

Correção do Fator de Potência

José Jorge de Oliveira Neto



Faculdade de Tecnologia e Ciências da Bahia
Alagoinhas - BA

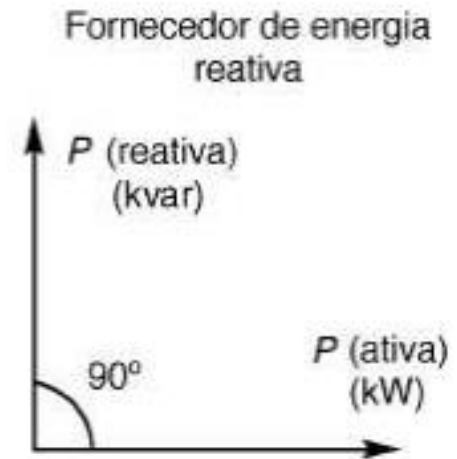
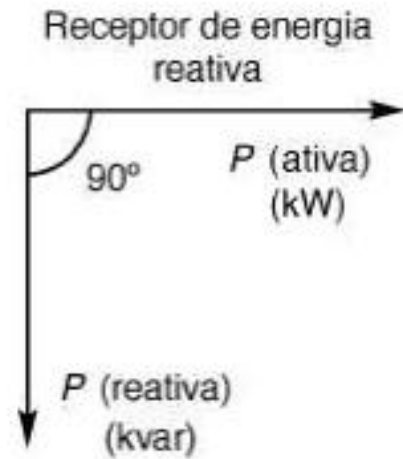
Introdução

- ▶ Preocupação constante dos profissionais que gerenciam instalações
- ▶ Sujeita a cobrança adicional correspondente a demanda e consumo
- ▶ Pode provocar sobrecarga em cabos e transformadores
- ▶ Equipamentos com baixo fator de potência de uma instalação:
 - ▶ Motores de indução
 - ▶ Retificadores
 - ▶ Reatores eletromagnéticos
 - ▶ Equipamentos eletrônicos

Fundamentos Teóricos

- ▶ Potência Ativa - parcela da potência elétrica capaz de realizar trabalho, converter a energia elétrica em uma outra forma de energia útil como a térmica, luminosa ou a cinética
- ▶ Potência Reativa - parcela da potência elétrica que transita entre campos elétricos e magnéticos da rede. De forma simplificada, qualquer equipamento que possua enrolamentos (transformadores, motores, reatores), e portanto necessite da energia magnetizante como intermediária, é um consumidor de energia reativa
- ▶ Vetorialmente ortogonais, produzindo como vetor resultante de sua soma a Potência Aparente

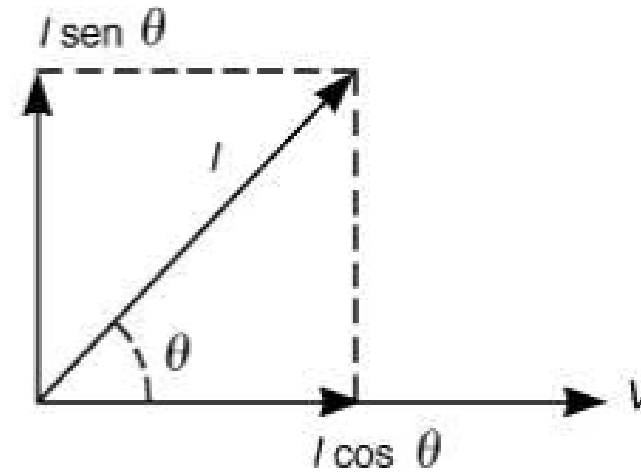
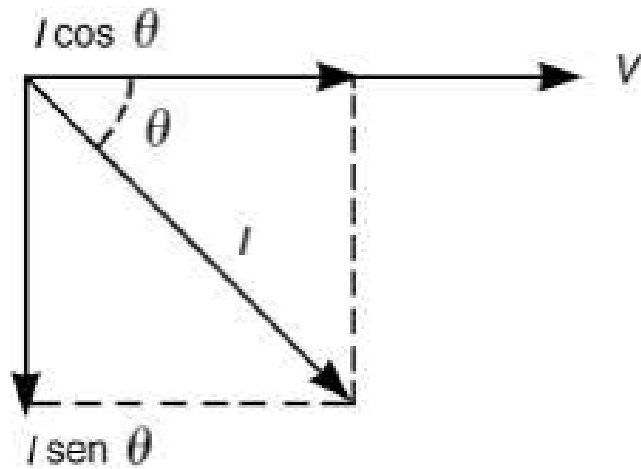
Fundamentos Teóricos



Significado do Fator de Potência

- ▶ O fator de potência é o número que expressa o cosseno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão
- ▶ Se indutivo, se trata de um consumidor de energia reativa, dito “fator de potência em atraso”
- ▶ Se capacitivo, se trata de um fornecedor, dito “fator de potência em avanço”
- ▶ Um indicador para caracterizar a instalação

Significado do Fator de Potência



Significado do Fator de Potência

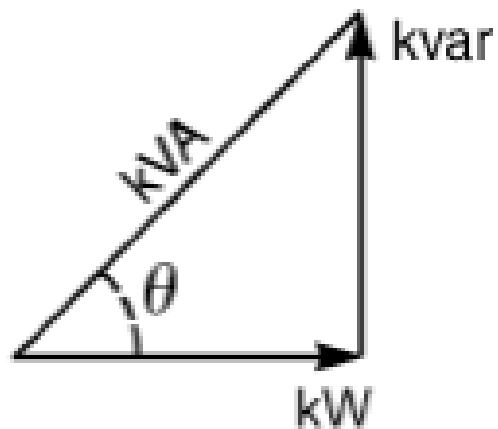
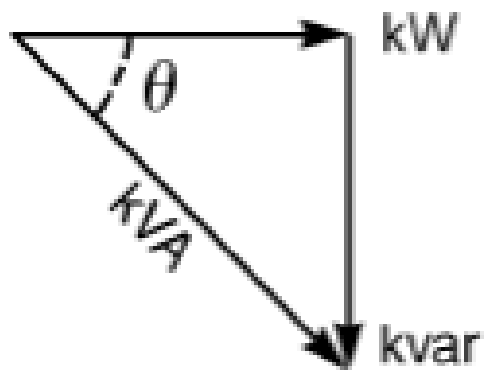
- ▶ A potência ativa e reativa podem ser escritas como:

$$P_{\text{at}} = \sqrt{3}VI \cos \theta \quad (\text{unidade watt ou kW})$$

$$P_{\text{reat}} = \sqrt{3}VI \sin \theta \quad (\text{unidade var ou kvar})$$

Significado do Fator de Potência

- ▶ O fator de potência de uma instalação pode ser definido por meio do triângulo de potência
- ▶ Conhecendo toda a sua potência ativa e sua potência reativa, é possível estimar o FP



Fator de Potência de uma Instalação

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

$$FP = \cos \arctg \frac{kvarh}{kWh}$$

Exercícios

1. Consideremos três tipos de carga:

- ▶ Iluminação de 50 kVA, lâmpadas incandescentes (FP=1)
- ▶ Motor de indução 180 hp operando com $\cos \phi$ indutivo igual a 0,85, rendimento 90%
- ▶ Motor síncrono com 95 kW operando com $\cos \phi$ capacitivo igual a 0,8 e rendimento de 95%

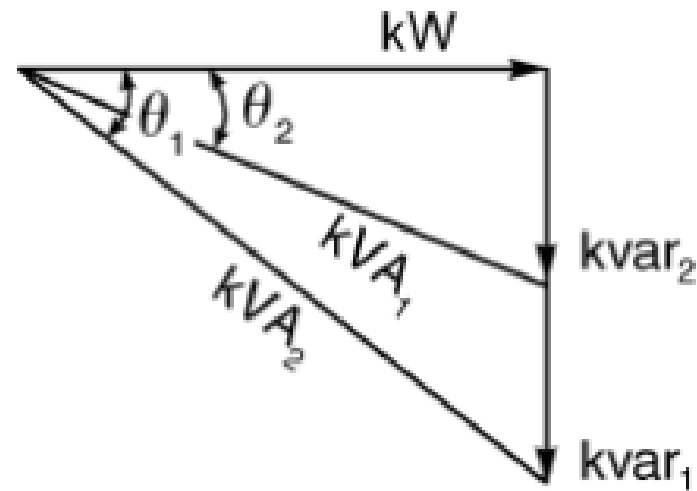
2. Calcule o fator de potência de uma instalação trifásica em que o módulo da corrente é de 100 amperes, o módulo da tensão é 380 e a potência ativa observada é de 35 kW.

