



Manual de instruções

MANUAL DE INSTRUÇÕES NÚMERO 18600

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO MODELO OTCF

NÍVEL DE TENSÃO: 72,5kV A 800kV





Manual de instruções

GE Grid Solutions
Av. Nossa Senhora da Piedade, 1021
37504-358 Itajubá - MG – Brasil

AIB	ITR068	03	07/12/2021	FES	TAA
AIB	-	02	25/01/2019	TAA	FES
AIB	-	01	04/09/2018	TAA	FES
AIB	-	00	17/04/2015	FES	ROCS
Administrador	Controle	Emissão	Data	Preparado	Aprovado



Manual de instruções

Atenção!

Qualquer pessoa envolvida com o transporte, instalação, energização, operação e manutenção dos Transformadores de Potencial Capacitivo (TPC) modelo OTCF devem ler estas instruções antes de tomar qualquer ação relacionada.

Nunca trabalhe em equipamentos de alta tensão sem antes ter aterrado suas partes metálicas, uma vez que é inerente a capacitâncias a possibilidade de ter cargas elétricas acumuladas com tensões a níveis letais. Adicionalmente, um bastão de terra deve permanecer conectado ao terminal de linha enquanto pessoas trabalharem nestes transformadores.

Quando um ensaio elétrico for realizado, a pessoa responsável por supervisionar o ensaio assume a responsabilidade de realizá-lo de maneira segura de acordo com a legislação vigente. Após o ensaio, o operador deve remover o bastão de terra para que o equipamento esteja pronto a ser colocado em operação.

Nota: Para descarregar efetivamente equipamentos de alta tensão proceda da seguinte forma:

A) Conectar o bastão de terra ao terminal de linha (esta ação irá curto circuitar a unidade inteira e colocará o terminal de linha no potencial de terra) e,

B) Utilizar outro(s) bastão(ões) de terra conectado(s) a qualquer (quaisquer) parte(s) metálica(s) intermediária(s) por um tempo mínimo de 30 segundos, para se ter a certeza de que não há qualquer carga elétrica residual na unidade.

Este transformador é fabricado com processo controlado o que garante o mais alto nível de Qualidade. Com o objetivo de manter este alto nível de Qualidade durante a vida útil do TPC é de extrema importância que todas as instruções deste manual sejam lidas e compreendida.

AS VERSÕES DE TRANSFORMADORES OTCF TRANSPORTADAS EM POSIÇÃO VERTICAL NÃO PODEM SER ARMAZENADAS NA POSIÇÃO HORIZONTAL. DEPENDENDO DA VERSÃO DO PRODUTO, OS EQUIPAMENTOS OTCF-245, OTCF-420 E OTCF-550 PODEM SER TRANSPORTADOS EM POSIÇÃO HORIZONTAL. PARA ESTES CASOS, O TRANSFORMADORES NÃO PODEM SER ARMAZENADOS NA POSIÇÃO HORIZONTAL POR MAIS DE QUATRO MESES. SE O TEMPO TOTAL DE TRANSPORTE E ARMAZENAGEM EXCEDER ESTE PERÍODO, É OBRIGATÓRIO DESEMBALAR E COLOCAR O TRANSFORMADOR EM POSIÇÃO VERTICAL, FIXANDO O TANQUE AO CHÃO. NÃO ENERGIZE UM TRANSFORMADOR QUE TENHA PERMANECIDO POR MAIS DO QUE QUATRO MESES EM POSIÇÃO HORIZONTAL.

Observações preliminares

Durante o recebimento do TPC, é importante verificar a desembalagem atentamente para controlar as condições da embalagem e do próprio TPC. Qualquer irregularidade deve ser anotada nos documentos de transporte. E as comunicações com as pessoas responsáveis devem ser feitas com brevidade. O isolador pode ter sido entregue em porcelana, evitar movimentos rápidos que possam ocasionar choques e ou pancadas.



Conteúdo

1.	DIAGRAMA ESQUEMATICO.....	5
2.	TRANSPORTE, RECEPÇÃO, DESEMBALAGEM E ARMAZENAMENTO.....	6
2.1.	Transporte.....	6
2.2.	Recepção.....	7
2.3.	Armazenamento.....	11
3.	MONTAGEM NA ESTRUTURA.....	11
4.	PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE CONTATO.....	11
5.	CONEXÕES E ACESSÓRIOS.....	12
5.1.	Terminais primários.....	12
5.2.	Caixa de terminais secundários.....	13
5.3.	Terminais secundários.....	13
5.4.	Terminal HF.....	13
5.5.	Marcação dos terminais.....	14
5.6.	Proteção do reator de compensação e da bobina de drenagem.....	14
5.7.	Aterramento do TPC.....	15
5.8.	Aterramento do potencial na UEM.....	15
5.9.	Aterramento da chave de carrier.....	15
5.10.	Bobina de bloqueio.....	16
6.	INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO.....	16
7.	INSPEÇÃO ANTES DA PRIMEIRA ENERGIZAÇÃO.....	17
8.	TESTES EM CAMPO.....	17
8.1.	Métodos para ensaio em campo.....	18
8.2.	Cuidados e Precauções.....	18
8.3.	Medições de Capacitância.....	19
8.4.	Medição de relação de transformação.....	25
8.5.	Efeito GARTON.....	25
8.6.	Capacitância e fator de dissipação com variação de temperatura.....	26
9.	MANUTENÇÃO APÓS ENERGIZAÇÃO.....	26
10.	DISPOSIÇÃO FINAL DAS PARTES APÓS VIDA ÚTIL DO TPC.....	27



Manual de instruções

1. DIAGRAMA ESQUEMATICO

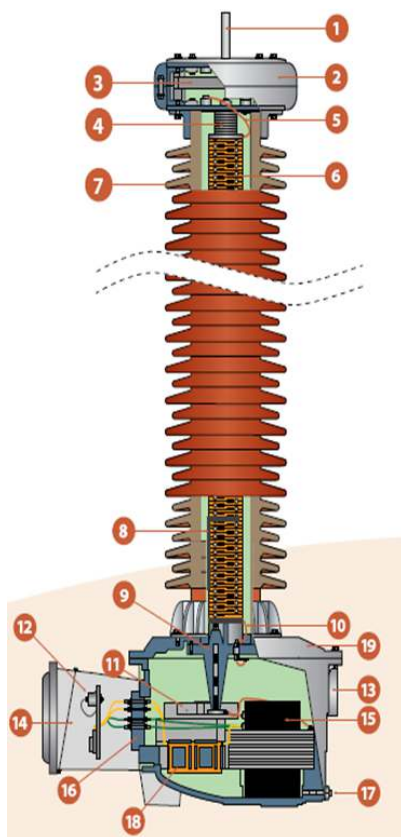
O Transformador de Potencial Capacitivo (TPC) modelo OTCF é composto por um divisor de tensão capacitivo (DC) e de uma unidade eletromagnética (UEM). Dependendo da tensão nominal, o DC pode ser composto de um ou vários módulos capacitivos com um terminal de tensão intermediária, através de uma bucha de média tensão, que alimenta a UEM.

Cada módulo capacitivo contém elementos capacitivos impregnados com óleo sintético e é hermeticamente selado, tendo ainda um fole metálico como câmara de expansão externa.

Quando especificado, cada módulo capacitivo pode ser fornecido com um manômetro para indicação da pressão interna.

A UEM está montada em um tanque preenchido com óleo mineral e é hermeticamente selada através de um colchão de ar.

A Figura abaixo apresenta uma vista em corte típica de um TPC modelo OTCF



- 1- Terminal primário
- 2- Domo de proteção do fole metálico
- 3- Fole metálico
- 4- Mola de compressão
- 5- Fio de conexão de tensão
- 6- Elementos capacitivos
- 7- Isolador de porcelana ou composite
- 8- Divisor Capacitivo
- 9- Bucha de Epóxi
- 10- Conexão de baixa tensão do divisor capacitivo
- 11- Circuito supressor de ferorrressonância
- 12- Terminais secundários
- 13- Indicador de nível de óleo da UEM
- 14- Caixa de terminais de baixa tensão em alumínio
- 15- Transformador intermediário
- 16- Bloco separador óleo/ar
- 17- Dispositivo para retirada de óleo
- 18- Reator de compensação
- 19- Tampa da UEM



Manual de instruções

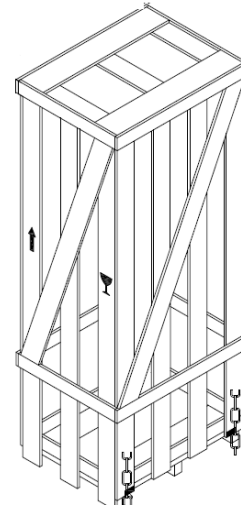
2. TRANSPORTE, RECEPÇÃO, DESEMBALAGEM E ARMAZENAMENTO

2.1. Transporte

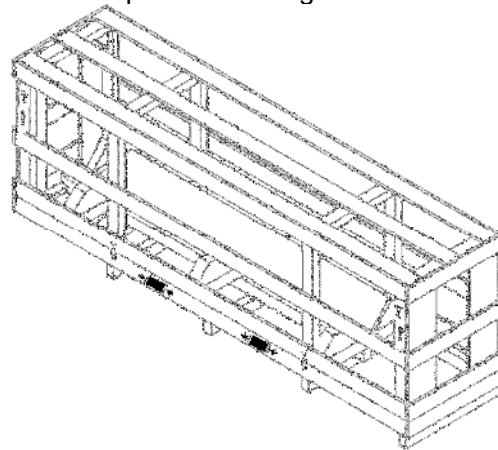
O transformador deve ser transportado na posição indicada pelo fabricante em uma embalagem adequada.

