

– DPEE 1036 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E INDUSTRIAIS PARA AUTOMAÇÃO

Correção de Fator de Potência



Introdução



A Correção do fator de potência através, principalmente, da instalação de capacitores tem sido alvo de muita atenção das áreas de projeto, manutenção e finanças de empresas interessadas em racionalizar o consumo de seus equipamentos elétricos.

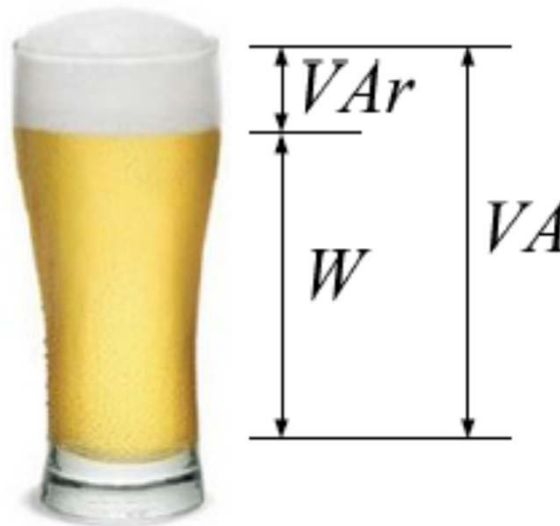
A ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica), através do Decreto No 479 de 20 de marco de 1992 estabeleceu que o fator de potencia mínimo deve ser 0,92.

Introdução



- Fator de Potência

- Analogia:

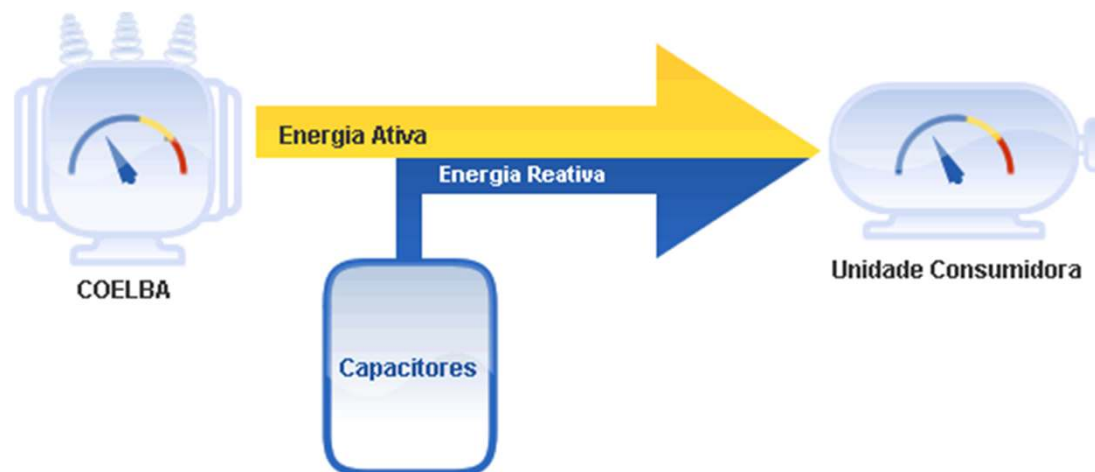


- Espuma = reativo
 - Líquido = ativo
 - Copo = capacidade do sistema

Introdução



- Fator de potência



Introdução



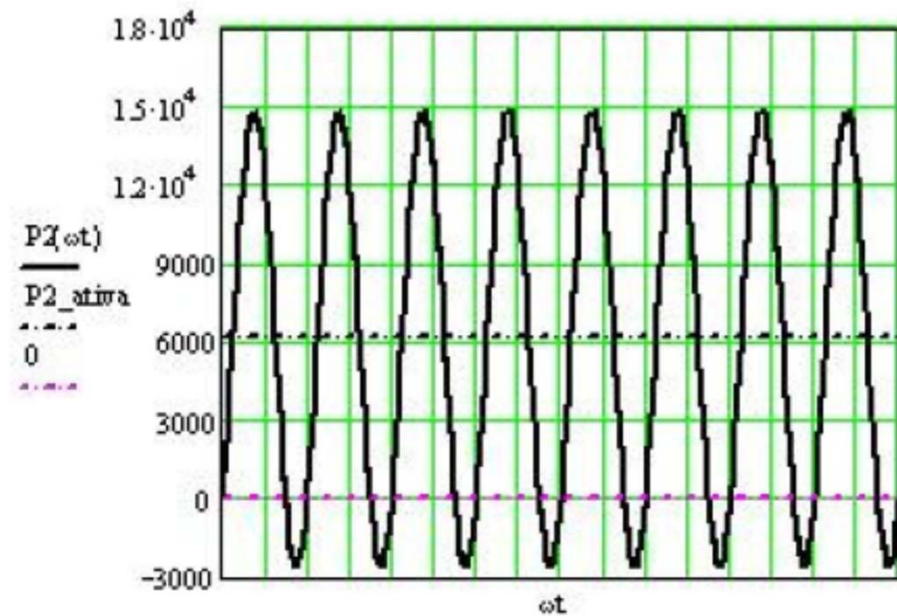
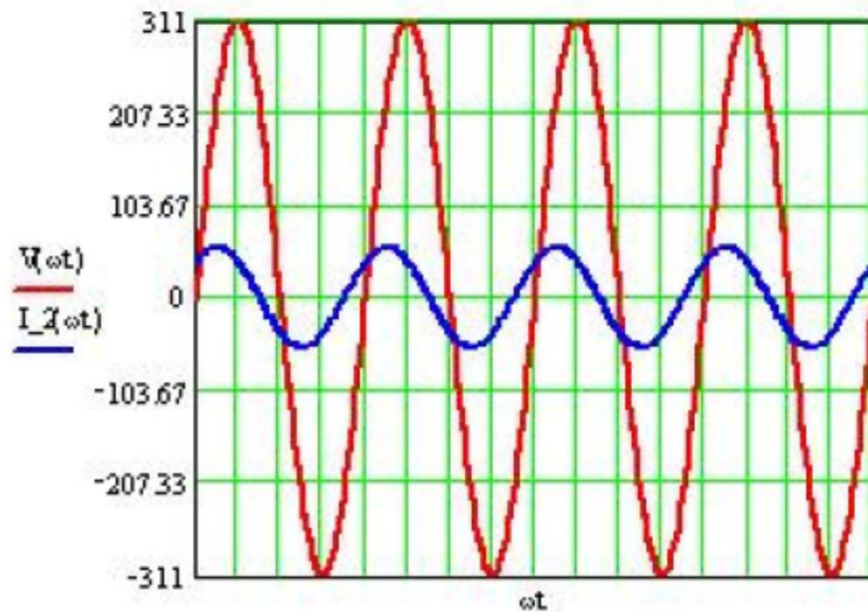
- Baixo Fator de Potência
 - Sobrecarrega circuitos e transformadores
 - Provoca queda de tensão excessiva (indutivo)
 - Aumenta as perdas de energia
 - Gera tarifação extra ($FP < 0,92$)



