



湖南三一工业职业技术学院
HUNAN SANY POLYTECHNIC COLLEGE

第二章 正弦交流电路及其应用





第四节 功率因数的提高

重点内容:

功率因数的概念意义

功率因数提高的方法

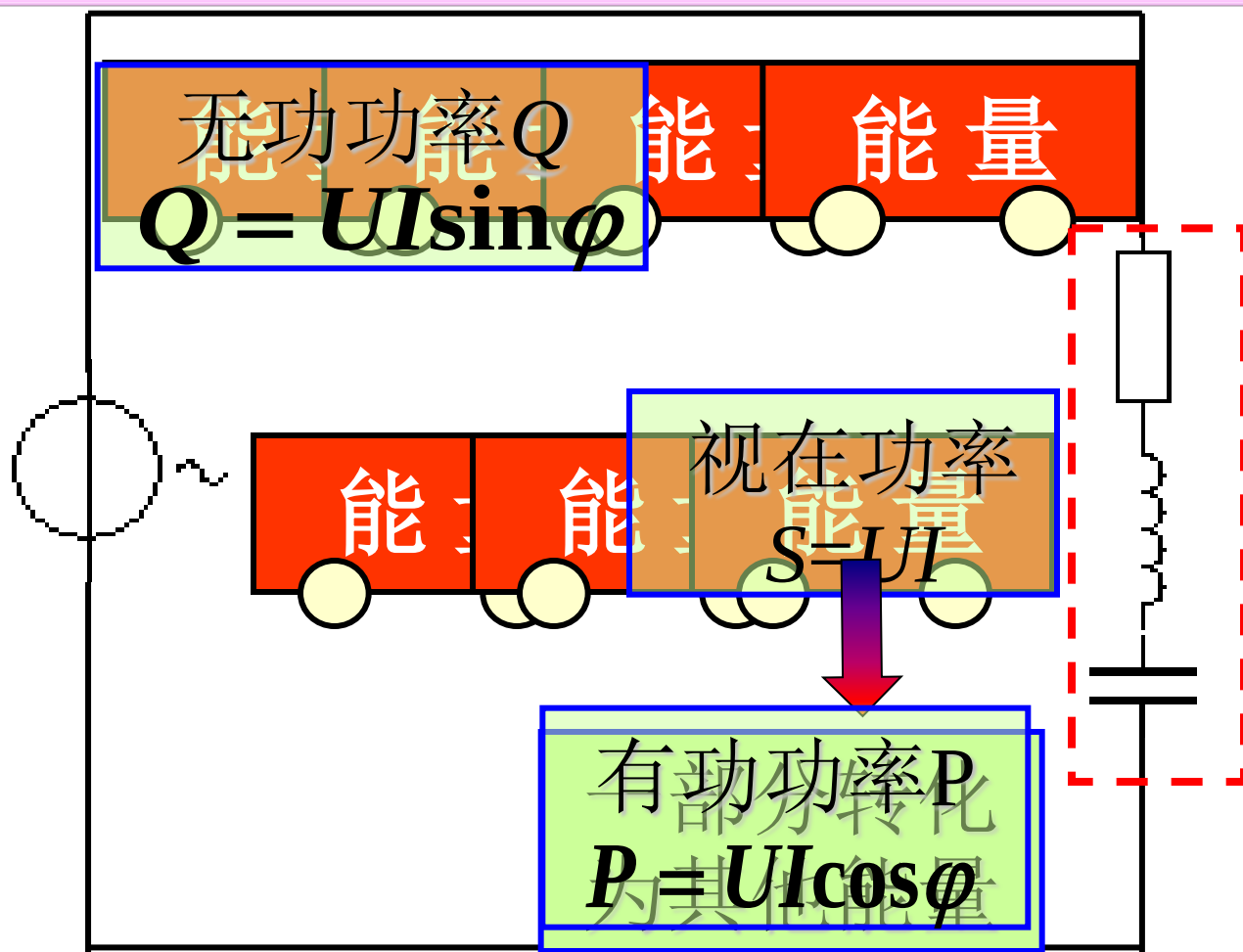
难点内容:

功率因数提高的方法



知识点回顾

有功功率、无功功率、视在功率





功率因数的概念

功率因数——电路中有功功率与视在功率的比值。

$$\lambda = \cos \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{UI}$$

纯阻元件: $\cos \varphi = 1$

感性、容性负载: $\cos \varphi < 1$



功率因数提高的意义

(一) 使电源设备得到充分利用

视在功率转换成有功功率的程度

例：已知某发电机的视在功率为1000KVA。

(1) 若 $\cos \varphi = 1$

能发出(1000) KW的有功功率

(2) 若 $\cos \varphi = 0.7$

只能发出(700) KW的有功功率

所以 提高 $\cos \varphi$ 可使发电设备的容量得以充分利用



例：视在功率 $S_N = U_N \cdot I_N = 1000 \text{ kV} \cdot \text{A}$

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：

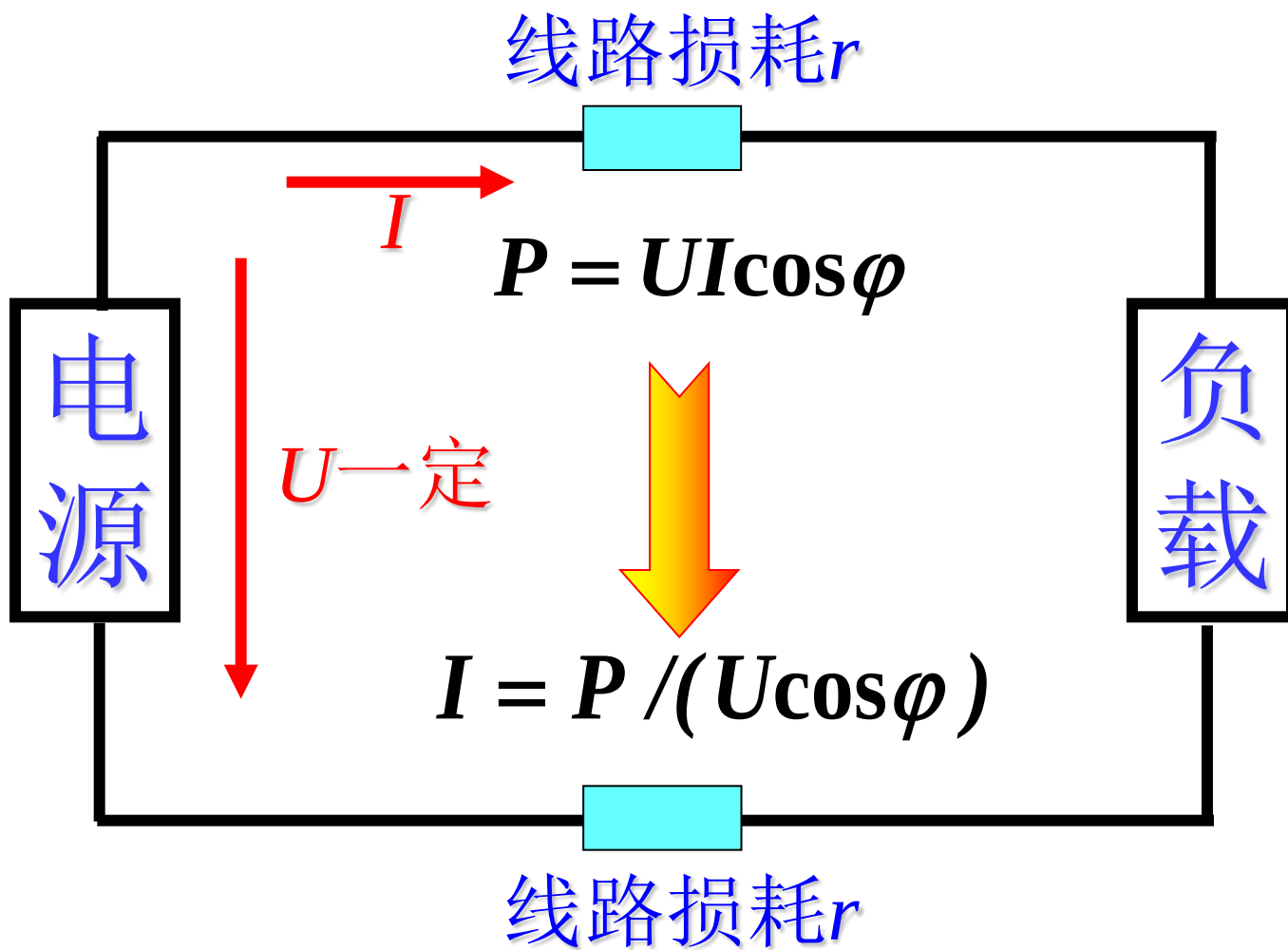
$$P = U_N I_N \cos\varphi = 600 \text{ kW}$$

$$Q = U_N I_N \sin\varphi = 800 \text{ kvar}$$

则需提供无功功率



(二) 降低线路损耗和线路压降





设输电线和发电机绕组的电阻为 r :

