



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

工厂电力负荷及其计算

工厂功率因数及补偿后的计算负荷

主讲：卞建鹏

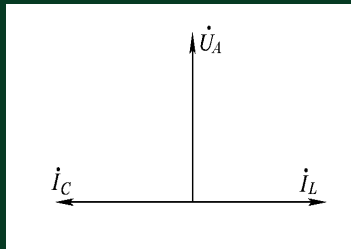
1、无功功率

在电感与电容电路中，用于电能与磁场能转换的功率，没有功率损耗，对外不做功（类似弹簧）；

发电机（电容等）发出一流入电动机（磁场）—被电动机送回

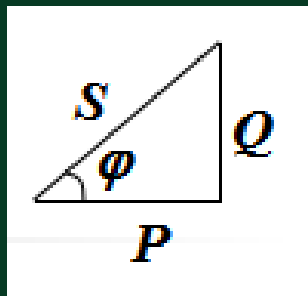
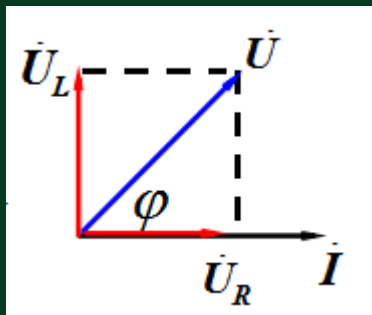
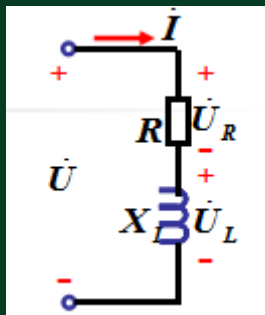


由于这种“无功”电流在输电线路中的流动，额外地增加了输电线路的负担，所以我们必须要把输电线路的“无功”减少到最小。



2、功率因数

功率因数 $\cos\varphi$ ：对电源利用程度的衡量。



$$P = U_N I_N \cos\varphi$$

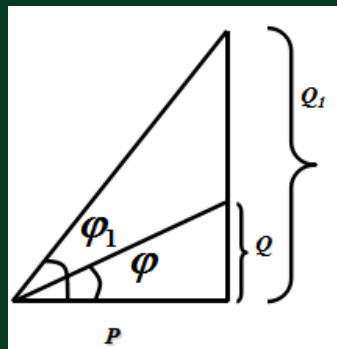
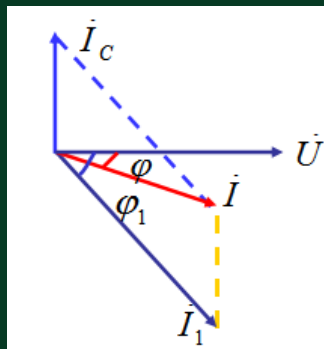
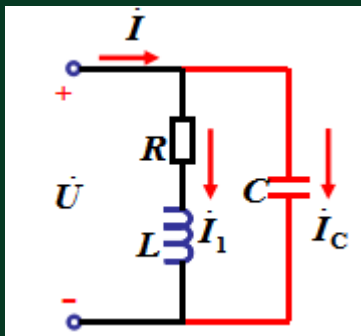
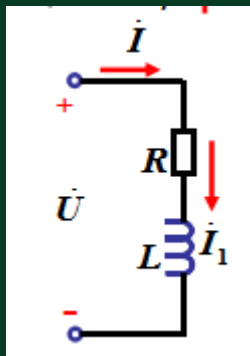
$$Q = U_N I_N \sin\varphi$$

2、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	$\cos \varphi = 0 \quad (\varphi = \pm 90^\circ)$
<i>R-L-C</i> 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 (<i>R-L</i> 串联电路)	$\cos \varphi = 0.5 \sim 0.6$

