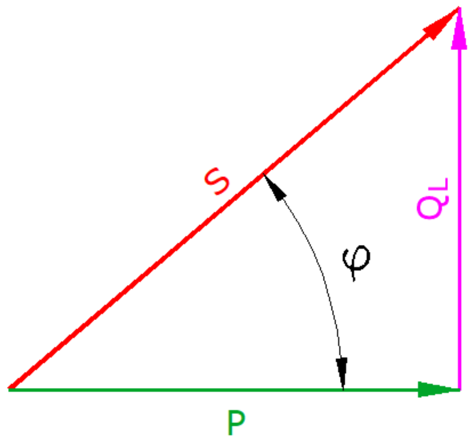
Corrección del FACTOR DE POTENCIA

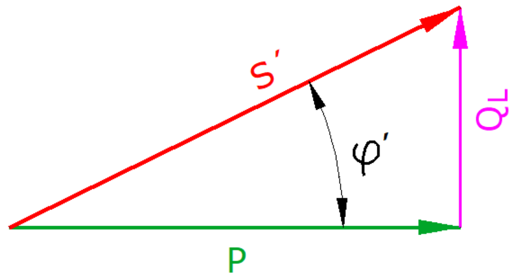
La mayoría de las cargas en los sistemas eléctricos son impedancias inductivas (Bobinas de motores, transformadores, reactores, etc…..), con un triángulo de potencia como el indicado.



$$S = V.I$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \text{ó} \quad \text{tg}\,\varphi = \frac{Q}{P}$$

Ahora bien, la potencia activa P es la que se transformará, en el mejor de los casos en un trabajo útil (Ej. potencia mecánica en el eje de un motor eléctrico) y la reactiva Q es una potencia de tránsito, que no colabora con el trabajo útil. Si pudiéramos disminuir Q haciendo que S se aproxime a P, estaríamos disminuyendo la corriente que este receptor toma, ya que la tensión del sistema eléctrico es aproximadamente constante; y así la corriente que circula por la línea, lo que es conveniente porque disminuyen las pérdidas de energía, la caída de tensión y la posibilidad de sobrecargas.



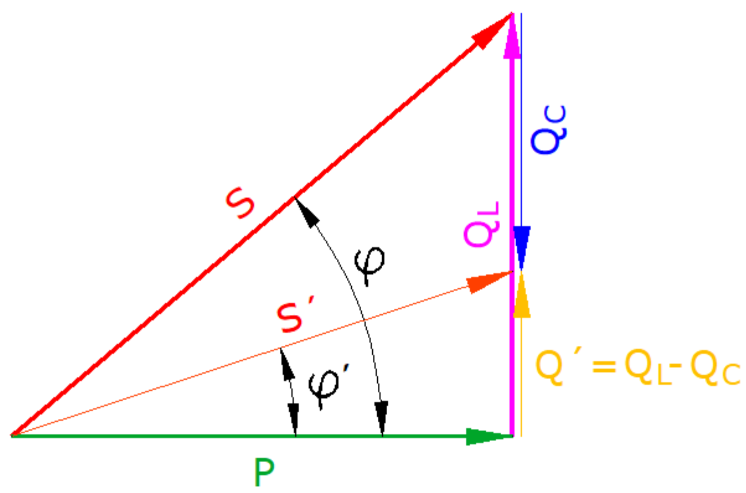
$$S = V.I´$$

Entre este triángulo de potencia y el anterior es evidente que sin que se haya modificado P:

$\varphi´ < \varphi$; $\cos\varphi´ > \cos\varphi$; $S´ < S \Rightarrow I´ < I$

Pero si, no es posible disminuir Q_L, entonces para lograr este objetivo agregaremos potencia reactiva capacitiva Q_C, que sabemos se opone a la inductiva (sentido contrario) y lo haremos conectando capacitores en paralelo.

Este efecto de compensar una potencia reactiva con su opuesta, se denomina Corrección del Factor de Potencia. Este procedimiento se explicita gráficamente en el siguiente triángulo de potencias.



$$Q_C = Q_L - Q´$$

$$Q_C = P\,.tg\,\varphi - P\,.tg\,\varphi´$$

$$Q_C = P\,.(tg\,\varphi - tg\,\varphi´)$$

Como es complejo (casi imposible) y costoso hacer que el ángulo de fase desaparezca (φ= 0 , condición de resonancia en paralelo y mínima corriente del circuito), se impondrá un valor razonable, que es el que aplican y exigen las empresas prestadoras del servicio eléctrico (Ej. E.P.E.). Hablamos de Cos φ´ = 0,95 , el cual se corresponde con un ángulo φ´ = 18,2°.

