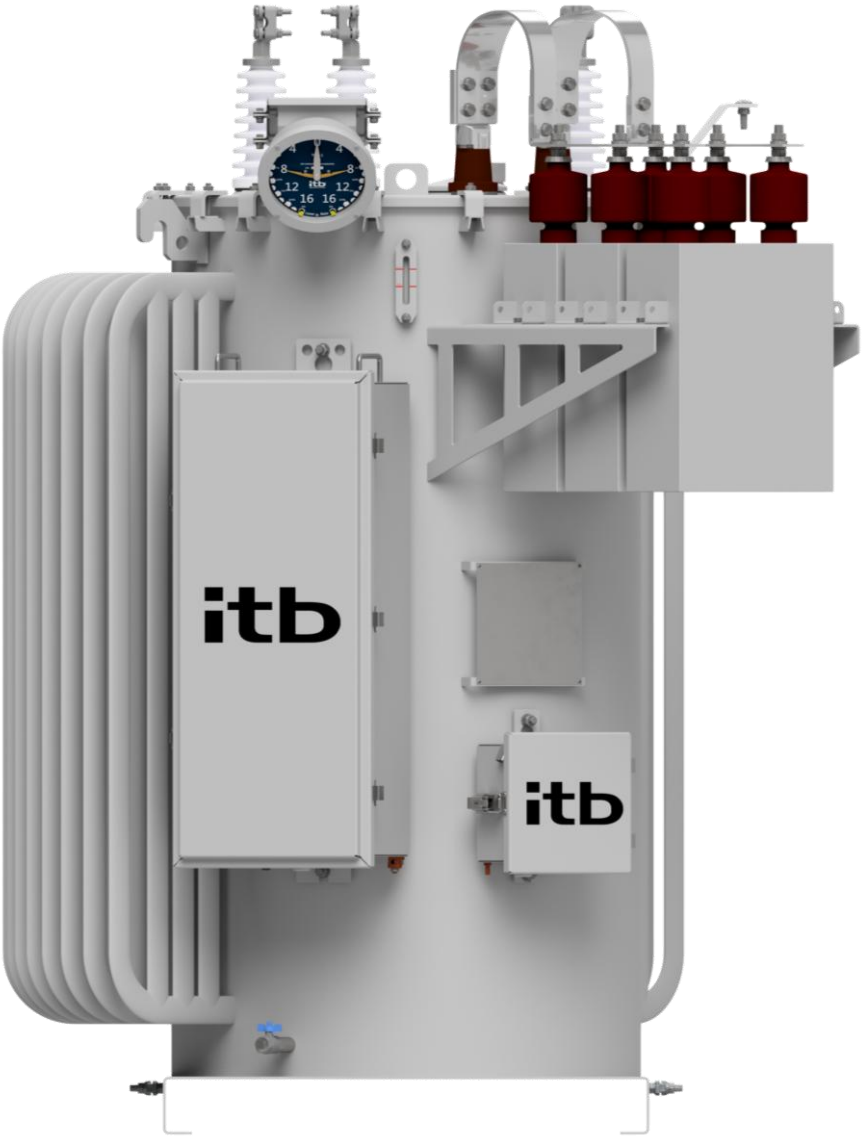
COMPENSADOR AUTOMÁTICO DE REATIVOS MONOFÁSICO

TIPO TRANSFORMADOR | POR DEGRAUS



MANUAL DE INSTRUÇÕES

MIX-001 | PT-BR

REV202509

itb®
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

ÍNDICE

SEGURANÇA E IMPORTÂNCIA DA VIDA 1

INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA 1

Instruções Gerais de Segurança 2

INTRODUÇÃO 3

INFORMAÇÕES ADICIONAIS 3

POLÍTICA DE GESTÃO INTEGRADA 3

RECEBIMENTO 3

DESCARREGAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE 3

COMPENSADOR DE REATIVOS – VISÃO GERAL 5

Itens de série 5
Itens opcionais 6
Compensador Automático de Reativos – Características Externas 6
Identificação dos terminais de linha 8

DESCRIÇÃO – PRINCIPAIS ACESSÓRIOS 9

Caixa auxiliar de passagem 9
Indicador externo de posições mecânico modelo TCPI-1 13

INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO 15

Placa de identificação 15
Potência nominal em função da altitude 16
Inspeções antes da instalação 17
Possibilidades de conexões do sistema 18
Aterramento em banco de compensadores 20
Chaves fusíveis 20
Banco de compensadores em cascata 21
Conexões dos terminais de linha 21
Colocando em operação 21
Verificando a operação e a compensação 22
Retirando de operação 23

DETALHES DE CONSTRUÇÃO E CONEXÕES 24

Diagrama de conexão dos enrolamentos 24
Disposição interna dos componentes 24
Diagrama da fiação interna padronizada 26
Enrolamentos 26
Comutadores 27

MANUTENÇÃO PREVENTIVA 27

Inspeções e manutenções periódicas 27
Retirando a parte ativa do tanque 30

Recolocando a parte ativa no tanque....31
Comutador sob carga....32
PEÇAS SOBRESSALENTES PARA REPOSIÇÃO....34
Ciclo de vida....34
Óleo isolante – FISPQ....34

SEGURANÇA E IMPORTÂNCIA DA VIDA

A ITB, como fabricante de equipamentos elétricos, toma todas as medidas para garantir a segurança de pessoas que possam estar em contato com seus produtos, dos demais equipamentos que possam, a eles, estar conectados e do meio onde se encontram instalados.

Nossas principais referências para garantir esses níveis de segurança são as normas oficiais que representam experiências acumuladas em variadas condições distintas e por tempo suficiente para serem adotadas como boas práticas de segurança operacional, contingencial e de eficácia.

Consideramos nossa obrigação promover ativamente práticas conscientes e seguras, tanto na escolha do equipamento mais indicado para cada aplicação, quanto em seu manuseio correto e na sua adequada manutenção assim como entendemos que divulgar o conhecimento envolvido, por meio de literatura técnica de serviço e programas de treinamento, constituem o mais eficiente meio de aprimoramento continuado tanto de nossos produtos e serviços quanto do conjunto dessas boas práticas.

Recomendamos observar todos os procedimentos de segurança estipulados por regulamentação local, aprovados, instituídos e exigidos, assim como o uso de todos os equipamentos de segurança, individual ou global, recomendados para atividades no entorno de equipamentos e de linhas de alta tensão.

INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA

As instruções contidas neste manual não se destinam a substituir a formação adequada e o acúmulo de experiência necessário na instalação, manobra e operação segura do compensador de reativos monofásico. Somente técnicos competentes que estão familiarizados com equipamentos de redes devem instalá-lo, operá-lo e mantê-lo.

Um técnico competente para tais funções deve reunir as seguintes qualificações:

- Ser familiarizado com estas instruções;
- Ser treinado em operação, procedimentos e prática seguras aceitas pela indústria de alta e baixa tensão;
- Ser treinado conforme normas regulamentadoras e autorizado para energizar, desenergizar e manipular equipamentos de distribuição de energia.
- Ser treinado sobre os cuidados e usos adequados de equipamentos de proteção individual, tais como: roupas antichamas, óculos, viseiras, capacetes, luvas de borracha, varas de manobra etc.;
- Ser treinado para a instalação e o uso de escadas em postes, sinalizações necessárias em vias públicas e a legislação alusiva.

Para instalação e operação deste equipamento, certifique-se de ler e entender todos os avisos e advertências.

Este manual contém três tipos de frases de alerta:



PERIGO: Indica uma situação iminentemente perigosa que, se não for evitada, resultará em morte ou ferimentos de qualquer natureza ao operador ou às pessoas próximas da rede ou do equipamento.



CUIDADO: Indica uma situação potencialmente crítica que, se não for evitada, pode resultar prejuízo operacional para o equipamento, à rede ou pessoas ao seu entorno.



AVISO: Indica uma situação potencialmente indesejada que, se não for evitada, pode resultar em mau funcionamento do equipamento.

Instruções Gerais de Segurança

De forma geral, sugerimos levar em consideração as seguintes informações ao instalar, operar, manter ou manobrar dispositivos instalados em redes de alta tensão:



PERIGO: Tensão perigosa. O contato com a alta tensão causará a morte ou ferimentos muito graves. Siga todos os procedimentos de segurança aprovados quando se trabalha no entorno de linhas e equipamentos de alta tensão.



AVISO: Antes de instalar, operar, manter ou testar o equipamento, leia com atenção e compreenda o conteúdo deste manual. Operação, uso ou manutenção impróprios podem resultar em danos ao equipamento ou à rede onde ele se encontra instalado.



PERIGO: Equipamentos de distribuição de energia devem ser adequadamente selecionados para a aplicação pretendida. Devem ser instalados e mantidos por pessoal competente, treinado e ciente dos procedimentos de segurança adequados. Estas instruções são escritas para tais pessoas e não são um substituto para o treinamento formal adequado ou experiência em procedimentos de segurança. A falta da boa escolha, instalação, configuração e manutenção do equipamento de distribuição de energia elétrica pode resultar em morte, lesões corporais graves e danos ao equipamento.

INTRODUÇÃO

Este manual tem como intenção de fornecer as instruções para instalação, operação e manutenção dos compensadores de reativos ITB, modelo CAQ-1.



AVISO: A leitura completa deste manual auxiliará na instalação adequada, no manuseio seguro, na operação eficiente do equipamento e na sua manutenção em condições de segurança e confiabilidade.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Este manual não visa cobrir todos os detalhes ou variações dos equipamentos e seus respectivos sistemas de controles, procedimentos ou processos em geral, e nem orientar sobre todas as práticas exigidas para instalação, operação e manutenção. Caso precise de mais informações, contate um represente técnico da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

POLÍTICA DE GESTÃO INTEGRADA

Nosso alto padrão de qualidade, preservação ao meio ambiente e bem-estar pessoal, estão endossados pela normativas ISO 9001 Sistema de Gestão de Qualidade, ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental e OSHAS 18001 Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional.

RECEBIMENTO

Antes da embalagem, o compensador é testado e inspecionado na fábrica. Ao recebê-lo, outra inspeção deve ser feita para localizar danos que possam decorrer do transporte. O indicador de posição externo, caixa do controle, para-raios, radiadores, buchas, cabos elétricos e demais componentes externos devem estar rigidamente fixados ao corpo do compensador, íntegros e livres de trincas e deformações. A embalagem também não deve mostrar sinais de violação, impacto ou queda.

Qualquer irregularidade encontrada, antes mesmo de proceder com o descarregamento comunique imediatamente o representante ou o departamento de pós-vendas, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

DESCARREGAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Todo e qualquer manuseio do equipamento deve ser realizado de forma cuidadosa por pessoal qualificado e com as devidas proteções. Não se deve içar o compensador sobre pessoas e objetos.

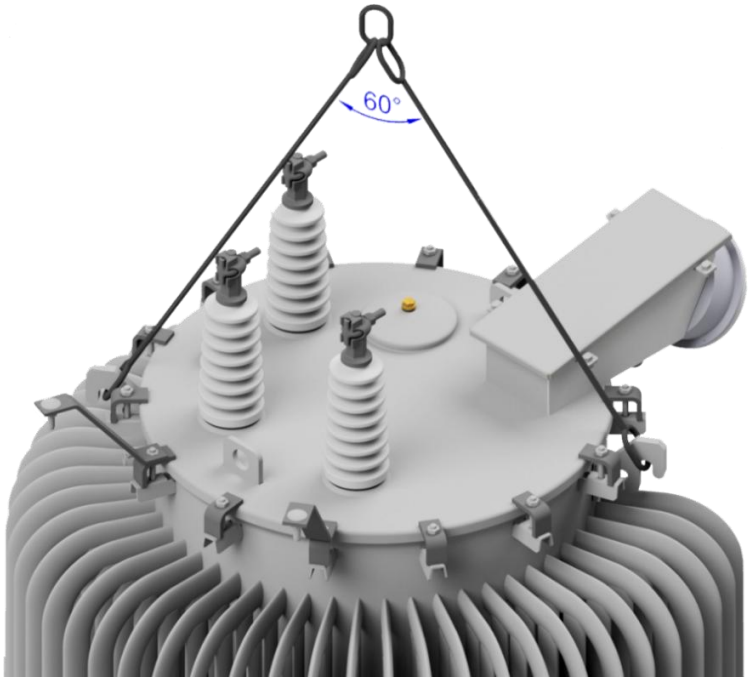
O levantamento do compensador deve ser feito de maneira nivelada, com cabos ou correntes e por meio das alças de suspensão fixadas na lateral do tanque.

