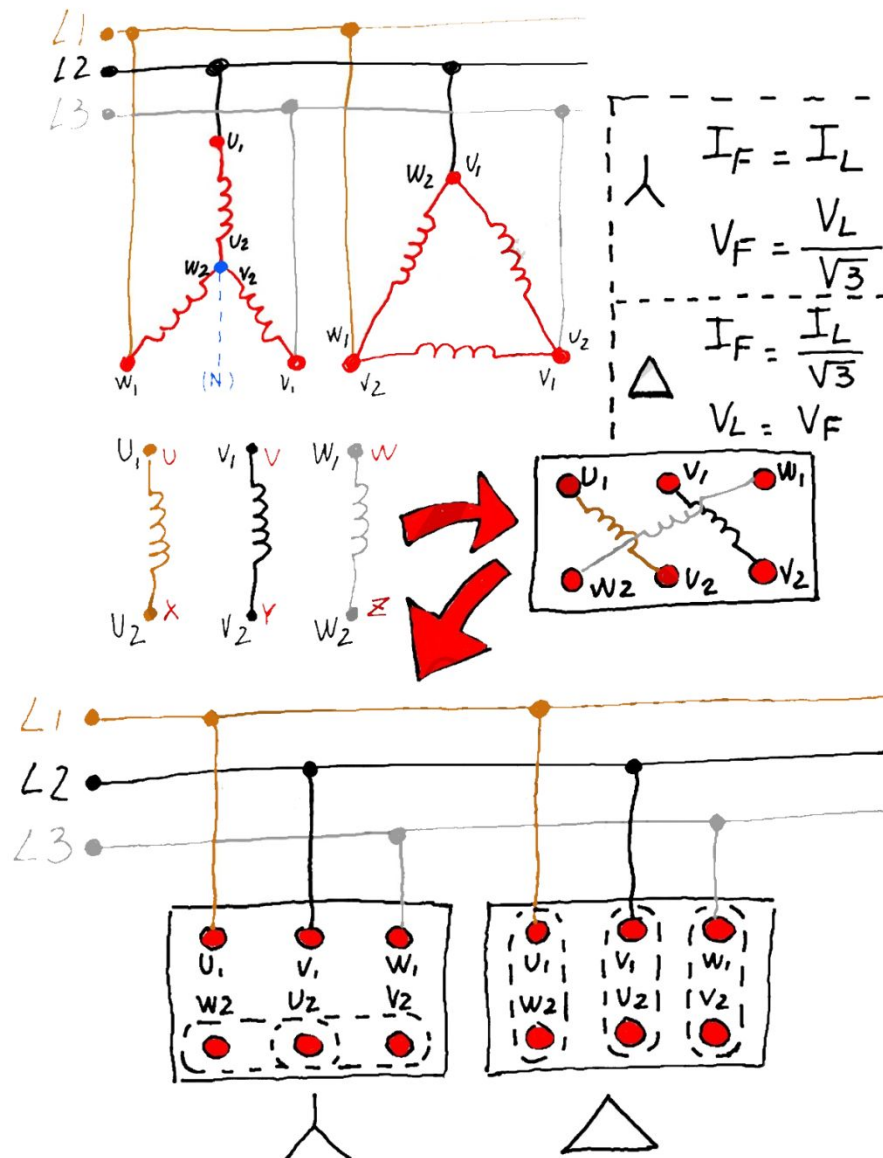