Em geral, o TPC com tensão máxima até **245 kV** é transportado em caixa de madeira contendo a unidade base montada (UEM e DC). Para TPC acima de **245 kV**, o equipamento é transportado de tal maneira que os módulos superiores do DC são separados do módulo inferior e da UEM, porém transportados na mesma embalagem juntamente com todos os itens necessários para a montagem da unidade completa (ver 5.1). **Os módulos do DC devem ser colocados em colocados em posição vertical.** Dependendo da versão do produto, os equipamentos **OTCF-245, OTCF-420 e OTCF-550** podem ser transportados em **posição horizontal**. Para testes casos, as unidades não podem ser armazenadas em **posição horizontal por mais do que 4 meses**. Se o tempo total de transporte e armazenagem excederem este período, é **mandatório desembalar o transformador e colocá-lo em posição vertical, fixando o tanque ao chão.**

O usuário deve transportar e manusear o TPC de forma cuidadosa. A posição correta para transporte é marcada na embalagem como mostrado nos exemplos a seguir.



Exemplo de embalagem vertical



Exemplo de embalagem horizontal

IMPORTANTE: O TPC modelo OTCF deve sempre ser transportado com os módulos superiores desmontados. **Quando originalmente transportado em embalagem vertical, o TPC deve ser transportado com todos os componentes na posição vertical.** Também, deve ser transportado em sua embalagem original ou em uma embalagem apropriada.

As embalagens verticais dos TPC modelo OTCF não podem ser empilhadas. Para embalagens horizontais o limite de empilhamento é de uma embalagem.



Manual de instruções

ATENÇÃO: O equipamento possui partes frágeis (Isolador, caixa de terminais em alumínio, etc) que podem ser danificadas durante o transporte terrestre, seja por via pavimentada ou não pavimentada. O transporte deve ser feito com cuidado. Movimentações bruscas podem ocasionar impactos e posterior dano ao equipamento.

2.2. Recepção

Independentemente se o transporte é de responsabilidade do cliente ou do fabricante, o inspetor ou agente de serviço deve verificar os seguintes pontos durante o recebimento da mercadoria:

Se as caixas apresentam, qualquer sinal de impacto, golpe ou rachaduras, ou se o transformador apresenta qualquer sinal de dano, ou vazamento de óleo. O inspetor do cliente ou o agente de serviços a cargo do recebimento da mercadoria deve fazer uma notação formal no documento de transporte. O controle do recebimento, principalmente para o isolador de porcelana e/ou composite e caixa de terminais secundários, deve ser feito na presença do despachante. As observações a respeito das condições da mercadoria devem claramente mostrar os detalhes dos danos encontrados no momento do recebimento da mercadoria.

Em caso de danos, o inspetor do cliente a cargo do recebimento deve notificar a GE e o representante do seguro. Todas as informações de contato estão indicadas no documento de seguro de transporte. A declaração deve ser feita até oito dias úteis após o recebimento da mercadoria.

Desembalagem

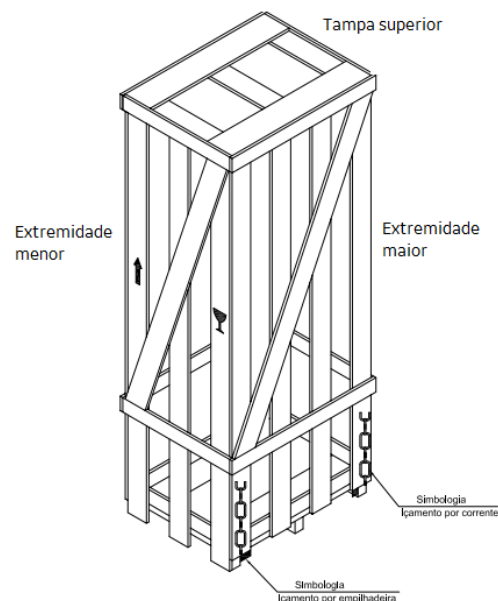
Materiais necessários para a desembalagem, içamento do TPC e colocação em serviço:

Qtde	Descrição
1	Grua, munck ou guindaste.
1	Graxa de contato tipo PENETROX ou equivalente.
1	Graxa MOLYKOTE tipo P37 ou equivalente.
4	Cintas de 4,5m de comprimento (capacidade de 2.000N)

A desembalagem do TPC deve ser feita com cuidado.

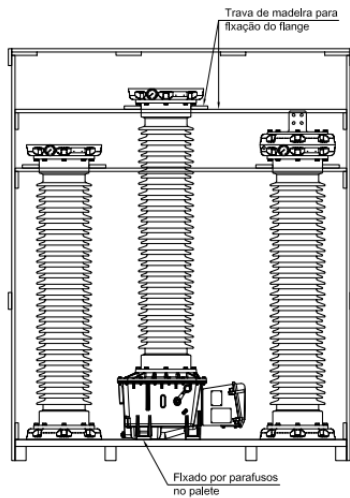
• Abertura da embalagem vertical

- 1) Remover a tampa superior.
- 2) Remover as extremidades menores.
- 3) Remover os bloqueios internos.
- 4) Remover as extremidades maiores
- 5) Remover os quatro parafusos que fixam o equipamento na embalagem e, quando aplicável, os parafusos que fixam os módulos à embalagem
- 6) Seguir com içamento de cada parte





Manual de instruções

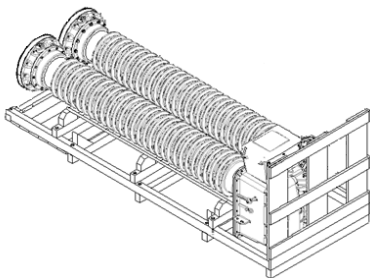
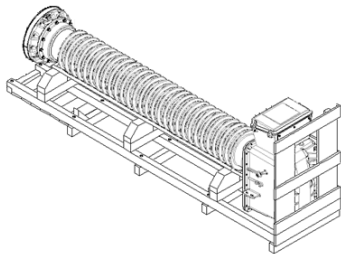


Exemplo de boqueios internos

NUNCA levantar o TPC pelo seu terminal primário. Levantar conforme indicado nas figuras subsequentes.

•Abertura da embalagem horizontal

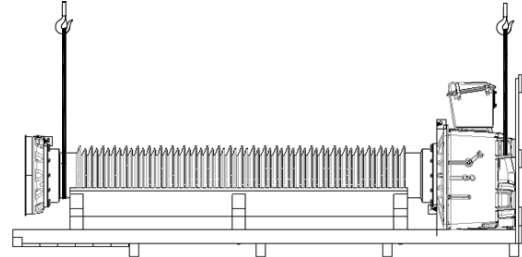
- 1) Remover a tampa superior.
- 2) Remover 3 laterais (com exceção da lateral em que o tanque está fixado com parafusos) .



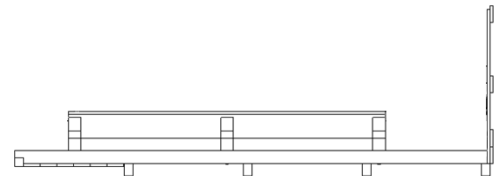
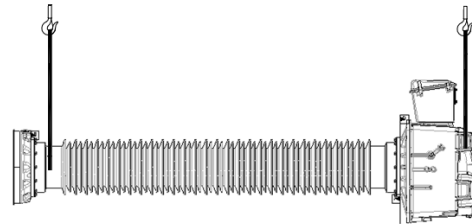
- 3) Remover os quatro parafusos que fixam o equipamento na embalagem.
- 4) Remover as cintas verdes de nylon

5) Remover o TPC da embalagem e içá-lo seguindo os passos abaixo:

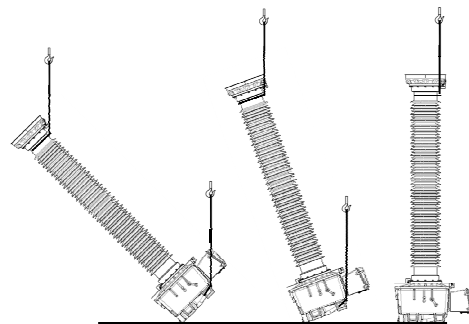
- Use duas cintas, uma no pescoço do isolador e outra nos olhais de içamento existentes no tanque.



- Remover o TPC mantendo-o em posição horizontal.