Não utilize os olhais de suspensão instalados sobre a tampa do equipamento para o içamento do compensador completo. Estes olhais são destinados apenas para remoção da parte ativa que está presa à tampa.

CUIDADO: NÃO UTILIZE os olhais da tampa para erguer o equipamento completo. A tampa pode se romper, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

O cabo ou corrente a ser utilizado deve estar íntegro, ter capacidade para suportar o peso do compensador e possuir comprimento suficiente para que o ângulo formado entre cada lance do cabo, com vértice no gancho, seja, no máximo 60º, conforme apresentado pela Figura 1.

Figura 1: Método de suspensão total.



CUIDADO: A utilização de cabos, cintas ou correntes muito curtas, que proporcionem ângulos maiores que 60º, provocará deformação permanente no tanque do compensador e ruptura das alças de içamento, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Se o compensador for descarregado provisoriamente, o equipamento deve ser armazenado, de preferência sua embalagem original, em local ventilado, com piso nivelado, distante de fontes de calor, protegido de centelhas e onde não haja a possibilidade de danos mecânicos.

Quando do transporte do compensador ao local da instalação, visando a manutenção da garantia do produto, medidas preventivas para evitar choques constantes e movimentações bruscas devem ser tomadas. É preciso assegurar que os equipamentos estejam bem fixados ao veículo de transporte e que as velocidades deste veículo sejam limitadas conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores limites de velocidade de transporte.

Tipo da Via de Transporte	Velocidade Máxima Recomendada [km/h]
Pavimentada	80
Não pavimentada	40



AVISO: É recomendado que o veículo de transporte possua um tacógrafo instalado para controle da velocidade máxima de transporte.

COMPENSADOR DE REATIVOS – VISÃO GERAL

O Compensador Automático de Potência Reativa CAQ-1, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda., foi desenvolvido para realizar a correção do fator de potência em sistemas de distribuição e/ou regulação de tensão, por meio do ajuste da carga reativa injetada na rede elétrica.

Seu funcionamento baseia-se na medição da potência reativa consumida na fase em que está instalado, fornecendo de forma gradual a compensação necessária — desde zero até o máximo capacitivo e/ou de zero até o máximo indutivo, conforme a demanda.

Para isso, o CAQ-1 utiliza um transformador monofásico de acoplamento, dotado de 17 derivações comutáveis sob carga, que aplicam 17 diferentes níveis de tensão a um elemento reativo (capacitor ou indutor). Esses níveis são distribuídos em 16 degraus iguais de tensão, permitindo um controle eficaz e preciso da potência reativa fornecida à rede.

A comutação da carga reativa no secundário do transformador de acoplamento é realizada por um comutador mecânico com extinção de arco em óleo e transição por reator, utilizando a mesma tecnologia dos reguladores de tensão monofásicos por degraus.

Sensores de tensão e corrente fornecem ao controle digital CTR-3X os dados necessários para definir a compensação reativa. Esse controle aciona e monitora o comutador de derivações, garantindo a correção adequada.

Todos os compensadores ITB são entregues com ajustes padrão de fábrica, podendo ser configurados conforme a necessidade da aplicação.

Itens de série

Os compensadores são dispostos em construção unitária e possuem as seguintes características de série:

- Base com furação para instalação em plataforma;
- Bloco de terminais sobre a tampa;
- Buchas adequadas para nível de tensão e corrente nominais;
- Comutador sob carga adequado para os níveis de tensão e corrente nominais;
- Conector de aterramento ABNT® ou IEEE™;
- Conexão superior para filtro-prensa e termovácuo (rosca 1.1/2”);
- Construção em tanque selado;
- Controle trifásico, modelo CTR-3X, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.;
- Ganchos de suspensão total do compensador;
- Indicador de nível de óleo com marcação de nominal e mínima;

- Olhais de suspensão da parte ativa;
- Placa de identificação em aço inoxidável;
- Preenchido com óleo mineral isolante tipo II, em acordo com a ASTM D3487;
- Suporte de fixação em poste ABNT® ou IEEE™ (para compensadores com massa ≤1.500 kg);
- Tampa de inspeção;
- Válvula de alívio de pressão interna;
- Suporte para chave fusível no terminal FC;
- Válvula de drenagem com dispositivo para coleta de amostra de óleo.

Itens opcionais

Em função das mais diversas especificações técnicas atendidas pela ITB Equipamentos Elétricos Ltda., opcionalmente, as seguintes características podem ser atendidas:

- Cabo de controle blindado de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Cabo de controle com desconexão rápida de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Cabo de controle de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Caixa de controle em aço inoxidável;
- Conectores de buchas tipo NEMA;
- Cores alternativas de acabamento;
- Indicador de nível de óleo com alarmes;
- Indicador externo analógico de posições, modelo TCPI-1, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.;
- Manômetro de vácuo e de pressão;
- Óleo de origem vegetal;
- Parafusos externos em aço inoxidável;
- Chave fusível para o terminal FC;
- Protetores de buchas;
- Sistema de calefação da caixa do controle;
- Termômetro do topo do óleo com ou sem alarmes;
- Válvula de alívio de pressão interna com alarme.

Compensador Automático de Reativos – Características Externas

Com um projeto simples e intuitivo, para fácil instalação e manutenção, o compensador de reativos possui todos os componentes fundamentais para sua devida operação. A localização e a descrição de cada um desses componentes podem ser vistas na Figura 2 e Tabela 2.



AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de construção externa de um compensador de reativos. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.



AVISO: Para mais detalhes sobre os controles para compensadores de reativos fabricados pela ITB Equipamentos Elétricos, acesse nosso site e faça o *download* das versões mais recentes dos manuais de instruções.

Figura 2: Componentes externos do compensador CAQ-1.

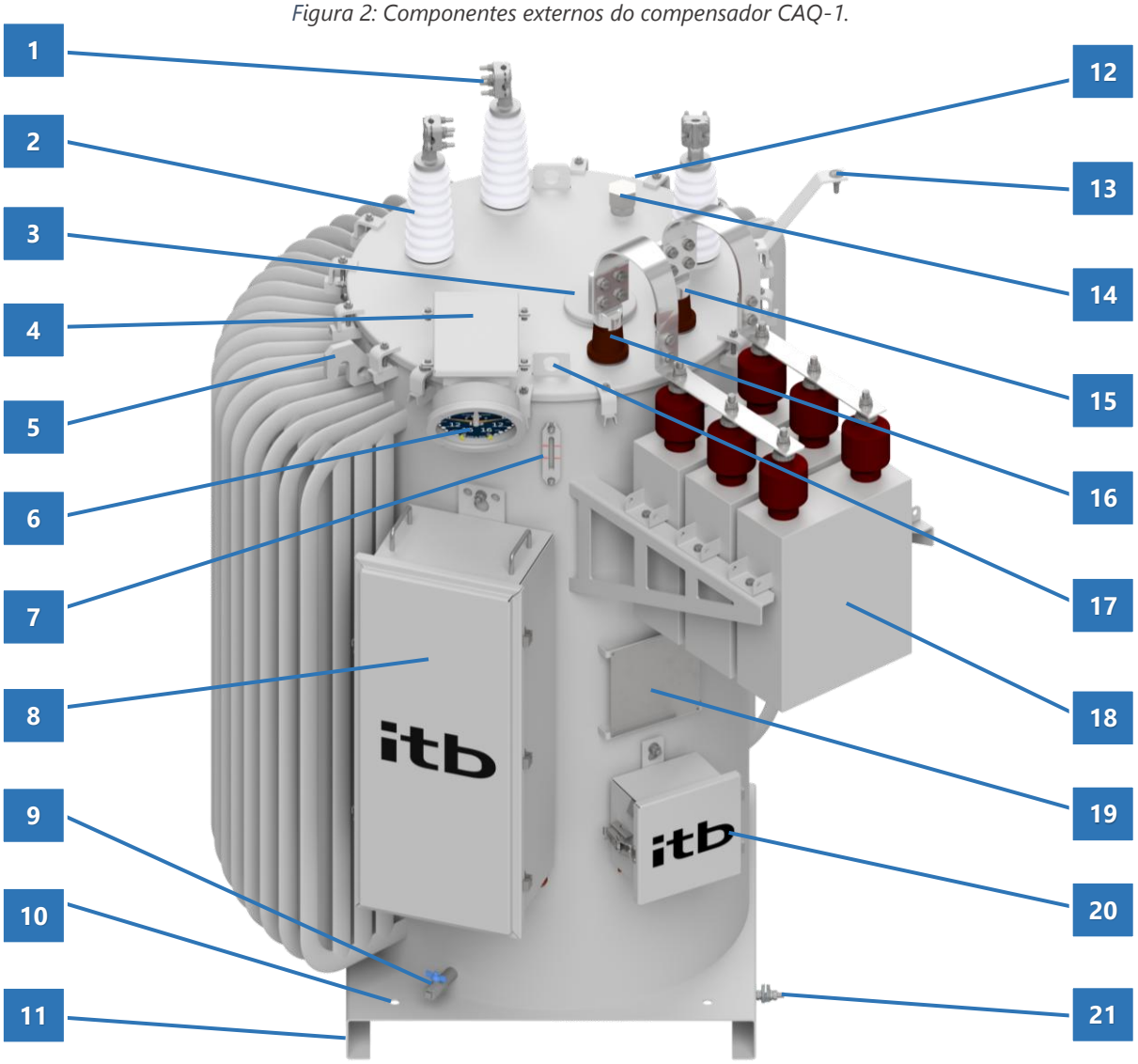


Tabela 2: Componentes externos compensador CAQ-1.

Item	Descrição
1	Conectores de linha
2	Isolador
3	Tampa de inspeção
4	Caixa do bloco de terminais
5	Gancho de suspensão total do compensador
6	Indicador externo de posições mecânico modelo TCPI-1
7	Indicador de nível de óleo com marcação de nominal e mínima
8	Caixa de controle CTR-3X
9	Válvula de drenagem com dispositivo para coleta de amostra de óleo
10	Provisão de 4 furos redondos com diâmetro de 20mm para fixação da base à plataforma
11	Base com furação para instalação em plataforma
12	Válvula de alívio de pressão interna (parte traseira do tanque do compensador)
13	Suporte para chave fusível

Item	Descrição
14	Luva de 1.1/2" com CAP para enchimento do tanque
15	X1 - Terminal para alimentação do elemento reativo - Fase
16	X2 – Terminal para alimentação do elemento reativo - Neutro
17	Olhais de suspensão da parte ativa
18	Elemento reativo
19	Placa de identificação de aço inoxidável
20	Caixa auxiliar de passagem para conexão do controle CTR-3X
21	Conector de aterramento ABNT

Identificação dos terminais de linha

A identificação dos terminais de linha dos compensadores reativos está em baixo-relevo na tampa, reforçada com pintura.

Figura 3: Nomenclatura ABNT®.

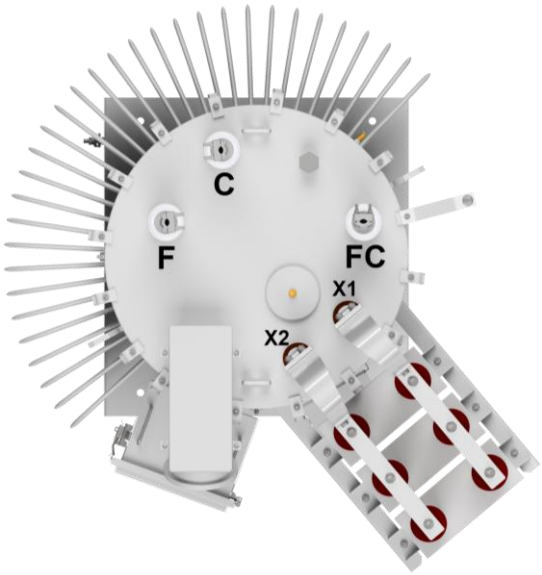
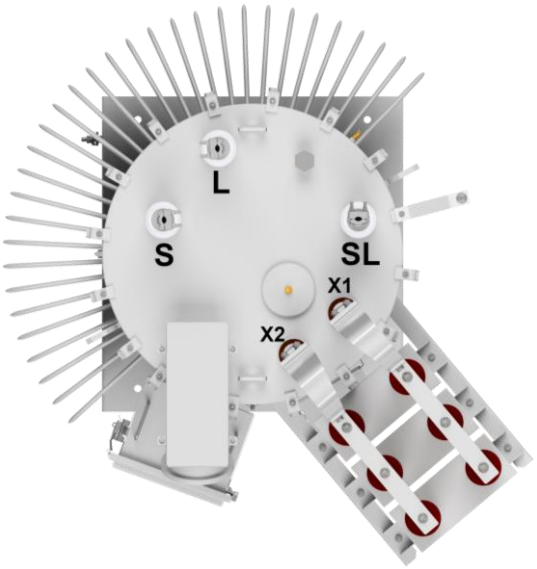


Figura 4: Nomenclatura IEEE™.