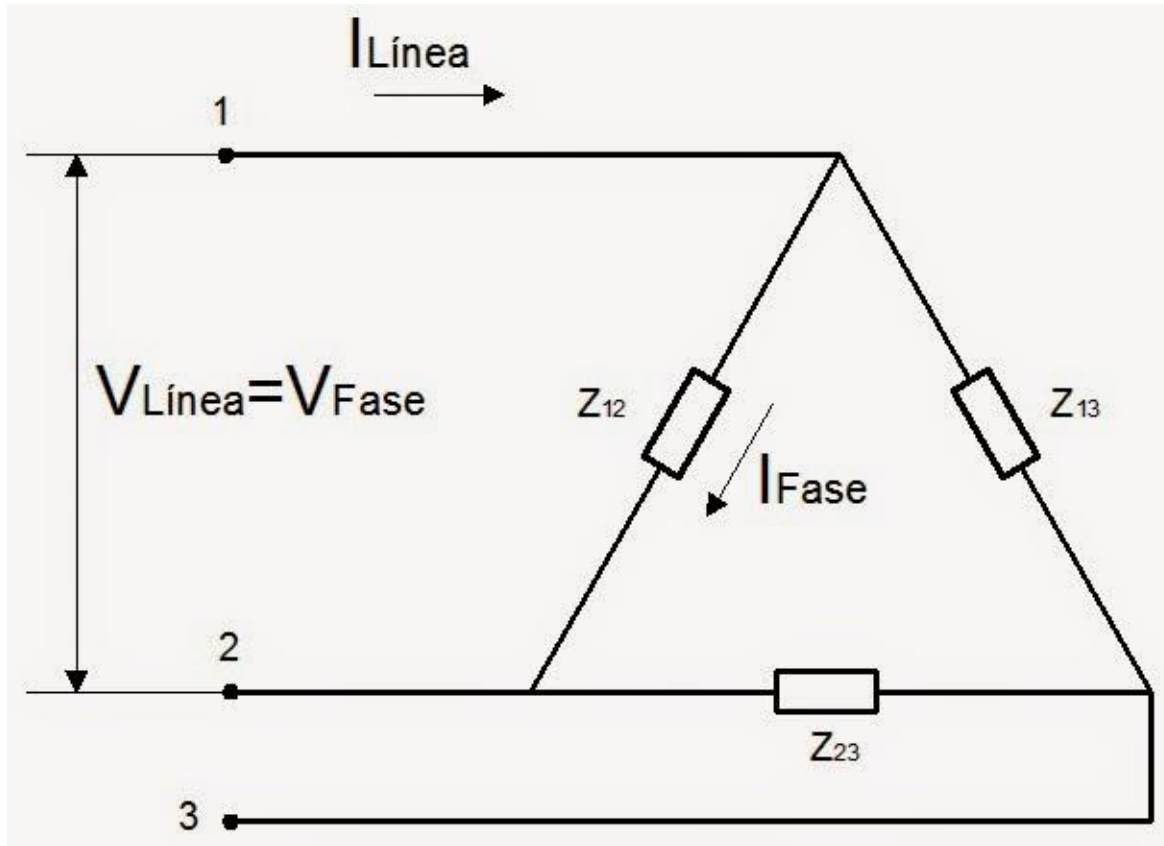


SISTEMAS TRIFÁSICOS

Conexión en Estrella y Triángulo



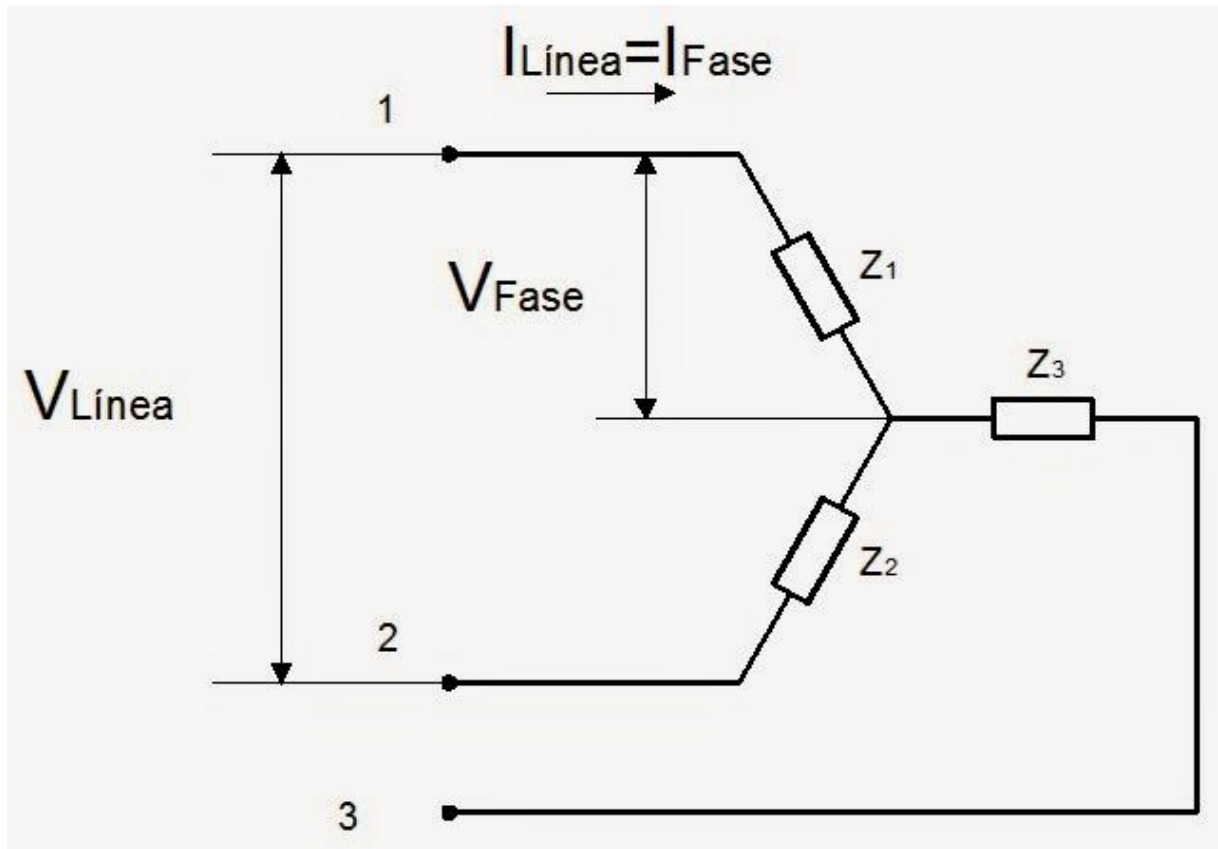
Conexión en Triángulo



$$U_L = U_F$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_F$$

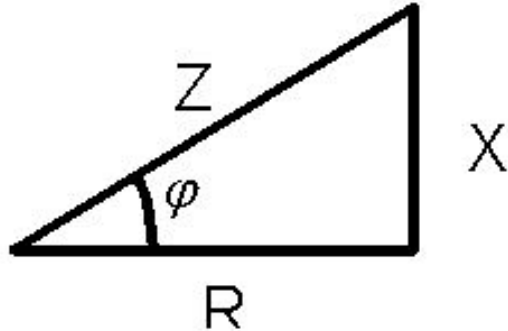
Conexión en Estrella



$$I_L = I_F$$

$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Triángulo de impedancias



Z: Impedancia total

X: Impedancia (dos tipos)

X_L : Impedancia Reactiva (bobina)

X_C : Impedancia Capacitiva (condensador)

R: Resistencia

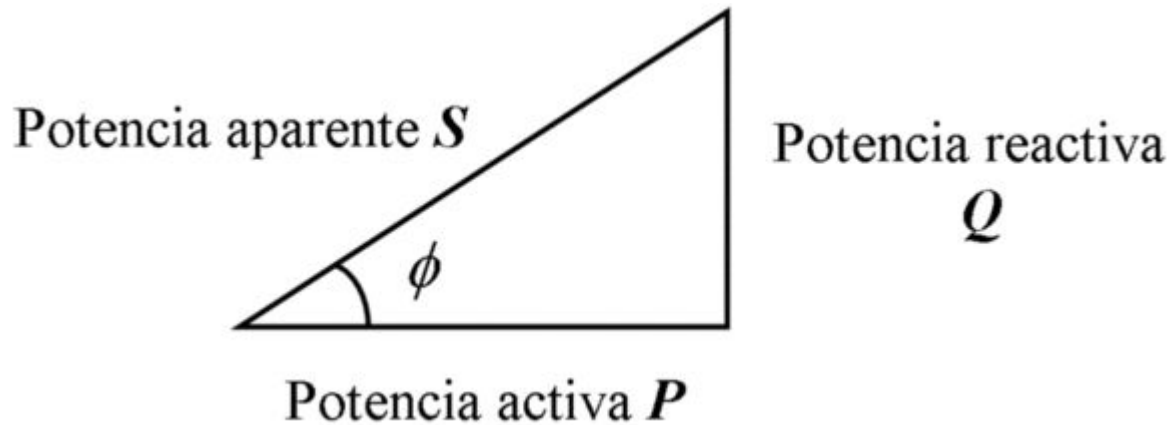
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\sen\varphi = \frac{X}{Z}$$

$$\tag\varphi = \frac{X}{R}$$

Triángulo de Potencias



En trifásica se aplican estas fórmulas

$$P = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

$$Q = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \sin \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi$$

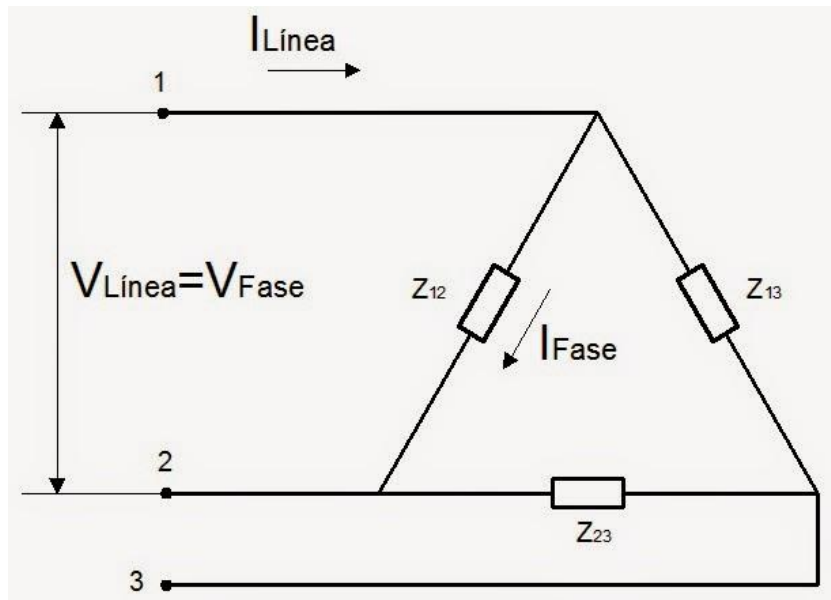
$$S = 3 \cdot U_F \cdot I_F$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

Una carga trifásica se compone de tres impedancias de fase de 10Ω de resistencia y 5Ω de impedancia inductiva. Esta se conecta a una red de $400V$ entre fases y $50Hz$.

Calcular las tensiones de fase (U_F) y línea (U_L), intensidades de fase (I_F) y línea (I_L) y potencias P , Q , y S , para los dos casos (conectadas en triángulo y en estrella).

En triángulo



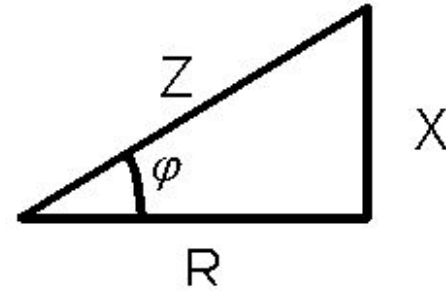
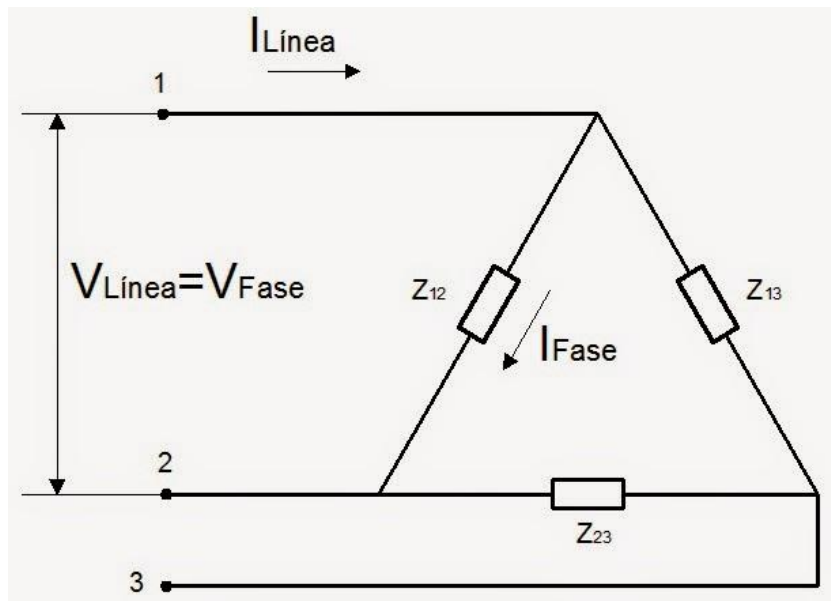
$$U_L = U_F = 400V$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} =$$

$$= \sqrt{(10\Omega)^2 + (5\Omega)^2} = 11,18\Omega$$

$$I_F = \frac{U_F}{Z} = \frac{400V}{11,18\Omega} = 35,78A$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_F = \sqrt{3} \cdot 35,78A = 61,97A$$



$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10\Omega}{11,18\Omega} = 0,89$$

$$\sin \varphi = \frac{X_L}{Z} = \frac{5\Omega}{11,18\Omega} = 0,45$$

$$P = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \cos \varphi = 3 \cdot 400V \cdot 35,78A \cdot 0,89 = 38400W$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 61,97A \cdot 0,89 = 38400W$$

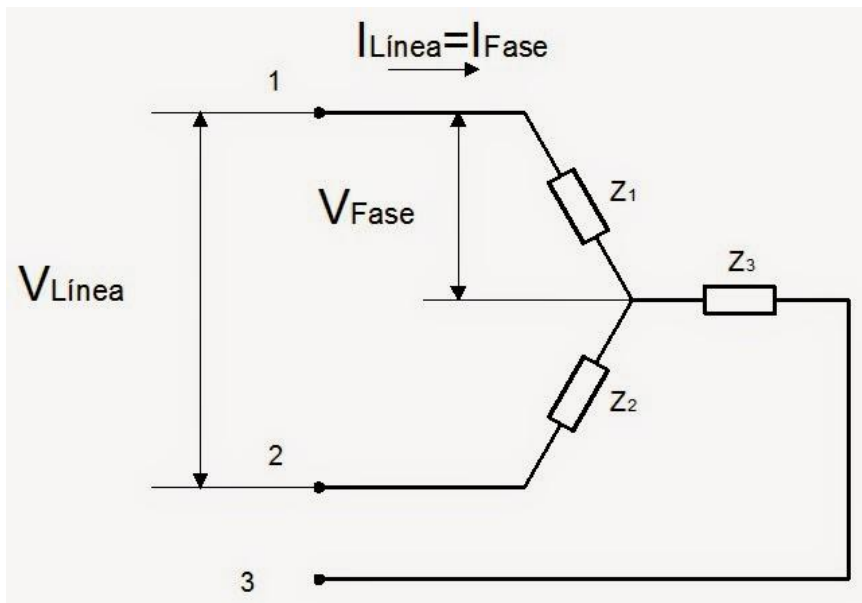
$$Q = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \sin \varphi = 3 \cdot 400V \cdot 35,78A \cdot 0,45 = 19200VAr$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 61,97A \cdot 0,45 = 19200VAr$$

$$S = 3 \cdot U_F \cdot I_F = 3 \cdot 400V \cdot 35,78A = 42932,51VA$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 61,97A = 42932,51VA$$

En estrella



$$U_L = 400V$$

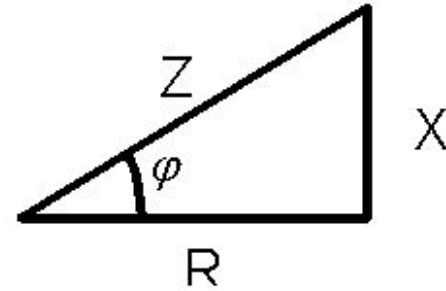
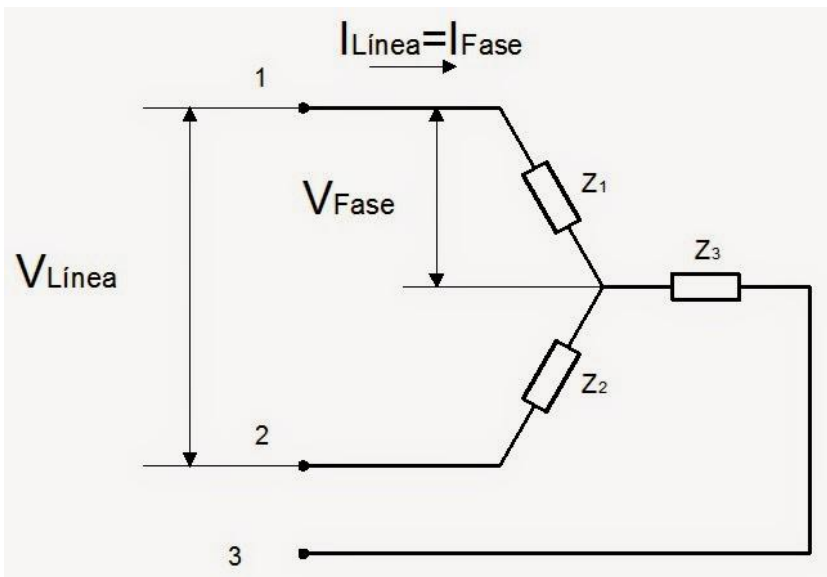
$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400V}{\sqrt{3}} = 230,94V$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} =$$

$$= \sqrt{(10\Omega)^2 + (5\Omega)^2} = 11,18\Omega$$

$$I_F = \frac{U_F}{Z} = \frac{230,94V}{11,18\Omega} = 20,66A$$

$$I_L = I_F = 20,66A$$



$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{10\Omega}{11,18\Omega} = 0,89$$

$$\sin \phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{5\Omega}{11,18\Omega} = 0,45$$

$$P = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \cos \phi = 3 \cdot 230,94V \cdot 20,66A \cdot 0,89 = 12800W$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 20,66A \cdot 0,89 = 12800W$$

$$Q = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \sin \phi = 3 \cdot 230,94V \cdot 20,66A \cdot 0,45 = 6400VAr$$

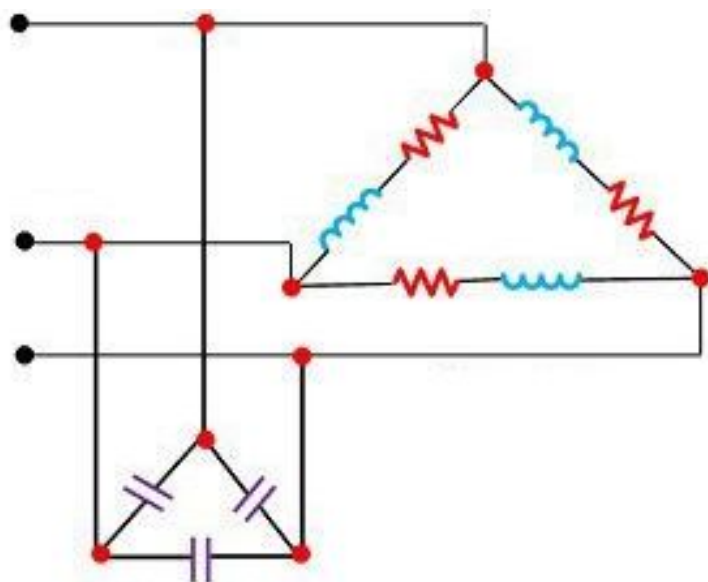
$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \phi = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 20,66A \cdot 0,45 = 6400VAr$$

$$S = 3 \cdot U_F \cdot I_F = 3 \cdot 230,94V \cdot 20,66A = 14310,84VA$$

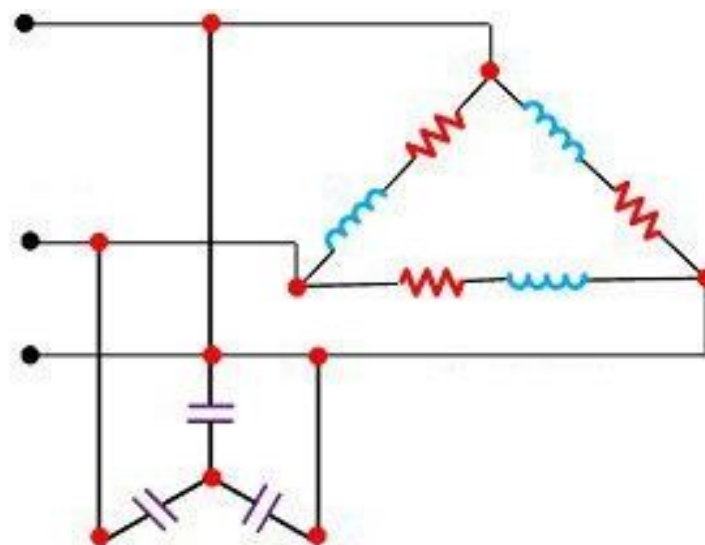
$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 20,66A = 14310,84VA$$

Compensación de Energía Reactiva

Para disminuir el factor de potencia ($\cos\phi$) de una instalación, se puede añadir en paralelo una batería de condensadores.