要求: $P = U I \cos\varphi$ (P 、 U 定值)时

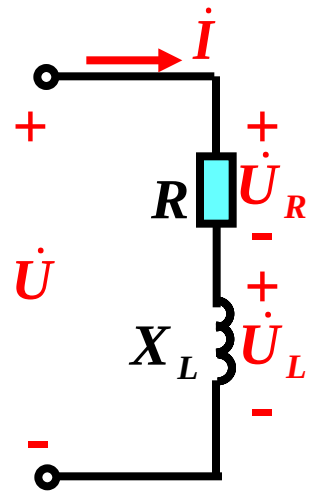
$$I \uparrow = \frac{P}{U \cos\varphi \downarrow} \left\{ \begin{array}{l} \Delta P \uparrow = I^2 \uparrow r \quad (\text{费电}) \\ I \uparrow \rightarrow S \uparrow \quad (\text{导线截面积}) \end{array} \right.$$

提高电网的功率因数 $\cos\varphi$ 可减小线路和发电机绕组的损耗, 对国民经济的发展有重要意义。

提高功率因数的方法

(一) 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图。



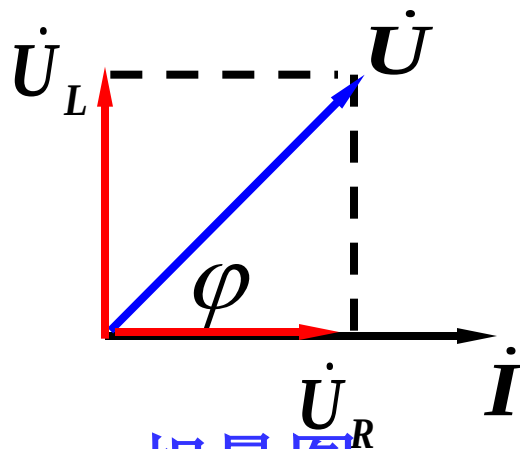
感性等效电路

例：40W220V白炽灯

$$\cos\varphi = 1$$

$$P = UI \cos\varphi$$

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



相量图



40W220V白炽灯

$$\cos \varphi = 1$$

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

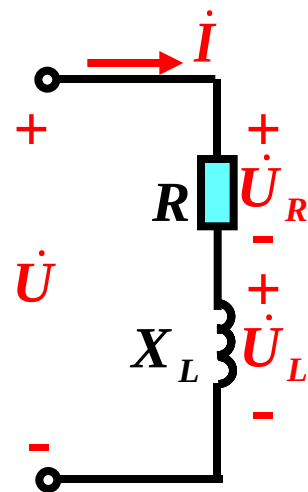
40W220V日光灯

$$\cos \varphi = 0.5$$

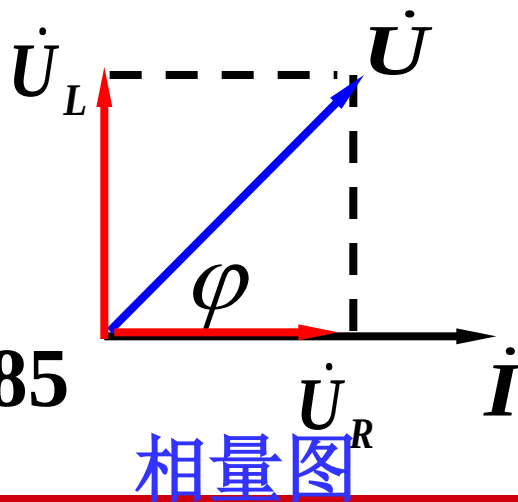
$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{40}{220 \times 0.5} \text{ A} \\ = 0.364 \text{ A}$$