O terminal ligado à fonte do sistema é identificado pela letra F (fonte), ou S (*source*), e está posicionado à esquerda do compensador, quando visto por cima. O terminal ligado à carga do sistema é identificado pela letra C (carga), ou L (*load*), e está posicionado ao centro do compensador. O terminal do comum que é conectado à referência, é designado pela letra FC (fonte-carga) ou SL (*source-load*), e está posicionado à direita do compensador. O terminal X1, localizado na parte inferior direita do compensador, corresponde à fase do elemento reativo, enquanto o terminal X2, situado à esquerda de X1, é responsável pela conexão do neutro ao elemento reativo.

DESCRIÇÃO – PRINCIPAIS ACESSÓRIOS

Para que a operação dos compensadores reativos seja plena e segura, alguns acessórios são necessários. Estes acessórios são descritos a seguir:

Caixa auxiliar de passagem

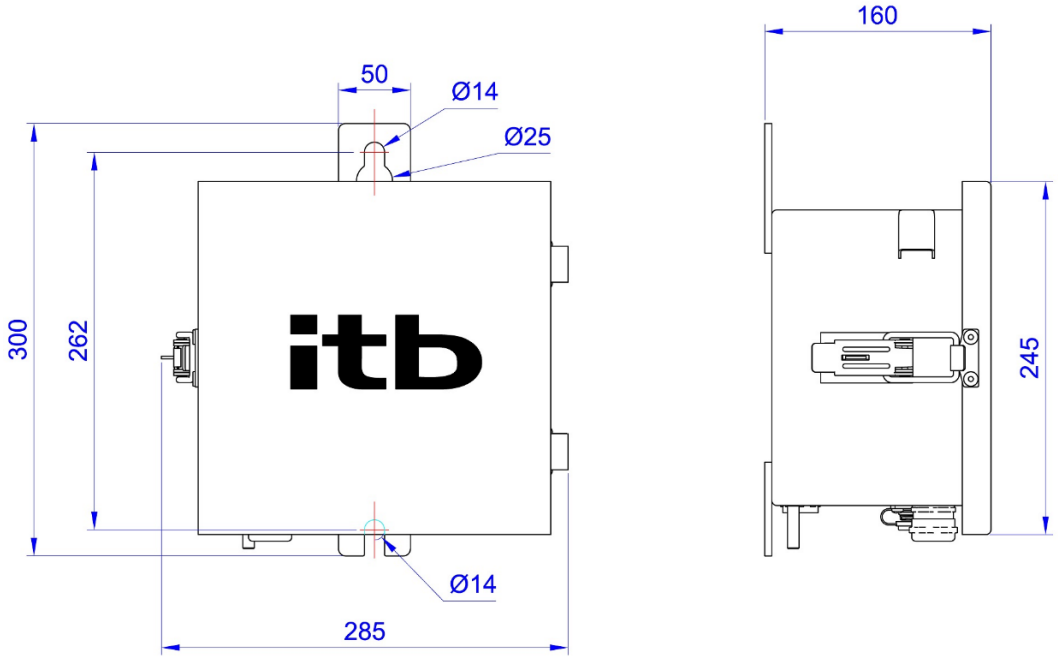
A caixa auxiliar de passagem é fornecida como padrão para utilização com o controle CTR3-X, sendo parte integrante do sistema. Este componente é responsável pelo interfaceamento entre o compensador de reativos e o sistema de controle.

Todos os componentes desta caixa são alojados em um cubículo metálico, fabricado em aço carbono e revestido com sistema de pintura líquida, ou a pó, na cor cinza-claro, notação MUNSELL N. 6,5, ou em acordo com a pintura padrão do compensador de reativos.

A pedido, ou em acordo com a especificação técnica do cliente, é possível alterar o sistema de acabamento e material do invólucro.

A caixa possui alças de fixação para montagem no corpo do compensador e, caso necessário, também podem ser usadas para fixação da caixa no poste. As dimensões e detalhes das alças estão ilustrados pela Figura 5.

Figura 5: Dimensional externo da caixa auxiliar de passagem.



A caixa auxiliar de passagem as seguintes características:

- Capacitor do motor (20 µF / 400 V);
- Chave de acionamento alternativo do motor;
- Chave, tipo faca, para curto-circuitar o TC, garantido a retirada segura do sistema de controle;
- Contador de operações acumulativo eletromecânico de 6 dígitos;
- Dispositivos de proteção dos sinais de atuação do motor;
- Entrada adicional para sinal de TP e TC externo;
- Grau de proteção IK9 contra impactos mecânicos externos;

- Grau de proteção IP54 preparada para trabalhar ao tempo;
- Placa de circuito impresso com terminais mola para entrada e saída e dos sinais;
- Terminal roscado M8 para aterramento;
- Terminal de conexão para seleção da tensão do primário;
- Tomada padronizada circular macho de 18 vias.

Componentes internos

A caixa auxiliar de passagem possui componentes necessários para o amplo interfaceamento padronizado entre o sistema de controle e o compensador de reativos, a localização e a descrição de cada um destes podem ser vistas na Figura 6 e Tabela 3.

Figura 6: Componentes internos à caixa auxiliar de passagem.

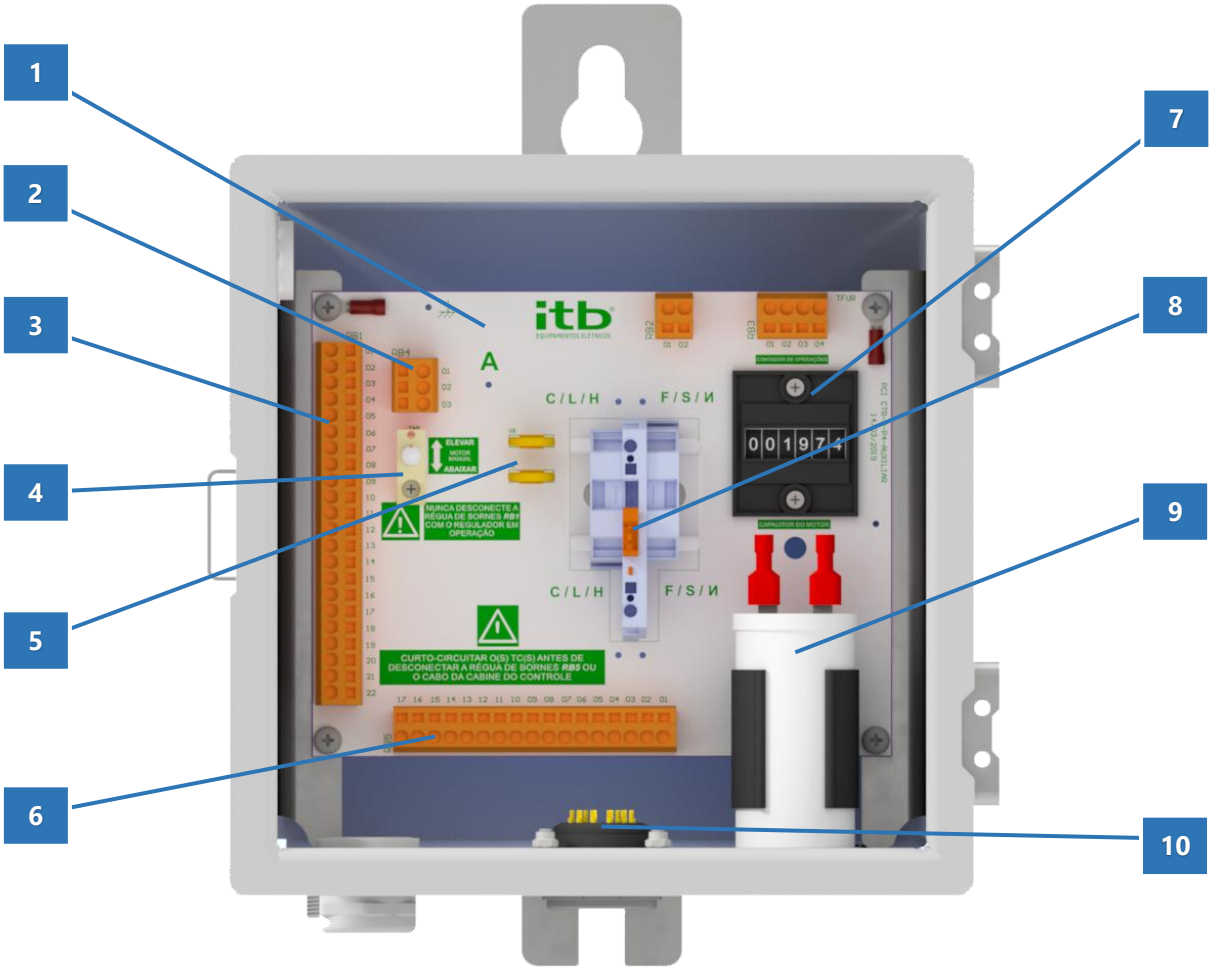


Tabela 3: Componentes internos à caixa auxiliar.

Item	Descrição
1	Placa de circuito impresso ***PCI CTR-3 - P4 - AUXILIAR***
2	Terminal de conexão para seleção da tensão do primário (anilha A)[1]
3	Terminal de entrada dos sinais do compensador reativos
4	Chave de acionamento alternativo do motor
5	Dispositivos de proteção dos sinais de atuação do motor
6	Terminal de saída dos sinais do compensador de reativos para tomada circular macho padronizada
7	Contador de operações acumulativo eletromecânico de 6 dígitos
8	Chave, tipo faca, para curto-circuitar o secundário do TC
9	Capacitor do motor (20 µF / 400 V)
10	Tomada padronizada circular macho de 18 vias

Interface padronizada

A conexão entre o sistema de controle escolhido e a caixa auxiliar de passagem do compensador de reativos é feita através uma interface padronizada, conforme item 10 da Tabela 3. Esta interface possui sinais padronizados, que atendem as mais diversas especificações técnicas do mercado, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Pinos padronizados para interfaceamento.

Pinos	Descrição
1	Neutro (aterrado)
2	Contador de operações
3	Luz Neutra
4	Fase de medição de corrente
5	Fase de medição de tensão
6	Acionamento do motor no sentido de elevar
7	Acionamento do motor no sentido de abaixar
8	Reset do indicador de posições
9	Retenção do motor
10	- Sem conexão -
11	- Sem conexão -
12	Bit 0 para leitura do *encoder*
13	Bit 1 para leitura do *encoder*
14	Bit 2 para leitura do *encoder*
15	Bit 3 para leitura do *encoder*
16	Bit 4 para leitura do *encoder*
17	- Sem conexão -
18	- Sem conexão -

[1] *Para mais informações sobre o ajuste da tensão do primário, veja a seção:* ***Ajuste da tensão do primário***.

CUIDADO: O CAQ-1 foi desenvolvido exclusivamente para operar com o controle CTR-3X. O uso de controles de outros fabricantes não é recomendado, pois o equipamento foi projetado considerando as características elétricas, funcionais e de comunicação do CTR-3X, o que garante seu correto funcionamento e desempenho esperado.

A interface fixada na caixa auxiliar é do tipo tomada circular macho com 18 vias. A interface que deve ser conectada à caixa auxiliar deve ser do tipo tomada circular fêmea de 18 vias, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Tomada circular fêmea de 18 vias.



Acionamento alternativo do motor

A chave de acionamento alternativo do motor está localizada na placa de circuito impresso denominada PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR, e na posição TAP, conforme item 4 da Tabela 3

Esta chave permite a operação de elevar ou abaixar a posição do comutador somente com a presença de um sistema de controle conectado à caixa auxiliar.

