

PROCESSO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO**SUBPROCESSO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE CONSUMIDOR****1. OBJETIVO**

Estabelecer critérios para projeto de melhoria do fator de potência nas instalações elétricas das unidades consumidoras através da instalação de banco de capacitores em baixa tensão.

2. RESPONSABILIDADES

Compete aos órgãos de atendimento, ligação, projeto, operação, e engenharia da concessionária cumprir e fazer cumprir o estabelecido nesta norma.

3. CONCEITUAÇÃO**3.1 Capacitor**

É um dispositivo capaz de gerar um fluxo de energia elétrica reativa capacitiva, ou seja, com fase oposta à energia reativa dos dispositivos indutivos, diminuindo os valores de perda e queda de tensão no sistema elétrico de corrente alternada.

3.2 Cargas não lineares

São cargas que respondem não linearmente à aplicação de uma tensão gerando correntes de amplitude deformadas pela presença de harmônicas.

3.3 Banco capacitivo

É um conjunto de unidades e seu respectivo equipamento de montagem, manobra, proteção e controle, em um mesmo todo.

3.4 Carga instalada

Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

3.5 Potência ativa

É a capacidade real das máquinas de produzirem trabalho útil e sua unidade é o quilowatt (kW).

3.6 Potência reativa

É a potência utilizada para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento das cargas indutivas (motores, transformadores, reatores, etc.) expressa em quilovolt-ampère reativo (kVAR).

3.7 Energia elétrica ativa

Energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, mecânica (do eixo do motor), térmica (que aquece a água do chuveiro), etc. É medida em quilowatt-hora (kWh).

Exemplo: Quando uma carga com potência elétrica de 10 kW é mantida ligada durante uma hora e meia, é consumida a energia elétrica de $10 \text{ kW} \times 1,5 \text{ h} = 15 \text{ kWh}$.

3.8 Energia elétrica reativa

Energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho. É expressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kVARh).

Exemplo: Quando uma carga com potência elétrica de 10 kVAR é mantida ligada durante uma hora e meia, é consumida a energia elétrica de $10 \text{ kVAR} \times 1,5 \text{ h} = 15 \text{ kVARh}$.

3.9 Potência aparente

É a potência total absorvida por uma instalação elétrica, usualmente expressa em quilovolt-ampère (kVA).

É obtida pela soma geométrica da Potência Ativa (kW) com a Potência Reativa (kVAr).

3.10 Potência nominal de um capacitor

É a potência reativa, sob tensão e frequência nominais, para a qual foi projetado o capacitor.

3.11 Perdas do capacitor

É a potência ativa consumida pelo capacitor quando operando em suas condições nominais.

3.12 Harmônicas

São ondas com frequências múltiplas da onda fundamental.

3.13 Fator de potência

Valor numérico que estabelece a relação entre a energia elétrica ativa e a reativa, absorvidas num determinado período de funcionamento, pelas cargas ligadas na unidade consumidora.

O valor do fator de potência é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Fator de Potência : } F_{p_{\text{medido}}} = \frac{kWh_{\text{medido}}}{\sqrt{kWh_{\text{medido}}^2 + kVarh_{\text{medido}}^2}}$$

onde: kWh_{medido}: é a energia ativa consumida no período da medição.

kVarh_{medido}: é a energia reativa consumida no período da medição.

F_{p_{medido}}: é o fator de potência médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento.

3.14 Fator de potência de referência;

É o valor do fator de potência (fr) igual a 0,92 indutivo ou capacitivo, que é usado como referência para o cálculo das tarifas.

3.15 Consumo reativo excedente

Parcela do consumo reativo correspondente à diferença entre o fator de potência de referência (fp=0,92) e o inferior a este.

4. DISPOSIÇÕES GERAIS

4.1 Instalações com baixo fator de potência podem promover a compensação da energia reativa através da instalação de bancos de capacitores fixos ou automáticos.

4.2 O valor do custo do consumo reativo excedente é calculado com base no valor de referência do fator de potência, através da seguinte expressão:

$$\text{Custo}_{\text{excedente}} (\text{R\$}) = kWh_{\text{medido}} \times \text{Tarifa}_{(\text{R\$ / kWh})} \times \left(\frac{0,92}{F_{p_{\text{medido}}}} - 1 \right)$$

4.3 A parcela de custo excedente é nula para fator de potência igual a 0,92. A parcela de custo excedente torna-se negativa e é desprezada para fins de faturamento, quando o fator de potência for maior que 0,92.