供电局一般要求用户的
否则受处罚。

$$\cos \varphi > 0.85$$



感性等效电路



相量图

功率因数的提高



常用电路的功率因数

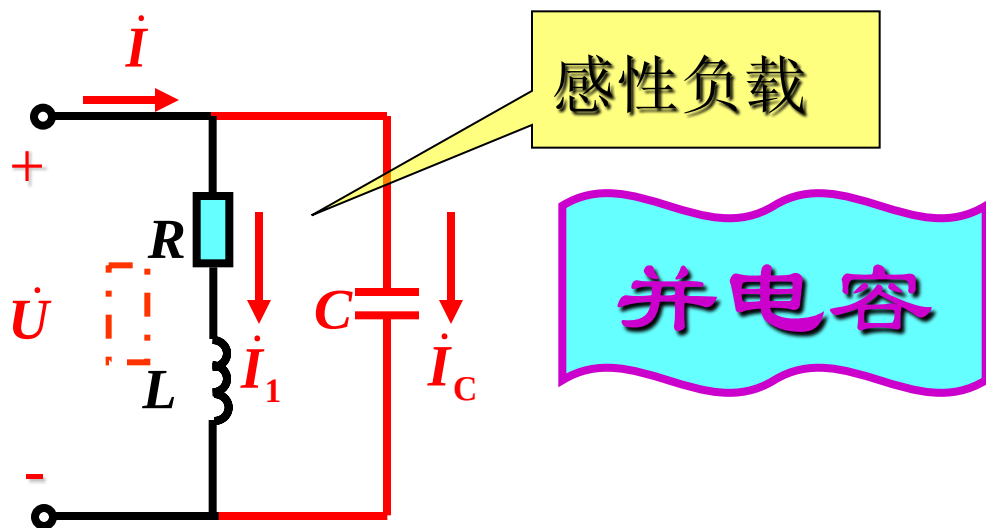
纯电阻电路	$\cos \varphi = 1 \quad (\varphi = 0)$
纯电感电路或 纯电容电路	$\cos \varphi = 0 \quad (\varphi = \pm 90^\circ)$
$R-L-C$ 串联电路	$1 > \cos \varphi > 0$ $(-90^\circ < \varphi < +90^\circ)$
电动机 空载 电动机 满载	$\cos \varphi = 0.2 \sim 0.3$ $\cos \varphi = 0.7 \sim 0.9$
日光灯 ($R-L$ 串联电路)	$\cos \varphi = 0.5 \sim 0.6$

(二) 提高功率因数的原则

必须保证原负载的工作状态不变。即：加至负载上的电压和负载的有功功率不变。

(三) 提高功率因数的措施

在感性负载两端并电容

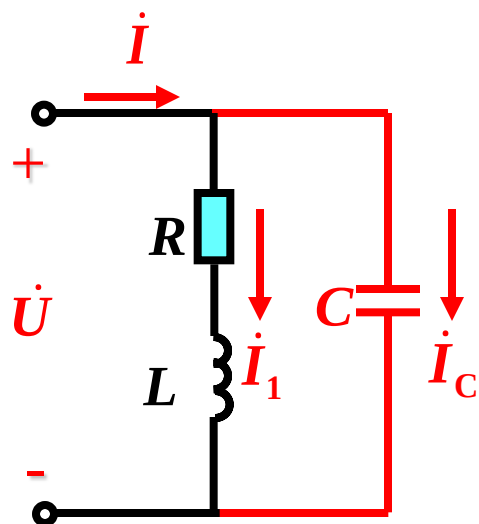


加什么元件?

讨论

并电容前：能量的互换主要发生在电感和电源之间。

并电容后：能量的互换主要发生在电感和电容之间，减轻了电源的负担。



并电容

并电容的实质是什么？

讨论



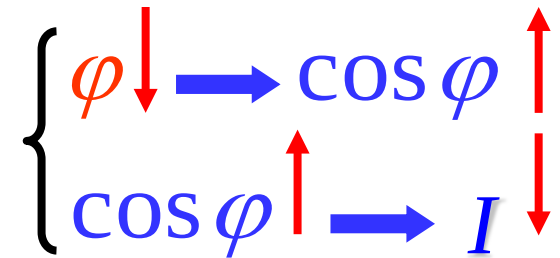
结论

并联电容C后:

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

电路总视在功率 S ↓

(2) 原感性支路的工作状态不变



$\left\{ \begin{array}{l} \text{感性支路的功率因数 } \cos\varphi_1 \text{ 不变} \\ \text{感性支路的电流 } I_1 \text{ 不变} \end{array} \right.$

(3) 电路总的有功功率不变

因为电路中电阻没有变, C不消耗功率,所以消耗的功率也不变。

并联电容C后,L所需无功功率由C提供,能量互换在L与C之间发生,发电机容量充分利用



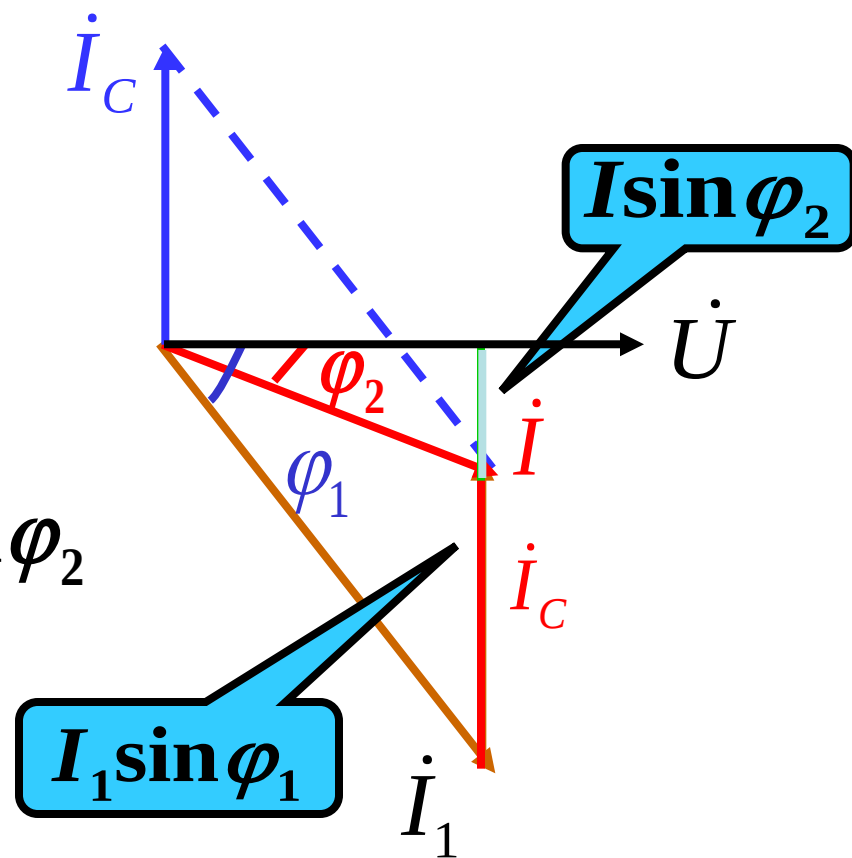
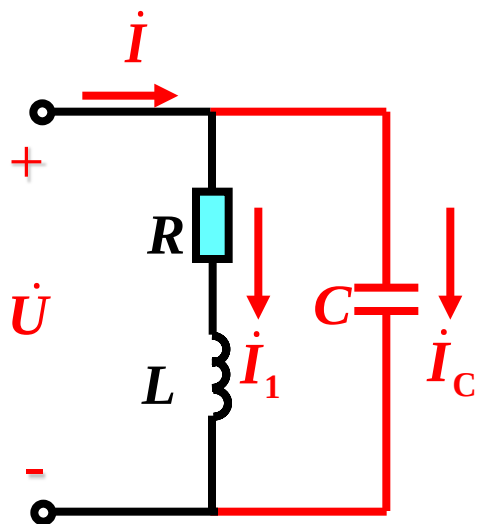
(三) 并联电容值的计算