A chave é do tipo momentânea de 3 posições, uma normalmente desligada e as que aciona o motor de elevar e baixar, conforme sentido indicado na serigrafia *da PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR*.

PERIGO: NÃO OPERE esta função em compensadores de reativos sem indicador externo de posições mecânico.

PERIGO: O acionamento alternativo do motor deve ser realizado com cuidado, pois no interior da caixa de auxiliar existem vários pontos energizados.

Curto-circuito do TC

Para evitar sobretensão no secundário do TC, antes da retirada do sistema de controle escolhido é necessário curto-circuitar o sinal de corrente. Esta operação deve ser realizada através da chave, do tipo faca, fixada sobre a placa de circuito impresso denominada *PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR*, no interior da caixa auxiliar de passagem. A Figura 8 ilustra esse procedimento.

Figura 8: Procedimento para curto-circuitar o TC.



CUIDADO: NÃO REMOVA o conector da tomada circular padronizada sem antes curto-circuitar o TC. O circuito do TC DEVE estar em curto-circuito quando da retirada do sistema de controle. O não cumprimento dessas instruções resultará em danos aos equipamentos.

Indicador externo de posições mecânico modelo TCPI-1

O indicador externo de posições mecânico, modelo TCPI-1 para compensadores de reativos CAQ-1 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda., é um dispositivo que permite obter as informações de posicionamento do comutador em tempo real, através de sua ligação por meio de eixo flexível diretamente conectado ao mecanismo do comutador sob carga.

É fixado na tampa do compensador e possui inclinação que o torna visível desde o solo. O TCPI-1 possui um visor graduado em 16 passos para elevar, 16 passos para abaixar e posição neutra, os passos possuem indicações apenas para os tapes pares. Neste caso, o compensador trabalhará apenas na faixa positiva de passos, ou seja, de 0 a +16. O indicador possui a indicações negativas pois é o mesmo utilizado no regulador de tensão.

Este visor, de forma simultânea, é capaz de indicar a posição atual, máxima e mínima atingidas durante a operação do compensador. Os ponteiros indicadores das posições máxima e mínima são do tipo de arraste, para seu restabelecimento (*reset*) se deve utilizar o botão correspondente no sistema de controle escolhido.

O indicador TCPI-1 está dotado de chaves de fim de curso que permitem controlar o limite da faixa de operação para os lados de elevar (*raise*) e abaixar (*lower*). A localização e a descrição de cada uma destas chaves e dos demais itens do TCPI-1, podem ser vistas na Figura 9 e Tabela 5.

Figura 9: Indicador TCPI-1.

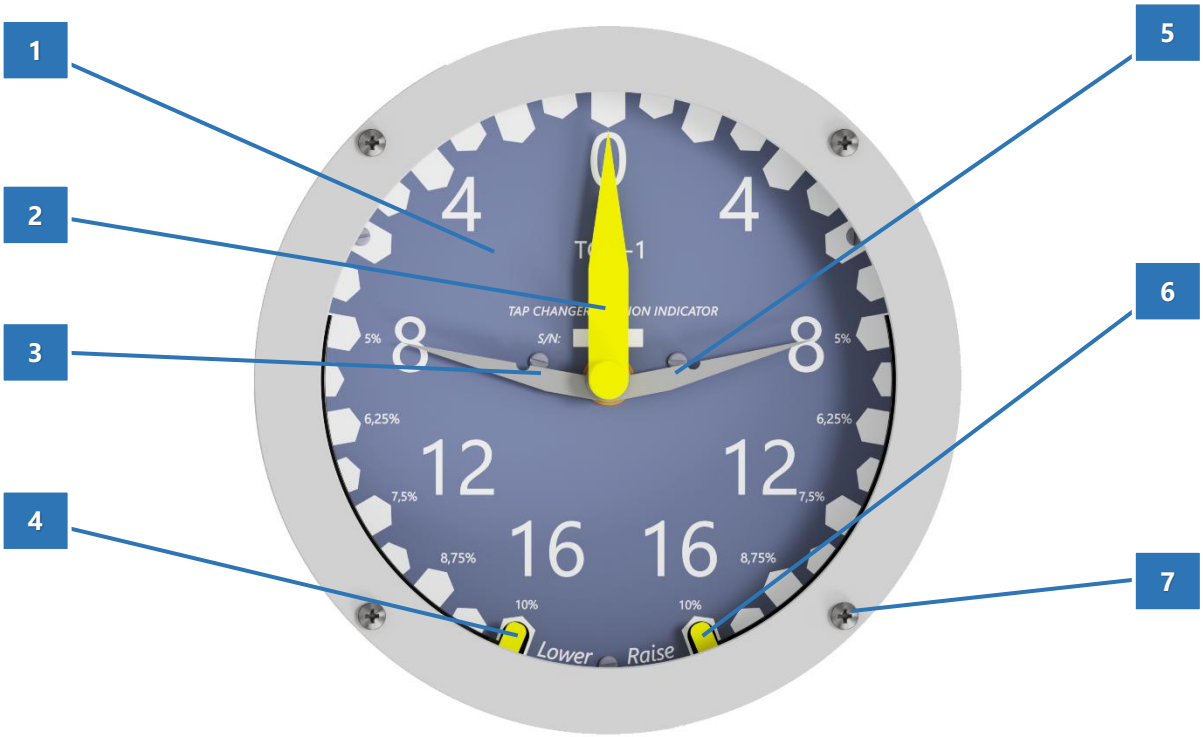


Tabela 5: Componentes do indicador TCPI-1.

Item	Descrição
1	Visor graduado com a indicação das posições
2	Ponteiro indicador da posição atual
3	Ponteiro indicado da posição mínima
4	Alavanca de ajuste da chave de fim de curso da posição mínima (sentido abaixar)
5	Ponteiro indicador da posição máxima
6	Alavanca de ajuste da chave de fim de curso da posição máxima (sentido elevar)
7	Parafuso para remoção do painel frontal e acesso às alavancas de ajuste

AVISO: NUNCA manipule ponteiro de indicação da posição atual.

AVISO: O CAQ-1 não utiliza a faixa do *"lower", utiliza* apenas a faixa do *"raise"*

INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

As abordagens a seguir são determinantes para uma instalação e operação segura dos compensadores de tensão CAQ-1 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

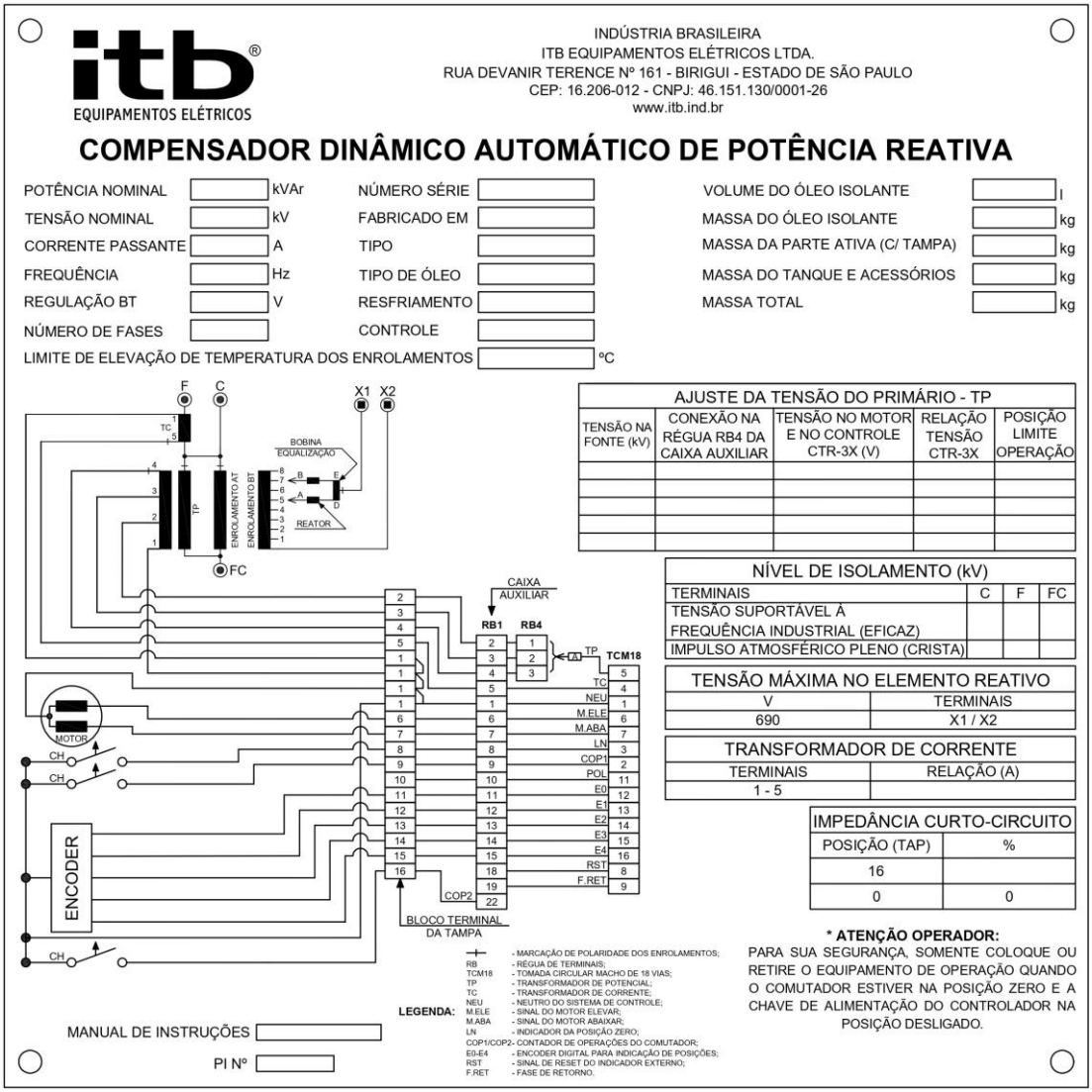
Placa de identificação

Antes da instalação e operação, é fundamental a leitura de todos os dados da placa de identificação do compensador. Por padrão, cada compensador possui uma placa de identificação, fabricada em aço inoxidável, e fixada sobre o tanque. Na Figura 10 pode ser visto um modelo típico desta placa.

Ela traz dados inerentes ao projeto do compensador, informações necessárias para o uso adequado do equipamento. Também possui gravado o número de série, data de fabricação, código do cliente (se aplicado) e patrimônio (se aplicado).

Ao contatar o suporte técnico da ITB Equipamentos Elétricos Ltda., sempre tenha em mãos o número de série, para que nosso time possa consultar todas as informações relacionadas ao equipamento em questão.

Figura 10: Placa de identificação típica.



Ajuste da tensão do primário

Em todas as placas de identificação dos compensadores CAQ-1, há uma tabela intitulada *AJUSTE DA TENSÃO DO PRIMÁRIO* que traz diversas informações inerentes ao funcionamento do controle.

Na coluna *"Conexão na régua RB4 da caixa auxiliar"* traz as devidas alterações que devem ser feitas para que a tensão nominal de trabalho do compensador esteja compatível com a tensão nominal da linha que será ligado o compensador.

Quando o compensador possuir a caixa auxiliar de passagem, o ajuste deve ser feito no terminal identificado com *"A"*, que é ligado à régua de bornes *RB4*, localizada na placa de circuito impresso denominada *PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR*. Este ajuste poderá variar entre as posições 1, 2 ou 3 da régua;

Para ajustar a tensão nominal de trabalho, proceda com os seguintes passo:

1. Identifique a correta posição dos terminais de reconexão para seleção da tensão adequada;
2. Utilize uma chave de fenda tipo borne (1/8") pressionar a mola das réguas de bornes;
3. Proceda com as devidas reconexões necessárias;
4. Aperte os parafusos ou libere a mola das réguas de bornes. Confira as conexões!



PERIGO: Se o compensador estiver energizado e for necessário ajustar os terminais *"B"* e *"C"*, referentes ao TP de compensação, abra primeiro o terminal *"A"*, para evitar o risco de choque elétrico. Esta operação deve ser realizada com cuidado, pois no interior da caixa existem vários pontos energizados.