4.4 O valor do custo excedente acima calculado pode ser cobrado pela concessionária nos meses subsequentes até que o cliente comunique formalmente à concessionária a aplicação de medidas para correção do fator de potência ou até que a concessionária efetue outra medição.

4.5 As instalações elétricas devem ser projetadas de forma a reduzir a geração de reativos.

4.6 O sistema de iluminação deve ser projetado com reatores de alto fator de potência.

4.7 Não devem ser especificados motores com baixo rendimento ou super dimensionados.

4.8 Não é permitida a instalação de banco de capacitores ligados em estrela com neutro aterrado.

4.9 Devem ser evitadas instalações de banco de capacitores nas seguintes situações:

- a)** Paredes ou locais expostos diretamente ao sol;
- b)** Proximidade de equipamentos que trabalham com temperaturas superiores ao limite definido pelo fabricante;
- c)** Locais sem ventilação ou próximos ao teto.

4.10 Todas as partes metálicas não vivas devem ser aterradas.

4.11 A proteção através de fusíveis ou disjuntores devem ser dimensionada para não operar com correntes de até 165% da corrente nominal do banco de capacitores em regime contínuo.

4.12 Os condutores devem ser dimensionados para suportar 150% da corrente nominal do banco de capacitores.

4.13 Os capacitores não devem ser energizados com tensão residual superior a 10%, portanto após o desligamento do banco de capacitores deve-se esperar no mínimo 5 (cinco) minutos antes de qualquer reenergização.

4.14 Mesmo após o desligamento do banco, este deve ser considerado energizado por questões de segurança até que seja devidamente descarregado (aterrado).

4.15 Bancos de capacitores não devem ser instalados em circuitos comuns a motores nem a cargas não lineares.

4.16 Os bancos de capacitores devem possuir chaveamento e proteção exclusivos.

4.17 Os capacitores possuem maior vida útil se estiverem operando nas seguintes condições:

- a)** Potência de operação inferior a 135% do seu valor nominal;
- b)** Tensão eficaz, (incluindo a componente provocada pelas harmônicas), inferior a 110% do valor nominal;
- c)** Corrente eficaz (incluindo a componente provocada pelas harmônicas), inferior a 180% do seu valor nominal;
- d)** Tensão de pico (incluindo a componente provocada pelas harmônicas), inferior a 120% do seu valor nominal.

4.18 Deve-se limitar a corrente de surto (valor de pico) ao valor menor ou igual a 100 (cem) vezes a corrente nominal do banco de capacitores.

4.19 A potência máxima do banco de capacitores fixos a ser instalado na unidade consumidora de baixa tensão, depende da potência do transformador que supre a rede secundária e está limitada conforme seguinte tabela.

Potência do Transformador Trifásico	Potência máxima do banco de capacitores fixo
15 kVA	2,5 kVAr
30 kVA	3,0 kVAr
45 kVA	5,0 kVAr
75 kVA	7,5 kVAr
112,5 kVA	10,0 kVAr
150 kVA	12,5 kVAr
225 kVA	12,5 kVAr
300 kVA	20,0 kVAr
500 kVA	25,0 kVAr

4.20 O dimensionamento da proteção do banco de capacitores na tensão de 220V e 380V, deve ser de acordo com a seguinte tabela:

Potência do Banco	220/127V	380/220V
PCI.00.06.B	1ª Edição	30/11/2004

	Seção mínima	Fusível (A)	Disjuntor (A)	Seção mínima	Fusível (A)	Disjuntor (A)
1,0	2,5	6	10	-	-	-
2,5	2,5	10	10	-	-	-
5,0	2,5	25	20	2,5	16	15 ou 16
7,5	4	36	35	2,5	20	20
10,0	6	50	50	2,5	25	25
12,5	10	50	50	4,0	36	40
15,0	16	63	70	6,0	36	40
17,5	16	80	70	6	50	50
20,0	25	80	90	10	50	50
22,5	25	100	100	10	63	60 ou 63
25,0	25	100	125	16	63	60 ou 63

4.21 Devem ser efetuadas medições periódicas na instalação elétrica para verificar se os limites definidos no item 4.17 estão sendo obedecidos.

4.22 Se os limites do item 4.17 não forem atendidos através de alterações nas cargas ou instalação de bancos de capacitores convencionais, deve ser estudada a aplicação das seguintes opções:

- a) Utilização de capacitores com tensão reforçada;
- b) Instalação de filtros para ondas harmônicas;
- c) Instalação de indutores anti-harmônicas.

4.23 Os projetos de unidades consumidoras com carga instalada superior a 50kW devem prever nos quadros de proteção espaço físico para futura instalação de banco de capacitores destinados à correção do fator de potência da carga.

4.24 A instalação de banco de capacitores em baixa tensão deve ser precedida pela aprovação pela concessionária, de projeto elétrico aprovado por profissional habilitado pelo CREA-BA, e emissão do Atestado de Responsabilidade Técnica – ART.

4.25 Os projetos para correção do fator de potência através de banco de capacitores de baixa tensão, além de informações específicas, devem conter:

- a) N.º de contrato se a unidade consumidora já estiver ligada;
- b) Período de funcionamento (hora/semana);
- c) Regime de funcionamento diário (diurno, noturno, ininterrupto);
- d) Regime de funcionamento anual (sazonal, contínuo);
- e) Equipamentos que provoquem flutuações de tensão;
- f) Fator de potência medido;
- g) Fator de potência pretendido;
- h) Carga instalada;
- i) Tensão de fornecimento;
- j) Potência do transformador da rede supridora;
- k) Demanda ativa e reativa nos horários de carga máxima e mínima;
- l) Tipo de compensação reativa especificada;
- m) Especificação dos capacitores contendo: tensão e frequência nominal, potência das células e tipo da ligação;
- n) Especificação do chaveamento e proteção adotados;
- o) Especificação técnica dos condutores e eletrodutos;
- p) Lista de materiais;
- q) Planta com a localização do banco no quadro;
- r) Desenhos ilustrativos quando necessários;
- s) Memorial de cálculo contendo os elementos que definiram o tipo e os critérios utilizados no dimensionamento da potência e proteção do banco projetado;
- t) Localização de capacitores junto a motores;
- u) Dados da máquina:
 - Quantidade;
 - Potência (HP, CV ou kW);
 - Tipo de partida;

- Rotação dos motores (rpm);
- Potência total (kW);
- Tensão (V).
- v) Dados do capacitor:**
 - Potência em kVAr;
 - N.º de fases;
 - Tensão;
 - Fusível ou disjuntor (A);
 - Condutor de ligação (mm²);
 - Chave mínima (A).

5. REFERÊNCIAS

NBR 5060 – Guia para Instalação e Operação de Capacitores de Potência – Procedimento.
NBR 5410 – Instalação Elétrica em Baixa Tensão – Procedimento
ANSI / IEEE – Standard 18 - 1992 – IEEE Standards for Shunt Power Capacitors
ANSI / IEEE – Standards 519 – 1992 – IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.

6. APROVAÇÃO

RICARDO JOSÉ BARROS VALENTE
Departamento de Planejamento de Investimentos

ANEXO A. ORIENTAÇÕES TÉCNICAS SOBRE BANCOS DE CAPACITORES**LIGAÇÃO TRIÂNGULO (DELTA)**

É usada especialmente em classes de tensão até 2,4 kV. Para tensões superiores se torna anti-econômica, se comparada com as outras, devido ao elevado custo da proteção associada.

Esta ligação impede a circulação de correntes de 3^a harmônica, que ocorre na conexão estrela com neutro aterrado e que pode causar interferência nos circuitos de comunicação e proteção.

Nos bancos onde existe apenas um grupo série por fase, o fusível a ser utilizado para proteção de cada unidade, deverá ser capaz de, em caso de defeito, interromper o valor da corrente de curto-circuito.

No caso de bancos próximos à subestações ou a outros bancos, esse valor é muito alto e às vezes requer o uso de reatores limitadores de corrente, de custo muito elevado.

LIGAÇÃO ESTRELA COM NEUTRO ATERRADO

Este tipo de ligação fornece uma via de escoamento de baixa impedância para correntes de descarga atmosférica. Algumas vezes essa autoproteção é utilizada e o banco é operado sem pára-raios.

Como o neutro é fixo, neste tipo de ligação, a tensão de restabelecimento é menos severa.

Este tipo de ligação oferece baixo custo de instalação e ocupa pouca área, no entanto, pode provocar interferência em circuitos de comunicação e proteção, devido à circulação de correntes harmônicas de sequência zero para terra. Sendo assim, os relés associados devem possuir filtros. Devido a circulação de correntes harmônicas, poderão surgir problemas de atuações indevidas na proteção de sobrecorrente do banco, queima acima do normal de fusíveis além de possíveis danificações nas unidades capacitivas. No caso de defeito fase-terra, existe contribuição de corrente de sequência zero pela estrela do banco.

É importante salientar que quando ocorre curto-circuito nas proximidades do banco, o produto do módulo x frequência da corrente transitória de descarga é muito alto, exigindo a instalação de reatores série. Isto porque a circulação destas correntes através das cargas indutivas do TC, provoca o surgimento de tensões elevadas prejudiciais ao isolamento secundário e equipamentos associados (relés, medidores, etc.)

LIGAÇÃO ESTRELA COM NEUTRO ISOLADO

Este tipo de ligação não provoca interferências nos circuitos de comunicação, pois bloqueia a circulação de correntes harmônicas.

Dependendo do risco assumido, não há necessidade de preocupações tão fortes como no caso do neutro aterrado, para a proteção do secundário dos transformadores de corrente, porém deverá ser dada atenção especial para tensões transitórias de restabelecimento nos equipamentos de manobra do banco. Este fato poderá encarecer o disjuntor ou chave associado ao banco.

O neutro do banco para este tipo de ligação deverá ser isolado para tensão fase-fase, por prevenção contra surtos de manobras. No que diz respeito a custos, isto é pouco importante nas tensões mais baixas, mas pode se tornar dispendioso em tensões acima de 15 kV.

LIGAÇÃO DUPLA ESTRELA NÃO-ATERRADA

Dentre as características desta ligação, pode-se dizer que os distúrbios do sistema não se transmite ao circuito de proteção do banco de capacitores. Não há vias de escoamento para correntes harmônicas de sequência zero e os esquemas de proteção possuem custos relativamente baixos, principalmente no que diz respeito aos relés.

Esta ligação exige uma maior área para a mesma capacidade, quando comparada com a estrela simples, assim como maior quantidade de material por barramento e conexões. O neutro deve ser isolado para tensão fase-fase do sistema, tal como qualquer banco ligado em estrela com neutro isolado.

Fonte: ANÁLISE DE MANOBRAS E OPERAÇÃO DE BANCOS DE CAPACITORES ATÉ 69 kV
SCED/SCEE/CCON – No. 594/86
DATA: OUTUBRO DE 1986

ÍNDICE

	PÁG.
1. OBJETIVO	1
2. RESPONSABILIDADES.....	1
3. CONCEITUAÇÃO.....	1
3.1 CAPACITOR	1
3.2 CARGAS NÃO LINEARES	1
3.3 BANCO CAPACITIVO	1
3.4 CARGA INSTALADA	1
3.5 POTÊNCIA ATIVA	1
3.6 POTÊNCIA REATIVA	1
3.7 ENERGIA ELÉTRICA ATIVA.....	1
3.8 ENERGIA ELÉTRICA REATIVA.....	1
3.9 POTÊNCIA APARENTE	1
3.10 POTÊNCIA NOMINAL DE UM CAPACITOR	2
3.11 PERDAS DO CAPACITOR.....	2
3.12 HARMÔNICAS.....	2
3.13 FATOR DE POTÊNCIA	2
3.14 FATOR DE POTÊNCIA DE REFERÊNCIA;.....	2
3.15 CONSUMO REATIVO EXCEDENTE	2
4. DISPOSIÇÕES GERAIS.....	2
5. REFERÊNCIAS.....	5
6. APROVAÇÃO	5
ANEXO A. ORIENTAÇÕES TÉCNICAS SOBRE BANCOS DE CAPACITORES.....	6