Exemplo



- Defasagem entre i e v

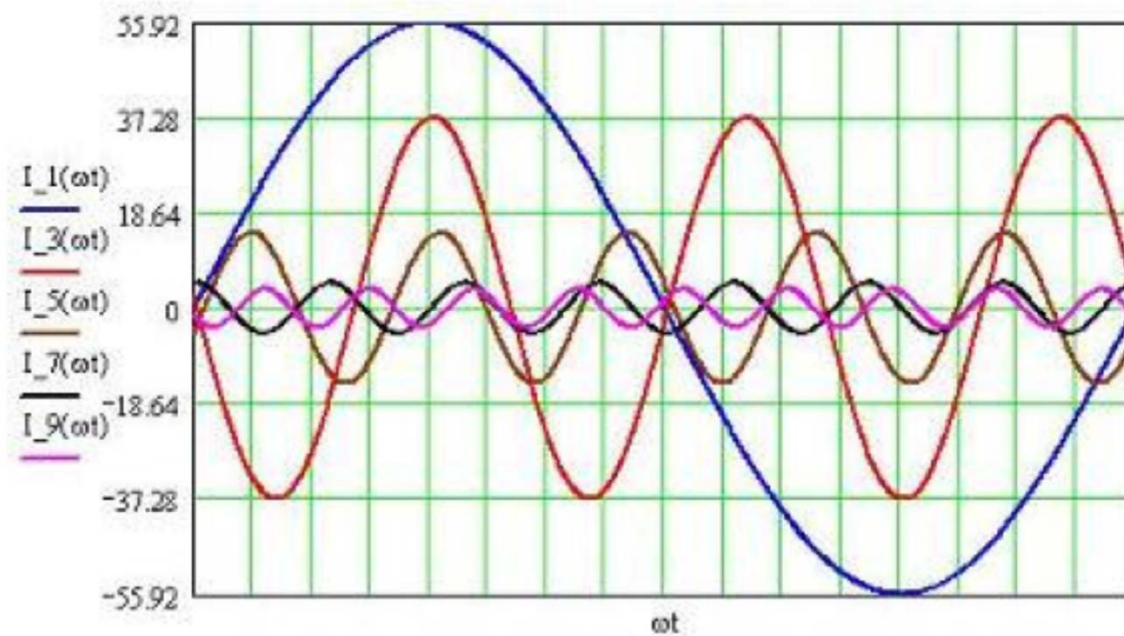


Exemplo



- Distorção Harmônica

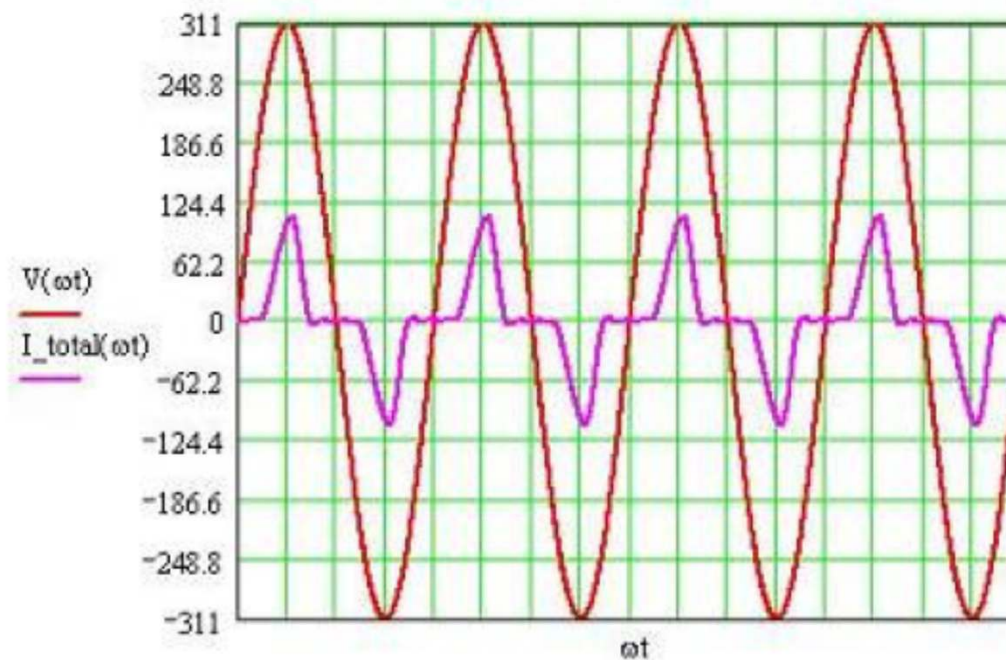
Fundamental = 60 Hz
3ª Harmônica = 180 Hz
5ª Harmônica = 300 Hz
7ª Harmônica = 420 Hz
9ª Harmônica = 540 Hz