Na mesma tabela, *AJUSTE DA TENSÃO NO PRIMÁRIO,* há uma coluna referente a "Posição *limite operação"* a qual especifica a posição máxima permitida para o comutador quando o compensador estiver operando na tensão indicada. Por exemplo, para um compensador com tensão nominal de 13,8 kV e possibilidade de ajuste para tensões adicionais até 11,4 kV, a posição máxima do comutador será 13 quando conectado em 13,8 kV. No caso de operação em 11,4 kV, a posição máxima será 16. Esta restrição deve-se ao fato de que a tensão aplicada sobre o elemento reativo não pode exceder 690 V.



PERIGO: A posição limite de operação deve ser ajustada de forma a garantir que a tensão aplicada ao elemento reativo não exceda o valor suportado. A configuração incorreta poderá resultar em falha grave e danos irreversíveis ao equipamento.

Potência nominal em função da altitude

Pelo efeito da redução da densidade do ar em função da elevação da altitude da instalação, é acrescida a elevação de temperatura dos compensadores, uma vez que estes dependem do ar para dissipação de suas perdas. Por este motivo, para que se possa manter os limites de elevação de temperatura dentro do projetado, os compensadores instalados acima de 1.000 metros sobre nível do mar (msnm), têm potência nominal reduzida.

Para determinar o novo valor de potência nominal, utiliza-se um fator de redução de 0,4% para cada 100 metros de elevação sobre os 1.000 metros. **Exemplo:** Compensadores com potência própria nominal de 276 kVA e projetados para uma altitude máxima de 1.000 msnm, se instalados em 2.000 msnm, terão potência nominal reduzida para 265 kVA, redução de 4%.



AVISO: Para que não haja redução da potência nominal do compensador em função da altitude, durante o processo de especificação técnica do pedido de cotação, é necessário informar a altitude (em msnm) de instalação dos compensadores.

Inspeções antes da instalação

Antes de colocar o compensador em operação, prossiga com as seguintes inspeções:

1. Verifique se o compensador de tensão selecionado é compatível com as características da rede onde será instalado;
2. Verifique se o nível de óleo está abaixo da marcação de mínimo. Em caso de insuficiência, verifique sinais visíveis de vazamento, não encontrando, promova a adequada reposição com óleo compatível;
3. Inspecione as buchas para detectar danos ou sinais de vazamentos nas vedações. Se houver suspeita de infiltração, remova a tampa de inspeção para verificar se há traços de oxidação ou de água no óleo. Confirmada a infiltração, consulte a ITB Equipamentos Elétricos Ltda. para indicação do procedimento adequado;
4. Se o compensador permanecer armazenado por algum tempo, verifique a rigidez dielétrica do óleo de acordo com a ABNT® NBR IEC 60156. Se o valor encontrado estiver abaixo de 55 kV, filtre o óleo e proceda com os testes adicionais de forma a verificar a sua integridade;
5. Examine se não há danos no para-raios série e em seus condutores;
6. Confira se as marcações dos terminais de linha do compensador estão em acordo com o apresentado na seção*:* ***Identificação dos terminais de linha***;
7. Verifique a rigidez dielétrica entre os terminais das buchas e o tanque através de um megômetro de 5 kV. O valor mínimo lido deverá ser de 1.000 MΩ na temperatura ambiente;
8. Verifique se o indicador de posição está livre de danos e na posição neutra e, caso não esteja, proceda com a alimentação externa, teste funcional na baixa tensão e colocação do comutador na posição neutra;
9. Verifique se o ajuste da tensão do primário está adequado para a tensão de linha que o compensador trabalhará, conforme indicado na seção: ***Ajuste da tensão do primário***;
10. Verifique se o ajuste de posição máxima do comutador está configurado conforme o indicado na placa de identificação do compensador;
11. Verifique se todos os ajustes de parâmetros estão corretamente programados no sistema de controle escolhido, conforme roteiro de comissionamento pré-estabelecido.



CUIDADO: Se houver necessidade de secar a parte ativa ou submeter o óleo a processos aquecidos, certifique-se que o comutador não atinja temperaturas superiores a 90°C. Isto pode causar danos aos *microswitch*es responsáveis pelos sinais do comutador sob carga.



AVISO: Verifique o manual do sistema de controle CTR-3X para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação.

Possibilidades de conexões do sistema

Os compensadores de tensão CAQ-1 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. podem trabalhar de duas maneiras: Em estrela ou delta fechado. O tipo de conexão do compensador ao sistema será determinante para definição de sua tensão nominal.



PERIGO: Conecte o terminal da fonte (F ou S) do compensador ao lado da fonte do sistema, e o terminal da carga (C ou L) do compensador ao lado da carga do sistema. Para conexões estrela, conecte o terminal do comum (FC ou SL) do compensador ao neutro do sistema. Para conexões delta, conecte o terminal do comum (FC ou SL) do compensador ao terminal de carga (C ou L) do compensador de referência. Conexões incorretas podem provocar danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



AVISO: Os diagramas de conexão exibem chaves individuais para as funções de *by-pass* e de desconexão. Porém, chaves do tipo *by-pass* podem ser utilizadas em cada compensador para desempenhar as operações sequenciais simplificadas.



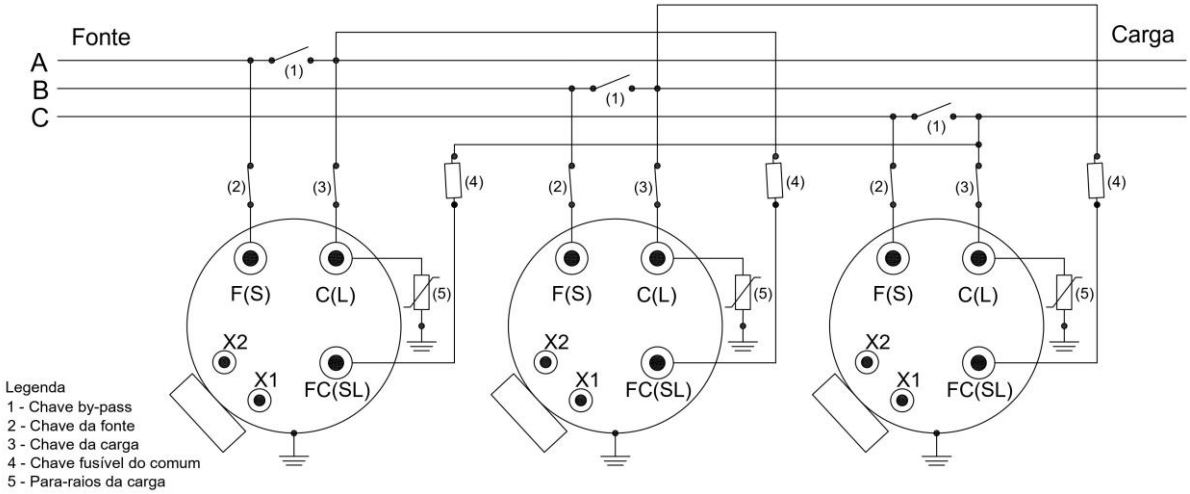
AVISO: Verifique o manual do fabricante do sistema de controle CTR-3X para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação para a correta tratativa de fluxo de potência nas mais diversas possibilidades de conexões.

Compensação trifásica – Delta fechado adiantado

A regulação trifásica, fase-fase, com três compensadores, delta fechado adiantado, a três fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 11 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do compensador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de +30º, para todos os compensadores;

Figura 11: Conexão em linha trifásica - Delta fechado adiantado.

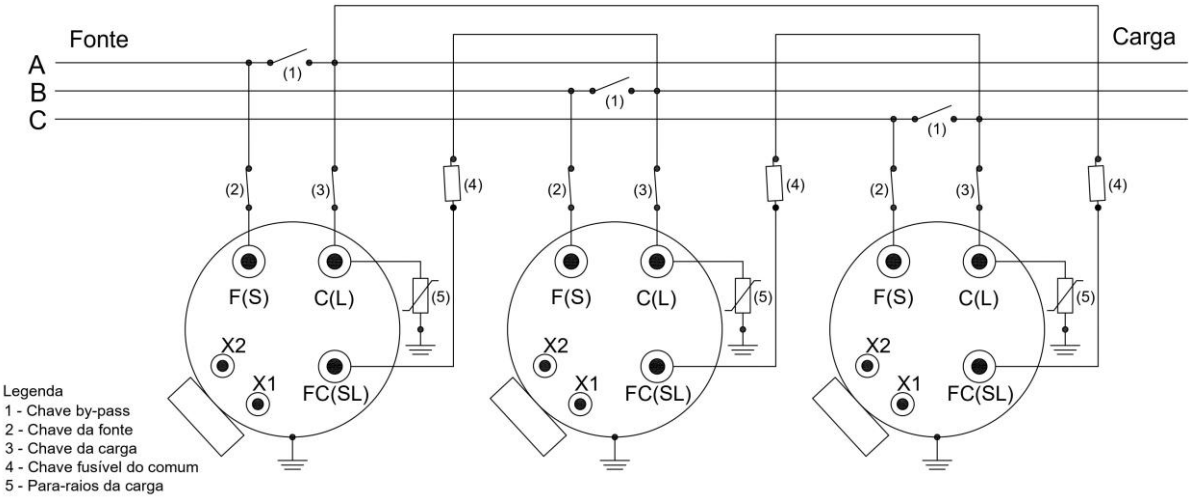


Compensação trifásica – Delta fechado atrasado

A compensação trifásica, fase-fase, com três compensadores, delta fechado atrasado, a três fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 12 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do compensador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de -30º, para todos os compensadores;

Figura 12: Conexão em linha trifásica - Delta fechado atrasado.

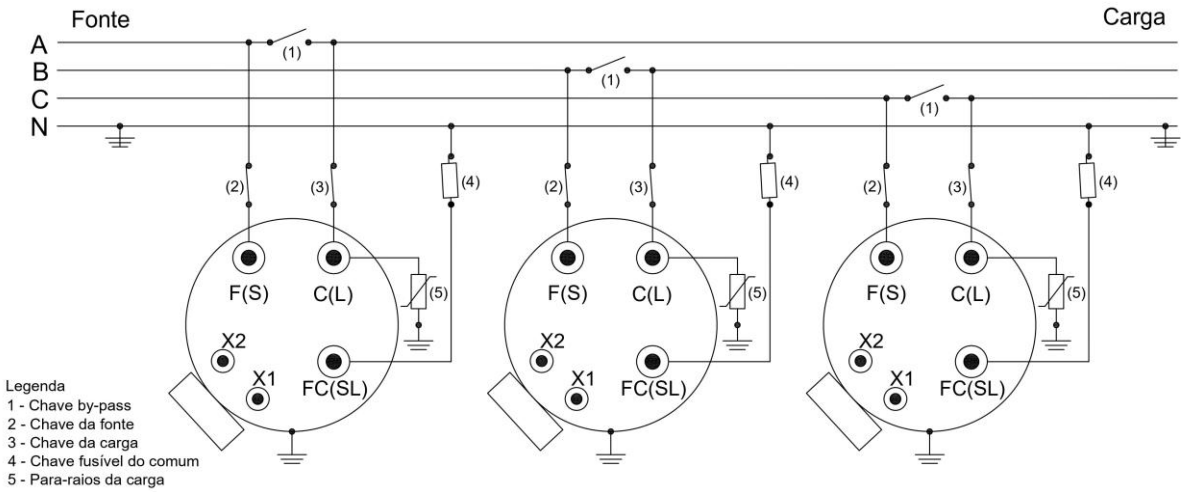


Regulação trifásica – Estrela

A regulação trifásica, fase-neutro, com três compensadores, estrela, a quatro fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 13 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do compensador é igual à tensão nominal fase-neutro do sistema;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de 0º para todos os compensadores;

Figura 13: Conexão em linha trifásica - Estrela.



Aterramento em banco de compensadores

O adequado aterramento para um banco de compensadores de reativos monofásicos deve garantir uma resistência de terra conforme a norma ABNT® NBR 14039.



PERIGO: Não coloque em operação bancos de compensadores com alta resistência de aterramento. A possível potencialização da carcaça ou do terminal comum (banco em estrela) do equipamento pode gerar falhas na absorção de surtos atmosféricos ou transitórios de manobra, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Chaves fusíveis

O uso de chaves fusível na conexão dos terminais comuns, "FC", de todos os compensadores conforme recomendado nos diagramas de conexões, garante que, em caso de falha interna, não se agravem os danos no equipamento e na instalação e nem haja interrupção da alimentação.

Esses fusíveis devem ser dimensionados em função da potência reativa nominal do compensador.



