot \text{A}$$

若用户： $\cos \varphi = 1$  则电源可发出的有功功率为：

$$P = U_N I_N \cos \varphi = 1000 \text{ kW}$$

无需提供的无功功率。

若用户： $\cos \varphi = 0.6$  则电源可发出的有功功率为：

$$P = U_N I_N \cos \varphi = 600 \text{ kW}$$

而需提供的无功功率为： $Q = U_N I_N \sin \varphi = 800 \text{ kvar}$

所以 提高  $\cos \varphi$  可使发电设备的容量得以充分利用



## (2) 增加线路和发电机绕组的功率损耗

设输电线和发电机绕组的电阻为  $r$  :

要求:  $P = UI \cos \varphi$  ( $P$ 、 $U$ 定值)时

$$I \uparrow = \frac{P}{U \cos \varphi \downarrow} \left\{ \begin{array}{l} \Delta P \uparrow = I^2 \uparrow r \quad (\text{费电}) \\ I \uparrow \rightarrow S \uparrow \quad (\text{导线截面积}) \end{array} \right.$$

所以提高  $\cos \varphi$  可减小线路和发电机绕组的损耗。

所以提高电网的功率因数对国民经济的发展有重要的意义。

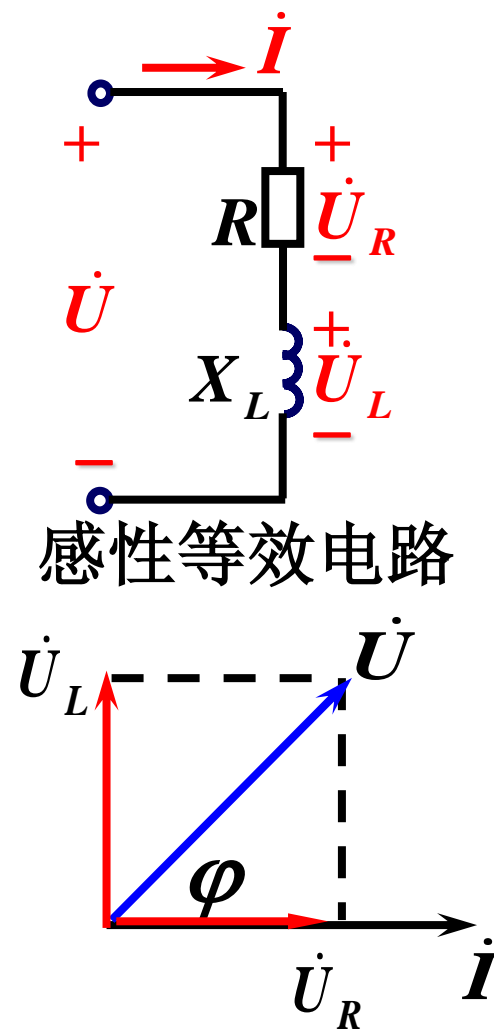
## 2. 功率因数 $\cos \varphi$ 低的原因

日常生活中多为感性负载---如电动机、日光灯，其等效电路及相量关系如下图。

$$L \uparrow \Rightarrow \omega L \uparrow \Rightarrow \varphi \uparrow \Rightarrow \cos \varphi \downarrow \Rightarrow I \uparrow$$

供电局一般要求用户的  
否则受处罚。

$$\cos \varphi > 0.9$$





## 2. 功率因数 $\cos \varphi$ 低的原因

例：40W220V白炽灯  $\cos \varphi = 1$

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

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} \text{ A} = 0.182 \text{ A}$$

40W220V日光灯  $\cos \varphi = 0.5$

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{40}{220 \times 0.5} \text{ A} = 0.364 \text{ A}$$







## 常用电路的功率因数

纯电阻电路	$\cos \varphi = 1 \quad (\varphi = 0)$
纯电感电路或 纯电容电路	$\cos \varphi = 0 \quad (\varphi = \pm 90^\circ)$
$R$ - $L$ - $C$ 串联电路	$1 > \cos \varphi > 0$ $(-90^\circ < \varphi < +90^\circ)$
电动机 空载 电动机 满载	$\cos \varphi = 0.2 \sim 0.3$ $\cos \varphi = 0.7 \sim 0.9$
日光灯 ( $R$ - $L$ 串联电路)	$\cos \varphi = 0.5 \sim 0.6$