Exemplo



- Distorção Harmônica



$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum I_{i(n)ef}^2}}{I_{i(1)ef}}$$

$$FP = \frac{\cos \theta}{\sqrt{1 + THD_i^2}}$$

Exemplo



$W = 7,86 \text{ kW}$
 $VA = 10,43 \text{ kVA}$
 $VAR = 6,855 \text{ kVAR}$
 $PF = 0,75$
 $DPF = 0,94$
 $\theta = 20^\circ$

	Average	Minimum	Maximum
W	7,864 kW	7,86 kW	7,872 kW
VA	10,43 kVA	10,42 kVA	10,43 kVA
VAR	6,851 kVAR	6,843 kVAR	6,855 kVAR
V	213,1 v	213 v	213,3 v
A	48,95 A	48,92 A	48,98 A

Ch1 50mV B_W Ch2 500mA B_W M 10ms Ch1 /
 A-6 50kW 10ms -6mV

Nobreak 1 - Sem CFP

$W = 7,833 \text{ kW}$
 $VA = 7,89 \text{ kVA}$
 $VAR = 943,9 \text{ VAR}$
 $PF = 0,99$
 $DPF = 1,00$
 $\theta = 3^\circ$

	Average	Minimum	Maximum
W	7,814 kW	7,798 kW	7,833 kW
VA	7,87 kVA	7,854 kVA	7,89 kVA
VAR	939,2 VAR	933,6 VAR	948,1 VAR
V	220,2 v	220 v	220,4 v
A	35,74 A	35,65 A	35,86 A

Ch1 50mV B_W Ch2 500mA B_W M 5μs Ch1 /
 A-1 20kW 10ms

Nobreak 2 - Com CFP

	Nobreak 1: Sem CFP	Nobreak 2: Com CFP
Potência Reativa	6,850 kVAr	0,944 kVAr
Custo em 1 mês	R\$ 765,21	R\$ 105,45
Custo em 1 ano	R\$ 9.182,52	R\$ 1.265,40
Economia / mês	-	R\$ 659,76
Economia / ano	-	R\$ 7.917,12

Fator de Potência

Conceitos Básicos



A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

Potência ativa: potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc. E medida em kW.

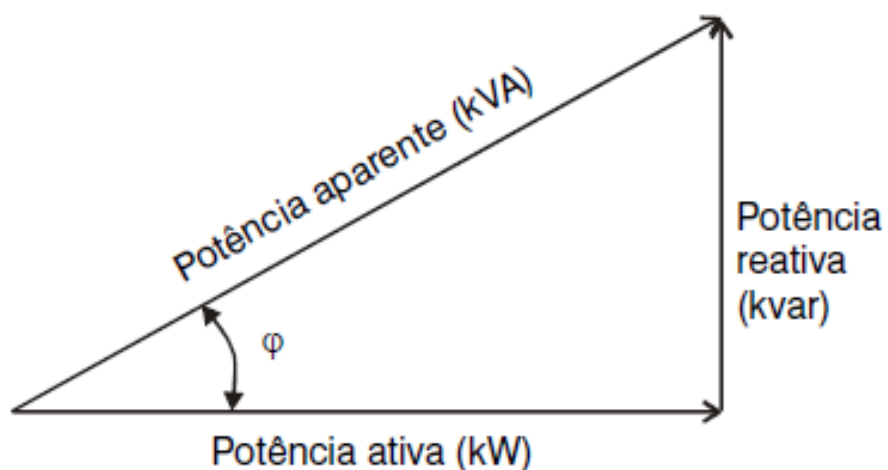
Potência Reativa: potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. E medida em kvar (não gera trabalho).

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.



Definição: o fator de potência é a razão entre a potencia ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética.

Um triângulo retângulo e frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kvar e kVA,



$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos \varphi = \cos \left(\arctan \frac{kvar}{kW} \right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

Consequências e Causas de um Baixo Fator de Potência



1 - Perdas na Instalação: As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ($I^2.R$). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

2 - Quedas de Tensão: O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.