AVISO: O compensador é fornecido somente com o suporte para a chave fusível. A chave fusível e o fusível não estão inclusas no fornecimento.



PERIGO: Com a chave fusível de conexão do terminal comum, "FC", aberta, este terminal se manterá com a mesma tensão do terminal fonte, "F", que também será a mesma tensão do terminal carga, "C", indiferente da posição do comutador. Nesse caso, será observada medição de tensão nula nos terminais do voltímetro e o controle permanecerá desligado.

Banco de compensadores em cascata

Definimos como compensação em cascata a instalação, num mesmo alimentador, de 2 ou mais bancos de compensadores. Como os terminais fonte, "F", e carga, "C", são rigidamente fechados internamente, sem interposição de chaves ou comutadores, não há nenhum tipo de limitação na instalação em cascata. Sugere-se considerar que, após uma falta, a partida do alimentador terá o compensador como carga reativa fixa do mesmo modo que ocorre com os bancos de capacitores instalados na rede, o que pode significar carga adicional na realimentação.

Conexões dos terminais de linha

As conexões dos terminais de linha dos compensadores devem ser realizadas de modo que a tensão nominal entre os terminais da carga (C ou L) e do comum (FC ou SL), não ultrapasse o valor nominal indicado na placa de identificação.

As conexões dos cabos nas buchas deverão ser apertadas o suficiente para eliminar qualquer possibilidade mau contato e ponto quente entre terminal e cabo.

Os cabos e terminações devem ser suficientemente flexíveis para evitar que esforços mecânicos causados pelos ventos, pela expansão e contração das redes, dos cabos e das terminações, cheguem a impactar os terminais dos compensadores visto que tais impactos podem danificar a porcelana dos isoladores por serem, estas, muito limitadas quanto à resistência a choques, golpes e esforços mecânicos em geral. Pelo mesmo motivo, não é permitida a conexão direta da rede aos terminais do compensador sem a intermediação de suportes dos cabos de conexão às buchas.



CUIDADO: Durante a montagem e conexão nenhum esforço mecânico pode ser transmitido às porcelanas e às suas hastes condutoras. Tal esforço pode ocasionar afrouxamento das conexões internas e rupturas nos elementos de vedação e isolamento, provocando mau contato, aquecimento, ruptura de condutores, ruptura de isolação, vazamentos de óleo e perda de isolamento elétrico.

Colocando em operação

Se os compensadores forem montados com as chaves de manobra como sugerido na seção ***Possibilidades de conexões do sistema*** deste manual, a colocação em serviço poderá ser feita sem interrupção do fornecimento de energia.

Os procedimentos descritos abaixo são de extrema importância para que se tenha certeza de que o compensador está pronto para ser conectado ao sistema.



CUIDADO: O compensador deverá estar na posição neutra. A confirmação da leitura da posição deve ser feita em pelo menos duas referências, o indicador externo de posições e a indicação de luz neutra no controle. A energização do compensador fora da posição neutra pode gerar picos de corrente e acionamento indevido de proteções da rede.

Para colocar o compensador em operação, siga a seguinte sequência:

1. Pelos dados de placa verifique se o circuito de controle está configurado para a tensão adequada;
2. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
3. **FECHE** a chave fusível que conecta o **TERMINAL DO COMUM (FC ou SL)**;
4. Na sequência, **FECHE** a chave que conecta o **TERMINAL DA FONTE (F ou S**).
5. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **NORMAL (INTERNO)**;
6. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle escolhido. Utilize os botões de **ELEVAR** posições para operar o comutador dois ou três passos. Depois retorne o comutador para **POSIÇÃO NEUTRA.** Quando em neutro, verifique a redundância desta posição: o indicador externo indicará 0 (zero) e o *LED* da posição neutra do sistema de controle escolhido se acenderá;
7. Com o compensador na posição neutra, coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
8. **FECHE** a chave que conecta o **TERMINAL DA CARGA (C ou L)**;
9. **ABRA** a chave de ***BY-PASS***. O compensador estará totalmente energizado;
10. Se disponível, abra a chave faca de curto-circuito do sinal da corrente, veja a seção: ***Curto-circuito do TC***;
11. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **NORMAL (INTERNO);**
12. Se o sistema de controle estiver configurado, passe para o modo de operação **AUTOMÁTICO**.



AVISO: PASSO 4. Chaves que fazem, em um único acionamento, abertura da fonte, abertura da carga e fechamento do *by-pass*, não permitem este passo e a confirmação prévia da posição neutra do compensador sem o uso de recurso adicional.



AVISO: PASSO 5. Devido aos riscos de uma manobra fora da posição, o Auto Zero, embora automático, deve ser obrigatoriamente monitorado pelo operador que deve observar a sequência de modificação da indicação das posições conferindo sua ordenação e sua lógica. O compensador em posição diferente implica em manobra com carga e com riscos maiores aos equipamentos, à rede e aos operadores.

Verificando a operação e a compensação

Antes do fechamento da chave que o conecta o terminal da carga (C ou L) e abertura da chave de *by-pass*, conforme passos ***8*** e ***9***, respectivamente, da seção ***Colocando em operação***, é possível fazer uma verificação da capacidade de operação e compensação do sistema de controle escolhido, proceda:

1. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle;
2. Pressione a tecla **ELEVAR** do controle eletrônico;
3. Observe que, para cada derivação comutada haverá modificação no fator de potência medido com saltos tanto mais elevados quanto maior for a derivação para a qual se comutou;
4. Após a verificação do fator de potência, ajuste o controle para operação no modo **AUTOMÁTICO**;



AVISO: Verifique o manual do controle CTR-3X para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação.

Retirando de operação

Os procedimentos descritos abaixo são de extrema importância para que se tenha certeza de que o compensador está pronto para ser removido do sistema. A retirada de serviço poderá ser feita sem interrupção do fornecimento de energia.



PERIGO: RISCO DE EXPLOSÃO. Antes de retirar de operação, o compensador de reativos DEVE ESTAR na POSIÇÃO NEUTRA. A confirmação da leitura da posição deve ser feita em pelo menos duas referências, o indicador externo de posições e a indicação do sistema de controle escolhido. A retirada do compensador de serviço é mais segura se for feita com o compensador em posição de neutro. O compensador em posição diferente significa abertura de carga reativa.

Para remover o compensador de operação, siga a seguinte sequência:

1. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle;
2. Utilize o botão de **ABAIXAR** posições para alcançar a **POSIÇÃO NEUTRA.** Quando em neutro, verifique a redundância desta posição: o indicador externo indicará 0 (zero) e o *LED* da posição neutra do sistema de controle escolhido se acenderá;
3. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
4. Se disponível, feche a chave faca de curto-circuito do sinal da corrente, veja a seção: ***Curto-circuito do TC***;
5. **FECHE** a chave de ***BY-PASS***;
6. **ABRA** a chave que conecta o **TERMINAL DA CARGA (C ou L)**;
7. **ABRA** a chave que conecta o **TERMINAL DA FONTE (F ou S)**;
8. **ABRA** a chave fusível que conecta o **TERMINAL DO COMUM (FC ou SL)**.



CUIDADO: PASSO 2. Devido aos riscos de uma manobra fora da posição, o Auto Zero, embora automático, deve ser obrigatoriamente monitorado pelo operador que deve observar a sequência de modificação da indicação das posições conferindo sua ordenação e sua lógica. O compensador em posição diferente implica em manobra com carga e com riscos maiores aos equipamentos, à rede e aos operadores

DETALHES DE CONSTRUÇÃO E CONEXÕES

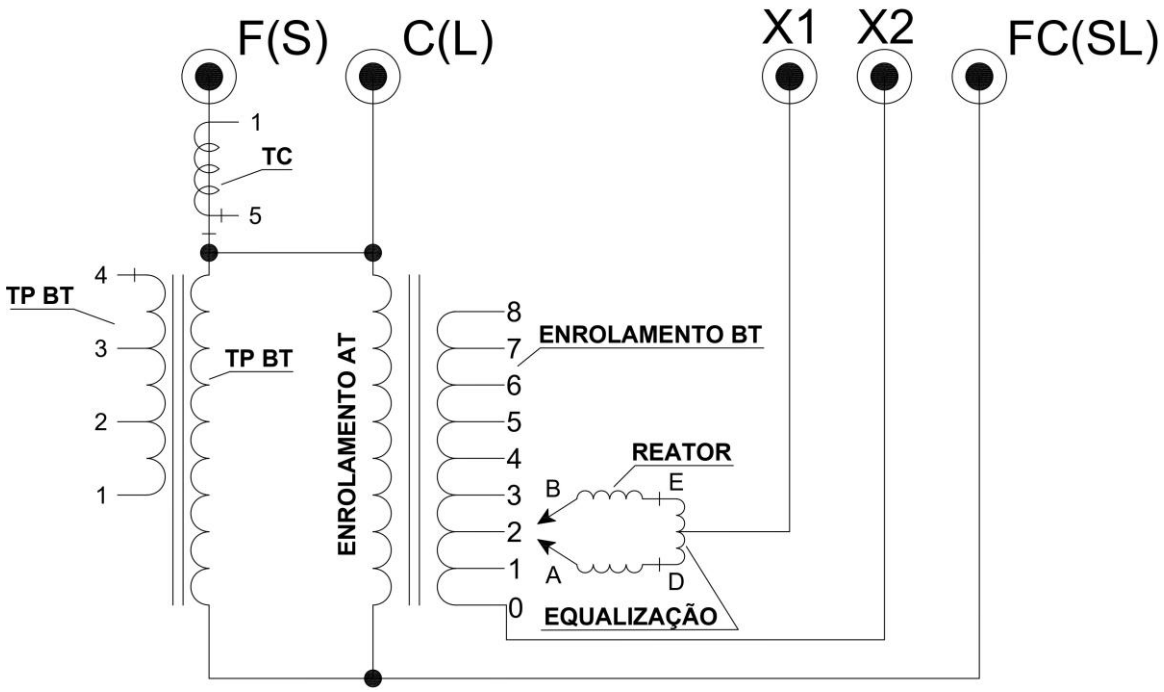
Os compensadores de reativos CAQ-1 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. foram projetados para serem de forma parcial ou complemente removidos do interior do tanque sem que haja a necessidade de desconexões elétricas, facilitando sua manutenção. Veja a seção: ***Retirando a parte ativa do tanque.***

O conjunto do enrolamento principal e do reator de transição, possuem montagem do tipo envolvente (*shell type*). O enrolamento paralelo está conectado ao lado da carga.

Diagrama de conexão dos enrolamentos

A Figura 14 detalha o circuito padrão de um compensador CAQ-1.

Figura 14: Diagrama de conexão dos enrolamentos – Compensador CAQ-1.



Disposição interna dos componentes

A construção interna do compensador é feita de forma unitária, onde todos os componentes são fixados diretamente na tampa principal do compensador. Este método de construção facilita sua fabricação e manutenção. O detalhamento da disposição de cada componente interno pode ser visto na Figura 15 e na Tabela 6.

AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de construção interna de um compensador de reativos. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.

Figura 15: Componentes internos do compensador CAQ-1.