Entonces la corrección del Factor de Potencia consiste en; a partir del conocimiento de la potencia activa **P** de un equipo, máquina o instalación y su factor de potencia **Cos φ** más el factor de potencia que queremos obtener **Cos φ´**; determinar la potencia reactiva capacitiva **Qc** necesaria para lograrlo. Y lo hacemos mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

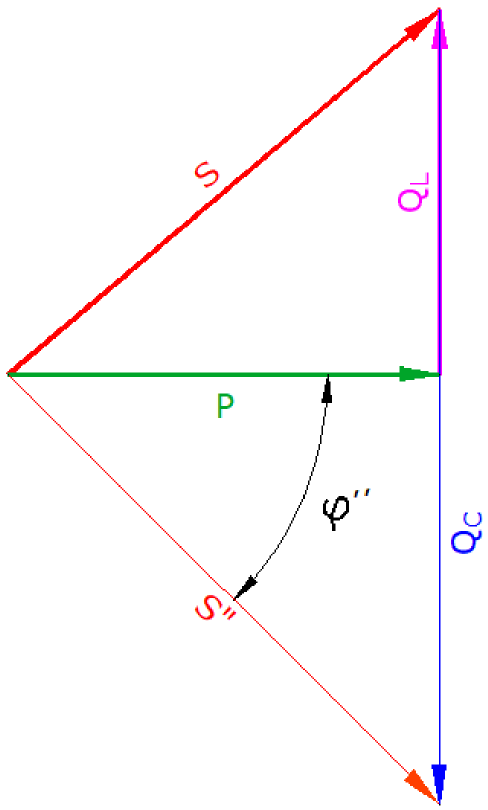
$$Q_C = P\,.\left[tg\,(cos^{-1}Cos\varphi) - tg\,(cos^{-1}Cos\varphi')\right]$$

Si queremos determinar la capacidad es Faradios a partir de la potencia en VAr debemos hacer:

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} = 2\,.\,\pi\,.\,\mathrm{f}\,.\,\mathrm{C}\,.\,\mathrm{V}^2$$

$$\mathrm{C} = \frac{Q_C}{2\,.\,\pi\,.\,\mathrm{f}\,.\,\mathrm{V}^2}$$

Es importante que el capacitor se calcule adecuadamente, ya que podríamos pensar que cuanto más grande mejor, pero esto no es así, ya que si excedemos el valor de capacidad, provocamos una sobrecompensación pasando el circuito a capacitivo y hasta podría aumentar la corriente en vez de disminuir. Esto se evidencia en el siguiente diagrama:



$$S'' = V.I''$$

Entre este triángulo de potencia y el primero es evidente que:

φ” > φ ; cos φ” < cos φ ; S” > S ⇒ I” > I

Entonces la situación desmejoró en vez de mejorar y con un mayor costo de capacitores.

Ej. Queremos corregir el factor de potencia a 0,95 de una impedancia inductiva de Z = (7,31 + j 6,82) Ω conectada a una línea de V = 220 V y f = 50 Hz.

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}} = \frac{220\angle 0°\,V}{(7{,}31 + j6{,}82)\Omega} = \frac{220\angle 0°\,V}{10\angle 43°\Omega} = 22\angle -43°\ \ A$$

$$\dot{S} = \dot{V}.\dot{I}^{*} = 220\angle 0°\,V\ .\ 22\angle 43°\ \ A$$

$$\dot{S} = 4840\ \angle 43°\ \ VA = 3539{,}75\ W + j\ 3300{,}87\ VAr$$

$$\cos\varphi = \cos 43° = 0{,}731$$

$$Q_C = 3539{,}75\ .\ [tg\ (43°) - tg\ (18{,}2°)] = 2137{,}4\ VAr$$

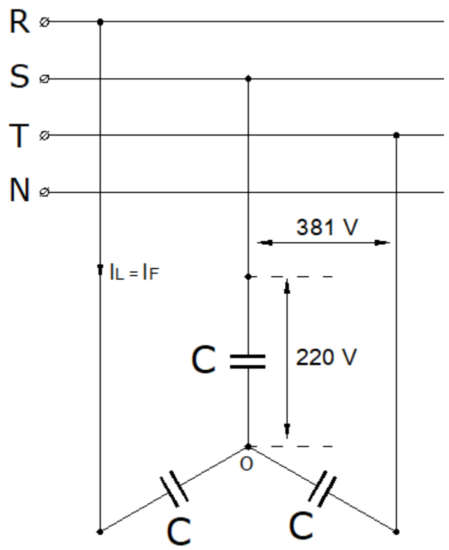
$$\mathrm{C} = \frac{2137{,}4}{2\ .\ \pi\ .\ 50\ .\ 220^2} = 1{,}406.\,10^{-4}F = 1406.\,10^{-6}F = 140{,}6\ \mu F$$

Como los valores tanto de Capacidad [µF] como los de Potencia Reactiva [VAr] están estandarizados, debemos elegir el capacitor más próximo que asegure la condición requerida. En este ej. probablemente sea un capacitor de 150 µF.