3 - Subutilização da Capacidade Instalada: A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender a potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Potência útil absorvida - kW	Fator de Potência	Potência do trafo - kVA
800	0,50	1.600
	0,80	1.000
	1,00	800



Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar a medida em que o fator de potência diminui.

A correção do fator de potencia por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

Seção relativa	Fator de Potência
1,00 ◦	1,00
1,23 ◦	0,90
1,56 ◦	0,80
2,04 ○	0,70
2,78 ○	0,60
4,00 ○	0,50
6,25 ○	0,40
11,10 ○	0,30

Tipos de Correção do Fator de Potência



A correção pode ser feita instalando os capacitores de quatro maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício:

a) Correção na entrada da energia de alta tensão: corrige o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado.

b) Correção na entrada da energia de baixa tensão: permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização poucos uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.



c) Correção por grupos de cargas: o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.

d) Correção localizada: é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa, do ponto de vista técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens:

- reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- gera potência reativa somente onde é necessário.

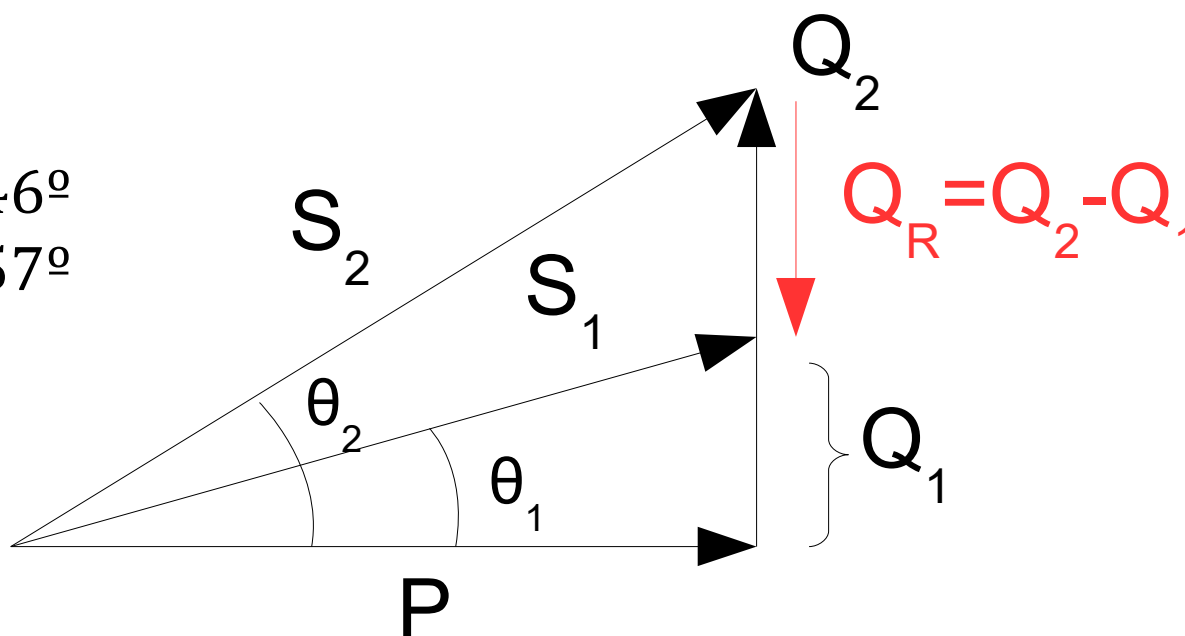


Exemplo:

Deseja-se corrigir o fator de potência para 0,93 de uma máquina trifásica que consome 130 kW de potência elétrica, 380 V e f.p.= 0,65. Qual é o valor da potência dos bancos de capacitores?