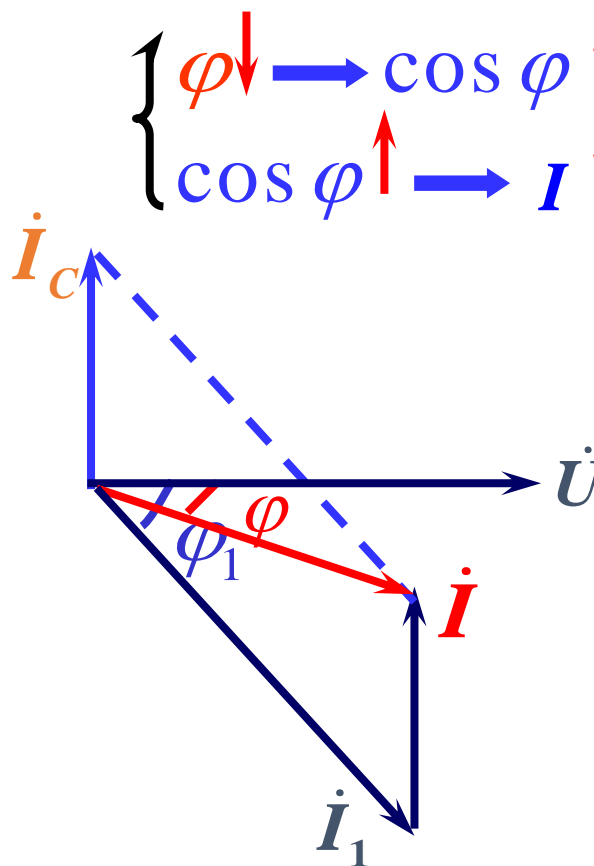
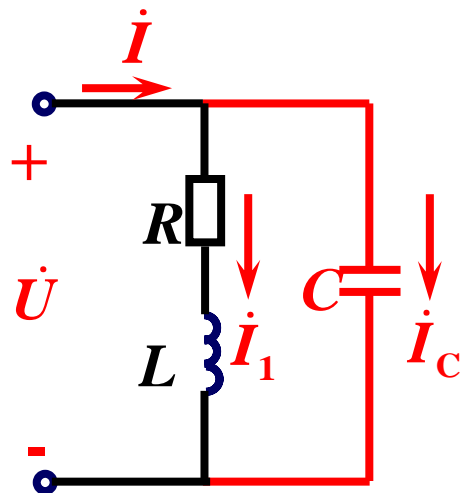
## 3.功率因数的提高

### (1) 提高功率因数的原则

必须保证原负载的工作状态不变。即：加至原负载上的电压和负载的有功功率不变。

### (2) 提高功率因数的措施

在感性负载两端并电容



## 3. 功率因数的提高

并联电容  $C$  后

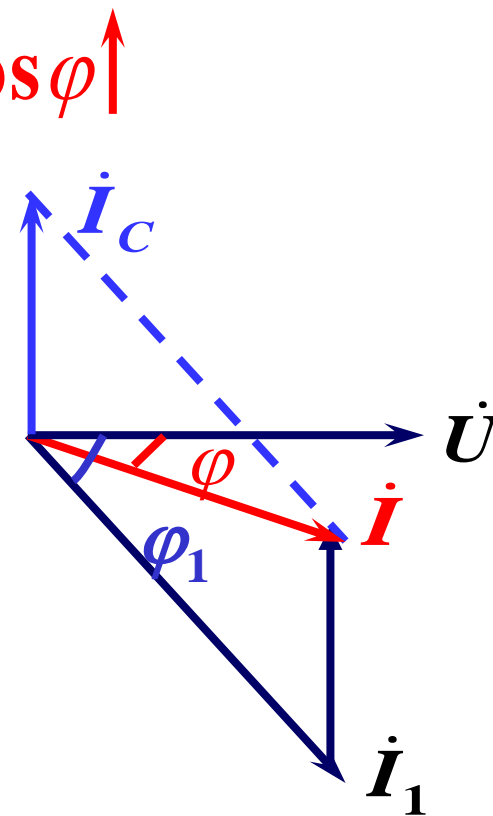
(1) 电路的总电流  $I \downarrow$ ，电路总功率因数  $\cos \varphi \uparrow$

(2) 原感性支路的工作状态不变：

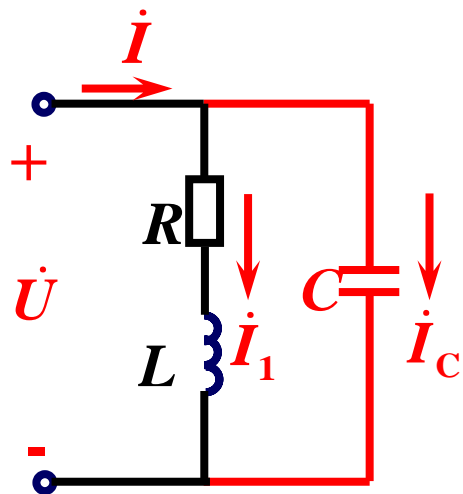
$\begin{cases} \text{感性支路的功率因数 } \cos \varphi_1 \text{ 不变} \\ \text{感性支路的电流 } I_1 \text{ 不变} \end{cases}$