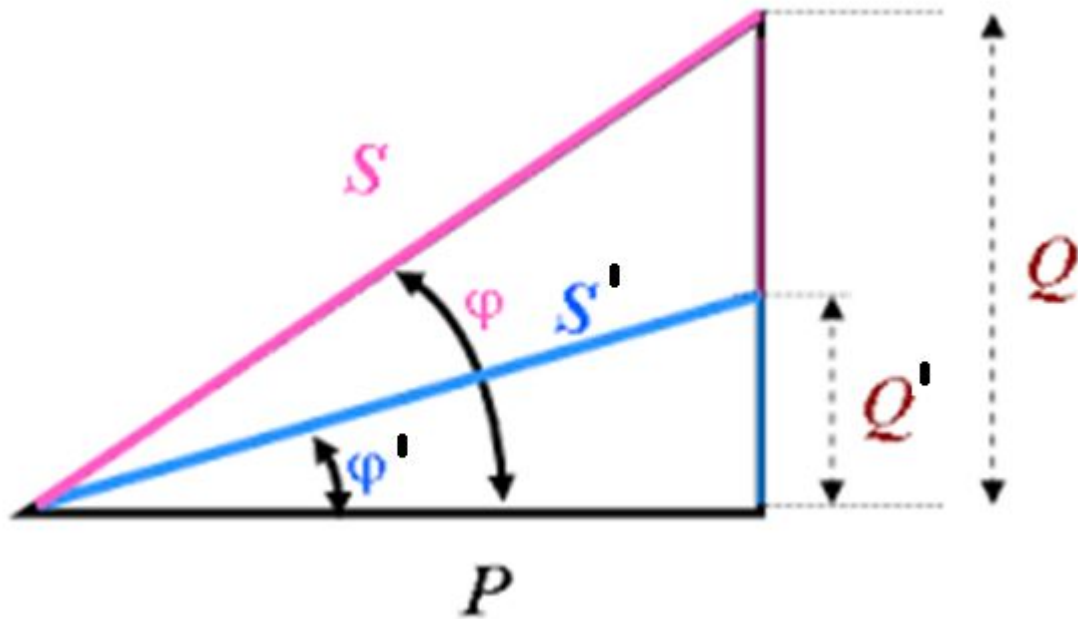
**Compensación de FP con
batería de condensadores en
triángulo**



**Compensación de FP con
batería de condensadores en
estrella**

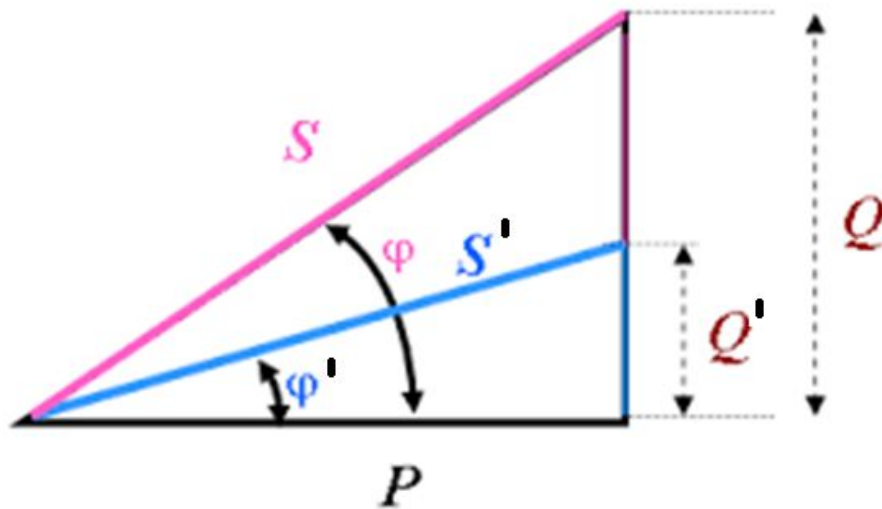
Compensación de Energía Reactiva

Disminuir el factor de potencia ($\cos\phi$) implica pasar de una potencia reactiva Q a una Q' menor.



Un grupo de cargas de una instalación conectadas a una red trifásica de 400V entre fases y 50Hz consume una potencia activa de 50000W y una potencia reactiva de 20000VAr. Calcular el valor de la capacitancia de los condensadores que hacen falta para compensar el factor de potencia a un valor de 0,98. (Hacer el calculo con los condensadores conectados en triángulo y en estrella).

Queremos conseguir un factor de potencia de 0,98. La P va a ser la misma (50000W). Sabiendo que $\cos\phi = 0,98$ y $P = 50000W$ Podemos resolver el triángulo:

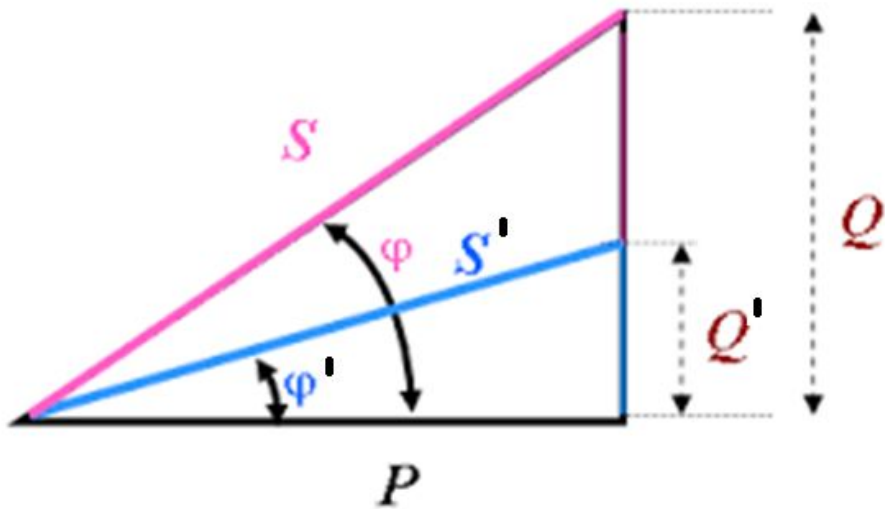


$$\cos\phi = 0,98$$

$$\arccos(0,98) = 11,48^\circ$$

$$\tan(11,48^\circ) = \frac{Q'}{P} \Rightarrow$$

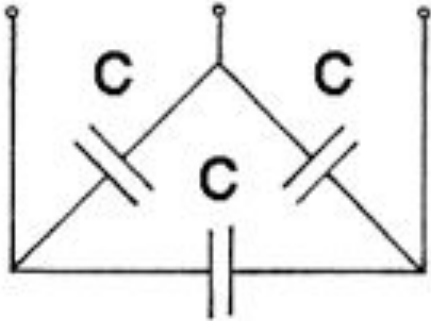
$$\begin{aligned} \Rightarrow Q' &= P \cdot \tan(11,48^\circ) = \\ &= 50000W \cdot \tan(11,48^\circ) = \\ &= P \cdot \tan(11,48^\circ) = \\ &10152,93VAr \end{aligned}$$



Partimos de una $Q = 20000 \text{ VAr}$
 y queremos una $Q' = 10152,93 \text{ Var}$
 Para ello necesitamos una batería
 de condensadores con una
 $Q_c = Q - Q'$

$$Q_c = Q - Q' = 20000 \text{ VAr} - 10152,93 \text{ VAr} = 9847,07 \text{ VAr}$$

Batería en triángulo



$$U_L = U_F = 400V$$

Aplicamos la formula de la energía reactiva siendo $\sin \phi = -1$ ya que se trata de una batería de condensadores

(Para simplificar los cálculos lo hacemos en valor absoluto $\sin \phi = 1$)

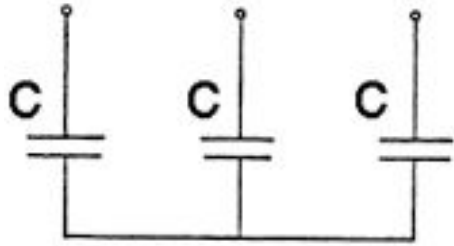
$$Q_C = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \sin \varphi = 3 \cdot U_F \cdot I_F \Rightarrow \\ \Rightarrow I_F = \frac{Q_C}{3 \cdot U_F} = \frac{9847,07 \text{VAR}}{3 \cdot 400V} = 8,21A$$

Sabiendo la intensidad y el voltaje de fase aplicamos la ley de ohm para calcular la impedancia de fase

$$X_C = \frac{U_F}{I_F} = \frac{400V}{8,21A} = 48,75\Omega$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot \text{Hz} \cdot 48,75\Omega} = \\ = 6,53 \cdot 10^{-5}$$

Batería en estrella



$$U_F = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400V}{\sqrt{3}} = 230,94V$$

Aplicamos la formula de la energía reactiva siendo $\sin \phi = -1$ ya que se trata de una batería de condensadores

(Para simplificar los cálculos lo hacemos en valor absoluto $\sin \phi = 1$)

$$Q_C = 3 \cdot U_F \cdot I_F \cdot \sin \varphi = 3 \cdot U_F \cdot I_F \Rightarrow \\ \Rightarrow I_F = \frac{Q_C}{3 \cdot U_F} = \frac{9847,07VAr}{3 \cdot 230,94V} = 14,21A$$

Sabiendo la intensidad y el voltaje de fase aplicamos la ley de ohm para calcular la impedancia de fase

$$X_C = \frac{U_F}{I_F} = \frac{230,94V}{14,21A} = 16,25\Omega$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50.Hz \cdot 16,24\Omega} = \\ = 1,95 \cdot 10^{-4}$$