3、功率因数的提高

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——在感性负载两端并联电容



3、功率因数的提高

无功补偿容量：

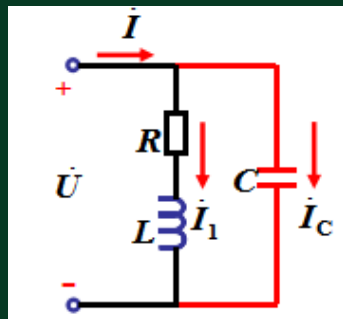
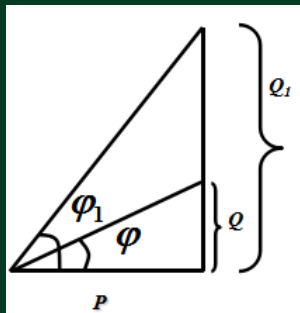
$$Q = P \tan \varphi$$

$$Q_1 = P \tan \varphi_1$$

$$Q_1 - Q = (P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi) = U^2 \omega C$$

无功补偿电容值：

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



3、功率因数的提高

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。

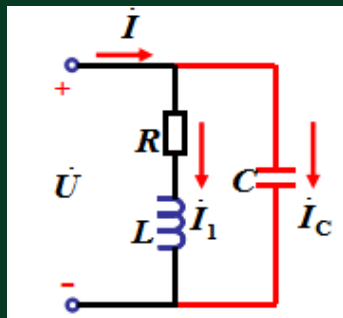
(1) 如将功率因数提高到 $\cos\varphi=0.95$, 需要并多大的电容 C , 求并 C 前后的线路的电流。

$$\cos\varphi=0.6 \quad \text{即} \quad \varphi=53^\circ$$

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

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

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

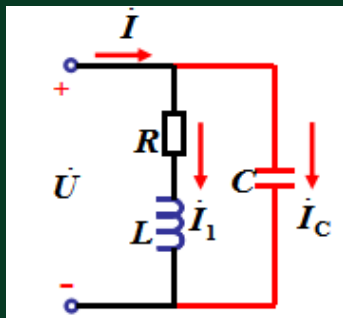


3、功率因数的提高

求并C前后的线路电流

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

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



4、工厂的功率因数

(1) **瞬时功率因数** 可由相位表（功率因数表）直接测出，或由功率表、电压表和电流表的读数通过下式求得（间接测量）：

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI}$$

式中P 为功率表测出的三相有功功率读数（kW）；U 为电压表测出的线电压读数（kV）；I 为电流表测出的电流读数（A）。

瞬时功率因数可用来了解和分析工厂或设备在生产过程中**某一时间的功率因数**值，研究是否需要和如何进行无功补偿的问题。

4、工厂的功率因数

(2) **平均功率因数** 亦称加权平均功率因数：

$$\cos \varphi = \frac{W_p}{\sqrt{W_p^2 + W_q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_q}{W_p}\right)^2}}$$

式中 W_p 为某一段时间（通常取一月）内消耗的有功电能，由有功电能表读取； W_q 由无功电能表读取。

我国**供电企业每月向用户计取电费**，就规定电费要按月平均功率因数的高低进行调整。如果平均功率因数高于规定值，可减收电费；而低于规定值，则要加收电费，以鼓励用户积极设法提高功率因数，降低电能损耗。