$$FP2 = 0,65 \rightarrow 49,46^\circ$$

$$FP1 = 0,93 \rightarrow 21,57^\circ$$



Resposta



Potência ativa, reativa e aparente

$$S^2 = \sqrt{Q^2 + P^2}$$

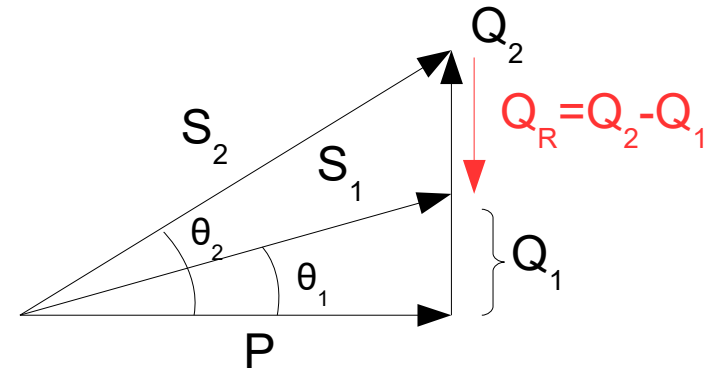
FP Atual:

$$\tan \theta_2 = \frac{Q_2}{P} \rightarrow Q_2 = P \cdot \tan \theta_2$$

FP desejado

$$Q_1 = P \cdot \tan \theta_1$$

$$Q_R = Q_2 - Q_1 = P(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)$$



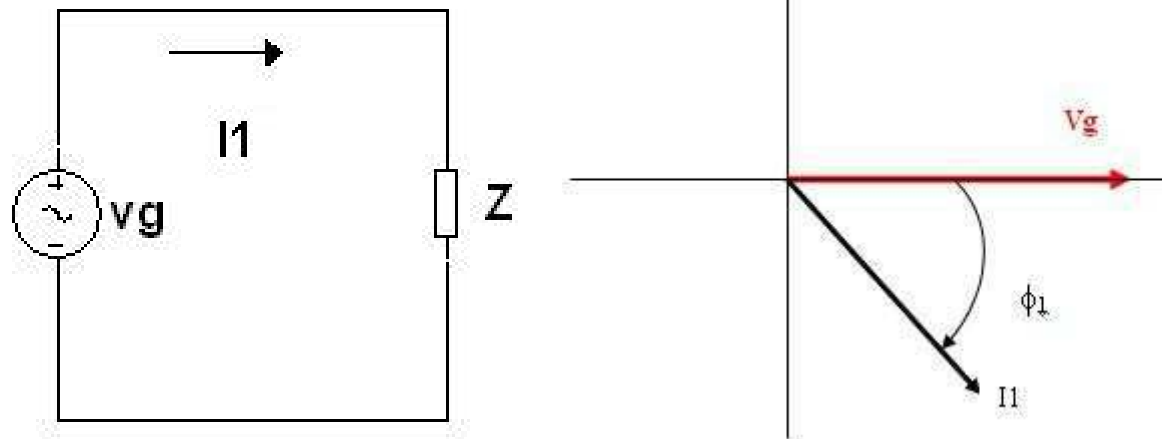
$$Q_R = 130(\tan 49,46^\circ - \tan 21,57^\circ)$$