Para circuitos trifásicos el criterio y la fórmula de corrección es la misma, teniendo en cuenta que la potencia a considerar es la total y que los capacitores son tres y cada uno aportará 1/3 de la potencia reactiva requqerida.

$$\mathrm{C} = \frac{Q_C/3}{2\ .\ \pi\ .\ \mathrm{f}\ .\ \mathrm{V}^2}$$

Potencia reactiva capacitiva en conexión Estrella:



Para C =150 µF

$$Q_{Cf} = 2\ .\ \pi\ .\ 50\ .150\mathrm{x}10^{-6}\ .\ 220^2 = 2281\ \mathrm{VAr}$$

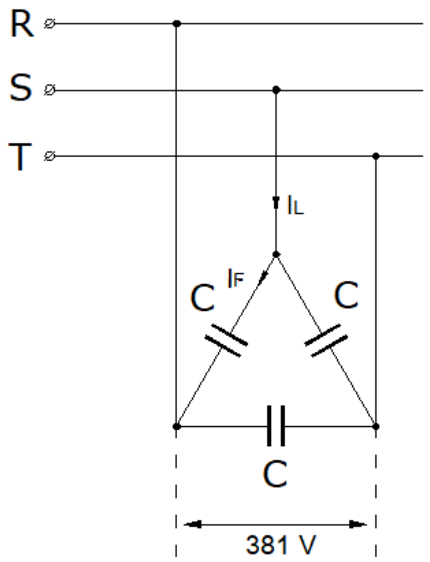
$$Q_{CTot} = 3\ .\ Q_{Cf}\ = 3\ .\ 2281\ \mathrm{VAr} = 6843\ \mathrm{VAr}$$

$$I_L = I_F\ = \frac{\mathrm{V_F}}{\mathrm{Z}} = \frac{\mathrm{V_F}}{\mathrm{X_C}} = 2\ .\ \pi\ .\ \mathrm{f}\ .\ \mathrm{C}\ .\ \mathrm{V_F} = \ 2\ .\ \pi\ .50.150\mathrm{x}10^{-6}\ .220$$
$$= 10{,}37\ \mathrm{A}$$

$$S_{Tot} = \sqrt{3}\ .\ \mathrm{V_{L.}}\ I_L = \ \sqrt{3}\ .\ 381\ .10{,}37 = 6843\ VA$$

$$Q_{Tot} = \sqrt{3}\ .\ \mathrm{V_{L.}}\ I_L.Sen\ 90° = \ \sqrt{3}\ .\ 381\ .10{,}37\ .\ 1 = 6843\ VAr$$

Potencia reactiva capacitiva en conexión Triángulo:



Para C =150 µF

$$Q_{Cf} = 2\ .\ \pi\ .\ 50\ .150\mathrm{x}10^{-6}\ .\ 381^2 = 6842{,}4\ \mathrm{VAr}$$

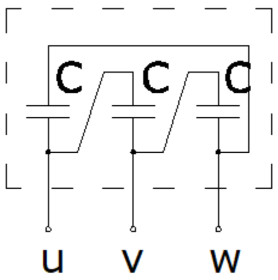
$$Q_{CTot} = 3\ .\ Q_{Cf}\ = 3\ .\ 6842{,}4\ \mathrm{VAr} = 20527{,}1\ \mathrm{VAr}$$

$$I_F\ = \frac{\mathrm{V_F}}{\mathrm{Z}} = \frac{\mathrm{V_F}}{\mathrm{X_C}} = 2\ .\ \pi\ .\ \mathrm{f}\ .\ \mathrm{C}\ .\ \mathrm{V_F} = \ 2\ .\ \pi\ .50.150\mathrm{x}10^{-6}\ .\ 381 = 17{,}96\ \mathrm{A}$$

$$I_L = \sqrt{3}\ .\ \mathrm{I_F}\ = \sqrt{3}\ .\ 17{,}96 = \ 31{,}1\ V$$

$$S_{Tot} = \sqrt{3}\ .\ \mathrm{V_{L.}}\ I_L = \ \sqrt{3}\ .\ 381\ .31{,}1 = 20527{,}1\ VA$$

$$Q_{Tot} = \sqrt{3}\ .\ \mathrm{V_{L.}}\ I_L.Sen\ 90° = \ \sqrt{3}\ .\ 381\ .\ 31{,}1\ .\ 1 = 20527{,}1\ \ VAr$$



Observamos que en la conexión triángulo la corriente de línea y la potencia se triplican.

Ahora bien como deben trabajar con más tensión el espesor de dieléctrico debe ser mayor; suponiendo un comportamiento lineal de la rigidez dieléctrica; el espesor debe aumentar en la misma proporción que lo hizo la tensión ($\sqrt{3}$ veces). Pero a igualdad de potencia en triángulo se necesitan capacidades 3 veces más chicas, lo que se traduce en superficie de placas 3 veces menores.

Considerando que el volumen del capacitor es Área de placa por separación entre ellas (espesor del dieléctrico) el volumen de capacitor será:

$\sqrt{3}\,.\frac{1}{3}$ o sea $\sqrt{3}\ veces\ menor\ en\ triángulo\ respecto\ de\ la\ estrella.$