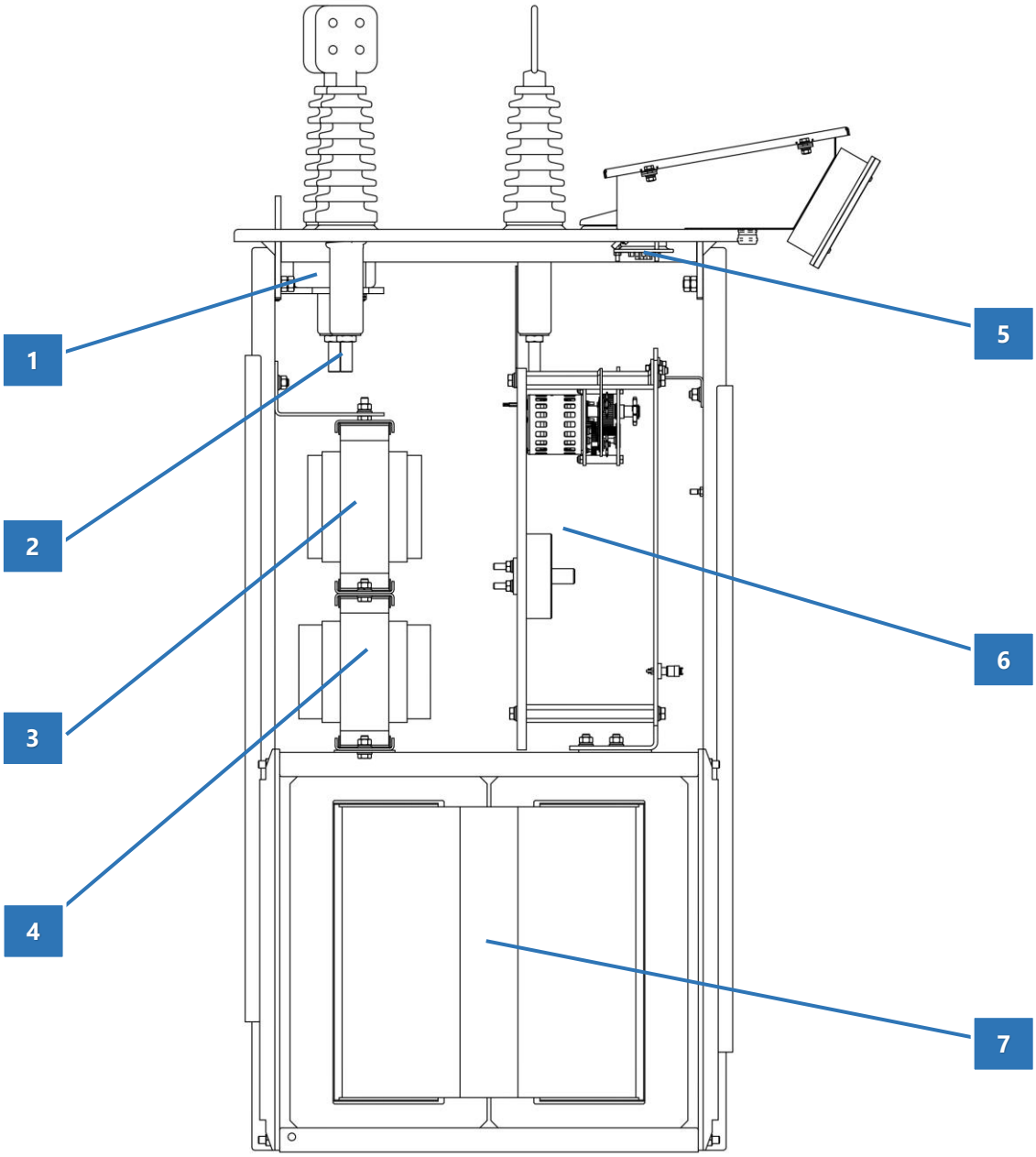


Tabela 6: Componentes internos do compensador CAQ-1.

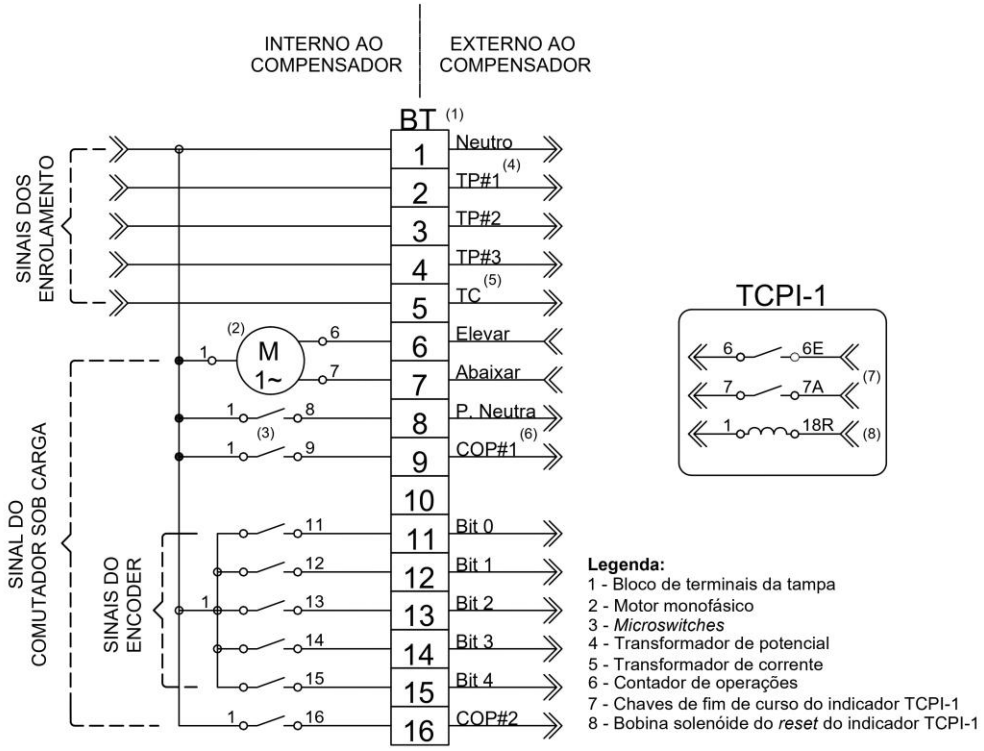
Item	Descrição
1	Transformador de corrente (TC)
2	Terminais de conexão das buchas de passagem
3	Transformador de potencial de alta tensão para baixa tensão
4	Reator de transição
5	Bloco de terminais de passagem dos sinais de controle
6	Comutador sob carga
7	Enrolamento principal (enrolamento de alta tensão, enrolamento de baixa tensão, equalização)

Diagrama da fiação interna padronizada

Conforme exibido pelo item 4 da Tabela 6, por padrão, todos os compensadores de reativos CAQ-1 possuem em sua tampa um bloco de terminais de passagem para os sinais do sistema de controle. Este bloco possui corpo fabricado em material isolante, resistente à pressão e a temperatura de trabalho, os terminais de passagem são fabricados em latão. Os detalhes padronizados de sua conexão à fiação interna, são exibidos em acordo com a Figura 16.

AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de fiação interna de um compensador de reativos. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.

Figura 16: Diagrama da fiação interna padronizada.



Enrolamentos

Todos os compensadores de reativos CAQ-1 possuem, no mínimo, três conjuntos de enrolamentos independentes, sendo:

1. Um conjunto maior, disposto na parte inferior do compensador o enrolamento de alta e baixa tensão e equalização;
2. Um enrolamento fixado no topo do enrolamento principal que é o reator de transição;
3. Um transformador de potencial (TP) de alta tensão para baixa tensão, fixado sobre o reator
4. Um enrolamento toroidal, fixado sobre o TP ou na parte inferior da tampa do compensador, que é o transformador de corrente (TC).

Cada um destes enrolamentos é construído e interligado de acordo com características específicas do projeto, que podem variar em função da sua aplicação e condições de uso.

Comutadores

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. possui uma ampla linha de comutadores sob carga, que são fabricados e testados conforme as normas ABNT® NBR 8667 e IEEE Std C57.131 ™.

Os comutadores utilizados em cada projeto são definidos pela tensão e corrente nominal do compensador requerido.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O compensador de reativos foi projetado para permitir a realização de alguns itens de verificação sem a necessidade de retirá-lo de operação. A manutenção, metodicamente seguida, constitui fator indispensável à longa duração do compensador, nas melhores condições de funcionamento e rendimento.

Inspeções e manutenções periódicas

Recomendamos que manutenções sejam realizadas de forma periódicas, com o objetivo de prolongar a vida útil do equipamento. As Tabela 7 e Tabela 8 recomendam as periodicidades (em anos), os pontos de verificação, os procedimentos e as correções necessárias para o controle e para os acessórios do compensador, respectivamente. Porém, o período para estas inspeções pode variar, de acordo com as experiências acumuladas pelo usuário.

Tabela 7: Manutenções periódicas para o controle do compensador.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Acionamento; manual e bloqueio máximo e mínimo	1. Ajuste o bloqueio de posição e opere o compensador no sentido de elevar, verifique se o controle eleva a posição, parando no bloqueio ajustado; 2. Ajuste o bloqueio de posição e opere o compensador no sentido de abaixar, verifique se o controle abaixa posição até atingir a posição neutra.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção
1	Tensão de referência	Com o compensador energizado, ajuste: VR = 0V, Ux = 0V e insensibilidade em 1V. Verificar se a tensão de saída de "Voltímetro" está igual (1V) da referência após estabilizado.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção
1	Temporização; acionamento automático de elevar e abaixar	1. Variar o valor da tensão de referência para uma tensão maior que a tensão da rede: Verificar se o motor aciona no sentido de ELEVAR após o término do tempo ajustado; 2. Variar o valor da tensão de referência para uma tensão menor que a tensão da rede: Verificar se o motor aciona no sentido de ABAIXAR após o término do tempo ajustado.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção.



AVISO: Caso o compensador não opere satisfatoriamente, um controle de reposição pode ser testado antes de retirar o compensador de serviço.

Tabela 8: Manutenções periódicas para acessórios.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Buchas e terminais	1. Trinca nas porcelanas; 2. Acúmulo de impurezas nas porcelanas; 3. Vazamento de óleo; 4. Inspeção térmica dos terminais.	1. Substitua a bucha; 2. Limpe com um pano que contenha amônia ou tetracloreto de carbono e aplique um neutralizador; 3. Reapertar as juntas, ou substituir a bucha; 4. Em caso de aquecimento excessivo, reapertar os terminais quando estiverem frouxos.
1	Para-raios	1. Aglomeração de impurezas; 2. Inspeção térmica.	1. Lave com água doce e seque com pano seco; 2. Em caso de aquecimento excessivo dos terminais, proceder com reaperto quando estiverem frouxos. Em caso de condução de correte substituir o para-raios.
1	Indicador de nível de óleo	1. Trinca no visor de vidro; 2. Vazamento de óleo.	1. Trocar do vidro do visor; 2. Reapertar as juntas, ou substituir o visor.
1	Válvula de drenagem	1. Vazamento de óleo.	1. Reapertar ou substituir a válvula de drenagem.



PERIGO: Para segurança da operação, as verificações apresentadas pela Tabela 8 devem ser realizadas com o equipamento fora de operação. Utilize EPI adequado e previna-se contra vazamentos para o ambiente.



AVISO: Caso os reparos não possam ser realizados em campo, retire o compensador de serviço e encaminhe-o para manutenção.

O óleo mineral isolante é utilizado no compensador para atender duas funções básicas, isolamento e refrigeração. O monitoramento e a manutenção da qualidade do óleo são essenciais para assegurar a operação confiável ao longo da vida útil do compensador.

Em vista disto, recomendamos a necessidade de ensaios de campo, conforme apresentado pela a Tabela 9. Os ensaios foram tipicamente escolhidos para obter uma estimativa rápida da condição do óleo e eliminar qualquer possibilidade de alteração da amostra em razão do transporte para ensaios externo.

A Tabela 10 apresenta valores-limite para óleo em compensadores em uso.

Tabela 9: Manutenções periódicas para o óleo isolante.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Retirar amostra do óleo isolante	Ensaio físico-químico: 1. Aparência; 2. Rigidez dielétrica; 3. Teor de água; 4. Fator de perdas; 5. Índice de neutralização; 6. Tensão interfacial; 7. Ponto de fulgor; 8. Sedimentos.	Retire o compensador de serviço e encaminhe-o para manutenção caso os valores encontrados estejam foram dos apresentados pela Tabela 10.



AVISO: A amostra recolhida deve ter volume representativo ao comparado com óleo contido no equipamento. Procedimentos de amostragem sem os devidos cuidados ou contaminação no recipiente da amostra podem conduzir a conclusões errôneas a respeito da qualidade do óleo.

Tabela 10: Valores-limite para o óleo mineral em uso.