$$Q_R = 100,61 \text{ kVAr}$$

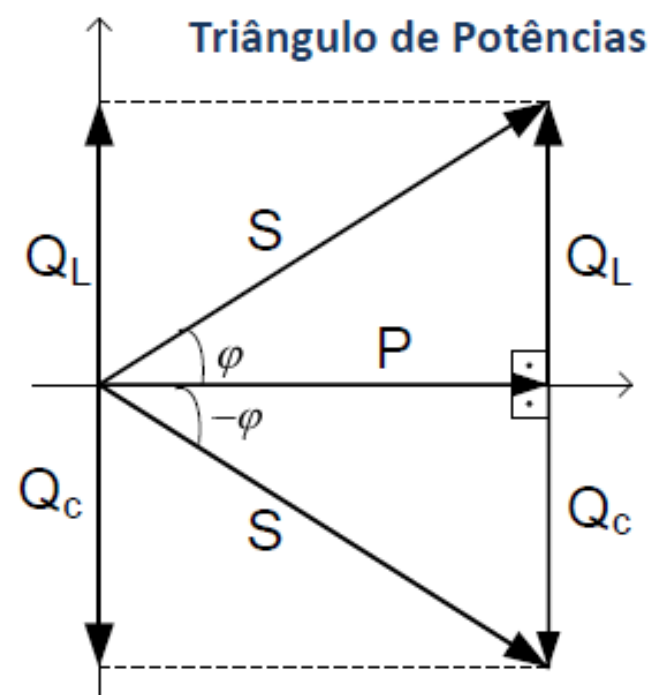
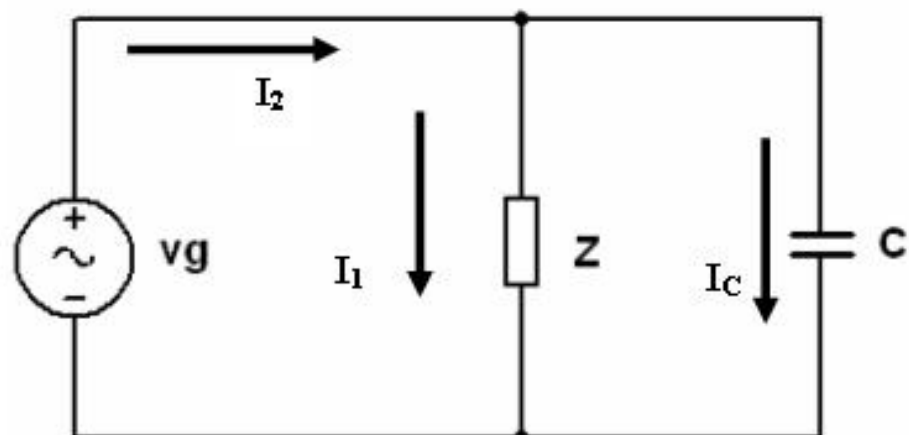


Projeto da correção do FP indutiva com banco de capacitores

Para compensar (aumentar o FP) deveremos colocar capacitores em paralelo com a carga indutiva que originou a diminuição no FP. Seja uma carga Z , indutiva, com fator de potencia $\cos\phi_1$ e desejamos aumentar o FP para $\cos\phi_2$:



O objetivo é aumentar o FP de $\cos\phi_1$ para $\cos\phi_2$. Para isso deveremos colocar um capacitor em paralelo com a carga.



DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES



O dimensionamento dos capacitores a serem instalados para melhorar o fator de potência é um processo simples, onde somente o conhecimento de diagrama fasorial e do triângulo de potência são os itens necessários.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \therefore P = S \cdot \cos \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} \quad \therefore Q = S \cdot \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad \therefore Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$C = \frac{\text{Pot. Reat. Capacitiva (kvar)}}{(V_{FF}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-9})} (\mu F)$$



Exemplo 3: Um motor de indução monofásico consome 1,5kW e 7,5A de uma linha de 220V com 60Hz. Qual deverá ser a potência do banco de capacitor em paralelo a fim de se aumentar o F.P. total para 1. Qual a capacitância deste banco?

Exemplo 4: Uma carga indutiva consome 5kW com 60% de F.P. com tensão de linha de 220V. Calcule:

- a) a potência e a capacitância do banco de capacitores necessário para deixar o dentro do limite mínimo estabelecido pelas concessionárias.
- b) o banco de capacitores para deixar o F.P unitário.

Exemplo 5: Um motor de indução de 10kVA, funcionando com um F.P. de 80%, indutivo e um motor síncrono de 5kVA, com F.P. 70%, estão ligados em paralelo através de uma rede com 220V e 60Hz. Calcule as potências totais equivalentes P, Q e S, o F.P. final e o banco de capacitores para $FP = 1$.