Correção de Fator de Potência

- ▶ Tem por objetivo especificar a potência reativa necessária para elevação do fator de potência
- ▶ Busca-se evitar a ocorrência de cobrança relativos a demanda e consumo reativo
- ▶ Redução de perdas na rede

Correção de Fator de Potência

- ▶ Estima-se a potência reativa atual da instalação, nas condições de fator de potência a ser corrigido
- ▶ Em seguida, calcula-se a potência reativa para o fator de potência desejado
- ▶ A diferença entre os valores de potência indicam o valor que necessita ser compensado



Correção de Fator de Potência

- Pode ser expressa em função das tangentes dos ângulos de defasagem

$$kvar \text{ (necessários)} = kW \times (tg \phi_1 - tg \phi_2)$$

- Existem valores tabelados para auxiliar no processo

Tabela 9.1 Multiplicadores para determinação dos kvar necessários para a correção do fator de potência

		FATOR DE POTÊNCIA															
		Desejado															
Original		0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,81		0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724
0,82		0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,555	0,698
0,83		0,052	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,529	0,672
0,84		0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646
0,85		0,000	0,027	0,053	0,080	0,108	0,136	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620

Regulamentação para fornecimento de energia Reativa

- ▶ Regulamentação realizada por parte da ANEEL
 - ▶ ANEEL N° 414, de 9 de setembro de 2010
 - ▶ ANEEL N° 1000, de dezembro de 2021
- ▶ Estabelecendo o fator de potência limite como 0,92
- ▶ O cálculo do fator de potência pode ser feitas de maneiras distintas
 - ▶ Avaliação Mensal
 - ▶ Avaliação Horária

Avaliação Mensal de Energia Reativa Excedente

$$E_{RE} = EEAM \times \left(\frac{0,92}{f_M} - 1 \right) \times VR_{ERE};$$

em que:

E_{RE} = valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento, em Reais (R\$);

$EEAM$ = montante de energia elétrica ativa medida durante o período de faturamento em MWh;

f_M = fator de potência indutivo médio da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;

VR_{ERE} = valor de referência equivalente à tarifa de energia “TE” da tarifa de fornecimento, em R\$/MWh.

O cálculo da demanda reativa excedente é feito utilizando-se a seguinte expressão:

Avaliação mensal de Demanda Reativa Excedente

$$D_{RE} = \left(PAM \times \frac{0,92}{f_M} - PAF \right) \times VR_{ERE}$$

em que:

- D_{RE} = valor correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento, em Reais (R\$);
- PAM = demanda de potência ativa medida durante o período de faturamento em kW;
- f_M = fator de potência indutivo médio da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;
- PAF = demanda de potência ativa faturável no período de faturamento em kW (maior dentre os valores da demanda medida ou da demanda contratada);
- VR_{DRE} = valor de referência equivalente à tarifa de demanda de potência das tarifas de fornecimento aplicáveis ao Grupo A.

Avaliação Horária de Energia Reativa Excedente

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^n \left[EEAM_T \times \left(\frac{0,92}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE},$$

em que:

E_{RE} = valor correspondente à energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência de 0,9, no período de faturamento, em Reais (R\$);

$EEAM_T$ = montante de energia ativa medida em cada intervalo “T” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, em R\$/MWh;

f_T = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “T” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento;

VR_{DRE} = valor de referência equivalente à tarifa de energia “TE” da tarifa de fornecimento, em R\$/MWh;

T = indica intervalo de 1 (uma) hora no período de faturamento;

n = número de intervalos de integralização “T”, por posto horário “p”, no período de faturamento.

Avaliação Horária de Demanda Reativa Excedente

$$D_{RE}(p) = \left[\text{MAX}_{T=1}^n \left(\text{PAM}_T \times \frac{0,92}{f_T} \right) - \text{PAF}(p) \right] \times \text{VR}_{ERE},$$

em que:

$D_{RE}(p)$ = valor, por posto horário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento, em Reais (R\$);

p = indica posto horário, ponta ou fora de ponta, para as tarifas horossazonais;

MAX = função que identifica o valor máximo da equação entre os parênteses, em cada posto horário “p”;

T = indica intervalo de 1 (uma) hora no período de faturamento;

n = número de intervalos de integralização “T”, por posto horário “p”, no período de faturamento, em quilowatt (kW);

PAM_T = demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora “T”, durante o período de faturamento, em kW;

f_T = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “T” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento;

$\text{PAF}(p)$ = demanda de potência ativa faturável, em cada posto horário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);

VR_{DRE} = valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A.