(3) 电路总的有功功率不变

因为电路中电阻没有变，  
所以消耗的功率也不变。



## 4. 并联电容值的计算



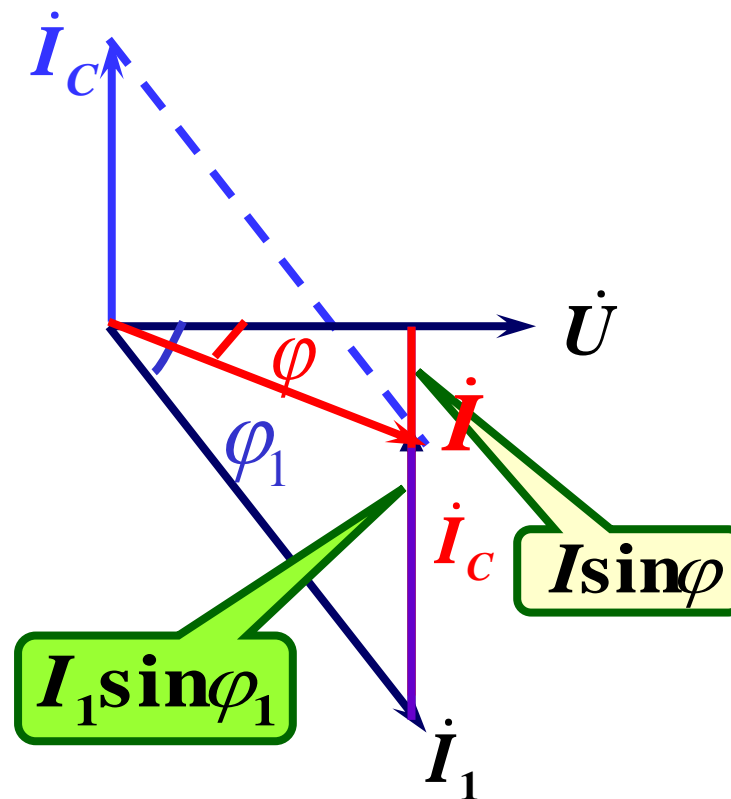
由于  $I_C = U\omega C$

由相量图可得

$$I_C = I_1 \sin \varphi_1 - I \sin \varphi$$

$$\text{即: } U\omega C = I_1 \sin \varphi_1 - I \sin \varphi$$

相量图:





## 4. 并联电容值的计算

$$U \omega C = \frac{P}{U \cos \varphi_1} \sin \varphi_1 - \frac{P}{U \cos \varphi} \sin \varphi$$

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi)$$





**例1** 一感性负载，其功率 $P = 10\text{kW}$ ， $\cos\varphi = 0.6$ ，接在电压 $U = 220\text{V}$ ， $f = 50\text{Hz}$ 的电源上。

- (1) 如将功率因数提高到 $\cos\varphi = 0.95$ ，需要并多大的电容 $C$ ，求并 $C$ 前后的线路的电流。
- (2) 如将 $\cos\varphi$ 从0.95提高到1，试问还需并多大的电容 $C$ 。

**解：** (1) 
$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan\varphi_1 - \tan\varphi)$$

$$\cos\varphi_1 = 0.6, \text{ 即 } \varphi_1 = 53^\circ$$

$$\cos\varphi = 0.95, \text{ 即 } \varphi = 18^\circ$$

$$C = \frac{10 \times 10^3}{314 \times 220^2} (\tan 53^\circ - \tan 18^\circ) \text{ F} = 656 \mu\text{F}$$





求并C前后的线路电流

$$\text{并C前: } I_1 = \frac{P}{U \cos \varphi_1} = \frac{10 \times 10^3}{220 \times 0.6} \text{ A} = 75.6 \text{ A}$$

$$\text{并C后: } I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{10 \times 10^3}{220 \times 0.95} \text{ A} = 47.8 \text{ A}$$

(2)  $\cos \varphi$  从0.95提高到1时所需增加的电容值

$$C = \frac{10 \times 10^3}{314 \times 220^2} (\tan 18^\circ - \tan 0^\circ) \text{ F} = 213.6 \mu \text{ F}$$

可见： $\cos \varphi \approx 1$ 时再继续提高，则所需电容值很大(不经济)，所以一般不必提高到1。





**例2:** 已知电源 $U_N = 220\text{V}$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ,  $S_N = 10\text{kV}\cdot\text{A}$   
向 $P_N = 6\text{kW}$ ,  $U_N = 220\text{V}$ ,  $\cos\varphi_N = 0.5$ 的感性负载供电,

- (1) 该电源供出的电流是否超过其额定电流?
- (2) 如并联电容将  $\cos\varphi$  提高到0.9, 电源是否还有富裕的容量?

**解:** (1) 电源提供的电流为

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{6 \times 10^3}{220 \times 0.5} \text{ A} = 54.54 \text{ A}$$

电源的额定电流为

$$I_N = \frac{S_N}{U_N} = \frac{10 \times 10^3}{220} \text{ A} = 45.45 \text{ A}$$







例2: 所以  $I > I_N$

该电源供出的电流超过其额定电流。

(2) 如将  $\cos\varphi$  提高到0.9后, 电源提供的电流为

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{6 \times 10^3}{220 \times 0.9} \text{ A} = 30.3 \text{ A}$$

所以  $I < I_N$

该电源还有富裕的容量。即还有能力再带负载；所以提高电网功率因数后，将提高电源的利用率。



## 小 结

1. 功率因数的概念
2. 功率因数低的原因
3. 提高功率因数的方法

在感性负载的两端并联电容