由相量图可得

$$I_C = I_1 \sin \varphi_1 - I \sin \varphi_2$$

$$I_C = U \omega C$$

即: $U \omega C = I_1 \sin \varphi_1 - I \sin \varphi_2$



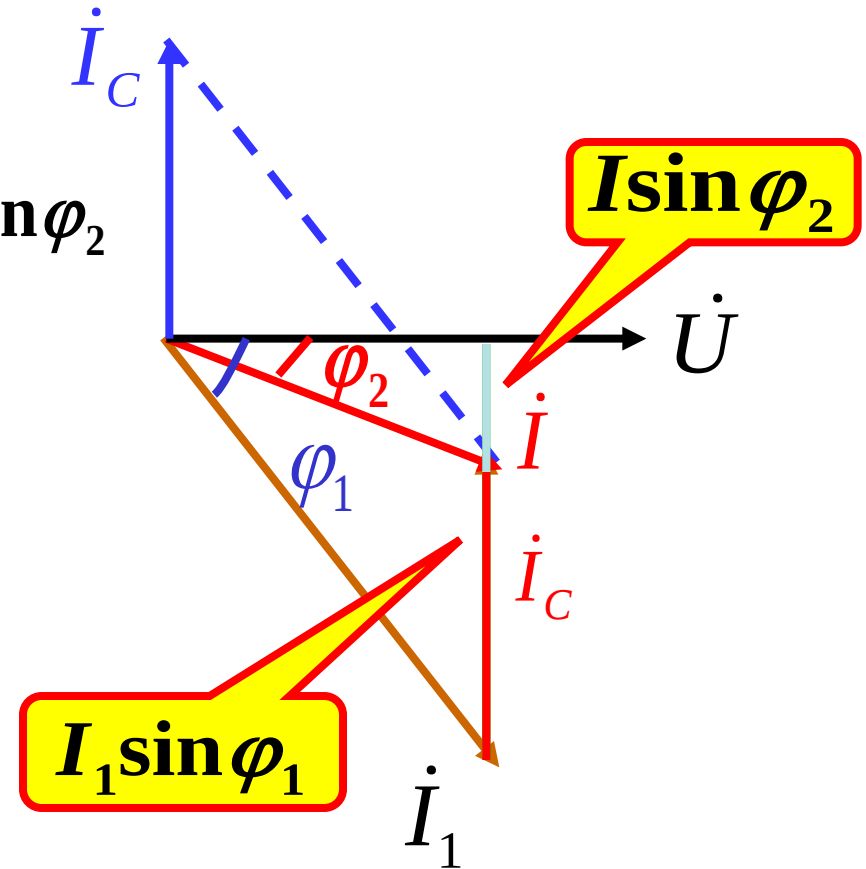
φ_1 —— 并C前

φ_2 —— 并C后



$$U \omega C = \frac{P}{U \cos \varphi_1} \sin \varphi_1 - \frac{P}{U \cos \varphi} \sin \varphi_2$$

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





【例3-7-1】已知某电源 $U_N=220\text{V}$ ， $f=50\text{Hz}$ ， $S_N=20\text{kVA}$ 。

试求：

(1) 该电源的额定电流；

(2) 该电源若供给 $\cos\varphi_1 = 0.5$ 、40W的日光灯，最多可点多少盏？此时线路的电流是多少？

(3) 若将电路的功率因数提高到 $\cos\varphi_2 = 0.9$ ，此时线路的电流是多少？需并联多大电容？



解：(1)电源的额定电流为：

$$I_N = \frac{S_N}{U_N} = \frac{20 \times 10^3}{220} \text{ A} = 91 \text{ A}$$

(2)设日光灯为 n 盏，即

$$n \times P = S_N \cos \varphi_1$$

$$n = \frac{S_N \cos \varphi_1}{P} = \frac{20 \times 10^3 \times 0.5}{40} = 250 \text{ 盏}$$

此时线路的电流为额定电流，即

$$I_1 = 91 \text{ A}$$



(3) 如将 $\cos\varphi$ 提高到 0.9 后，线路中的电流为：

$$I = \frac{P}{U \cos\varphi_2} = \frac{10 \times 10^3}{220 \times 0.9} \text{ A} = 50.5 \text{ A}$$

所以 $I < I_N$ ，该电源还有能力再带负载。

所需的电容器的电容量为：

$$\begin{aligned} C &= \frac{P}{2\pi f U^2} (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \\ &= \frac{10 \times 10^3}{2\pi \times 50 \times 220^2} (1.731 - 0.483) \text{ F} = 820 \mu\text{F} \end{aligned}$$



小结

1. 并联电容后，不影响原来电路的工作，有功功率没有改变。
2. 并联电容后，总的电流变小，视在功率变小，功率因数得到了提高。



湖南三一工业职业技术学院
HUNAN SANY POLYTECHNIC COLLEGE

品质改变世界

谢谢大家