Causas do Baixo Fator de Potência

- ▶ Antes da realização de investimentos na correção do fator de potência, recomenda-se a investigação de sua origem
- ▶ Fatores como:
 - ▶ Nível de tensão acima do nominal
 - ▶ Motores Operando em Vazio ou Superdimensionados
 - ▶ Transformadores em vazio ou com pequenas cargas

Nível de Tensão

- ▶ O nível de tensão pode influenciar negativamente o fator de potência
- ▶ Se tratando de motores, enquanto a potência ativa depende da carga mecânica aplicada no eixo do motor, a reativa vai ser proporcional ao quadrado da tensão aplicada
- ▶ Vale ressaltar que os motores representam uma parcela superior a 50% do consumo de energia industrial

Nível de Tensão

Tabela 9.2 Influência da variação da tensão no fator de potência

Tensão aplicada (% de V_n do motor)	Carga nos motores (em relação à nominal)		
	50%	75%	100%
120%	Decresce de 15% a 40%	Decresce de 10% a 30%	Decresce de 5% a 15%
115%	Decresce de 8% a 20%	Decresce de 6% a 15%	Decresce de 4% a 9%
110%	Decresce de 5% a 6%	Decresce 4%	Decresce 3%
100%	—	—	—
90%	Cresce de 4% a 5%	Cresce de 2% a 3%	Cresce 1%

Motores Operando Em Vazio ou Superdimensionados

- ▶ Similar ao caso anterior
- ▶ Motores superdimensionados tem a potência ativa consumida mais baixa que o nominal, piorando o fator de potência da instalação
- ▶ É comum em intervenções a substituição por um motor mais potente, no entanto, a longo prazo, pode ser onerosa devido ao baixo fator de potência

Transformadores Operando em Vazio ou com Pequenas Cargas

- ▶ Como os motores, os transformadores prejudicam o fator de potência quando superdimensionados
- ▶ O consumo de energia reativa é relativamente grande quando utilizado para pequenas cargas

Potência do transformador (kVA)	Carga reativa em vazio (kvar)
10,0	1,0
15,0	1,5
30,0	2,0
45,0	3,0
75,0	4,0
112,5	5,0
150,0	6,0
225,0	7,5
300,0	8,0
500,0	12,0
750,0	17,0
1 000,0	19,5

Exercícios

- ▶ 3. Uma unidade industrial possui uma demanda contratada junto à concessionária de 200 kW, sendo a verificação do fator de potência feita pela média mensal. O consumo mensal em determinado mês foi de 60.000 kWh, e a demanda medida foi de 190 kW. O fator de potência médio mensal apurado foi de 0,80. Informe os valores faturados referentes a ERE e DRE
- ▶ 4. Supondo que a instalação possui uma potência ativa 190 kW e fator de potência de 0,80. Deseja-se reduzir os custos com excedentes reativos. Calcule a potência do banco de capacitores necessária.
- ▶ 5. Em uma instalação fabril, tem-se uma subestação de 1500 kW com fator de potência igual 0,8. Deseja-se adicionar uma carga de 250 kW com f.p. de 0,85 indutivo. Que potência de capacitor deve ser adicionada para que a subestação não seja sobrecarregada?

Exercícios

- ▶ 6. Uma indústria alimentada em 13,8 kV excedeu seu consumo de reativos permitido, com um fator de potência de 0,85, durante 60h (ao longo de todo período de faturamento). O montante de Energia ativa medida para cada hora foi de 10 kWh. Calcule o custo da energia reativa excedente.
- ▶ 7. Calcule o valor correspondente a demanda de potência reativa da instalação com as seguintes características: Consumidor HS Azul, a demanda contratada de 810 kW, demanda de potência ativa medida foi 800 kW (maior valor fora ponta), fator de potência foi de 0,85 fora ponta.

DESCRIÇÃO	TUSD (R\$/kW)	TUSD (R\$/kWh)	TE (R\$/kWh)	TARIFA
Horo Sazonal AZUL				
A2				
Consumo Ativo na Ponta		0,04145000	0,34929000	0,39074000
Consumo Ativo Fora Ponta		0,04145000	0,21369000	0,25514000
Consumo Reativo Excedente			0,22499000	0,22499000
Demanda Ativa na Ponta	34,89000000			34,89000000
Demanda Ativa Fora Ponta	15,96000000			15,96000000
Demanda Reativa Excedente na Ponta e Fora Ponta	15,96000000			15,96000000
Ultrapassagem na Ponta	69,78000000			69,78000000
Ultrapassagem Fora Ponta	31,92000000			31,92000000