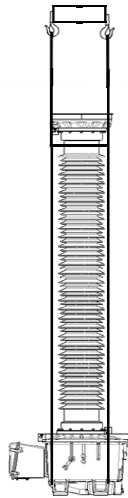
- Gradualmente, colocar o TPC em posição vertical erguendo a cita colocada no pescoço do isolador. Manter as cintas sempre em posição vertical. Manusear com cuidado para não danificar o flange da membrana.





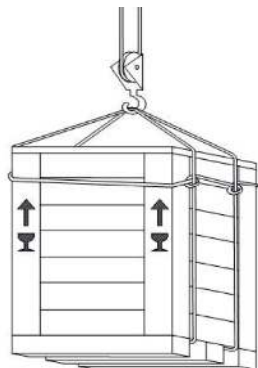
Manual de instruções

- Depois de confirmar que o TPC está em posição vertical e apoiado no solo, mudar a forma de içamento pelo uso de quatro cintas colocadas nos 4 olhais de içamento existentes no tanque. Use uma cinta de 1,5 m para conectar as outras 4 cintas na altura do pescoço do isolador garantindo que o TPC não se mova horizontalmente quando içado.



• Manuseio do TPC embalado:

Para içamento do TPC embalado com uma grua ou munck seguir as marcações na embalagem de madeira, uma vez que são indicadas as posições corretas para as cintas de nylon para assim evitar golpes e vibrações. Manusear com cuidado!



Exemplo de içamento do TPC em sua embalagem

• Colocação do TPC no pedestal:

O uso de cintas de içamento ou cabos de aço com engate tipo chocker (forca) dispostos para suportar o flange metálico superior é uma forma eficaz para içar os módulos superiores do DC.

Evitar movimentos bruscos do TPC quando do içamento. Para evitar o tombamento do TPC, recomenda-se o uso de uma cinta passada em volta do flange superior do isolador e presa a outras cintas (uma de cada lado – ver figura a seguir).

Se o DC do TPC possuir mais do que módulo, deve-se unir os módulos superior e inferior utilizando o material fornecido:

- Oito ou doze conjuntos de parafusos, porcas e arruelas para cada DC.

Para TPC com manômetros instalados nos módulos do DC:

A caixa do mostrador do manômetro utilizado nas seções do DC é parcialmente preenchida com glicerina líquida para evitar danos devidos a impactos durante transporte. A glicerina não é necessária após transporte.

No topo do manômetro, existe uma tampa de borracha com uma pequena saliência. **Para todos os modelos de OTCF, esta pequena saliência deve ser cortada após o transporte. Para os casos nos quais os módulos do DC são transportados em posição horizontal, corte a saliência somente após colocar o DC em posição vertical.**



Manual de instruções

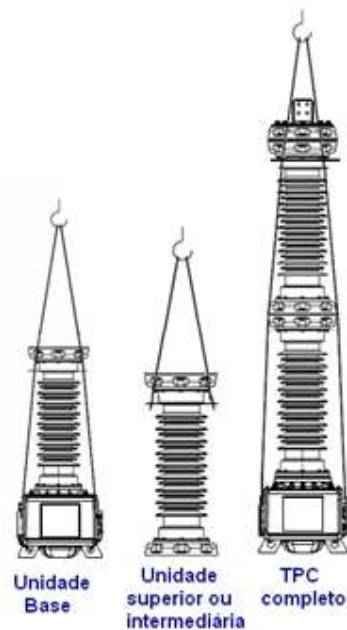


Seguir os passos abaixo para montagem na estrutura:

- Posicionar os módulos superiores do DC com suas placas de identificação alinhadas à placa de característica principal, instalada na tampa da caixa de terminais secundários no tanque base.
- Posicionar cada módulo lentamente, um de cada vez, com um guindaste
- Posicionar os parafusos nos furos do flange da unidade superior.
- Fixar os parafusos com o torque adequado (3 kgf.m).
- Repetir o mesmo procedimento para todos os módulos superiores subsequentes

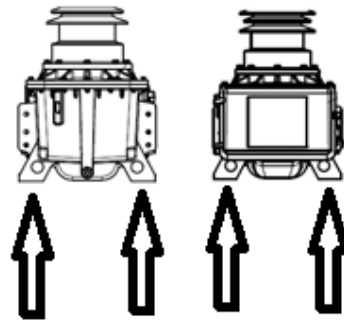
ATENÇÃO: É mandatório que os números de série dos módulos do DC coincidam com o número de série apresentado na placa de características principal do TPC. O desempenho de exatidão e ferroressonância serão diretamente afetados se os módulos capacitivos incorretos forem montados juntos.

A reatância série e a relação do transformador são ajustados e sintonizados durante os ensaios de rotina em fábrica para o atendimento à classe de exatidão especificada. Cada UEM é sintonizada com um DC. Dessa forma, **não é permitida** a troca de qualquer módulo do DC ou mesmo o DC completo de uma UEM para outra



Exemplo de içamento

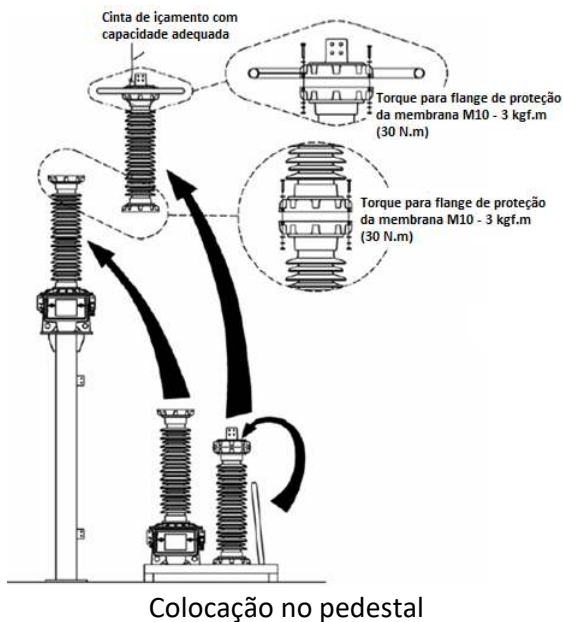
A unidade base (ou unidade com apenas 1 módulo) deve ser manuseada utilizando os 04 olhais de içamento disponíveis no tanque base. **O uso dos 04 olhais é mandatório**



4 olhais de içamento



Manual de instruções



2.3. Armazenamento

Os transformadores podem ser armazenados embalados na posição vertical em uma superfície homogênea.

NOTA: Os equipamentos armazenados verticalmente ao tempo, sem a embalagem, devem ser aparafusados ao solo (superfície plana e estável), mesmo que o armazenamento seja de curta duração.

- Não é permitido o armazenamento dos equipamentos na posição horizontal.

3. MONTAGEM NA ESTRUTURA

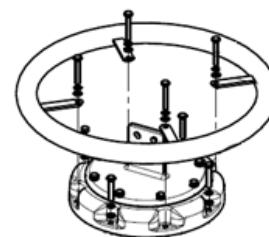
Os transformadores devem ser energizados na posição vertical. É importante confirmar que a superfície na qual o TPC vai ser fixado seja plana (tolerância no máximo 1mm). Verificar se os quatro pés estão totalmente apoiados na estrutura. Caso não esteja, inserir calços antes de colocar os parafusos de fixação.

A fixação do tanque à estrutura suporte deve ser feita através de 4 (quatro) parafusos. As dimensões dos furos e a espessura do ponto de fixação podem ser encontradas no desenho dimensional do TPC do projeto.

Quando uma base complementar é fornecida, o tanque deve ser montado sobre esta base e a base fixada à estrutura suporte.

IMPORTANTE: Jamais apoiar escadas no equipamento para intervenções em altura. Utilizar equipamentos apropriados e que proporcionem segurança ao usuário.

Anéis anti corona são fornecidos apenas para certos valores de NBI e requisitos de tensão de rádio interferência. Quando fornecidos, é necessário montar o anel acima do flange do módulo superior conforme mostra a figura abaixo. O anel anti corona é transportado na mesma embalagem que o TPC. Confirmar no conjunto de desenhos do TPC se é aplicável o anel anti corona. Torque aplicável aos parafusos: 3,5 kgf .m (35 Nm).



4. PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE CONTATO

É recomendado limpar as superfícies de contato em alumínio utilizando uma lixa de grão 150 com o objetivo de eliminar a camada de oxidação. Esfregar a superfície de contato com uma escova metálica (diâmetro dos fios 0,3mm) e impregnar com graxa de contato do tipo PENETROX ou equivalente.



Manual de instruções

Toda a superfície de contato precisa ser coberta com a graxa.

Para contatos estanhados ou em prata somente limpar, não utilizar lixa. Limpar as superfícies estanhadas ou de prata com lixa causará danos à camada protetora.

5. CONEXÕES E ACESSÓRIOS

ATENÇÃO: Nunca trabalhe em um TPC sem primeiro:

-Ter aterrado todas as partes metálicas (superior, intermediária e inferior) por, pelo menos, 30 segundos utilizando um bastão de aterramento apropriado.

