

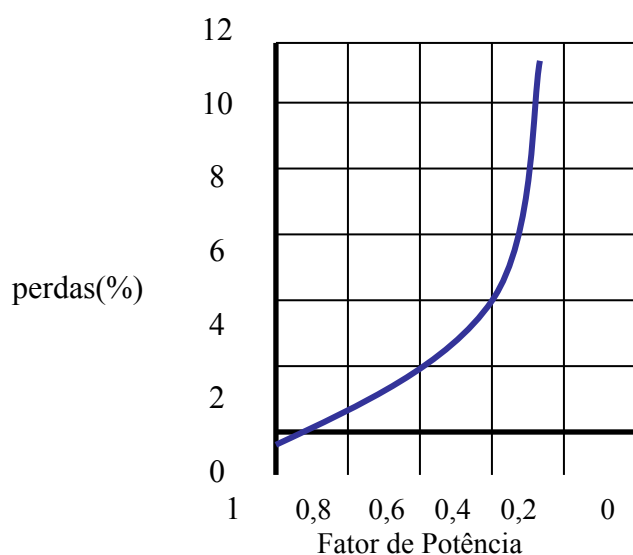
EXCEDENTE REATIVO (EFEITOS NAS REDES E INSTALAÇÕES)

Baixos valores de fator de potência são decorrentes de quantidades elevadas de energia reativa.

Essa condição resulta em aumento na corrente total que circula nas redes de distribuição de energia elétrica da Concessionária e das unidades consumidoras, podendo sobrecarregar as subestações, as linhas de transmissão e distribuição, prejudicando a estabilidade e as condições de aproveitamento dos sistemas elétricos, trazendo inconvenientes diversos, tais como:

PERDAS NA REDE

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total. Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação direta entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.





A tabela seguinte mostra a diminuição das perdas anuais em energia elétrica de uma instalação com consumo anual da ordem de 100 MWh, quando se eleva o fator de potência de 0,78 para 0,92.

	SITUAÇÃO INICIAL	SITUAÇÃO FINAL
FATOR DE POTÊNCIA	0,78	0,92
PERDAS GLOBAIS	5%	3,59%
	5 MWh/ANO	3,59 MWh/ANO
REDUÇÃO DE PERDAS	28,1%	

$$REDUÇÃO DAS PERDAS(\%) = 100 - \left(\frac{1 \cdot FPI^2}{FPf^2} \right)$$

Obs.:As perdas são inversamente proporcionais ao quadrado do fator de potência.

QUEDAS DE TENSÃO

O aumento da corrente devido ao excesso de reativo leva a queda de tensão acentuada, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos de rede.

Esse risco é, sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada.

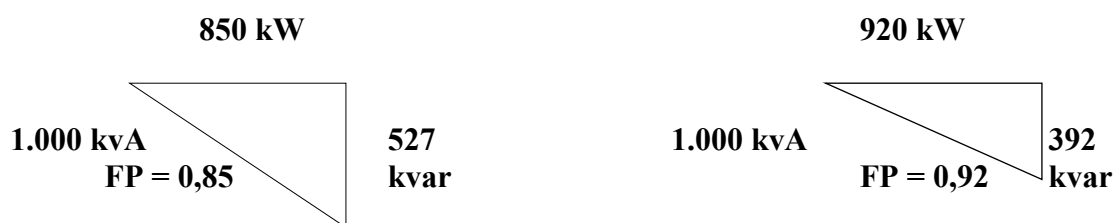
As quedas de tensão podem provocar ainda, diminuição da intensidade luminosa nas lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

SUB UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitáveis se o Fator de Potência apresentasse valores mais altos.

O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento a novas cargas.

As figuras a seguir, dão uma idéia da consequência do aumento do fator de potência, de 0,85 para 0,92, no fornecimento de potência ativa para cada 1.000 kVA instalado. A redução da potência reativa, de 527 kvar para 392 kvar, permite ao sistema elétrico aumentar de 850 kW para 920 kW a sua capacidade de fornecer potência ativa, para cada 1.000 kVA instalado.



Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários.

O transformador a ser instalado deve atender à potência ativa total dos equipamentos utilizados mas, devido à presença de potência reativa, sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.



A tabela abaixo mostra a potência total que deve ter o transformador, para atender uma carga útil de 800 kW para fatores de potência crescentes.

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, crescem com o aumento da energia reativa.

Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar na medida em que o fator de potência diminui.

A tabela seguinte ilustra a variação da seção necessária de um condutor em função do Fator de Potência. Nota-se que a seção necessária, supondo-se um Fator de Potência 0,70, é o dobro da seção para Fator de Potência 1,00.

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

É o que mostra a tabela a seguir, ilustrando o aumento do fator de Potência de 0,80 para 0,92 em uma instalação genérica, com potência de transformação de 315 kVA.



VARIAÇÃO DA SEÇÃO DO CABO EM FUNÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA.

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

	SITUAÇÃO INICIAL	SITUAÇÃO DESEJADA
FATOR DE POTÊNCIA	0,80	0,92
POTÊNCIA DISPONIVEL Kw	252	290
AUMENTO DE POTÊNCIA kW	38	

FATOR DE POTÊNCIA - CORREÇÃO

A primeira providencia para corrigir o baixo Fator de Potência é a análise das causas que levam à utilização excessiva de energia reativa.

A eliminação dessas causas passa pela racionalização do uso de equipamento – desligar motores em vazio e redimensionar equipamentos superdimensionados.

A partir destas providencias, uma forma de reduzir a circulação de energia reativa pelo sistema elétrico, consiste em “produzi-la” o mais próximo possível da carga, utilizando um equipamento chamado capacitor.

Instalando-se capacitores junto às cargas indutivas, a circulação de energia reativa fica limitada a estes equipamentos.

Na pratica, a energia reativa passa a ser fornecida pelos capacitores, liberando parte da capacidade do sistema elétrico e das instalações da unidade consumidora.

Isso é comumente chamado de “compensação de energia reativa”.

Quando esta havendo consumo de energia reativa, caracterizando uma situação de compensação insuficiente, o fator de potência é chamado de indutivo.

Quando está havendo um fornecimento de energia reativa à rede, caracterizando uma situação de compensação excessiva, o Fator de Potência é chamado de capacitivo.

COMPENSAÇÃO – ATRAVÉS DE CAPACITORES

Existem varias alternativas para instalação de capacitores em uma unidade consumidora, cada uma delas apresentando vantagens e desvantagens.

Nesse sentido, a escolha da melhor alternativa dependerá de análises técnicas de cada instalação.

COMPENSAÇÃO INDIVIDUAL

É efetuada instalando os capacitores junto ao equipamento cujo Fator de Potência se pretende melhorar. Representa, do ponto de vista técnico a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens:

- Reduz as perdas energéticas em toda instalação;
- Diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos compensados;
- Melhora os níveis de tensão de toda instalação;
- Pode-se utilizar um sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se em equipamentos de manobra;
- Gera reativos somente onde é necessário.

Existem, contudo, algumas desvantagens dessa forma de compensação com relação às demais:

- Muitos capacitores de pequena potência têm custo maior que capacitores concentrados de potência maior;



- Pouca utilização dos capacitores, no caso do equipamento compensado não ser de uso constante;
- Para motores, deve-se compensar no máximo 90% da energia reativa necessária.

COMPENSAÇÃO POR GRUPOS DE CARGAS

O banco de capacitores é instalado de forma a compensar um setor ou um conjunto de máquinas. É colocado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos.

A potência necessária será menor que no caso da compensação individual, o que torna a instalação mais econômica. Tem como desvantagem o fato de não haver diminuição de corrente nos alimentadores de cada equipamento compensado.

COMPENSAÇÃO GERAL

O banco de capacitores é instalado na saída do transformador ou do quadro de distribuição geral, se a instalação for alimentada em baixa tensão.

Utiliza-se em instalações elétricas com número elevado de cargas com potências diferentes e regimes de utilização pouco uniformes. Apresenta as seguintes vantagens principais:

- Os capacitores instalados são mais utilizados;
- Fácil supervisão;



- Possibilidade de controle automático;
- melhoria geral do nível de tensão;
- Instalações adicionais suplementares relativamente simples.

A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

COMPENSAÇÃO NA ENTRADA DA ENERGIA EM ALTA TENSÃO (AT)

Não é muito freqüente a compensação no lado da alta tensão.

Tal localização não alivia nem mesmo os transformadores e exige dispositivos de comando e proteção dos capacitores com isolamento para a tensão primária.

COMPENSAÇÃO AUTOMÁTICA

Nas formas de compensação geral e por grupos de equipamentos, é usual utilizar-se uma solução em que os capacitores são agrupados por bancos controláveis individualmente.

Um relé varimétrico, sensível às variações de energia reativa, comanda automaticamente a operação dos capacitores necessários à obtenção do Fator de Potência desejado.

COMPENSAÇÃO COMBINADA

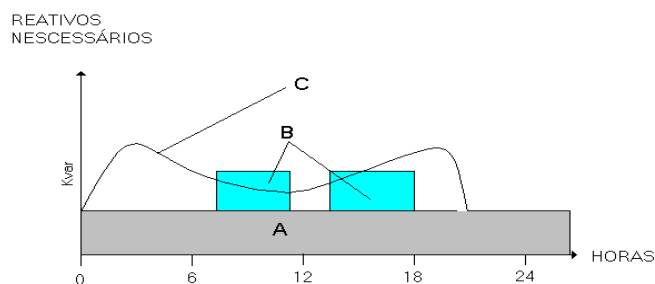
Em muitos casos utilizam-se, conjuntamente, as diversas formas de compensação.

A – banco fixo, utilização ininterrupta;

B – banco fixo, ligado somente no período de atividade dos equipamentos a ele ligado;

C – banco automático, controlando continuamente a quantidade de kvar.

COMO CALCULAR A CAPACITÂNCIA NECESSÁRIA À CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA



O princípio é um só, porém dependendo dos dados disponíveis, do sistema tarifário e da adoção ou não da média horária será necessário a utilização do **Fator de Carga** ou **Horas Trabalhadas**.



Como a resolução vigente determina que seja adotado o sistema de média horária estaremos abordando apenas o cálculo com base nesta condição, seja para bancos automáticos ou programáveis.

É necessário que tenhamos os seguintes dados, os quais devem ser obtidos na fatura de energia elétrica ou em medição com equipamento adequado:

Demanda máxima.

Consumo ou Demanda Ativa.

Consumo ou Demanda Reativa.

Como já dissemos existem várias forma de cálculo, porém a que adotaremos neste caso será a da diferença de tangente.

PRIMEIRO PASSO

Determine a tangente relativa ao consumo ativo e reativo (veja triangulo das potências):

$$Tg = \frac{KVAR}{KW}$$

SEGUNDO PASSO

Calcule a diferença entre o valor obtido e o valor de referência para um fator de potência de 0,92 que é 0,425. (se preferir um fator de potência superior a 0,92 utilize os valores da tabela abaixo)

$$Dtg = tg1 - tgr$$

Onde:



Dtg. = Diferença das tangentes;

Tg1 = Tangente obtida no primeiro passo;

Tgr = Tangente de referência.

FATOR DE POTÊNCIA ($\cos.\varphi$)						
Tg p/ 0,92	Tg p/ 0,93	Tg p/ 0,95	Tg p/ 0,96	Tg p/ 0,97	Tg p/ 0,98	Tg p/ 0,99
0,425	0,395	0,328	0,291	0,250	0,203	0,142

TERCEIRO PASSO

Multiplique o valor de Dtg pela demanda máxima.

O valor aqui obtido é a potência em KVA_r a instalar.

HARMÔNICAS

De uma maneira geral, as tensões geradas pelas centrais elétricas possuem formas de ondas praticamente senoidais, com magnitude e frequência constantes.

Por outro lado, cargas como retificadores e conversores, tem a propriedade de deformarem essas tensões senoidais. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que elas absorvem a corrente senoidal, de frequência de 60 Hz, como no Brasil e nos Estados Unidos (ou de 50 Hz na Europa e em outros países da América Latina), essas cargas injetam no sistema ao qual estão conectadas, correntes de outras frequências, múltiplas da frequência original (60 Hz ou 50 Hz).

A consequência imediata disso, dentre outras que serão citadas, é que as tensões nas barras mais próximas dessas cargas poderão ficar distorcidas.



Nas barras mais próximas das grandes centrais geradoras, devido aos altos níveis de curto-circuito, as medições efetuadas por analisadores harmônicos ou osciloscópios, mostram que as tensões têm menos que 1% de distorção.

Entretanto, à medida que os pontos de medições se distanciam das centrais geradoras e se encaminham para as cargas elétricas, as distorções de tensão aumentam.

Os primeiros relatos de problemas de distorções harmônicas datam de 1930/1940.

Provavelmente, o primeiro equipamento a ser “acusado” de causar problemas harmônicos, foi o transformador.

As primeiras vítimas de então, foram as linhas telefônicas, que sofriam interferências indutivas.

As distorções nas formas de onda das tensões e correntes tornaram-se mais significativas nos últimos anos, com o crescente progresso nos desenvolvimentos de cargas controladas por tiristores.

Para muitos engenheiros, as distorções harmônicas são os mais importantes problemas de qualidade da energia de um sistema elétrico.

Em geral, os consumidores industriais têm mais problemas harmônicos que os sistemas de distribuição de energia de uma concessionária.



Isso acontece porque as indústrias, nos dias de hoje, possuem um grande número de cargas geradoras de correntes harmônicas, como os equipamentos controladores de velocidade de motores, os fornos a arco, os conversores AC/DC, etc.

Ironicamente, essas cargas industriais, conforme será mostrado adiante, são vítimas da própria “poluição” elétrica que elas mesmas provocam.

Normalmente, as cargas elétricas, independentemente de gerarem ou não correntes harmônicas, são projetadas para operarem com tensões balanceadas e perfeitamente senoidais.

Assim, os engenheiros eletricitistas nas indústrias modernas, acabam ficando com a árdua missão de minimizar a causa da geração de correntes harmônicas para que os correspondentes efeitos não afetem os seus equipamentos mais sensíveis.

PERIODOS DE MEDIÇÃO DE ENERGIA REATIVA, INDUTIVA E CAPACITIVA.

A energia reativa capacitiva é medida no intervalo de 6 horas consecutivas, compreendido, a critério da concessionária, entre 23:30h e 06:30h.

Nas demais horas complementares é medido o fator de potência indutivo.



CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA

O cálculo do Fator de Potência será efetuado com base nos valores de energia ativa kWh e energia reativa kvarh, medidas durante o período de faturamento por posto horário.

$$FP = \cos (\arctg (\frac{kvar}{kW}))$$

MANUTENÇÃO (Recomendações)

Semestralmente:

- 1- Limpeza completa do painel interna e externamente;
- 2- Desobstrução do sistema de ventilação com eventual troca de filtros;
- 3- Reaperto de todos os contatos elétricos e mecânicos;
- 4- Medição dos níveis de temperatura;
- 5- Verificação visual de eventual atuação do dispositivo de segurança interna dos capacitores, indicado pela expansão da caneca de alumínio no sentido longitudinal;
- 6- Verificação e troca de fusíveis;
- 7- Verificação dos contadores;
- 8- Medição da capacitância dos módulos capacitivos em comparação com os valores nominais;
- 9- Teste do sistema de comando;
 - chaves comutadoras;
 - chaves de acionamento;
 - programador cíclico ou controlador do fator de potência;
 - verificação e se necessário reprogramação dos instrumentos de controle;



Mensalmente:

- verificação em todas as unidades capacitivas se houve atuação do dispositivo de segurança interna;
- verificação de fusíveis queimados;
- verificação do funcionamento dos contadores;
- verificação do sistema de exaustão;
- medições de tensão, corrente e temperatura;
- verificação visual dos bornes de terminais, bem como condutores (fios, cabos e barramentos).



TABELA PARA A CORREÇÃO DE TRANSFORMADORES

Transformadores com perdas em vazio conforme DIN.

Potência Nominal do Trafo kva	Potência Reativa do Trafo kva	Potência Do Capacitor Kva
250	4,5	5,0
315	7,9	7,5
400	8,2	7,5
500	10,6	10,0
630	13,2	12,5
800	15,5	15,0
1000	19,0	20,0
1250	20,6	20,0
1600	23,2	25,0
2000	27,0	25,0



TABELA DE FIOS E CABOS

Instalação Aglomerada:

Secção Nominal (mm ²)	2 Condutores Carregados				3 Condutores Carregados			
	Temperatura Ambiente (°C)				Temperatura Ambiente (°C)			
	30	35	40	45	30	35	40	45
1,0	13,5	12,6	11,75	10,7	12	11,2	10,4	9,5
1,5	17,5	16,3	15,2	13,8	15,5	14,4	13,5	12,2
2,5	24	22,3	20,9	19,0	21	19,5	18,3	16,6
4	32	29,8	27,8	25,3	28	26,0	24,4	22,1
6	41	38,1	35,7	32,4	36	33,5	31,3	28,4
10	57	53,0	49,6	45,0	50	46,5	43,5	39,5
16	76	70,7	66,1	60,0	68	63,2	59,2	53,7
25	101	93,9	87,9	79,8	89	82,8	77,4	70,3
35	125	116,3	108,8	98,8	111	107,7	96,6	87,7
50	151	140,4	131,4	119,3	134	124,6	116,6	105,9
70	192	178,6	167,0	151,7	171	159,0	148,8	135,1
95	232	215,8	201,8	183,3	207	192,5	180,1	163,5
120	269	250,2	234,0	212,5	239	222,3	207,9	188,8
150	309	287,4	268,8	244,1	272	253,0	236,6	214,9
185	353	328,3	307,1	278,9	310	288,3	269,7	244,9
240	415	386	361,1	327,9	364	338,5	316,7	287,6
300	473	439,9	411,5	373,7	419	389,7	364,5	331,0
400	566	526,4	492,4	447,1	502	466,9	436,7	396,6
500	651	605,4	566,4	514,3	578	537,5	502,9	456,6



Instalação Livre:

Secção Nominal (mm ²)	2 Condutores Carregados				3 Condutores Carregados			
	Temperatura Ambiente (°C)				Temperatura Ambiente (°C)			
	30	35	40	45	30	35	40	45
1,0	15	14	13	11,9	13,5	12,6	11,7	10,7
1,5	19,5	18,1	17,0	15,4	17,5	16,3	15,2	13,8
2,5	26	24,2	22,6	20,5	24	22,3	20,9	19,0
4	35	32,6	30,5	27,7	32	29,8	27,8	25,3
6	46	42,8	40,0	36,3	41	38,1	35,7	32,4
10	63	58,6	54,8	49,8	57	53,0	49,6	45,0
16	85	79,1	74,0	67,2	76	70,7	66,1	60,0
25	112	104,2	97,4	88,5	101	93,9	87,9	79,8
35	138	128,3	120,1	109,0	125	116,3	108,8	98,8
50	168	156,2	146,2	132,7	151	140,4	131,4	119,3
70	213	198,1	185,3	168,3	192	178,6	167,0	151,7
95	258	239,9	224,5	203,8	232	215,8	201,8	183,3
120	299	278,1	260,1	236,2	269	250,2	234,0	212,5
150	344	319,9	299,3	271,8	309	287,4	268,8	244,1
185	392	364	341,0	309,7	353	328,3	307,1	278,9
240	461	428,7	401,1	364,2	415	386	361,1	327,9
300	526	489,2	457,6	415,5	473	439,9	411,5	373,7
400	631	576,8	549,0	498,5	566	526,4	492,4	447,1
500	725	674,3	630,8	572,8	651	605,4	566,4	514,3