4、工厂的功率因数

(3) **最大负荷时功率因数** 在最大负荷即计算负荷时的功率因数：

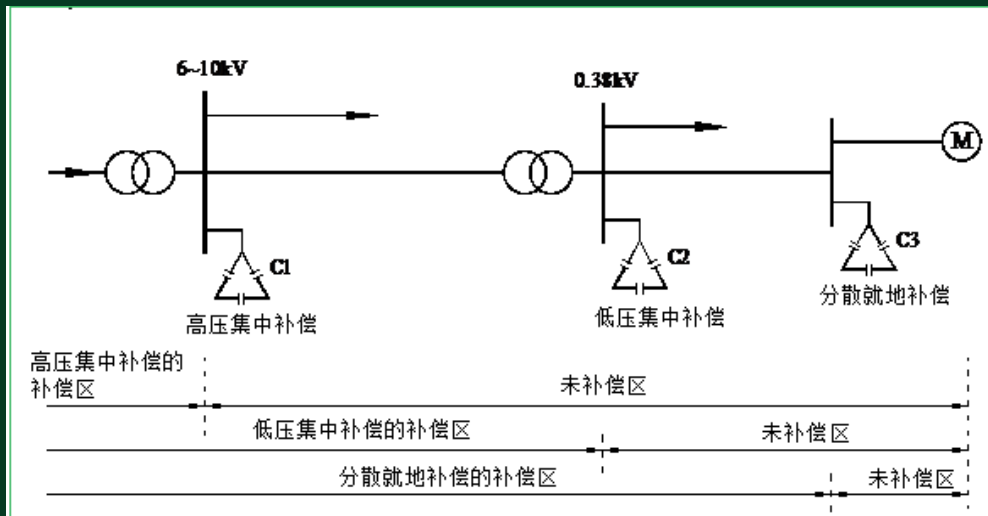
$$\cos \varphi = \frac{P_{30}}{S_{30}}$$

《供电营业规则》规定：“用户在当地供电企业规定的电网高峰负荷时的功率因数应达到下列规定：100kVA及以上高压供电的用户功率因数为**0.90以上**。其他电力用户和大、中型电力排灌站、趸购转售企业，功率因数为**0.85以上**。”

凡**功率因数**未达到上述规定的，应增添无功补偿装置，通常采用并联电容器进行补偿。

4、无功功率补偿方式

- 并联电容器在变配电系统中的三种安装方式：
 - 高压集中补偿
 - 低压集中补偿
 - 低压就地补偿



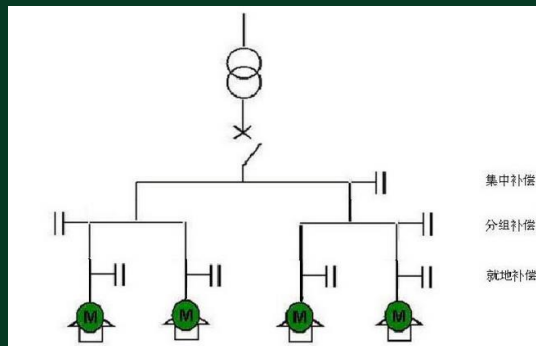
4、无功功率补偿方式

采用电力电容器作无功补偿时，宜用**就地平衡**原则。

容量较大、负荷平稳且经常使用的用电设备的无功负荷宜**单独就地补偿**。

居住区的无功负荷宜在小区变电所**低压侧集中补偿**。

对于民用建筑并联电容器进行无功功率补偿基本上采用**低压集中补偿**的方式。



5、尖峰电流及其计算

尖峰电流 (peak current) 是指持续时间1-2s的短时最大电流。

用来选择熔断器和低压断路器、整定继电保护装置及检验电动机自启动条件等。

1) 单台用电设备的尖峰电流

$$I_{pk} = I_{st} = K_{st} I_N$$

式中 I_N 为用电设备的额定电流； I_{st} 为用电设备的启动电流；

K_{st} 为用电设备的启动电流倍数，**笼型电动机**为 $K_{st}=5-7$ ，绕线转子

电动机 $K_{st}=2-3$ ，直流电动机 $K_{st}=1.7$ ，电焊变压器 $K_{st} \geq 3$ 。

5、尖峰电流及其计算

2) 多台用电设备的线路的尖峰电流按下式计算：

$$I_{pk} = K_{\Sigma} \sum_{i=1}^{n-1} I_{N.i} + I_{st.max}$$

$$I_{pk} = I_{30} + (I_{st} - I_N)_{max}$$

$I_{st.max}$ 为最大一台用电设备的启动电流

K_{Σ} 为上述n-1台设备的同时系数，按台数多少选取，一般取0.7-1；

小结



在线开放课程

1. 功率因数的提高
2. 工厂的功率因数
3. 尖峰电流及其计算