-Ter confirmado que todos os terminais de baixa tensão previstos a serem aterrados (N ou H2; HF; 1n, 2n, 3n ou X3, Y3, Z3 ou 1X3, 2X3, 3X3) estão efetivamente aterrados.

Antes da nova aplicação de tensão, confirmar que não existem terminais secundários curto circuitados.

5.1. Terminais primários

Conectar o cabo de alta tensão ou tubo de alta tensão ao terminal primário do TPC com conector apropriado para garantir um bom contato. Verificar item 4 de este manual para a preparação da superfície de contato.

Quando do fornecimento dos conectores de linha, os parafusos de fixação do conector com o cabo ou tubo não fazem parte do fornecimento.

Nos terminais primários devem ser utilizados parafusos M12 onde se deve aplicar um torque de aperto mínimo de 5,4 kgf.m (54 N.m).

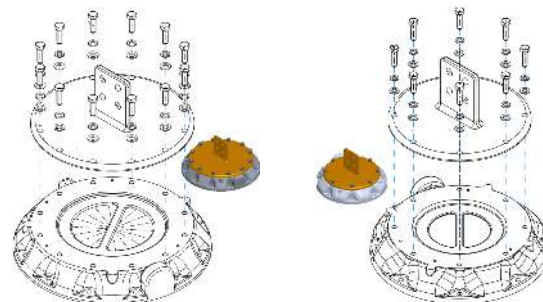
Observação: As roscas dos parafusos devem ser cobertas com graxa do tipo MOLYCOTE P37 (ou equivalente). Não aplicar esta graxa nas superfícies de contato.

Se a altura de transporte permitir, o TPC é transportado com o terminal de alta tensão instalado no topo do DC superior.

A orientação do terminal pode ser ajustada movendo-se os parafusos que fixam o terminal ao flange de proteção da membrana do módulo capacitivo superior.

Se o terminal da alta tensão não estiver instalado por limitações da altura para transporte, o terminal deverá ser fixado à unidade utilizando-se o material fornecido:

- Oito ou doze conjuntos de parafusos, porcas e arruelas para cada DC.



Neste caso, haverá uma proteção metálica protegendo a célula durante o transporte. Esta proteção deve ser removida para instalação do terminal primário. Utilize os parafusos que estarão disponíveis dentro da caixa de terminais secundários para fixação do flange superior e do terminal de alta tensão.



Manual de instruções

5.2. Caixa de terminais secundários

Antes de abrir a caixa de terminais secundários, verificar a posição das chaves de aterramento do potencial da UEM e do carrier. Uma placa de advertência é fornecida com o TPC, localizada na lateral da caixa de terminais do lado da chave de aterramento do potencial.



5.3. Terminais secundários

Ter em mãos o conjunto de desenhos do empreendimento para verificar o tipo de conexão ao borne secundário e cabos aceitáveis para a conexão.

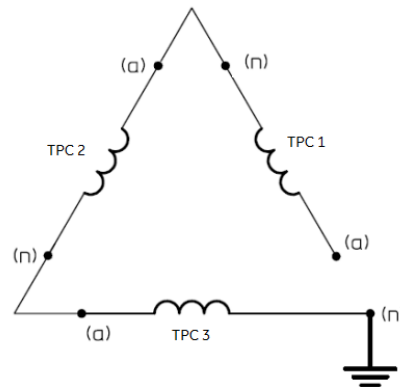
Utilizar conectores adequados para garantir uma boa conexão. O torque de aperto está indicado no desenho da caixa de terminais secundários.

Um ponto de cada secundário deve ser conectado ao borne de terra no interior da caixa de terminais secundários, de modo a obter um ponto de terra para a referência de potencial.

Terminais secundários não utilizados devem permanecer em circuito aberto e um ponto do secundário não utilizado deve ser conectado ao borne de terra. Este aterramento

deve ser feito em um ponto apenas, tão distante quanto possível do TPC, preferencialmente na sala de controle. Aterramentos múltiplos podem fazer com que diferenças de potencial transitórias provoquem circulação de correntes de surto entre enrolamentos, ao invés de fluírem dos enrolamentos para terra

Quando um enrolamento secundário é utilizado em conexão delta aberto com enrolamentos secundários de TPC de outras fases, certificar que exista apenas um ponto de aterramento na conexão delta aberto conforme exemplo abaixo.



JAMAIS COLOCAR EM CURTO CIRCUITO OS TERMINAIS SECUNDÁRIOS DE UM TPI.

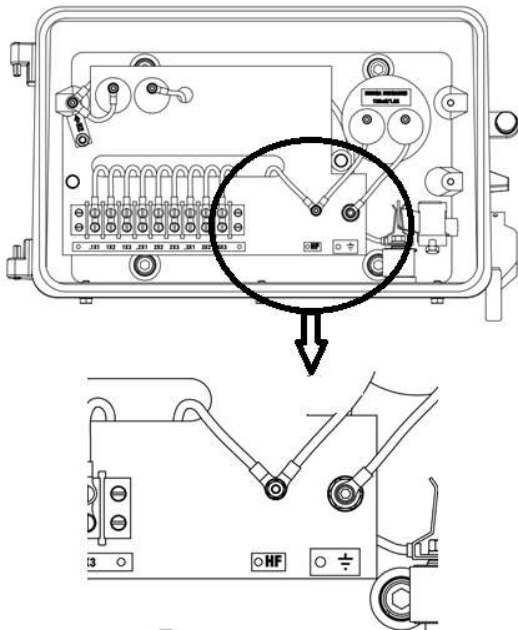
5.4. Terminal HF

Quando disponível, para conexão ao sistema de ondas portadoras (carrier), conectar o cabo de entrada (lead-in) através da tampa inferior removível da caixa de terminais secundários ao terminal 'HF'. A Figura abaixo apresenta a posição típica do terminal 'HF'. Confirmar a posição deste



Manual de instruções

terminal no conjunto de desenhos do TP.



Se o sistema carrier não estiver conectado ao terminal HF durante a operação, a chave de aterramento de carrier deverá permanecer na posição "Fechada". Ver item 5.9.

5.5. Marcação dos terminais

A marcação dos terminais primário e secundário é feita de acordo com a norma de fabricação especificada para o projeto. Verificar as marcações no conjunto de desenhos aprovado para o projeto.

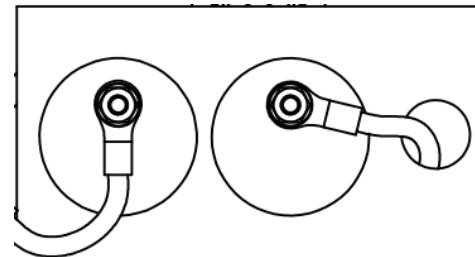
O esquema de conexão dos terminais secundários são os mostrados na placa de características fixada na tampa da caixa de terminais secundários.

5.6. Proteção do reator de compensação e da bobina de drenagem

Com o objetivo de prover uma proteção contra sobre tensões oriundas de oscilações de tensão no TPC, são instalados centelhadores de proteção do reator de compensação e da bobina de drenagem, localizados na caixa de terminais secundários.

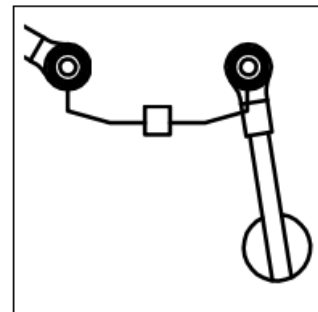
Estes centelhadores podem ser de dois tipos:

- Spark gap: Isolamento a ar com ajuste pré-definido em fábrica. Consultar o conjunto de desenhos do TPC para maiores detalhes. Este ajuste não pode ser modificado em campo.



Exemplo de centelhador tipo spark gap

- Encapsulado: Isolamento a gás com tensão de atuação pré-definida. Consultar o conjunto de desenhos do TPC para maiores detalhes do modelo utilizado.



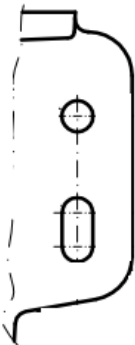


Manual de instruções

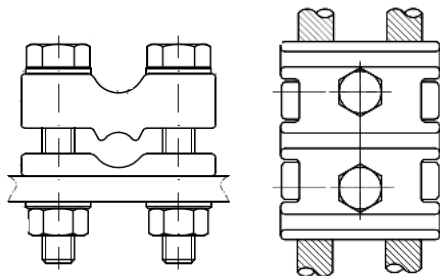
5.7. Aterramento do TPC

O tanque do TPC possui dois pontos de aterramento localizados no corpo do próprio tanque. Pelo menos um dos pontos deve ser conectado ao sistema de aterramento da subestação através de cabos apropriados.

Quando requeridos, são fornecidos conectores de aterramento (verificar conjunto de desenhos do projeto e buscar pelo desenho do conector e a faixa de cabos que o mesmo pode receber). Torque de aperto de 5.4 kgf.m no parafuso M12.



Exemplo de terminal de aterramento

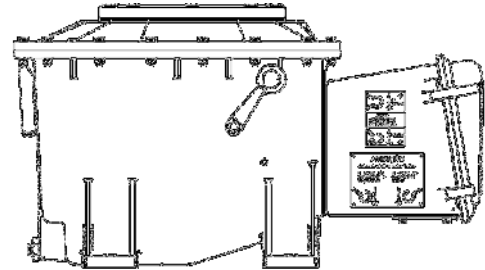


Exemplos de conector de aterramento

5.8. Aterramento do potencial na UEM

Quando requerido, é fornecido junto ao TPC uma chave de aterramento de potencial, localizada na lateral do tanque, a qual aterra a UEM do TPC.

A Figura abaixo mostra as posições para a chave de aterramento do potencial da UEM.



O tempo de operação com a chave de aterramento fechada deve ser o mínimo possível, uma vez que nessa condição o DC fica submetido a um maior estresse dielétrico pela eliminação do isolamento da capacitância C2.

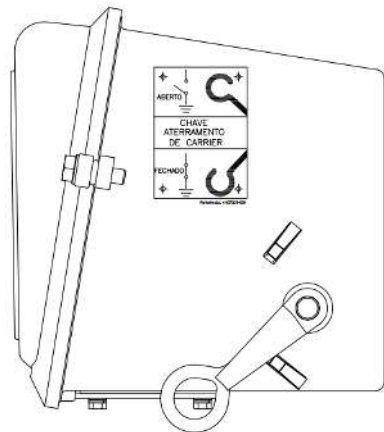
Não é recomendada a prática de permanecer com a chave de aterramento de potencial fechada com o TPC energizado por tempo prolongado (mais do que 6 horas).

5.9. Aterramento da chave de carrier

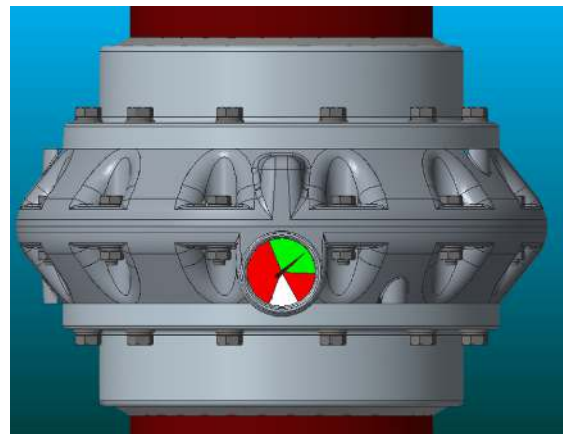
Se o sistema carrier não estiver conectado ao terminal HF com o equipamento energizado, a chave de aterramento de carrier, localizada na lateral da caixa de terminais secundários, deverá permanecer na posição "Fechado" como ilustrado na figura abaixo.



Manual de instruções



A figura abaixo representa as posições de operação do indicador. Se o indicador (ponteiro) estiver na faixa verde o TPC pode permanecer, ou entrar, em operação. Caso o indicador (ponteiro) estiver em ambas faixas vermelhas, trata-se de uma condição anormal de operação do TPC e o mesmo deve ser retirado de operação e a GE deve ser informada imediatamente.



Indicador de nível de óleo tipo manômetro

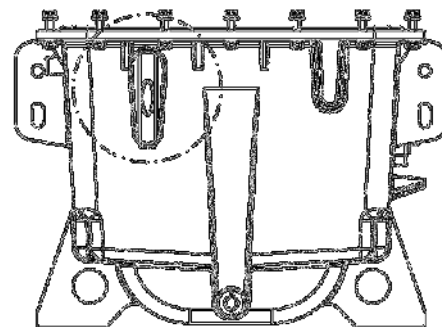
5.10. Bobina de bloqueio

Se o TPC for utilizado para suportar uma bobina de bloqueio, consultar o desenho dimensional.

Uma placa adaptadora para fixação da bobina de bloqueio deve ser especificada conforme a aplicação.

Consultar o desenho dimensional para certificar que a carga mecânica imposta pela bobina de bloqueio, incluindo os esforços devidos a curto circuito e vento não irão exceder os valores nominais do TPC

Para a UEM é padrão o fornecimento de indicador de nível de óleo. O mesmo fica localizado na parte posterior do tanque (lado oposto à caixa de terminais secundários).

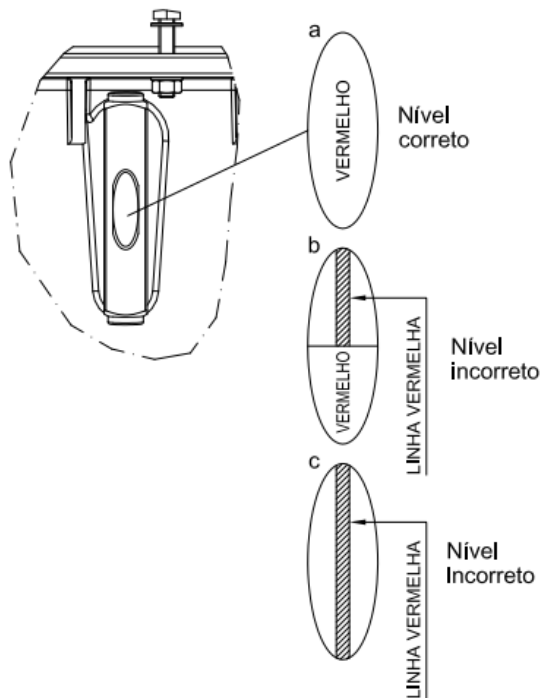


6. INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO

Para as colunas capacitivas ou DC, quando requeridos, são fornecidos indicadores de nível de óleo no DC. Estes indicadores são do tipo manômetro.



Manual de instruções



Indicador de nível de óleo da UEM

7. INSPEÇÃO ANTES DA PRIMEIRA ENERGIZAÇÃO

- Confirmar as conexões dos terminais para assegurar o correto torque de aperto nos parafusos de fixação.
- Confirmar que não existem terminais secundários curto circuitados. Se existem deixar os mesmo em circuito aberto e um ponto conectado ao borne de terra.
- Confirmar a conexão ao sistema de aterramento da subestação.
- Confirmar que o indicador de nível de óleo está na área verde do mostrador.

O TPC passa por todos os testes de rotina em fábrica de acordo com a norma de fabricação e não se faz necessário a repetição dos testes elétricos. Verificar relatório de ensaio de rotina do projeto para maiores detalhes. Contudo, se desejado realizar algumas medições verificar item 08 deste manual.

Embora todo o cuidado seja tomado na fábrica durante o enchimento de óleo, a superfície ao redor dos parafusos de fixação da membrana e do domo pode, sem riscos, apresentar pequenas manchas de óleo. Estas manchas não devem ser confundidas com vazamento de óleo se o ponteiro do indicador de nível está posicionado na área verde do mostrador. Limpar os sinais de fuga com álcool e confirmar que não há nova fuga de óleo.

NÃO É PERMITIDO RETIRAR AMOSTRAS DE ÓLEO DO DIVISOR CAPACITIVO.

NÃO É NECESSÁRIO RETIRAR AMOSTRAS DE ÓLEO DA UEM PARA ANÁLISE. O TPC É HERMÉTICAMENTE SELADO.

Caso necessário amostras de óleo da UEM, pequenas quantidades podem ser retiradas. Sempre verificar o indicador de nível de óleo antes de retirar as amostras.

Jamais repor ou completar o nível de óleo sem consultar a GE.

8. TESTES EM CAMPO

Se o cliente utiliza um programa de manutenção periódica o que inclua medições elétricas, são recomendados os ensaios a seguir como um guia.

É importante utilizar medidores de capacitância capazes de efetuar leituras com exatidão mínima de 0.5%.

São registrados na placa de características do TPC os valores nominais das capacitâncias expressos em pF (pico-Farad).

Medições realizadas durante o comissionamento devem ser mantidas como



Manual de instruções

uma referência para as medições subsequentes.

Um aumento de cerca de 1% nos valores de capacitância deve ser verificado com atenção, pois pode ser uma indicação de falha de isolamento de um elemento capacitivo.

Observação importante: Durante os testes de comissionamento deve-se fazer o registro dos valores encontrados, para cada tipo de teste realizado para comparações com os resultados que serão medidos durante a vida útil do TPC. Os valores medidos nos testes de fábrica são importantes, porém também importantes são os resultados do comissionamento, para cada TPC. As comparações entre os resultados dos testes têm sentido para os dados medidos em campo, uma vez que determinam o acompanhamento e evolução dos valores e do desempenho de cada TPC, quando se poderá ter um histórico da vida útil dos mesmos.

8.1. Métodos para ensaio em campo

Em geral, equipamentos para ensaios de campo são capazes de fornecer uma tensão de ensaio de até 10 kV para propósitos de medição. Os procedimentos e técnicas não são os mesmos para diferentes equipamentos de ensaio. Verifique o manual de operação do sistema de ensaio. Os cuidados e princípios de ensaio apresentados a seguir são para referência.

8.2. Cuidados e Precauções

- Antes de manusear as unidades capacitivas, curto circuitar e aterrar as mesmas por, pelo menos, 30

segundos, para evitar qualquer possibilidade de cargas armazenadas.

- A máxima tensão que pode ser aplicada ao cabo do terminal de carrier após a remoção do mesmo do terminal “HF” (terminal de baixa tensão do DC) é de 2 kV.

- A máxima tensão que pode ser aplicada ao cabo de aterramento do primário da unidade eletromagnética (“N” ou “H2”) após removê-lo do terra da unidade eletromagnética é de 2 kV.

- A tensão nominal do terminal de tensão intermediária (ou tensão nominal da unidade eletromagnética) é informada na placa de características do TPC. É recomendado que a medição de capacitância do capacitor inferior seja realizada a uma tensão inferior a 10% da tensão nominal do módulo inferior.

- Após a remoção das conexões dos terminais “HF” e “N” ou “H2”, não energize a unidade à tensão nominal.

- Aplicar a tensão de forma controlada.

- Refazer qualquer conexão que tenha sido desfeita durante os ensaios de campo.



8.3. Medições de Capacitância

As figuras a seguir mostram como conectar um equipamento típico de medição de isolamento para a medição de cada capacitância de um TPC OTCF.

Como o terminal de tensão intermediária do módulo capacitivo inferior para acesso às capacitâncias C1-1 e C(2) não é diretamente acessível, o usuário pode determinar a capacitância total a partir dos valores medidos de C1-1 e C2.

A presença da bobina de bloqueio interna não influencia nas medições para frequências de 50Hz ou 60Hz.

➤ TPC com divisor capacitivo de módulo único

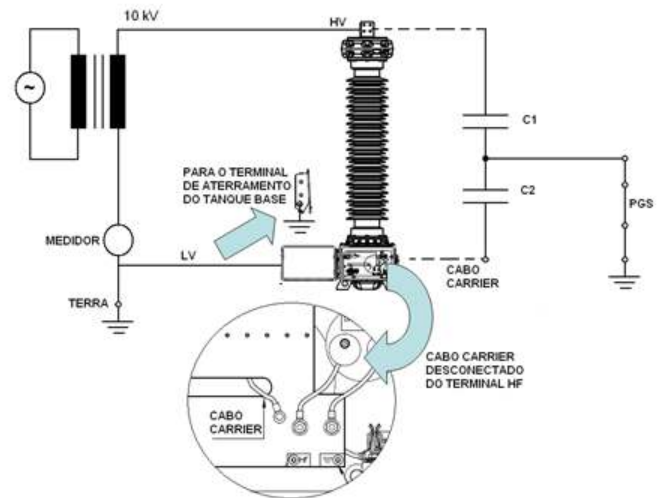


Figura 1 - Medição da Capacitância C1 – OTCF
Módulo único (Modo GST/Ground)

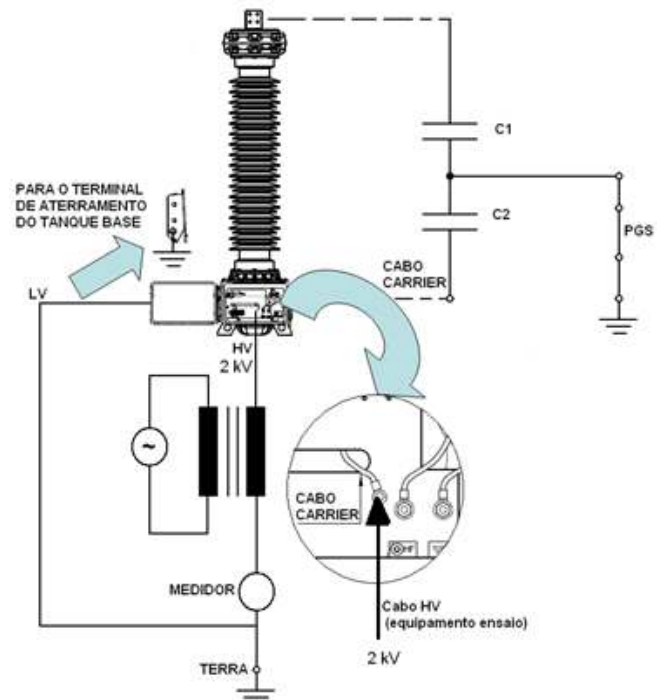


Figura 2 - Medição da Capacitância C2 – OTCF



Manual de instruções

Módulo único (Modo GST/Ground)

➤ TPC com divisor capacitivo em dois módulos

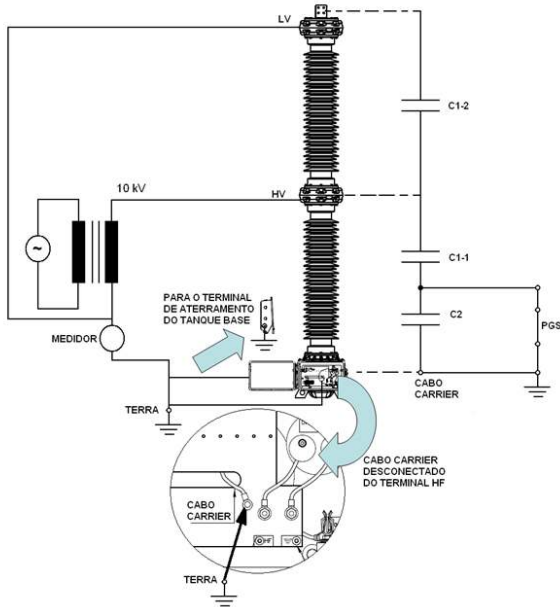


Figura 3 - Medição de Capacitância C1-1 – OTCF com dois módulos (Modo GST/Guard)

➤ TPC com divisor capacitivo em três módulos

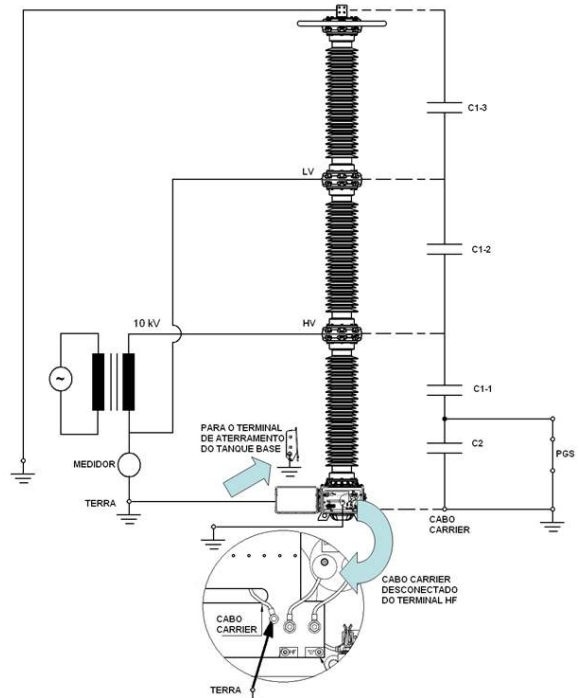


Figura 5 - Medição de Capacitância C1-1 – OTCF Três Módulos (Modo GST/Guard)

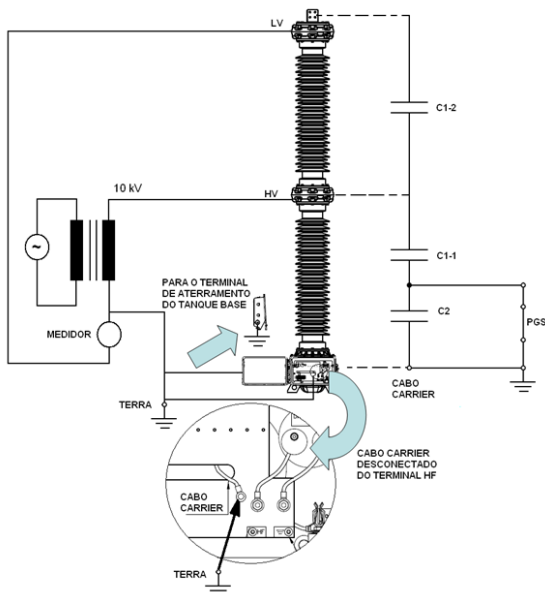


Figura 4 - Medição de Capacitância C1-2 – OTCF com dois módulos (Modo UST)



Manual de instruções

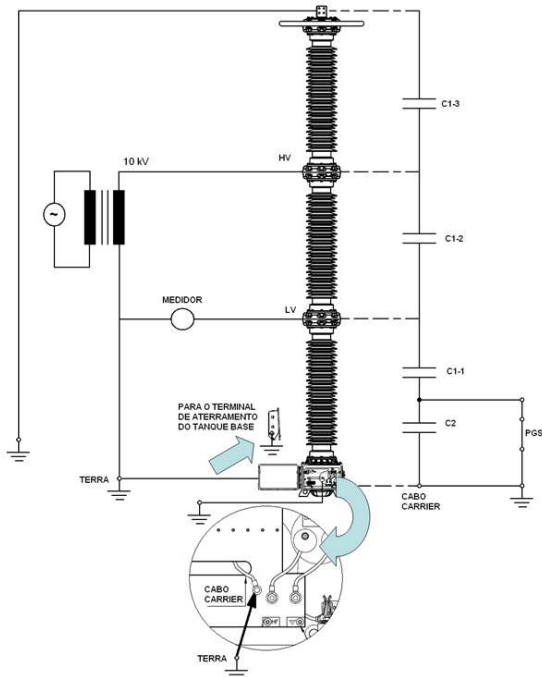


Figura 6 - Medição de Capacitância C1-2 – OTCF Três-Módulos (Modo UST)

➤ TPC com divisor capacitivo em quatro módulos

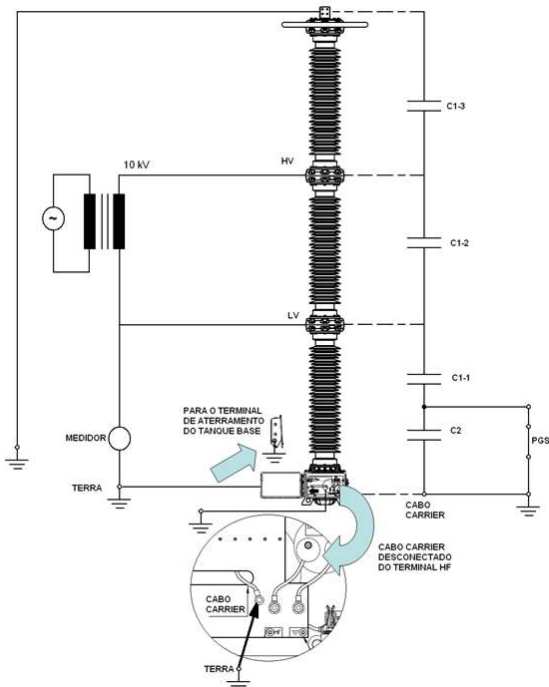


Figura 7 - Medição de Capacitância C1-3 – OTCF Três-Módulos (Modo GST/Guard)



Manual de instruções

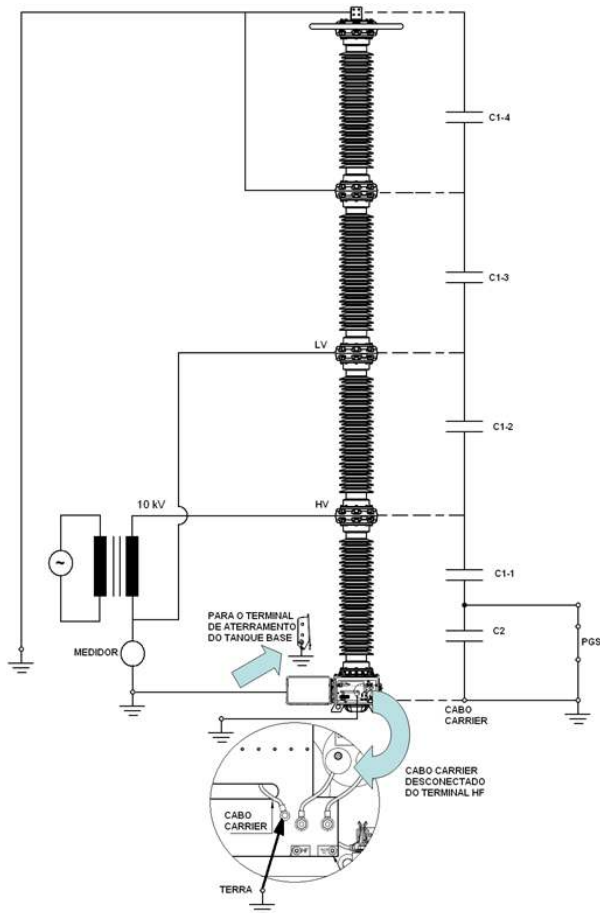


Figura 8 - Medição de Capacitância C1-1 – OTCF Quatro Módulos (Modo GST/Guard)

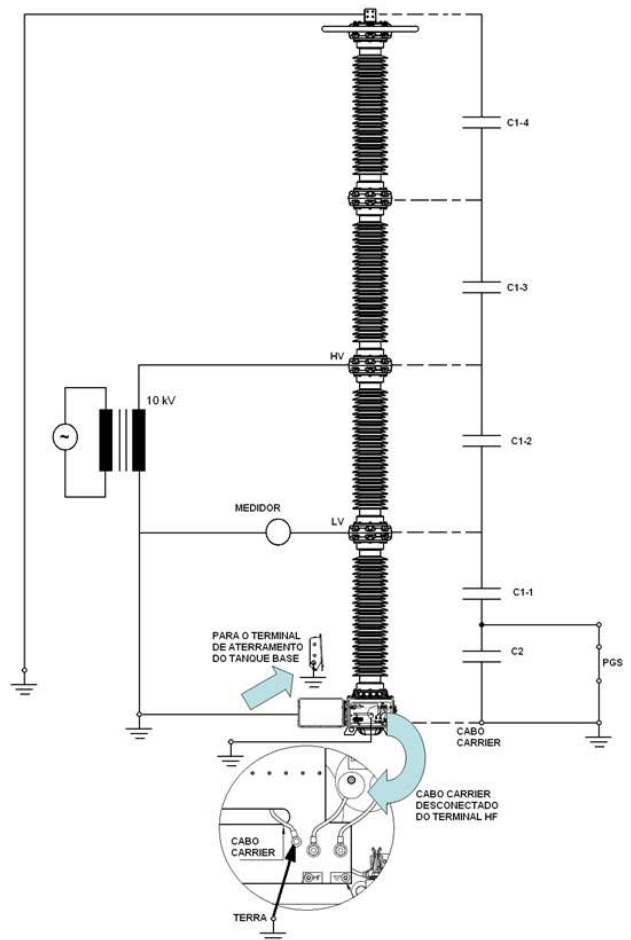


Figura 9 - Medição de Capacitância C1-2 – OTCF Quatro Módulos (Modo UST)



Manual de instruções

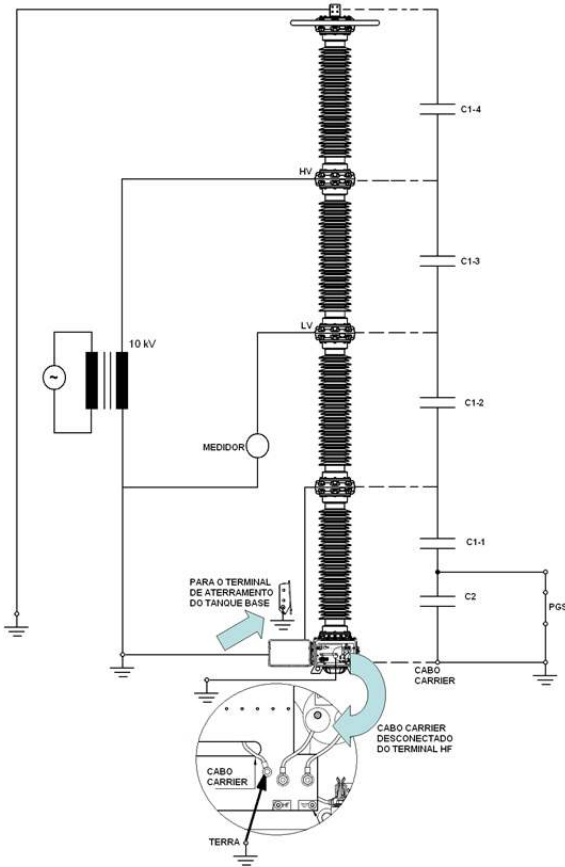


Figura 10 - Medição de Capacitância C1-3 – OTCF Quatro Módulos (Modo UST)

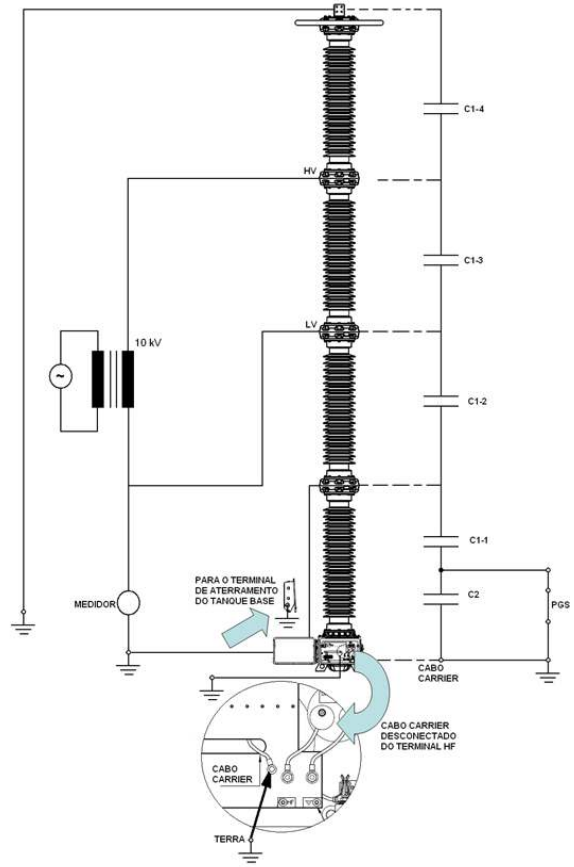


Figura 11 - Medição de Capacitância C1-4 – OTCF Quatro Módulos (Modo GST/Guard)



➤ Sumário de Medições de Capacitância

Capacitância	TPC módulo único	TPC com dois módulos
C1	Ver Figura 1	$C_1 = \frac{C_{1-1} \cdot C_{1-2}}{C_{1-1} + C_{1-2}}$
C2	Ver Figura 2	Ver Figura 2
C1-1	NA	Ver Figura 3
C1-2	NA	Ver Figura 4
C1-3	NA	NA
C1-4	NA	NA
Cn	$Cn = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	

Capacitância	TPC com três módulos	TPC com quatro módulos
C1	$C_1 = \frac{C_{1-1} \cdot C_{1-2} \cdot C_{1-3}}{C_{1-1} \cdot C_{1-2} + C_{1-1} \cdot C_{1-3} + C_{1-2} \cdot C_{1-3}}$	$Cn = \frac{C_{1-1} \cdot C_{1-2} \cdot C_{1-3} \cdot C_{1-4}}{C_{1-1} \cdot C_{1-2} \cdot C_{1-3} + C_{1-1} \cdot C_{1-2} \cdot C_{1-4} + C_{1-1} \cdot C_{1-3} \cdot C_{1-4} + C_{1-2} \cdot C_{1-3} \cdot C_{1-4}}$
C2	Ver Figura 3	Ver Figura 3
C1-1	Ver Figura 5	Ver Figura 8
C1-2	Ver Figura 6	Ver Figura 9
C1-3	Ver Figura 7	Ver Figura 10
C1-4	NA	Ver Figura 11
Cn	$Cn = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	

ATENÇÃO: Após o ensaio, refazer a conexão entre o terminal “HF” e abrir a chave de aterramento de potencial.



8.4. Medição de relação de transformação

A relação de transformação pode ser verificada aplicando-se tensão ao flange de proteção da membrana do módulo capacitivo inferior com o tanque aterrado. Para TPC com mais de um módulo capacitivo, é recomendado realizar o ensaio na unidade base (tanque + módulo capacitivo inferior), aplicando a tensão ao flange de proteção da membrana do módulo capacitivo inferior para obter resultados com maior sensibilidade.

A fórmula para determinação da tensão esperada nos terminais secundários é dada a seguir:

$$U_s = n \cdot \frac{V}{R}$$

Onde:

n: Número de módulos capacitivos do TPC completo

V: Tensão aplicada

R: Relação de Transformação informada na placa de características

Us: Tensão esperada nos terminais secundários.

Exemplo:

O divisor capacitivo de um OTCF-245 padrão é constituído de 2 módulos capacitivos. Considerando que a relação de transformação informada na placa de características seja de 2000:1, a tensão esperada entre os terminais secundários quando se aplica 10 kV entre o flange de proteção da membrana do módulo inferior e o tanque aterrado será de 10 V, ou seja, 2x10.000/2000.

Se os valores obtidos forem diferentes do esperado, entre em contato com a fábrica, informando o número de série do equipamento.

8.5. Efeito GARTON

Uma vez que o óleo sintético utilizado pela GE nos módulos capacitivos é um solvente poderoso, é inevitável que o óleo dissolva algum material sobre os elementos capacitivos ou isolador formando íons.

Este fato tende a aumentar o fator de dissipação quando medido a valores reduzidos de tensão (ou seja, valores iguais ou inferiores a 10% da tensão nominal).

Para capacitores novos, a influência do efeito Garton, em qualquer caso, não deve resultar em valores de fator de dissipação iguais ou superiores a 0.3% com aplicação de 10% da tensão nominal.

Medições acima deste valor podem ser indicativo de baixa qualidade do óleo. Neste caso, o usuário deve consultar a fábrica, sempre informando o número de série da unidade.

Ao realizar medidas de fator de dissipação em capacitores que estão em operação durante algum tempo, é recomendado que a medição seja realizada dentro de 48 horas após a saída de operação.

Medições realizadas a partir de 3 dias após a saída de operação podem resultar em valores elevados, da



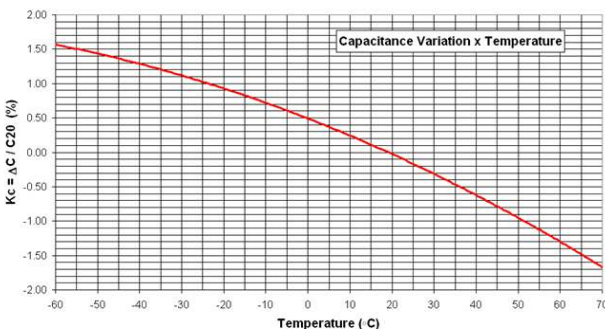
Manual de instruções

ordem de 1%, devido aos seguintes fenômenos:

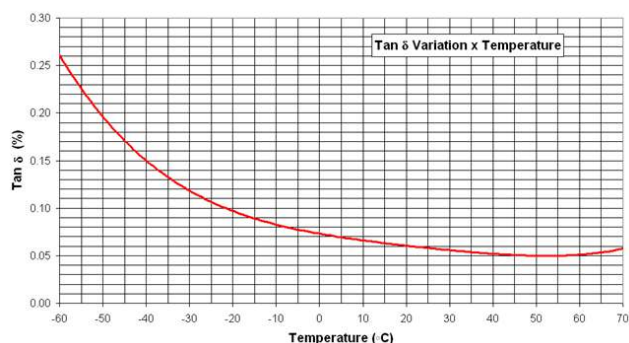
- Concentração iônica no sistema, pois a circulação de óleo dentro do capacitor em operação tornou-se uniforme e completa.
- Os íons estão distribuídos mais uniformemente na fina película de óleo entre elementos do que na época em que foram fabricados.

8.6. Capacitância e fator de dissipação com variação de temperatura

As curvas para variação da capacitância e do fator de dissipação com a temperatura são apresentadas nas figuras a seguir:



Varição da capacitância com a temperatura



Varição do fator de dissipação ($\text{Tg}\delta$) com a temperatura

9. MANUTENÇÃO APÓS ENERGIZAÇÃO

Após a instalação e energização, o TPC não requer intervenções adicionais. Contudo, são sugeridas inspeções visuais durante as primeiras semanas de serviço com o objetivo de:

- Confirmar a posição do indicador de nível de óleo, verificando se não existe algum vazamento de óleo. Se algum vazamento é descoberto deve-se retirar o TPC de serviço e informar à GE.
- Com um dispositivo de termo visão confirmar que as conexões não estão gerando calor excessivo. Comparar com TPC do mesmo circuito.

Após um ano de operação, é recomendada uma inspeção dos torques de aperto dos parafusos de conexão e buscar por vazamentos de óleo no TPC. Após a primeira inspeção é recomendado repetir a mesma duas vezes ao ano respeitando os tempos de desligamento programados.

Se possível, é sugerido desconectar o TPC e realizar a seguinte inspeção:

- Isolador: Dependendo do nível de poluição é necessário limpar o isolador.
- Componentes metálicos: buscar por corrosões/Oxidações.
- Torques de aperto das conexões: Confirmar os valores nominais.
- Caixa de terminais secundários: Se necessário limpar o interior da caixa.
- Confirmar o nível do indicador de nível e se existe vazamento de óleo.

Em caso de dúvidas, contatar o departamento de assistência técnica da GE:

Tel: +55 3536297000 – GE, fábrica de Transformadores de medida no Brasil



10. DISPOSIÇÃO FINAL DAS PARTES APÓS VIDA ÚTIL DO TPC

Os transformadores de medida são constituídos pelos seguintes componentes que após a vida útil do transformador requerem um descarte em local apropriado de acordo com a legislação vigente para prevenir a contaminação do ambiente:

Componentes	Descarte recomendado
Materiais metálicos	Empresa de reciclagem de metal
Resina e materiais saturados com resina	Aterro industrial, devidamente licenciado pelo órgão responsável do Estado.
Óleo (livre de PCB) – classificado como Classe I Resíduo perigoso	Refinaria de petróleo em uma empresa que está devidamente licenciada para realizar tal atividade
Materiais contaminados com óleo	Coprocessamento ou incineração em uma empresa que está devidamente licenciado pelo órgão responsável do Estado.
Isolador de porcelana ou composite	Aterro industrial, devidamente licenciado pelo órgão responsável do Estado.
Outros materiais	Aterro industrial, devidamente licenciado pelo órgão responsável do Estado.

O descarte de óleo e componentes contaminados com óleo diretamente no solo ou na água é proibido.

Para mais informações ou esclarecimentos, entre em contato com a GE, departamento de meio ambiente. Tel: +55 35 36297112.