Ensaios	Método de Ensaio	Critérios de Aceitação
Aparência	Visual	Claro, isento de materiais em suspensão
Rigidez dielétrica, kV, eletrodo de calota	ABNT® NBR IEC 60156	≥55
Teor de água, mg/kg	ABNT® NBR 10710	≤40
Fator de perdas, % a 25 °C a 90 °C a 100 °C	ABNT® NBR12133	 ≤0,5 ≤15 ≤20
Índice de neutralização mg KOH/g	ABNT® NBR 14248	≤0,20
Tensão interfacial, a 25 °C, mN/m	ABNT® NBR 6234	≥20
Ponto de fulgor, °C	ABNT® NBR 11341	≥130

Ensaios	Método de Ensaio	Critérios de Aceitação
Sedimentos	**ABNT® NBR 10576**	**Nenhum sedimento ou borra precipitável deve ser detectado. Resultados inferiores a 0,02 % em massa devem ser desprezados**

Retirando a parte ativa do tanque

As instruções para a segura retirada da parte ativa do compensador do interior do tanque estão listadas pelo procedimento a seguir:

1. Retire o compensador de serviço, seguindo as instruções de segurança, conforme apresentado pela seção: ***Retirando de operação***;
2. Coloque o compensador em uma posição onde a rede energizada não possa interferir. É recomendado que o equipamento seja levado para oficina de manutenção, ou algum local coberto, livre de alta umidade, com piso plano e nivelado;
3. Aguarde até que a temperatura do óleo isolante seja menor que 40ºC;
4. Retire os parafusos que fixam o sistema de controle escolhido ao tanque principal;
5. Retire o condutor de aterramento ligado entre caixa do controle e o tanque do compensador;
6. Retire os condutores dos terminais X1 e X2 das buchas de conexão da tampa;
7. Retire os parafusos que fixam a tampa ao tanque;
8. Retire o condutor de aterramento ligado entre a tampa e o tanque do compensador;
9. Atente-se para não danificar nenhum dispositivo que possa estar instalado no tanque durante a retirada da parte ativa;
10. Suspenda a parte ativa por meio dos olhais da tampa, guiando a caixa de controle ou a caixa auxiliar que será erguida com a tampa.



CUIDADO: PASSO 9. Antes de retirar a parte ativa do interior do tanque, compensadores que possuem termômetro, nível de óleo com contatos, ou algum outro acessório que acesse o interior do compensador, o seguinte procedimento deve ser feito: 1) retirar o óleo isolante até que seu nível esteja abaixo da marcação de mínimo no dispositivo indicador de nível e então 2) retire os acessórios. O não cumprimento destas instruções provocará a quebra dos dispositivos, resultando em vazamento de óleo.



CUIDADO: PASSO 10. Não confie no dispositivo de içamento da parte ativa para inspeção e manutenção. Coloque calço entre a tampa e o tanque para evitar a descida da tampa com a parte ativa, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



CUIDADO: PASSO 10. Não suspenda a caixa de controle usando seu cabo de interligação com o compensador. O cabo não é projetado para tal operação e pode se romper, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



AVISO: PASSO 10. Ao abrir o compensador, haverá possibilidade de contato humano e ambiental com o óleo isolante. Utilize EPI adequado e previna-se contra vazamentos para o ambiente.

Recolocando a parte ativa no tanque

Após a execução dos serviços, a recolocação da parte ativa no interior do tanque do compensador deverá seguir o seguinte procedimento:

1. Caso a parte ativa fique fora do óleo por mais de duas horas, seque-a antes de prosseguir;
2. Certifique-se a integridade do isolamento e o aperto de todos os terminais da parte ativa;
3. Limpe a gaxeta de vedação e posicione-a na aba do tanque;
4. Suspenda a parte ativa com a tampa acima da altura do tanque;
5. Alinhe os suportes laterais da parte ativa, fixados na tampa, com os guias internos ao tanque.
6. Proceda com descida da unidade. Observe que haverá uma folga entre a tampa e o tanque, mesmo com o assentamento da parte ativa no fundo do tanque;
7. Acomode a tampa sobre o tanque e fixe todos os parafusos de vedação do conjunto;
8. Fixe o condutor de aterramento ligado entre tampa e o tanque do compensador;
9. Fixe os parafusos que fixam o sistema de controle escolhido ao tanque principal;
10. Fixe o condutor de aterramento ligado entre caixa do controle ou a caixa auxiliar e o tanque do compensador;
11. Reconecte os condutores aos terminais X1 e X2 da tampa, responsáveis por alimentar o elemento reativo;
12. Proceda com os testes dielétricos, elétricos e funcionais.



CUIDADO PASSO 1. Certifique-se que ao secar a parte ativa a temperatura não atinja marcas superiores a 90°C.



AVISO: PASSO 6. Caso necessário, antes da fixação dos parafusos da tampa, utilize um martelo de borracha para auxiliar a acomodação da tampa sobre o tanque, a fim de evitar possíveis vazamentos.



CUIDADO: Caso seja necessário um novo enchimento de óleo, é recomendado que após este processo, seja realizado o procedimento de vácuo no equipamento, por no mínimo uma hora e pelo menos a 100 mmHG. Caso não seja possível a realização do processo de vácuo, não energize o compensador antes do período de sete dias após o enchimento.

Comutador sob carga

O comutador de derivações em carga é um dispositivo simples e de vida útil longa, desde que as manutenções recomendadas, pela Tabela 11, sejam seguidas.

Tabela 11: Inspeções o comutador sob carga.

Frequência – Número de operações	Ação Recomendada
125.000	1. Medição de resistência de contato (2.500 μΩ máx.); 2. Inspeção visual; 3. Análise do desgaste dos contatos fixos e móveis.
250.000	1. Substituição contatos fixos e móveis; 2. Verificação do mecanismo de operação.
1.000.000	1. Revisão geral, desmontagem e substituição de peças com desgaste.

Ensaio de medição de resistência

A medição da resistência de contato deve ser efetuada conectando os terminais do microhmímetro entre os terminais do eixo e do anel coletor, tirantes mais centrais da placa isolante do comutador, identificados pelas letras A e B. Nesta condição, a resistência será dada pela associação do contato fixo da atual posição, do contato móvel, do eixo e anel coletor. As medições devem ser realizadas em todas as posições pares.

Para comutadores novos, os valores medidos não poderão exceder a 800 μΩ. Em função do desgaste natural dos contatos, desalinhamentos e folgas dos mecanismos elevam gradualmente essa resistência, consideremos o valor de 2.500 μΩ como limite máximo aceitável para comutadores em operação.

Pontos de verificação

Quando da realização das inspeções periódicas dos comutadores sob carga, recomendamos que os pontos abaixo sejam sempre verificados:

1. Todas as porcas que atuam sobre tirantes de latão devem ser apertadas e ter o torque conferido com 1,2 kgf.m;
2. A corrente de acionamento do sistema principal e do sistema de indicação mecânica, deve ter folga mínima de 15 mm e máxima de 25 mm, proceda:
    - Tracione a corrente no sentido de abaixar (não finalize a comutação);
    - Verifique a folga na parte central superior da corrente entre a coroa e o pinhão;
    - Se a folga não estiver entre 15 a 25mm (amplitude total) ajuste a posição do motor ou da saída do indicador.
3. Rotor do ENCODER ou do STCMS deve ser sincronizado com os contatos móveis de tal maneira que, na posição nominal, nenhum de seus contatos estejam fechados, utilize a referência gravada na placa de circuito para tal ajuste;
4. Testar os bloqueios mecânicos, posição +16, com o motor energizado em 140 VCA;

Estimativa de vida útil dos contatos

É possível determinar uma projeção do ciclo de vida dos contatos do comutador em função do carregamento nominal e quantidades de operações.

Esta estimativa, apresentada pela Tabela 12 é baseada em compensadores CAQ-1 com comutadores sob carga fabricados pela ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

Tabela 12: Expectativa da vida útil dos contatos.

Carregamento % In	Quantidade de Operações Estimadas		
	Contato Móvel	Contato Fixo [Unitário]	Contato Fixo [Conjunto]
160	125.000	13.900	125.000
135	177.100	19.700	177.000
120	208.400	23.150	208.500
110	229.200	25.500	230.000
100	250.000	27.800	250.000
90	250.000	37.100	334.000
80	250.000	46.300	417.000
70	250.000	55.600	500.000
60	250.000	64.900	584.000
50	250.000	74.100	666.700
40	250.000	83.400	750.000
30	250.000	92.600	833.400
20	250.000	101.900	916.700
10	250.000	110.000	1.000.0000



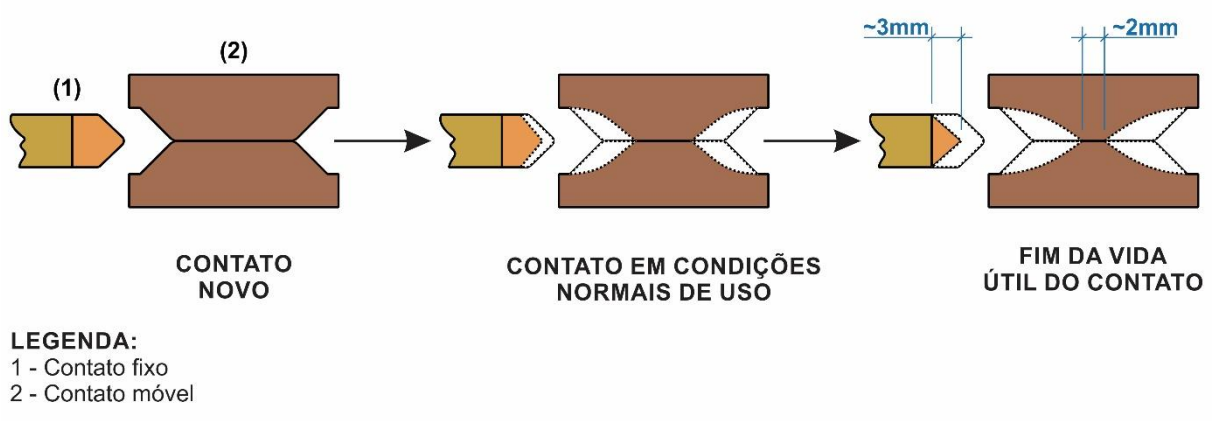
AVISO: Devido a fadigas mecânicas das molas de compressão do contato móvel, a troca deste contato deve ser realizada com no máximo de 250.000 operações.



AVISO: A expectativa de vida dos contatos, conforme apresentada pela Tabela 12, não exclui ou limita a responsabilidade do usuário de realizar as manutenções preventivas descritas neste manual de instruções.

A Figura 17 ilustra a projeção dos desgastes verificado nos contatos fixos em móveis ao longo da vida útil do comutador sob carga.

Figura 17: Desgastes dos contatos.



PEÇAS SOBRESSALENTES PARA REPOSIÇÃO

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. está à disposição para o fornecimento de peças de reposição para todos os seus equipamentos. Esta solicitação poderá ser feita pelo telefone **+55 (18) 3643-8000**, ou pelo e-mail **vendas@itb.ind.br**. Para isso, se possível, tenha em mãos código ITB e a descrição do componente deverão ser informados na época da aquisição.

A relação completa de componentes e acessórios está dividida em três partes: Comutador, Motor e Compensador. Os detalhamentos a seguir estão divididos por item, descrição, código de material ITB e seus respectivos desenhos técnicos (quando aplicável).

Ciclo de vida

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. se compromete a receber e dar destinação adequada, conforme legislação vigente, aos equipamentos por ela produzidos quando estes forem considerados inutilizáveis.

Óleo isolante – FISPQ

Os compensadores de reativos, como muitos dispositivos elétricos de alta tensão, possuem parte ativa envolvida por óleo isolante e refrigerante. Por isso, são montados em tanques herméticos com dispositivos de alívio de pressão. Em operação, esse óleo pode chegar a temperaturas elevadas e, mesmo à temperatura ambiente, é um agente que pode ser poluidor e agressivo.

Recomendamos a leitura da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ, que contém todas as informações necessárias ao manuseio seguro, descarte adequado, riscos associados e providências em caso de acidentes.

A ITB se coloca à disposição para esclarecimentos e informações adicionais. A ITB se reserva ao direito de revisar e atualizar esse manual sem aviso prévio. Não é permitido utilizar a marca registrada ITB Equipamentos Elétricos Ltda. sem o consentimento prévio da mesma.
Os produtos SEL citados neste documento são de propriedade da Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
Microsoft® Windows® são marcas registradas da Microsoft Corporation nos Estados Unidos e/ou em outros países.
IEEE Std C57.15™ é marca registrada do Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Esse produto não é endossado ou aprovado pelo IEEE®.
ABNT® é marca registrada da Associação Brasileira de Normas Técnicas, todos os direitos reservados.

ITB EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS LTDA.
Rua Devanir Terence, 161 | Parque Industrial Raif Mehana Rahal
Birigui - SP | CEP: 16206-012
Fone: +55 (18) 3643-8000 | Fax: +55 (18) 3643-8016
www.itb.ind.br | vendas@itb.ind.br
©2025 ITB Equipamentos Elétricos Ltda. Todos os direitos reservados.

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS