

TRANSFORMADOR A ÓLEO - FORÇA

MANUAL DE INSTRUÇÕES



ÍNDICE

DESCRIÇÃO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.....	04
2. INSTRUÇÕES BÁSICAS.....	04
2.1. Instruções gerais	04
2.2. Recebimento	04
2.2.1. Inspeção de chegada	04
2.2.2. Descarregamento e manuseio	05
2.2.3. Verificação após descarregamento.....	05
2.3. Armazenagem	05
3. INSTALAÇÃO.....	06
3.1. Considerações gerais	06
3.2. Montagem das rodas.....	07
3.2.1. A instalação das rodas deve seguir a seguinte ordem:.....	07
3.3. Altitude de instalação.....	07
3.4. Ligações	08
3.5. Aterramento do tanque	09
4. MONTAGEM DO TRANSFORMADOR.....	09
4.1. Acessórios e componentes (quando existirem).....	10
4.1.1. Termômetro de óleo.....	10
4.1.2. Termômetro de imagem térmica.....	11
4.1.3. Dispositivo de alívio de pressão.....	12
4.1.4. Relé de pressão súbita.....	12
4.1.5. Conservador de óleo.....	13
4.1.5.1. Preparação para montagem do conservador.....	14
4.1.5.2. Conservador com bolsa de borracha.....	14
4.1.6. Desumidificador de ar (secador de ar).....	15
4.1.7. Sílica gel.....	15
4.1.8. Relé de gás (tipo buchholz).....	16
4.1.9. Indicador de nível de óleo.....	17
4.1.10. Radiadores destacáveis.....	18
4.1.11. Buchas e isoladores cerâmicos.....	18
4.1.12. Comutador.....	192
4.1.13. Motoventilador.....	21
4.2. Coleta de amostra de líquidos isolantes para transformadores.....	22
4.3. Enchimento.....	23
5. ENSAIOS.....	23
6. ENERGIZAÇÃO.....	23
7. MANUTENÇÃO.....	24
7.1. Periódica.....	21
7.1.1. Exame de carga	24
7.2. Semestral	24
7.2.1. Verificação do nível do líquido isolante	24
7.2.2. Análise do líquido isolante	24
7.3. Inspeções visuais	24
7.4. Utilização das informações	26

7.4.1. Ocorrências que exigem desligamento imediato (colocam o equipamento e as instalações em risco iminente).....	26
7.4.2. Ocorrências que exigem desligamento programado (que não ofereçam riscos imediatos)	26
7.5. Ensaio e verificações - periodicidade.....	27
7.5.1. Semestral	27
7.5.2 Anual	27

A **COMTRAFO INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES ELÉTRICOS S.A**, SEGUE UMA POLÍTICA DE CONTÍNUO AVANÇO NO APRIMORAMENTO DE SEUS PRODUTOS, POR ESTA RAZÃO ESTE MANUAL DE INSTRUÇÃO ESTÁ SUJEITO A MUDANÇAS SEM PRÉVIO AVISO.

1. INTRODUÇÃO

Este manual visa dar informações necessárias ao recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição e força imersos em óleo isolante.

O atendimento a estas instruções proporcionará um bom desempenho do transformador, além de prolongar a sua vida útil.

Os transformadores COMTRAFO são projetados e construídos rigorosamente segundo normas ABNT em suas últimas edições.

Também devem ser observadas a leitura das seguintes normas:

NBR-7036 – Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição imersos em líquido isolante – Procedimento.

NBR-7037 – Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência em óleo isolante mineral – Procedimento.

NBR-5416 – Aplicação de cargas em transformadores de potência – Procedimento.

Nota: É essencial ter em poder publicações/manuais sobre instalação de transformadores emitidas pelas concessionárias de energia da região, visto que muitas delas têm caráter normativo.

2. INSTRUÇÕES BÁSICAS

2.1. Instruções gerais

Todos que trabalham em instalações elétricas, seja na montagem, operação ou manutenção, deverão se permanentemente informados e atualizados sobre as normas e prescrições de segurança que regem o serviço, e aconselhados a segui-las. Cabe ao responsável certificar-se, antes do início do trabalho, de que tudo foi devidamente observado e alertar seu pessoal para os perigos inerentes à tarefa proposta. Recomenda-se que estes serviços sejam efetuados por pessoal qualificado.

IMPORTANTE: Algumas das informações ou recomendações contidas neste manual podem não se aplicar a determinados transformadores. Portanto, desconsiderá-las sempre que não aplicáveis.

2.2. Recebimento

Os transformadores, antes de expedidos, são testados na fábrica, garantindo, assim, o seu perfeito funcionamento. Dependendo do tamanho do transformador ou das condições de transporte, ele pode ser expedido completamente montado ou desmontado. Maiores detalhes estão descritos mais adiante neste manual. Sempre que possível, o transformador deve ser descarregado diretamente sobre sua base definitiva. Quando for necessário o descarregamento em local provisório, deve ser verificado se o terreno oferece plenas condições de segurança e distribuição de esforço, bem como se o local é o mais nivelado e limpo possível. O equipamento nunca deve ser colocado em contato direto com o solo.

2.2.1. Inspeção de chegada

Antes do descarregamento, deve ser feita, por pessoal especializado, uma inspeção preliminar no transformador visando identificar eventuais danos provocados durante o transporte, na qual devem ser verificadas as suas condições externas (deformações,

vazamentos de óleo e estado da pintura) e avarias e/ou falta de acessórios e componentes, fazendo-se, também, a conferência do protocolo de entrega. Caso constate alguma ocorrência, notificar imediatamente a fábrica e a empresa transportadora para que não haja problemas com a empresa seguradora.

2.2.2. Descarregamento e manuseio

Todos os serviços de descarregamento e locomoção do transformador devem ser executados e supervisionados por pessoal especializado, abedecendo-se as normas de segurança e utilizando-se os pontos de apoio apropriados.

2.2.3. Verificações após descarregamento

Após o descarregamento do transformador é necessário que seja verificada a pressão do gás do sistema tanto para transformador transportado sem óleo e pressurizado a gás quanto transformador transportado com óleo rebaixado e pressurizado com gás. Se for constatada alguma irregularidade, favor avisar a fábrica para que seja providenciada uma ação corretiva adequada pelo setor de assistência técnica.

2.3. Armazenagem

Quando o transformador tiver sido transportado sem óleo, ele deve ser de preferência montado e enchido com líquido isolante o quanto antes assim que tenha sido recebido em seu local de operação, mesmo que o transformador não venha a ser operado imediatamente após a data de seu recebimento devendo ser realizadas inspeções regulares. O transformador pode ser armazenado sem óleo mas com gás pressurizado com gás seco, para curtos intervalos de tempo (máximo 3 meses). Devendo ser realizada de preferência diariamente a inspeção na pressão do gás, de forma a detectar vazamentos em tempo hábil e evitar penetração de umidade.

Quando não instalados imediatamente, os transformadores devem ser armazenados, preferencialmente em lugar abrigado, seco, isento de poeiras e gases corrosivos, colocando-os sempre em posição normal e afastados de área com muito movimento ou sujeito a colisões.

Os componentes e acessórios, quando recebidos a parte, devem ser armazenados, atendendo o seguinte:

- a) Os acessórios devem ser armazenados em locais adequados;
- b) Os radiadores devem ser armazenados próximos ao transformador, evitando-se seu contato com o solo;
- c) As buchas devem ser armazenadas, em local coberto e seco;
- d) O óleo isolante armazenados em tambores deve permanecer na posição horizontal, ficando os tampões alinhados horizontalmente e, se possível protegidos por lonas, evitando-se ainda o seu contato com o solo;
- e) Os resistores de aquecimento devem ser mantidos ligados nos transformadores que tenham painéis de circuitos auxiliares, e devem ser comandados por termostatos regulados para temperatura de 30°C;
- f) Deve ser evitado o contato do transformador e dos acessórios com o solo, e eles devem ser devidamente transportados com embalagens apropriadas.

3. INSTALAÇÃO

3.1. Considerações gerais

Transformadores de força, normalmente acima da potência de 3.750kVA, quando aplicável, são transportados parcialmente desmontados. Neste caso, após posicionamento do transformador sobre a base definitiva, adicionalmente às recomendações feitas neste item, devem-se observar as orientações específicas que são detalhadas no item 4 – *MONTAGEM DO TRANSFORMADOR*.

Para instalação do transformador, é de fundamental importância a disponibilidade de pessoal qualificado, assim como de equipamentos e ferramentas adequadas. Não é recomendável a montagem dos transformadores em dia de chuvoso.

Além das orientações principais que são relacionados a seguir, recomendamos observar com detalhes o que é determinado na NBR - 7036, quando se tratar de transformadores de distribuição, ou na NBR - 7037, quando de força:

- a) Quando de instalação em base, verificar o adequado nivelamento e a resistência das fundações sobre as quais serão instalados os transformadores. Quando aplicável, confirmação da compatibilidade da distância entre rodas do transformador e respectivo trilho, fixados na base;
- b) Deve haver um espaçamento mínimo de 0,5m entre transformadores e entre estes e paredes ou muros, proporcionando facilidade de acesso para inspeção e ventilação, dependendo, entretanto, das dimensões de projeto e tensão. Os transformadores a serem instalados em poste devem ter seu sistema de fixação e montagem em conformidade com a norma ABNT;
- c) No caso de instalações abrigadas, o recinto no qual será colocado o transformador deve ser bem ventilado de maneira que o ar aquecido possa sair livremente, sendo substituído por ar fresco. Devem ser evitados obstáculos de qualquer natureza ao fluxo de ar dentro da cabine. Para tanto, as aberturas de entrada de ar devem estar próximas do piso e distribuídas de maneira mais eficiente, de preferência abaixo dos transformadores e possuírem as dimensões máximas dos transformadores. As aberturas de saída deverão estar tão altas quanto permita a construção; número e tamanho das saídas dependem de suas distâncias acima do transformador, do rendimento e do ciclo de carga. Em geral, recomenda-se uso de aberturas de saídas de 5,50m² por 1.000kVA de capacidade instalada;
- d) Realizar inspeção visual principalmente nas buchas, conectores e acessórios, para constatar a ausência de eventuais danos ou vazamentos que poderiam ocorrer devido ao manuseio e transporte do transformador;
- e) Confirmação de que os dados de placa estão compatíveis com a especificação técnica do equipamento;
- f) Verificar se os dados constantes na placa de identificação estão coerentes com o sistema em que o transformador será instalado e a correta posição do comutador (ou ligação do painel de derivações) em relação ao diagrama de ligações;
- g) Para transformadores religáveis, constatação de que a ligação de despacho (expedição) atende ao especificado;
- h) Verificar as conexões de aterramento do transformador;
- i) Atentar para as ligações do primário e secundário;
- j) Para içamento do transformador, os cabos utilizados devem ser fixados nas alças, ganchos ou olhais existentes para essa finalidade.

3.2. Montagem das rodas

3.2.1. A instalação das rodas deve seguir a seguinte ordem:

A roda deve ser instalada na base do transformador, usando-se um equipamento para içamento, tipo guindaste ou usando macacos hidráulicos, devidamente dimensionados para a operação;

Cuidados:

- É necessário antes de apoiar as rodas nos trilhos que se verifique o alinhamento das rodas;
- Antes de rebaixar o transformador já com as rodas instaladas, certificar-se que o mesmo descerá evitando-se a inclinação do transformador.

Nota: Para detalhe das rodas, ver desenho dimensional externo que acompanha o data book.

3.3. Altitude de instalação

A maioria dos transformadores são projetados para instalações de até 1.000m acima do nível do mar, a não ser que seja especificado de outra forma.

Quando o transformador é instalado em altitudes superiores a 1.000m ele terá sua capacidade reduzida ou necessitará de um sistema mais eficaz de refrigeração devido ao ar rarefeito. Para funcionamento em altitudes superiores a 1.000m, não devem ser excedidos os limites de temperatura especificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de elevação de temperatura conforme NRB 5356

Tipo de transformadores		Limites de elevação de temperatura (°C) ^A					
		Dos enrolados			Do óleo	Das partes metálicas	
		Método da variação da resistência		Do ponto mais quente		Em contato com a isolação sólida ou adjacente a ela	Não em contato com a isolação sólida e não adjacente a ela
		Circulação do óleo natural ou forçada sem fluxo de óleo dirigido	Circulação forçada de óleo com fluxo dirigido				
Em óleo	Sem conservador ou sem gás inerte acima do óleo	55	60	65	50 ^B	Não devem atingir temperaturas superiores à máxima especificada para o ponto mais quente da isolação adjacente ou em contato com esta	A temperatura não deve atingir, em nenhum caso, valores que venham danificar estas partes, outras partes ou materiais adjacentes
	Com conservador ou com gás inerte acima do óleo	55	60	65	55 ^C		
		65 ^D	70 ^D	80 ^D	65 ^D		

(A) Os materiais isolantes, de acordo com experiência prática e ensaios, devem ser adequados para o limite de elevação de temperatura em que o transformador é enquadrado.

(B) Medida próxima à superfície do óleo.

(C) Medida próxima à parte superior do tanque, quando tiver conservador, e próxima à superfície do óleo, no caso de gás inerte.

(D) Quando é utilizado isolamento de papel, este deve ser termoestabilizado.

A redução da potência nominal para altitudes superiores a 1.000m se dá de acordo com a equação:

$$P = R \left[1 - k \frac{H - 1000}{100} \right]$$

P= potência reduzida, em kVA

P_n= potência nominal, em kVA

H= altitude, em m (arredondando, sempre, para a centena de metros seguinte)

k= fator de redução, de acordo com a Tabela 2

Tabela 2 – Fator de redução da potência nominal para altitudes superiores a 1.000m, conforme NBR 5356

Tipo de resfriamento em líquido isolante	Fator de redução k
a) com resfriamento natural (ONAN)	0,004
b) com ventilação forçada (ONAF)	0,005
c) com circulação forçada de líquido isolante e com ventilação forçada (OFAF)	0,005
d) com circulação forçada do líquido isolante e com resfriamento a água (OFWF)	0,000

3.4. Ligações

As ligações do transformador devem ser realizadas de acordo com o diagrama de ligações de sua placa de identificação. **É fundamental que se verifique se os dados da placa de identificação estão coerentes com o sistema ao qual o transformador vai ser instalado e principalmente se o transformador se encontra com o TAP de ligação Alta Tensão equivalente com a tensão de chegada na subestação ou poste.**

As ligações das buchas deverão ser apertadas adequadamente, cuidando para que nenhum esforço seja transmitido aos terminais, o que viria ocasionar afrouxamento das ligações, mau contato e posteriores vazamentos por sobreaquecimento no sistema de vedação.

As terminações devem ser suficientemente flexíveis a fim de evitar esforços mecânicos causados pela expansão e contração, que poderão quebrar a porcelana dos isoladores. Estas admitem consideráveis pesos de condutores, mas devem ser evitadas longas distâncias sem suportes. Alguns tipos de buchas permitem a conexão direta dos cabos ou barramentos; outros necessitam de conectores apropriados, que podem ou não ser fornecidos com o transformador.

3.5. Aterramento do tanque

Para o aterramento do transformador, deve-se utilizar o parafuso ou terminal para tal fim, existente na parte externa do tanque na base do transformador.

4. MONTAGEM DO TRANSFORMADOR

Para os transformadores fornecidos parcialmente desmontados, é imprescindível a contratação de profissionais qualificados para sua remontagem em campo, preferencialmente sob supervisão do fabricante do equipamento, maiores detalhes entrar em contato através do email sac@comtrafo.com.br ou (43) 3520-3891 SAC.

Nota: Não é recomendável a montagem do transformador em dias chuvosos.

Sugerimos observar a seqüência de montagem abaixo relacionada, atentando, adicionalmente, para o que consta na NBR-7037:

a) Radiadores

- Os radiadores devem ser inspecionados quanto à limpeza e umidade, caso necessário devem ser lavados com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50°C).

b) Conservador

- Verificar se o conservador está seco e limpo internamente e, caso necessário, lavá-lo com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50°C).
- Caso exista sistema de preservação do óleo isolante no conservador (membrana ou bolsa), providenciar sua instalação e/ou verificar sua integridade e correto funcionamento.
- Instalar o conservador e os respectivos suportes eventualmente existentes, bem como seu indicador de nível.

c) Buchas

- Antes da montagem, as buchas devem estar perfeitamente limpas, secas e ensaiadas;
- As juntas de vedação devem ser cuidadosamente colocadas e os seus elementos de fixação apertados, a fim de se conseguir boa estanqueidade;
- as buchas devem ser montadas uma de cada vez, a fim de reduzir a possibilidade de penetração de ar ambiente, aproveitando a abertura de inspeção para um controle mais efetivo das ligações internas;
- para maior segurança durante a montagem das buchas devem ser utilizados os dispositivos próprios para içamento e manuseio.

d) Secador de ar

Para secadores transportados montados junto com o transformador.

- Retirar o secador de ar e abrir o registro (quando existir) entre o conservador de óleo e o secador de ar para drenagem do óleo da tubulação.
- Reinstalar novamente o secador, e colocar óleo no recipiente inferior do secador de ar até completar o nível indicado na cuba.

Para secadores transportados desmontados do transformador.

- Retirar o tampão existente na parte da tubulação.

- Drene todo o óleo da tubulação. Instale o secador de ar no lugar e coloque o óleo no recipiente inferior do secador de ar até completar o nível indicado na cuba.

e) Relé de gás

Durante a montagem, deve ser verificado se a inclinação da tubulação do relé de gás no tocante ao sentido do fluxo de gás (transformador/conservador) está correta.

Nota: verificar o correto funcionamento dos contatos de alarme e desligamento.

Válvula de teste e travamento das bóias para transporte:

Após a instalação do relé de gás, retire o pino da parte interna da válvula. Para o teste dos contatos, utilize a parte de cima da tampa, pressionando lentamente.

Se não apresentar nenhum problema, feche a válvula para evitar vazamentos.

OBSERVAÇÃO: Descarte o pino de travamento das bóias.

Teste de contatos do relé de gás:

Os relês são testados normalmente na fábrica.

Para testar os contatos de alarme em caso de dúvidas, deve ser injetada no parafuso de drenagem inferior uma quantidade de ar.

Para testar o contato de ligamento repete-se a operação, devendo-se desta vez injetar o ar em forma abrupta.

Eliminação do ar:

Antes de colocar o transformador em operação deve-se retirar o ar eventualmente acumulado quando o transporte, através do parafuso de drenagem superior.

f) Nível de óleo

Verificar o nível do óleo nas buchas, conservador, e indicador de nível.

g) Acessórios

Todos os acessórios do transformador devem ser verificados antes de sua montagem, quanto à inexistência de oxidação, partes quebradas, atritos, corrosão, etc.

h) Conectores

Os conectores devem ser devidamente apertados.

i) Vazamentos

Verificar a ocorrência de vazamento e providenciar sua supressão.

4.1. Acessórios e Componentes (quando existirem)

4.1.1. Termômetro de Óleo

O termômetro possui dois ponteiros de ligação e um de indicação de temperatura máxima atingida em um período.

Estes três ponteiros são controláveis externamente, sendo que os dois primeiros movimentam-se apenas por ação externa, enquanto que o último é impulsionado pela agulha de temperatura (ponteiro de arraste), apenas quando em ascensão desta, pois, na

redução ela fica imóvel, sujeito apenas à ação externa, possibilitando-se a verificação da temperatura máxima atingida em um dado período.

O termômetro possui na extremidade um bulbo que é colocado no ponto mais quente do óleo, logo abaixo da tampa.

Pelo controle externo os ponteiros limites poderão ser movimentados à vontade. Temperatura de regulação recomendada para ponteiros: para elevação de 55°C no enrolamento ventilação forçada = 75°C, alarme = 85°C, desligamento = 95°C.

Ponteiro indicador de temperatura máxima do período: Após a inspeção periódica do termômetro, voltar o ponteiro indicador (vermelho) até encostar no ponteiro principal através do controle externo.

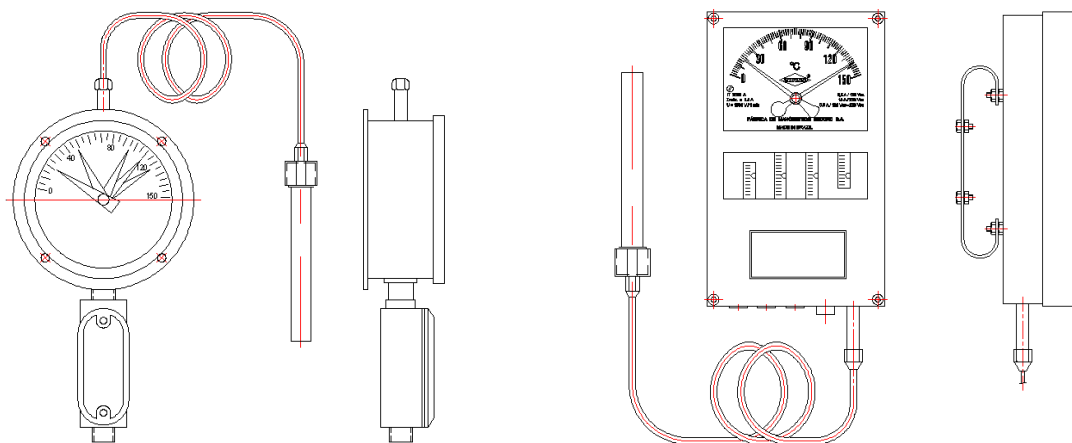


Figura 01 - Termômetros de óleo.

4.1.2 Termômetro de Imagem Térmica

A imagem térmica é a técnica comumente utilizada para se medir a temperatura no enrolamento do transformador. Ela é denominada imagem térmica por reproduzir indiretamente a temperatura do enrolamento.

A temperatura do enrolamento, que é a parte mais quente do transformador, nada mais é do que a temperatura do óleo acrescida da sobreelevação da temperatura do enrolamento em relação ao óleo.

O sistema é composto de uma resistência de aquecimento em um sensor de temperatura simples ou duplo, ambos encapsulados e montados em um poço protetor imerso em uma câmara de óleo.

O conjunto é instalado na tampa do transformador, equalizando-se com a temperatura do topo do óleo, indicando assim a temperatura do ponto mais quente do enrolamento.

A resistência de aquecimento é alimentada por um transformador de corrente associado ao enrolamento secundário do transformador principal.

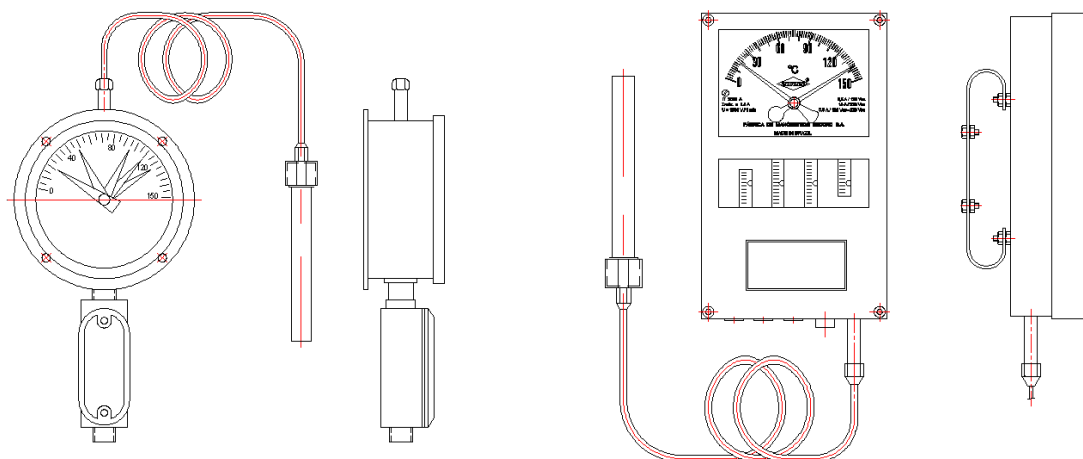


Figura 02 – Termômetros Imagem térmica.

4.1.3. Dispositivo de alívio de pressão

Os dispositivos de alívio de pressão são instalados em transformadores imersos em líquido isolante com a finalidade de protegê-los contra possível deformação ou ruptura do tanque em casos de defeito interno com aparecimento de pressão elevada.

- A) Tipo válvula, é uma válvula com mola, provida de um sistema de amplificação instantânea da força de atuação. Fecha-se automaticamente após a operação, impedindo, assim, a entrada de qualquer agente externo no interior do transformador. Não necessita ser isolada do tanque quando este é submetido a vácuo.

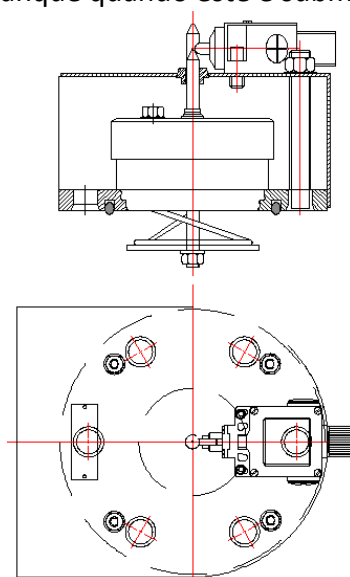


Figura 03 – Dispositivo de alívio de pressão.

4.1.4. Relé de pressão súbita

O relé de pressão súbita é um acessório de proteção para transformadores do tipo selado. Normalmente é montado em uma das paredes laterais do tanque do transformador, no espaço entre o nível máximo do líquido isolante e a tampa. Entretanto, é aceitável também a montagem horizontal, sobre a tampa do transformador. É projetado para atuar quando ocorrem defeitos no transformador que produzem pressão interna anormal, sendo sua

operação ocasionada somente pelas mudanças rápidas de pressão interna, independente da pressão de operação do transformador.

Quando o transformador é transportado cheio de líquido isolante ou é enchido no campo com vácuo, é importante verificar que não penetre líquido isolante no orifício equalizador de pressão ou no interior do relé. Normalmente o flange ao qual se aplica o relé é fornecido com flange cego de vedação, sendo esse acessório fornecido em separado, devendo ser montado depois de concluída a instalação do transformador e o enchimento com líquido isolante.

Para gradientes de pressão superiores a 0,2atm/s a válvula opera instantaneamente. Por outro lado, o relé não opera devido a mudanças lentas de pressão próprias do funcionamento normal do transformador, bem como durante perturbações do sistema (raios, sobretensão de manobra ou curto-circuito), a menos que tais perturbações produzam danos no transformador que gerem variação súbita de pressão interna.



Figura 4 – Relé de pressão súbita.

4.1.5. Conservador de óleo

É um reservatório auxiliar acessório do transformador, ele possui formato cilíndrico e é construído com chapas de aço, é parcialmente cheio de líquido isolante, ligado ao tanque do transformador de modo a mantê-lo completamente cheio, possui espaço para permitir a livre expansão e contração que o líquido isolante tem devido a oscilações de temperatura e de pressão e o conservador também é responsável por minimizar a contaminação do líquido isolante.

Para transformadores recebidos com o conservador em separado, verificar, antes da sua montagem, se está seco e limpo internamente. Caso necessário, lavá-lo com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50°C).

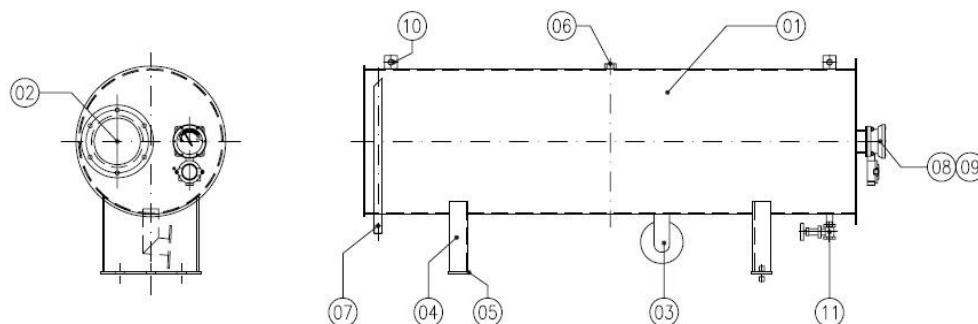


Figura 05 – Conservador de óleo sem bolsa de borracha.

Onde:	5. Base de apoio	10. Olhal de suspensão
1. Corpo	6. Dispositivo de enchimento do conservador	11. Válvula de drenagem
2. Tampa de inspeção	7. Conexão para conservador	
3. Tubulação para relé	8. Conexão para INO	
4. Suporte para apoio	9. Indicador de Nível de Óleo	

4.1.5.1. Preparação para montagem do conservador

Caso exista sistema de preservação do óleo isolante no conservador (membrana/bolsa), verificar sua integridade e correto funcionamento (vide item 4.1.5.2).

Instalar o conservador erguendo-o pelos suportes existentes para esta finalidade.

NOTAS:

- Para o caso de transformadores recebidos com ou sem óleo, porém com conservador resistente a vácuo, montar a tubulação de interligação entre conservador e tampa do transformador, incluindo o relé de gás e respectivas válvulas.
- Para o caso dos transformadores recebidos sem óleo e o conservador não-resistente a vácuo, montar a tubulação, porém não montar o relé de gás e respectivas válvulas. A extremidade da tubulação ligada a tampa do transformador pode ser utilizada para aplicação de vácuo.

4.1.5.2. Conservador com bolsa de borracha

A bolsa de borracha utilizada nos conservadores de óleo dos transformadores é um acessório opcional. Tem como objetivo evitar o contato do líquido isolante com a atmosfera, preservando-o da umidade e oxidação. A ligação da bolsa com a atmosfera é feita através do secador de ar com sílica-gel, que mantém o ar seco em seu interior, permitindo que a bolsa se encha e esvazie com as variações de volume do líquido isolante.

O ar existente entre a bolsa de borracha e suas adjacências, deverá ser eliminado no local da instalação, durante o enchimento de óleo. O óleo devidamente preparado é introduzido no tanque até a bolsa de borracha ficar vazia.

Exceto quando houver determinação especial, a temperatura deverá estar entre 5 e 35°C, e a umidade relativa do ar entre 45 e 85%, durante os ensaios. Além disso, deverá ser evitada corrente de ar para que não haja variação de temperatura e umidade relativa, prejudicando assim os resultados.

Deverá resistir ao ensaio de estanqueidade com colocação de ar seco a pressão de 0,1kgf/cm². Não deverá apresentar nenhum vazamento durante o ensaio.

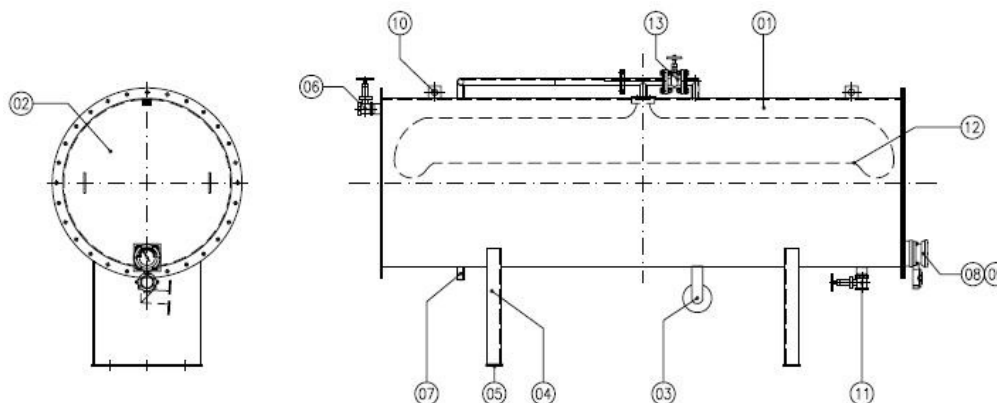


Figura 06 – Conservador com bolsa de borracha.

Onde:

1. Corpo

2. Tampa removível

3. Tubulação para relé

4. Suporte de apoio

5. Base de apoio

6. Válvula de enchimento

7. Tubulação para secador

8. Conexão para INO

9. Indicador de nível

10. Olhal de suspensão

11. Válvula de drenagem

12. Bolsa de borracha

13. Válvula equalizadora

4.1.6. Desumidificador de ar (secador de ar)

A fim de que sejam mantidos elevados índices dielétricos do líquido isolante dos transformadores, estes são equipados com secadores de ar, os quais, devido á capacidade de absorção de umidade, secam o ar aspirado que flui ao transformador.

O secador de ar é composto de um recipiente metálico, no qual está contido o agente secador (vide item 4.1.5.2) e uma câmara para óleo, colocada diante do recipiente (que contém o agente) isolando-o na atmosfera. Durante o funcionamento normal do transformador, o óleo aquece e dilata, expulsando o ar do conservador através do secador. Havendo diminuição da carga do transformador ou da temperatura ambiente, também haverá abaixamento da temperatura do óleo, acompanhada da respectiva redução do volume. Forma-se, então, uma depressão de ar no conservador e o ar ambiente é aspirado através da câmara e do agente secador, o qual absorve a umidade contida no ar, que entrará em contato com o óleo.

Para instalação do secador de ar, proceder conforme segue:

- Retirar o tampão localizado na ponta do tubo apropriado, localizado no conservador de óleo (não é necessário retirar o óleo do tanque);
- Fixar o secador de ar no tubo apropriado, localizado no conservador de óleo, com o visor voltado para a posição de inspeção;
- Após fixá-lo, retirar a parte inferior do desumidificador de ar e colocar o mesmo óleo do transformador até a indicação em vermelho existente;
- Recolocar a parte inferior do desumidificador de ar;
- Certificar-se da perfeita fixação do mesmo, de modo a evitar penetração de umidade no transformador.



Figura 7 – Desumidificador de ar.

4.1.7. Sílica-gel

O agente secador, denominado sílica-gel, é vítreo e duro, quimicamente quase neutro e altamente higroscópico. É um silício (95% SiO₂), impregnado com um indicador laranja (5%), quando em estado ativo.

Devido a absorção de água, torna-se amarelo claro, devendo, então, ser substituído. Tem a vida prolongada através de processo de secagem, que pode ser aplicado algumas vezes, podendo ser reutilizado.

A higroscopicidade da sílica-gel pode ser restabelecida pelo aquecimento em estufa na temperatura de 80° a 100°C, evaporando desta maneira, a água absorvida. A fim de acelerar o processo de secagem, convém mexê-la constantemente, até a recuperação total de sua cor característica. Seu contato com óleo, ou com os menores vestígios do mesmo, deve ser evitado a todo custo para que não perca sua cor laranja, tingindo-se de marrom, tornando-se inutilizável. Após a regeneração, a sílica-gel deve ser imediatamente conservada num recipiente seco, hermeticamente fechado.

Coloração laranja	Sílica-gel seca
Coloração amarelo	Sílica-gel com aproximadamente 20% da umidade absorvida.
Coloração amarelo claro	Sílica-gel com 100% de umidade absorvida (saturada)

4.1.8. Relé de gás (tipo Buchholz)

O relé de gás tipo Buchholz tem por finalidade proteger aparelhos elétricos que trabalham imersos em líquido isolante, geralmente transformadores. Enquanto sobrecargas e sobrecorrentes são fenômenos controláveis por meio de relés de máxima intensidade de corrente, defeitos tais como perda de óleo, descargas internas, isolação defeituosa dos enrolamentos, do ferro ou mesmo contra a terra, ocorridos em transformadores equipados com um relé de máxima, podem causar avarias de grande monta caso o defeito permaneça despercebido do operador durante algum tempo.

O relé Buchholz é instalado em transformadores justamente para, em tempo hábil, indicar por meio de alarme ou através do desligamento do transformador, defeitos como os acima citados, deste modo, evitar a continuidade dos mesmos.

O relé Buchholz é normalmente montado entre o tanque principal e o tanque de expansão do transformador. A carcaça do relé é de ferro fundido, possuindo duas aberturas flangeadas e ainda dois visores providos de uma escala graduada indicativa do volume de gás. Internamente encontram-se duas bóias montadas uma sobre a outra. Quando do acúmulo de uma certa quantidade de gás no relé, a bóia superior é forçada a descer. Se, por sua vez, uma produção excessiva de gás provoca uma circulação de gás no relé, é a bóia inferior que reage, antes mesmo que os gases formados atinjam o relé. Em ambos os casos, as bóias ao sofrerem o deslocamento, acionam um contato elétrico. Caso o alarme soe sem que o transformador seja desligado, deve-se desligá-lo imediatamente e, em seguida, fazer-se o teste do gás retirado do interior do relé. Neste caso a origem do defeito pode ser avaliada de acordo com o resultado do teste do gás, ou seja:

- Gás combustível (presença de acetileno): neste caso deve haver um defeito a ser reparado na parte elétrica;
- Gás incombustível (sem acetileno): Neste caso temos o ar puro. O transformador poderá ser ligado novamente, sem o perigo, após a desaeração (sangria) do relé. O alarme soando repetidamente indica ar penetrando no transformador. Desligue e repare a falha;
- Nenhuma formação de gás (nível de gás no relé está baixando e uma quantidade de ar está sendo sugada através da válvula aberta): neste caso, o nível do óleo está muito baixo, possivelmente devido a um vazamento. Repare o vazamento e preencha o transformador com óleo até o nível correto.

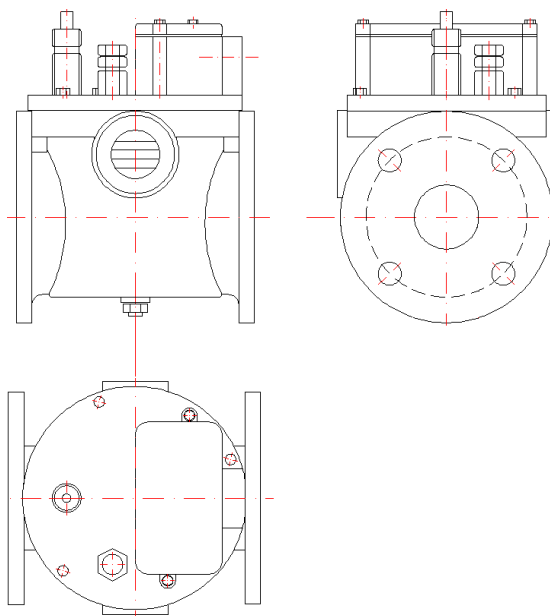


Figura 8 – Relé de Gás.

4.1.9. Indicador de nível de óleo

Os indicadores magnéticos de nível têm por finalidade indicar com precisão o nível do líquido isolante e, ainda, quando providos de contatos para alarme ou desligamento servirem como aparelhos de proteção do transformador.

Os indicadores magnéticos de nível possuem a sua carcaça em alumínio fundido, sendo que a indicação de nível é feita por ponteiro acoplado a um ímã permanente, de grande sensibilidade, fato este que o torna bastante preciso. O mostrador dos indicadores magnéticos de nível possui três indicações, ou sejam: MIN, que corresponde ao nível mínimo, 25°C, que corresponde à temperatura ambiente assinalada, e MAX, que corresponde ao nível máximo.

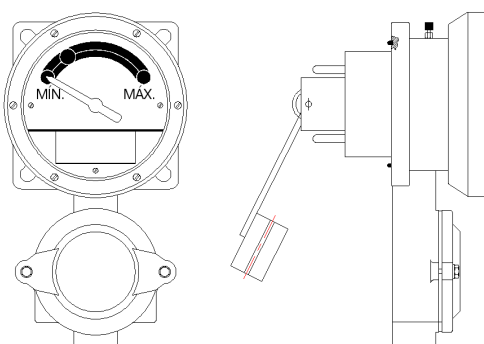


Figura 9 – Para instalação em tanque de expansão com bolsa de borracha

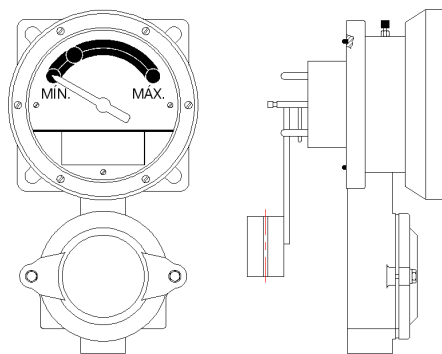


Figura 10 – Para instalação em tanque de expansão sem bolsa ou em tanque principal.

4.1.10. Radiadores destacáveis

Os radiadores devem ser inspecionados quanto a limpeza e umidade internas. Caso necessário, devem ser lavados com óleo limpo e, preferencialmente, aquecido (máximo 50°C).

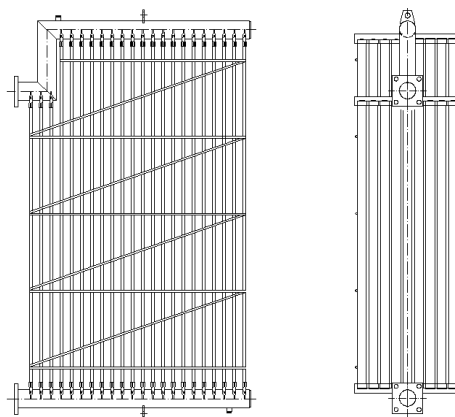


Figura 11 – Radiadores

4.1.11. Buchas e isoladores cerâmicos

São dispositivos que permitem a passagem dos condutores constituintes dos enrolamentos para o meio externo (redes elétricas).

As buchas são empregadas para a passagem de um condutor de alta tensão através de uma superfície aterrada, como o tanque do transformador.

As buchas devem ser capazes de transportar as correntes dos equipamentos em regime normal de operação e de sobrecarga, de manter o isolamento, tanto para a tensão nominal quanto para as sobretensões, e de resistir a esforços mecânicos.

Antes da montagem, as buchas devem estar perfeitamente secas e devem ser limpas com álcool ou agente similar. As juntas de vedação devem ser cuidadosamente colocadas e os seus elementos de fixação apertados a fim de se conseguir boa estanqueidade.

As buchas devem ser montadas uma de cada vez, a fim de reduzir a possibilidade de penetração de umidade no transformador.

Quando necessário, para maior segurança durante a montagem das buchas, devem ser utilizados os dispositivos próprios para içamento e manuseio.

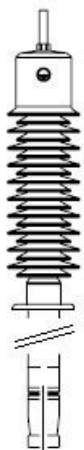


Figura 12 – Bucha capacitiva

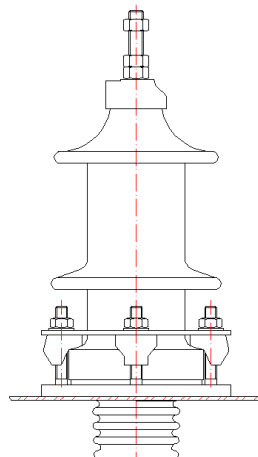


Figura 13 – Bucha porcelana

4.1.12. Comutador

É um dispositivo mecânico que permite variar o número de espiras dos enrolamentos de alta tensão. Sua finalidade é corrigir o desnível de tensão existente nas redes de distribuição, devido à queda de tensão ocorrida ao longo das mesmas. Esta solicitação pode ser elétrica através de um ponto remoto, elétrica através de um comando local ou manual através de uma manivela.

A) Comutação com transformador sem tensão

Observação: Toda e qualquer mudança de posição, deve ser realizada com transformador desenergizado.

A Comutação é manual através de uma manivela externa ao transformador.

A indicação da posição do comutador é feita no próprio acionamento, e a tensão correspondente a esta posição, esta indicada na placa de identificação do equipamento.

Acionamento na tampa ou lateral

Para efetuar a mudança de tensão deve-se primeiramente levantar o pino trava de segurança até que libere o volante para o giro. Com o volante destravado, gire-o até a posição final (menor tensão) e em seguida, de volta até a posição “1” (maior tensão). Somente depois de executadas essas manobras, busque a posição desejada de modo à centralizar os contatos móveis, garantindo o posicionamento correto dos mesmos. Depois de efetuada a mudança de tensão, reativar o travamento do volante através do pino trava. Observar as placas informativas junto ao volante, instaladas no transformador.

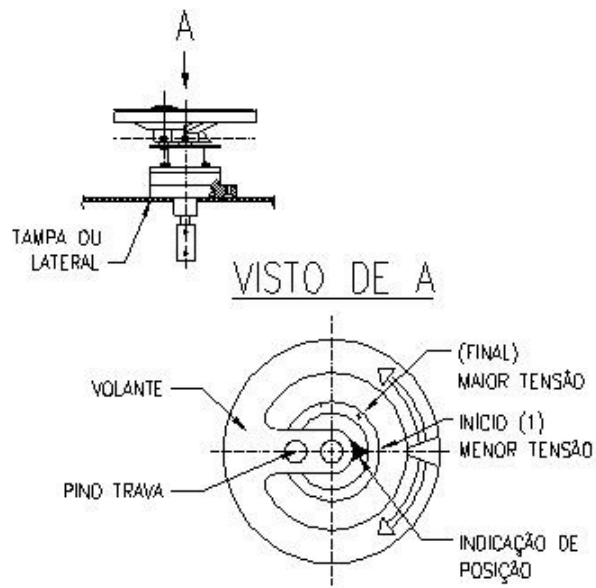


Figura 14 – Acionamento comutador tampa ou lateral

Acionamento com cardãs

Para efetuar a mudança de tensão deve-se primeiramente levantar o pino trava de segurança até que libere o volante para o giro. Com o volante destravado, gire-o até a posição final (menor tensão) e em seguida, de volta até a posição “1” (maior tensão). Somente depois de executadas essas manobras, busque a posição desejada de modo à centralizar os contatos móveis, garantindo o posicionamento correto dos mesmos. Depois de efetuada a mudança de tensão, reativar o travamento do volante através do pino trava.

Nota: Observar as placas informativas junto ao volante, instaladas no transformador.

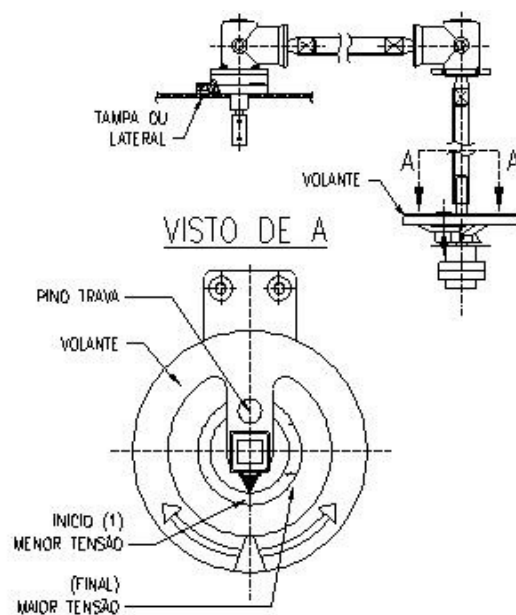


Figura 15 – Comutador de acionamento com cardã

B) Comutação com transformador sob carga

O comutador em carga deve realizar a comutação da tensão sem interromper o circuito, por dois motivos:

- a) evitar a interrupção do fornecimento de energia ao ajustar a tensão de saída;
- b) manter a tensão no consumidor o mais constante possível

Esta solicitação pode ser elétrica através de um ponto remoto, elétrica através de um comando local.

Para maiores esclarecimentos verificar o manual do comutador que segue com o transformador.

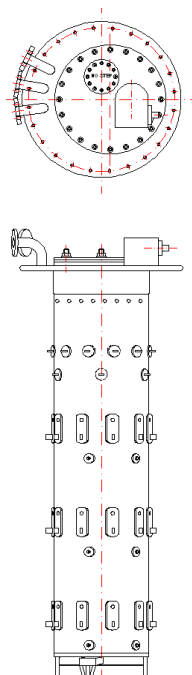


Figura 16 – Comutador sob carga.

4.1.13. Motoventilador

Este acessório é essencial para a refrigeração do transformador, utilizado para dissipar o calor do transformador, equalizando o ambiente com o equilíbrio da temperatura.

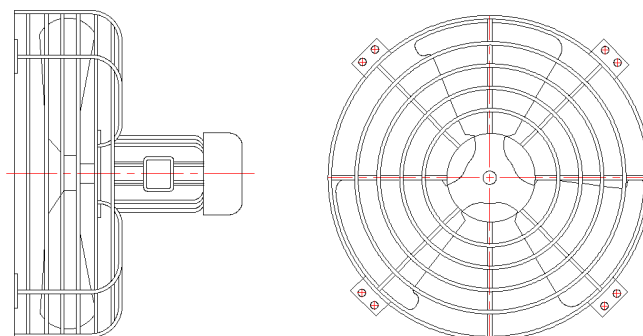


Figura 17 - Motoventilador

4.2. Coleta de amostras de líquidos isolantes para transformadores

Os líquidos isolantes são fluídos com características dielétricas à base de óleos minerais, vegetais ou produtos sintéticos e são utilizados em transformadores com a finalidade de isolar e de promover a remoção do calor gerado nas bobinas do equipamento. A verificação e acompanhamento de suas características físico-químicas, desde a energização do transformador, são fundamentais para a segurança e preservação da vida útil do equipamento.

Portanto, apresentamos abaixo tabela de valores normatizados para monitoramento do óleo:

Tabela 3 - Valores característicos do óleo mineral isolante conforme NBR 5356

Ensaio	Resultados Típicos			Valores – Limites							Método de ensaio
	Óleo novo	Óleo usado	Óleo novo	Óleo usado							
				Satisfatório		A recondicionar		A regenerar	Após tratamento		
				Até 230 kV	Acima	Até 230 kV	Acima		Até 230 kV	Acima	
Rigidez dielétrica (kV)	50	>40	>40	>30	>35	25-30	25-35 50-70 20-27 40-54	-	>33	>38	ASTM D-877 NBR-6869 ASTM D-1816(004") ASTM D-1816(008")
	65	>70	>60	>60	>70	50-60			>66	>76	
	-	-	>32	>24	>27	20-24			>25	>30	
	70	>58	>64	>48	>54	40-40			>50	>60	
Conteúdo de água (ppm)	10	15	<10	<25	<15	25-40	15-40	>40	<20	<15	Método Karl Fischer-ASTM D-1533 e PMB-818
Acidez (mgKOH/g de óleo)	0,03	0,1-0,2	0,05	<0,3	<0,1	-		>0,4	<0,1		ASTM D-974 MB-101 ASTM D-664 MB-494
Tensão interfacial (N/m)	0,045	0,02-0,03	>0,04	>0,025		0,02-0,025		>0,020	>0,03		ASTM D-971 NBR6234 ASTM D-2285
Cor	0,5	1 – 1,5	<1,0	<3		3,0-4,0		>4	<2		ASTM D-1500 MB-351
Fator de potência	0,01	0,1-0,3	<0,05	0,5		0,5-1,5		>1,5	<0,1		20°C ASTM D-974
	-	-	<0,05	-		-		-	-		25°C ASTM D-974
	0,07	-	<0,3	-		-		-	-		100°C ASTM D-974
	0,1	-	-	-		-		-	-		90°C VDE-370

Nota: As colunas “óleo novo” referem-se a óleo novo tratado para colocação em transformadores.

Estas coletas deveram ser executadas por empresa especializada em análise de óleo.

4.3. Enchimento

A colocação de óleo no transformador deverá ser realizada depois de concluída toda sua montagem eletromecânica, é deve ser executada por empresa especializada em montagem de transformadores de força.

5. ENSAIOS

Antes da energização é recomendável a execução dos seguintes ensaios:

- a) Análise físico-química do óleo isolante;
 - b) Análise cromatográfica do óleo isolante;
 - c) Medição do fator de potência do transformador,
 - d) Medição do fator de potência e capacitância das buchas condensivas, caso aplicável;
 - e) Medição da resistência de isolamento do transformador;
 - f) Medição da resistência do isolamento dos TC's de buchas e fiação do painel de controle do transformador (caso aplicável).
 - g) Medição da relação de transformação em todas as fases e posições do comutador;
 - h) Medição da resistência ôhmica dos enrolamentos em todas as fases e posições do comutador;
 - i) Simulação da atuação de todos os dispositivos de supervisão, proteção, sinalização e ajuste dos termômetros do óleo e do enrolamento;
 - j) Medição da relação de transformação, resistência ôhmica, saturação e polaridade dos TC's de buchas, caso aplicável;
 - k) Medição de corrente elétrica dos motoventiladores, caso aplicável;
 - l) Medição da resistência ôhmica nos enrolamentos dos motoventiladores, caso aplicável;
 - m) Verificar as tensões e isolação dos circuitos auxiliares antes de sua energização;
 - n) Verificar sentido de rotação dos motoventiladores, caso aplicável;
- Nota: Os valores obtidos nos ensaios acima deverão ser comparados com os valores de fábrica.

OBS. Estes ensaios são executados por empresa capacitada em montagem e comissionamento de transformadores de força.

6. ENERGIZAÇÃO

A energização é o passo final para a colocação do transformador em funcionamento.

- a) Antes de sua energização, é recomendada uma nova desareação das buchas (condensivas), relé de gás, etc.
- b) Inspeccionar todos os dispositivos de proteção e sinalização do transformador;
- c) É importante observar que o transformador deve ser energizado após decorridos, pelo menos, 24 horas da conclusão de enchimento com óleo;

- d) Ajustar e travar a posição do comutador manual conforme recomendado pela operação do sistema;
- e) O transformador deve ser energizado inicialmente a vazio;
- f) Recomenda-se efetuar análise cromatográfica do óleo isolante, antes da energização (referência), 24 a 36 horas após a energização e 10 a 30 dias após a energização para detecção de defeitos incipientes.

7. MANUTENÇÃO

7.1. Periódica:

7.1.1. Exame de carga

Verificar que a corrente nas horas de carga máxima não exceda seu valor nominal, para evitar que o transformador ultrapasse a elevação da temperatura especificada pelas normas.

7.2. Semestral:

7.2.1. Verificação do nível do líquido isolante

7.2.2. Análise do líquido isolante.

Nota: A retirada de amostra deverá ser executada somente em dias de pouco vento e baixa umidade. Na parte inferior do tanque existe uma válvula amostra deve ser colhida em uma válvula (registro) específico para a retirada do óleo isolante, a mesma para colher a amostra, em transformadores sem esta válvula a amostra poderá ser retirada pela tampa de inspeção.

Características do óleo isolante.

Para início de controle (óleos novos em equipamentos novos)

- Rigidez Dielétrica (NBR-6869): $\geq 30\text{kV}$;
- Aparência: claro e isento de materiais em suspensão;
- Teor de água (NBR 5755): $\leq 25\text{ ppm}$.

Em uso (para continuar em operação)

- Rigidez Dielétrica (NBR-6869): $\geq 25\text{kV}$;
- Aparência: claro, isento de materiais em suspensão;
- Teor de água (NBR 5755): $\leq 40\text{ ppm}$.

7.3. Inspeções visuais

Devem ser feitas inspeções visuais periódicas, seguindo-se um roteiro previamente estabelecido, que deve abranger todos os pontos a serem observados.

- 1) Buchas:
 - a) Vazamentos;
 - b) Trincas ou partes quebradas;

- c) Fixação;
 - d) Conectores, cabos e barramentos;
 - e) Limpeza da porcelana
- 2) Tanque e radiadores:
- a) Vibração do tanque e das aletas dos radiadores;
 - b) Vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e nos bujões de drenagem;
 - c) Estado da pintura, anotando os eventuais pontos de oxidação;
 - d) Todas as conexões de aterramento;
 - e) Bases (nivelamento, trincas, etc.);
 - f) Posição das válvulas dos radiadores.
- 3) Conservador (quando existir):
- a) Vazamento;
 - b) Registros entre conservador e tanque, se estão totalmente abertos;
 - c) Fixação do conservador;
 - d) Nível do óleo isolante.
- 4) Termômetros de óleo e/ou enrolamento (quando existir):
- a) Funcionamento dos indicadores de temperatura;
 - b) Estado dos tubos capilares dos termômetros;
 - c) Pintura e oxidação;
 - d) Calibração e aferição
- 5) Sistema de ventilação forçada (quando existir)
- a) Ventiladores quanto a aquecimento, vibração, ruído, vedação a intempéries, fixação, pintura e oxidação;
 - b) Acionamento manual;
 - c) Circuitos de alimentação;
 - d) Pás e grades de proteção.
- 6) Secador de ar (quando existir):
- a) Estado de conservação;
 - b) Limpeza e nível de óleo;
 - c) Estado das juntas de vedação;
 - d) Condições da sílica-gel.
- 7) Dispositivo de alívio de pressão (quando existir):
- a) Estado de conservação;
 - b) Vazamento de óleo;
 - c) Estado das juntas de vedação.
- 8) Relé de gás tipo Buchholz (quando existir):
- a) Presença de gás no visor;
 - b) Limpeza do visor;
 - c) Vazamento de óleo;

- d) Juntas;
 - e) Fiação;
 - f) Atuação (alarme e desligamento).
- 9) Relé de pressão súbita (quando existir):
- a) Vazamento;
 - b) Juntas;
 - c) Fiação;
- 10) Comutadores de derivações:
- a) Estado geral e condições de funcionamento.
- 11) Caixa de terminais da fiação de controle e proteção (quando existir):
- a) Limpeza, estado da fiação e blocos de terminais;
 - b) Juntas de vedação, trincos e maçanetas da caixa;
 - c) Resistor de aquecimento e iluminação interna;
 - d) Fixação, corrosão;
 - e) Contatores, fusíveis, relés e chaves;
 - f) Isolação da fiação;
 - g) Aterramento do secundário dos TC's, régua de bornes, identificação da fiação e componentes.
- 12) Ligações externas:
- a) Aterramento;
 - b) Circuitos de alimentação externos.

7.4. Utilização das informações

7.4.1. Ocorrências que exigem desligamento imediato (colocam o equipamento e as instalações em risco iminente)

- a) Ruído interno anormal;
- b) Vazamento significativo de óleo;
- c) Relé de gás atuado;
- d) Sobreaquecimento de óleo ou dos enrolamentos detectados através dos termômetros/imagens térmicas.

7.4.2. Ocorrências que exigem desligamento programado (que não ofereçam riscos imediatos)

Estes desligamentos devem ser efetuados no menor prazo possível, dentro das condições operativas do sistema:

- a) Vazamento de óleo que não oferece risco imediato de abaixamento perigoso do nível ;
- b) Desnívelamento da base;
- c) Anormalidades constatadas nos ensaios de óleo, obedecendo aos limites fixados na NBR – 10756;
- d) Defeitos nos acessórios de proteção e sinalização.

7.5 Ensaaios e verificações – Periodicidade

7.5.1. Semestral

Devem ser feitas no mínimo as inspeções e verificações mencionadas do item 6.3. desde que não exija o desligamento do transformador.

7.5.2. Anual

- a) Deve ser feita uma análise no óleo isolante, através de retirada de amostras, efetuando-se os ensaios físico-químicos;
- b) É recomendável ainda que a cada ano seja feita, pelo menos, uma análise de gases dissolvidos no óleo isolante (cromatografia), conforme NBR- 7274.

**Comtrafo S/A – Fabrica 1****Unidade de Fabricação de Transformadores de Distribuição a Óleo e a Seco**

Av. Agostinho Ducci, 280 – Pq Industrial II

Cornélio Procópio – PR Fone: (43) 3520-3891

comtrafo@comtrafo.com.br

Comtrafo S/A – Fabrica 2**Unidade de Fabricação de Transformadores de Força, Calderaria, Disjuntores de Média Tensão e Service**

Estrada Chácara Paraíso s/n Zona Rural

Cornélio Procópio – PR Fone: (43) 3523-4758

service@comtrafo.com.br

Comtrafo S/A – Fabrica 3**Unidade de Processamento de Silício**

Av. XV de FEVEREIRO, 212 - Centro

Cornélio Procópio – PR Fone: (43) 3523-6403