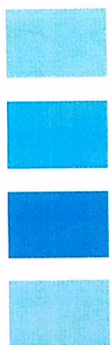


ANEXO

MANUAL DE INSTRUÇÕES
TRANSFORMADOR A SECO
WEG E OMEGA



MANUAL DE INSTRUÇÕES

TRANSFORMADOR A SECO





ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
2	INSTRUÇÕES BÁSICAS	4
2.1	Instruções Gerais	4
2.2	Fornecimento	4
2.2.1	Local de recebimento	4
2.2.2	Inspeção de recebimento	5
2.2.3	Descarregamento e manuseio	6
2.3	Armazenagem	9
3	INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES A SECO	10
3.1	Considerações Gerais	10
3.2	Condições Especiais	12
3.2.1	Requisitos Básicos para Instalação	13
3.2.2	Bloqueio do fluxo de ar do invólucro de proteção	16
3.3	Altitudes de Operação	17
3.4	Distâncias Necessárias para Operação	17
3.5	Ligações	18
3.5.1	Conexão dos barramentos	19
3.6	Proteção e Equipamento de Manobra	20
3.6.1	Para-raios	20
3.6.2	Monitor de Temperatura	21
4	ENERGIZAÇÃO	22
4.1	Energização de Transformador para Retificador após Falha do Sistema	23
5	MANUTENÇÃO	24
5.1	Inspeções Periódicas	25
5.1.1	Registros operacionais	25
5.1.2	Inspeção termográfica	25
5.1.3	Inspeções visuais	25
5.2	Limpeza	27
ANEXO A – GRAU DE PROTEÇÃO ESPECIAL (IP-40, IP-41, IP-44, IP-54 e IP-55)		29
ANEXO B – TERMO DE GARANTIA		32
APÊNDICE A – CUIDADOS COM ASPECTOS AMBIENTAIS		33

1 INTRODUÇÃO

Este manual visa dar informações necessárias ao transporte, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores a seco WEG. O atendimento a estas instruções proporcionará um melhor desempenho do transformador, além de prolongar a sua vida útil.

Os transformadores WEG são projetados e construídos rigorosamente segundo normas ABNT em suas últimas edições, estando, por isso, os dados deste manual sujeitos a modificações sem prévio aviso. Recomendamos àqueles que desejarem aprofundar-se no assunto, a leitura das seguintes normas:

- NBR 5356-11: Transformadores de Potência Secos;
- NBR 5416: Aplicação de Cargas em Transformadores de Potência;
- NBR 13297: Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência secos – Procedimento (*);
- IEC 60076-11: Dry-type Power Transformers;
- IEC 60076-12: Loading Guide for Dry-type Power Transformers.

É muito importante ainda, ter em mãos as publicações sobre instalação de transformadores emitidas pelas concessionárias de energia da região, visto que muitas delas têm caráter normativo. Para maiores esclarecimentos, consulte nosso Departamento de Assistência Técnica.

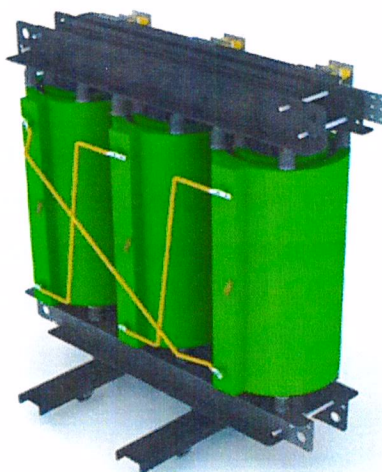


Figura 1 - Transformador a seco

(*) A norma NBR 13297 foi cancelada, conforme portaria, porém pelo fato de não ter substituta poderá ser utilizada como complemento deste manual.



2 INSTRUÇÕES BÁSICAS

2.1 Instruções Gerais

Todos que trabalham em instalações elétricas, seja na montagem, operação ou manutenção, deverão ser 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.

O local de trabalho deve contar com equipamento para combate a incêndios e avisos sobre primeiros socorros, em lugares bem visíveis e acessíveis.

2.2 Fornecimento

Os transformadores depois de testados e liberados, são embalados na fábrica de forma adequada ao seu transporte, garantindo assim o seu perfeito funcionamento. Além disso, devem estar protegidos durante o transporte evitando sua exposição a intempéries. Sua amarração e fixação para o transporte são de responsabilidade do transportador. No recebimento, recomendamos cuidadosa inspeção, verificando se o transformador está devidamente protegido e também a existência de eventuais danos provocados pelo transporte. Caso eles tenham ocorrido, notificar imediatamente o representante WEG mais próximo e a empresa transportadora para que não haja problemas com a empresa seguradora.

2.2.1 Local de recebimento

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 nivelado, abrigado e limpo.

2.2.2 Inspeção de recebimento

Antes do descarregamento o comprador deverá efetuar uma inspeção preliminar no transformador, verificando:

- O estado da embalagem;
- As características da placa de identificação, devem estar de acordo com o pedido;
- A inexistência de fissuras, arranhões ou amassados nos corpos isolantes, acessórios ou invólucro de proteção;
- A totalidade dos conectores e acessórios;
- A inexistência de danos no painel de comutação. (Se possível efetuar a mudança para todas as posições, a fim de determinar possíveis defeitos ocasionados durante o transporte, retornando à posição inicial);
- A inexistência de peças soltas (Parafusos, porcas, travessas, barramentos e etc.), bem como o aperto das conexões aparafusadas tanto elétricas como mecânicas;



Atenção!

Remover a embalagem plástica com cuidado, para que seja possível reaproveitá-la para armazenagem após efetuar os procedimentos de inspeção.

A lista de materiais expedida deve ser conferida. Caso sejam evidentes quaisquer danos, falta de acessórios e componentes ou indicações de tratamento inadequado durante o transporte, o fabricante e o transportador devem ser comunicados. Na notificação da ocorrência devem constar os seguintes dados:

- Potência nominal;
- Tensão nominal;
- Número de série;
- Tipo de transformador;
- Fabricante;
- Número de conhecimento de transporte;
- Número da nota fiscal.



Cuidado!

Nunca exercer esforços sobre as bobinas ou calços das mesmas, qualquer deslocamento pode afetar as características elétricas do equipamento ou causar danos no momento da energização.

2.2.3 Descarregamento e manuseio

Todos os serviços de descarregamento e locomoção do transformador devem ser executados e supervisionados por pessoal especializado e atendendo os cuidados que uma carga de peso significativo requer, obedecendo-se as normas de segurança e utilizando-se os pontos de apoio apropriados.



Atenção!

Ao descarregar ou movimentar o transformador, é necessário que todas as conexões mecânicas estejam devidamente apertadas. Parafusos frouxos ou soltos podem ocasionar esforços excessivos e danos na estrutura, bem como a queda do transformador.

O içamento deve ser feito pelos pontos indicados nos desenhos, não devendo utilizar-se outros pontos que, se usados, podem acarretar graves danos ao transformador. Para efetuar o mesmo, deve-se utilizar uma cinta em perfeitas condições, contendo quatro ganchos respeitando o ângulo de içamento, conforme mostrado abaixo na Figura 2 e Figura 3.

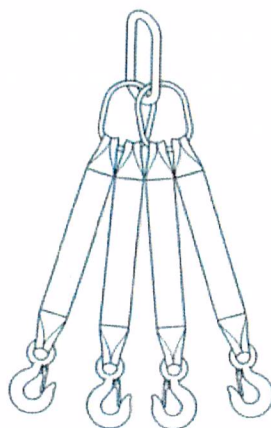


Figura 2 - Cinto para içamento



Figura 3 - Ângulo para içamento

Em caso de deslocamento por arraste, o mesmo deverá ser feito sobre as rodas, quando fornecidas com o transformador, base de arraste ou dispositivos apropriados que suportem o peso informado na placa de identificação. A movimentação do transformador com empilhadeira não é recomendada, caso necessário deverá ser feito com os devidos cuidados com relação ao posicionamento, a fim de evitar danos ao transformador.

Para direcionar o transformador, fazer esforços somente sobre as vigas de prensagem do núcleo ou da base.

Importante: Transformadores providos de invólucro de proteção não devem ser suspensos por eventuais olhais neles existentes. Remover a tampa do invólucro de proteção e içar o transformador sempre pelos olhais das vigas superiores do transformador (internamente ao invólucro de proteção), conforme indicado abaixo.

- Para içamento do conjunto (transformador e invólucro de proteção), quando o mesmo é içado pela parte ativa do transformador, deve-se seguir conforme a Figura 4.

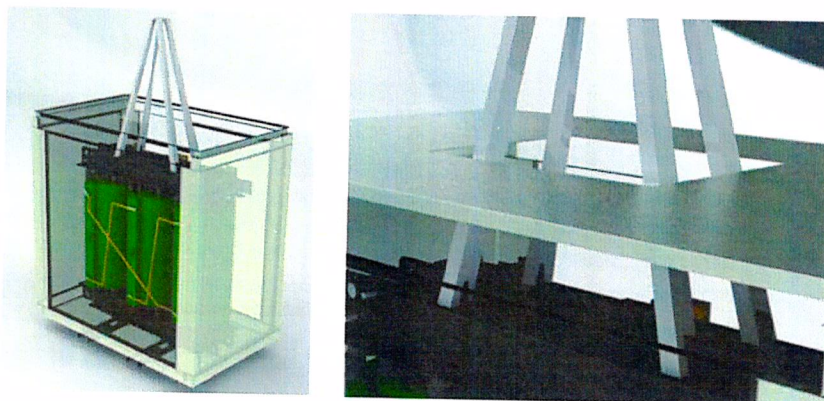


Figura 4 - içamento do conjunto (transformador e invólucro de proteção)

- Para os casos no qual o projeto indica que o içamento será efetuado por olhais na parte superior do invólucro de proteção, o içamento do conjunto (transformador e invólucro de proteção) deverá seguir conforme a Figura 5.

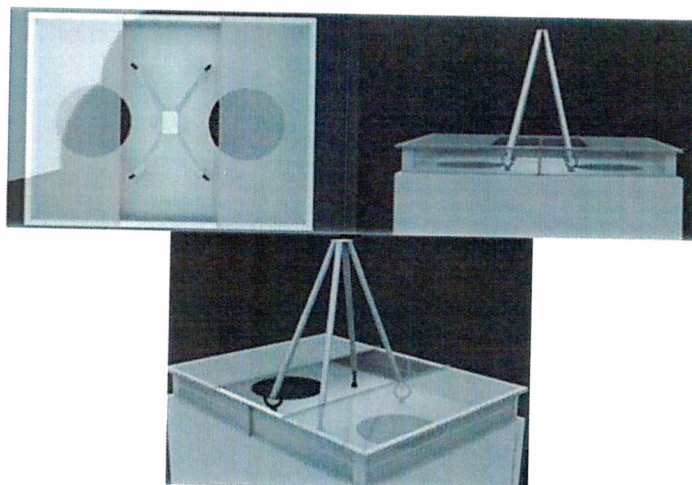


Figura 5 - içamento por olhais na parte superior do invólucro de proteção

Todos os cuidados devem ser tomados para que não existam esforços em locais inadequados, como nos barramentos e nas bobinas, o que pode causar dano irreversível e comprometer o funcionamento do transformador.



2.3 Armazenagem

Os transformadores, quando não instalados imediatamente, devem ser armazenados, preferencialmente com sua embalagem original de fábrica, 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 colisão. Recomenda-se a utilização de uma proteção de plástico para evitar deposição de sujeira e, no caso de transformadores com invólucro de proteção, utilização de sílica gel no interior do invólucro de proteção para absorção da umidade, assim o mesmo poderá ser armazenado por um longo tempo sem sofrer alteração de suas características de isolamento.

Os componentes e acessórios, quando retirados do transformador para transporte ou para armazenamento, devem ser armazenados em locais adequados, seguindo o mesmo procedimento dos transformadores.

Após o período de armazenagem, o transformador a seco poderá ser energizado seguindo as respectivas instruções, não é necessária uma secagem prévia dos enrolamentos, visto que os mesmos não absorvem umidade.

3 INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES A SECO

3.1 Considerações Gerais

Os transformadores a seco WEG são projetados de forma a operarem a temperatura ambiente máxima de 40°C e altitude máxima de 1000m.s.n.m, exceto quando diferentemente solicitado. **O ambiente de instalação deve ser em um local abrigado com ventilação necessária para a sua correta refrigeração.** Embora resistentes, transformadores secos não podem ser diretamente expostos a intempéries (exceto quando há aplicações especiais como por exemplo com o invólucro de proteção IP54 – conforme Anexo A).

Antes de qualquer providência para montagem do transformador, deve ser verificada a disponibilidade de pessoal qualificado, assim como de equipamentos e ferramentas adequadas. A montagem deve ser executada em conformidade com as normas técnicas específicas para transformadores a seco.



Atenção!

Indispensável a observação da NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE.

Antes da montagem do transformador, deve ser feita uma verificação constando de:

- Inspeção visual quanto ao correto nivelamento da base e a fim de certificar que não ocorreram danos durante o manuseio;
- Fixação correta do transformador à base definitiva;
- Confirmação de que os dados de placa estão compatíveis com a especificação técnica do equipamento;
- Avaliação das conexões de aterramento do transformador.



Atenção!

Para o reaperto das conexões elétricas e mecânicas, seguir os passos descritos abaixo. Desta forma, estará garantida a prensagem do núcleo de ferro magnético e o contato das conexões elétricas.

- Reaperto de todas as conexões (ver Figura 6):
 1. Afrouxar as porcas internas dos tirantes horizontais superiores;
 2. Reapertar as porcas dos tirantes verticais na armadura superior;
 3. Reapertar as porcas externas e internas dos tirantes horizontais superiores;
 4. Afrouxar as porcas internas dos tirantes horizontais inferiores;
 5. Reapertar as porcas externas e internas dos tirantes horizontais inferiores;
 6. Reapertar as demais conexões mecânicas (invólucro de proteção, rodas, aterramento, etc.);
 7. Reapertar todas as conexões elétricas.

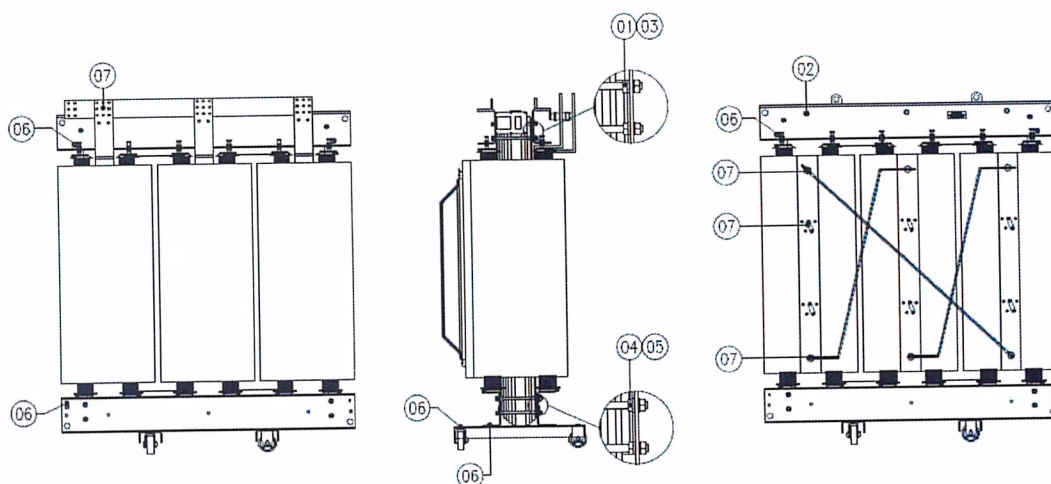


Figura 6 - Reaperto das conexões

Tabela 1 - Torque em parafusos de barramentos para conexão

Barramentos de baixa tensão			Barramentos de alta tensão
BITOLA	Classe 5.6	Inox	Latão
M8	24.0	12	-
M10	48.0	25	10
M12	84.0	42	18
M16	200.0	102	40
M20	390.0	200	80

Tabela 2 - Torque em parafusos da estrutura do transformador
Demais parafusos (fixação da parte-ativa)

BITOLA	Classe 5.6	Classe 8.8	Inox
M6	-	8	-
M8	8	15	12
M10	16	30	25
M12	30	60	42
M16	70	140	102
M20	140	275	200

Os valores citados nas tabelas 1 e 2 são expressos em **N.m**.



Cuidado!

Nunca energizar o transformador sem conferir o aperto das conexões elétricas e mecânicas.

3.2 Condições Especiais

Constituem condições especiais de: funcionamento, transporte ou instalação, as que podem exigir construção especial, revisão de valores nominais, cuidados especiais no transporte, instalação ou funcionamento do transformador.

Exemplos destas condições especiais são:

- Instalação em altitudes superiores a 1000m.s.n.m e temperaturas superiores a 40°C;
- Exposição à umidade excessiva, atmosfera salina, gases ou fumaça prejudiciais ao equipamento;
- Exposição a pó prejudicial como o pó de minério de ferro, enxofre, etc.;
- Exposição a materiais explosivos na forma de gases ou pó;
- Exigência de isolamento diferente do especificado para o equipamento;
- Limitação do espaço de instalação;
- Transporte, instalação e armazenagem em condições precárias;
- Risco de vibrações anormais, abalos sísmicos e choques ocasionais.

Estes fatores devem sempre ser verificados a fim de obtermos um melhor funcionamento do transformador e como fator de prevenção para acidentes ou danos ao equipamento. A eventual exposição a estes fatores causará perda de rendimento do mesmo, como classe de temperatura do material, rigidez dielétrica dos isolantes, entre outras.

3.2.1 Requisitos Básicos para Instalação

Os transformadores a seco deverão ser instalados sobre superfície adequadamente nivelada e resistente para suportar seu peso. Quando os transformadores forem dotados de rodas, confirmar que o equipamento esteja apoiado por igual nos pontos de base, a fim de garantir sua estabilidade e evitar deformações.

Nas instalações dos transformadores, devem ser considerados cuidadosamente os seguintes fatores:

- 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 das tensões do transformador;
- O local onde será colocado o transformador deve ser bem ventilado, de maneira a ser assegurada uma ventilação natural apropriada, visto que este é um parâmetro fundamental ao correto funcionamento do transformador a seco. Neste sentido, é importante que as entradas de ar estejam localizadas na parte inferior e as saídas na parede oposta na parte superior com aberturas suficientes para circulação de aproximadamente 2,5m³ de ar por minuto para cada kW de perda (ver cálculo exemplificado a seguir).



A ventilação adequada na sala do transformador confere ao equipamento vida útil e estabilidade esperadas. Em regime contínuo ou em eventuais sobrecargas momentâneas.

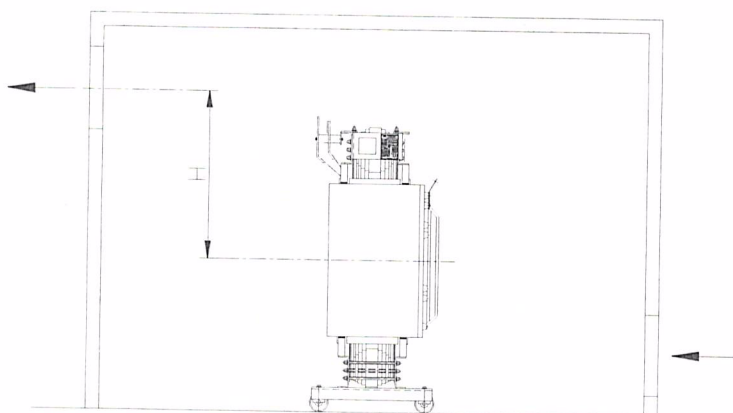
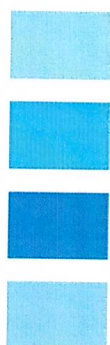


Figura 7 - Entradas de ar para ventilação natural

Em casos onde a ventilação natural não é suficiente, podem-se instalar ventiladores a fim de aumentar o fluxo de ar na sala conforme Figura 8, ou preferencialmente, adotar a climatização da sala onde irá operar o transformador.



Cuidado!
Caso seja adotada a climatização da sala elétrica onde se encontra o transformador, não direcionar o equipamento utilizado para climatização diretamente sobre o transformador, evitando desta forma a condensação de água sobre o mesmo. Este contato com a água pode causar a queima do transformador.

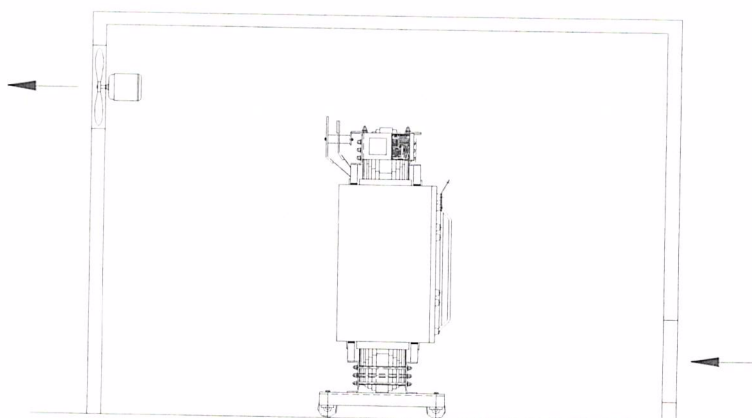


Figura 8 - Ventilação através de exaustão

Para um cálculo aproximado do tamanho das aberturas ou o fluxo de ar necessário na sala pode-se utilizar as expressões abaixo, tomando como diferença de 15°C de temperatura entre o ar que entra e o ar que sai:

$$S = 0,3 \times \frac{P_t}{\sqrt{H}}$$

$$S' = 1,1 \times S$$

$$V = 5 \times P_t$$

onde:

P_t = perdas totais do transformador dissipadas a 115°C [kW]

S = superfície da abertura inferior [m²]

S' = superfície da abertura superior [m²]

H = distância medida entre a metade da altura do transformador e a metade da saída de ar superior [m] (vide Figura 7)

V = volume do ar de refrigeração [m³/min]

Exemplo: Instalação de 2 transformadores de 2.000kVA

Perda total P_t típica para transformador seco de 2MVA a 115°C = 27kW

Distancia H entre a metade da altura do transformador e a metade da saída de ar superior: 1,5m

$$S = 0,3 \times \frac{27 \times 2}{\sqrt{1,5}} = 13,2m^2$$

$$S' = 1,1 \times 13,2 = 14,5m^2$$

Pela área encontrada, sabemos que será necessária a instalação de ventilação forçada na sala. A vazão mínima dos motoventiladores será:

$$V = 5 \times 27 \times 2 = 270m^3 / \text{min}$$

Este exemplo desconsidera a existência de invólucro de proteção, o que seria questionável no caso de uma sala própria para instalação do transformador.



Cuidado!

Caso o transformador possua invólucro de proteção, não substituir o mesmo por outro, pois este pode não ser eficiente para a perfeita ventilação do transformador.

3.2.2 Bloqueio do fluxo de ar do invólucro de proteção

A instalação do transformador deve ser em um local apropriado (de acordo com o grau de proteção), com ventilação necessária para a sua correta refrigeração, atendendo o exemplo da Figura 9.



Atenção!

Não obstruir a circulação de ar na região inferior do invólucro de proteção.

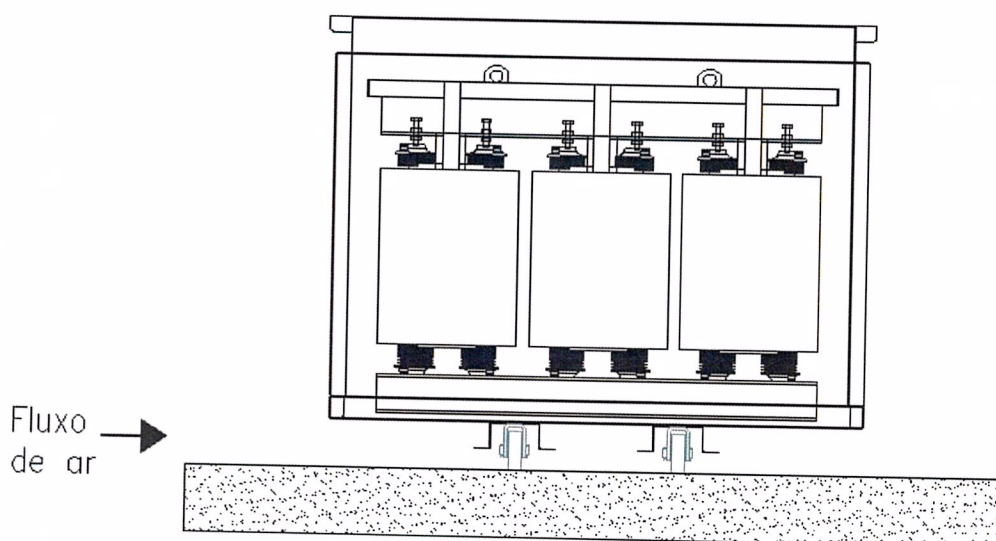


Figura 9 - Fluxo de ar sem obstrução

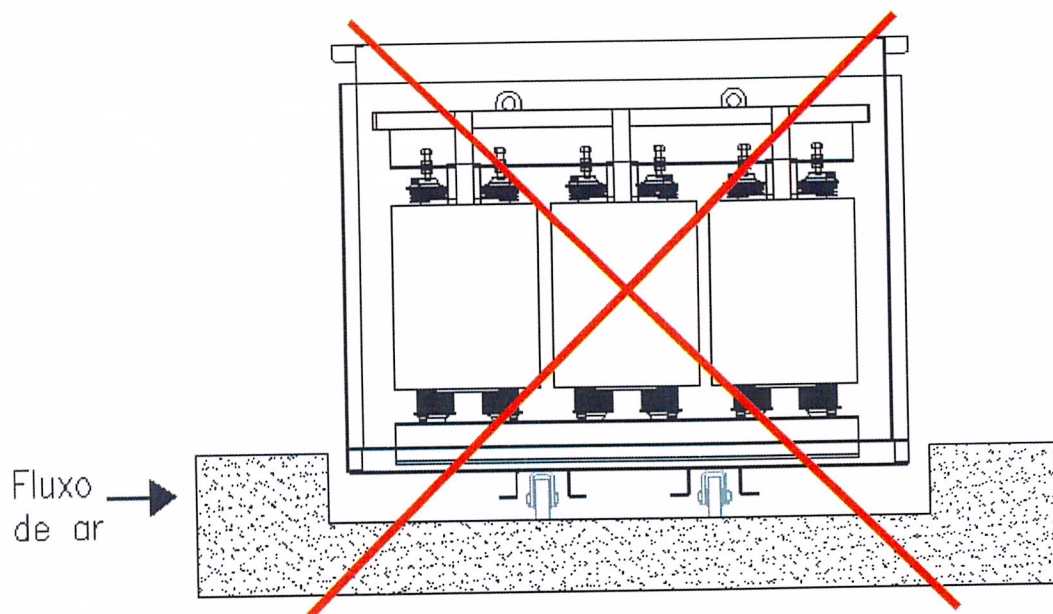
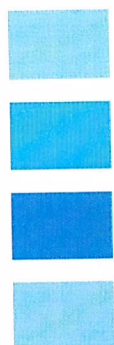


Figura 10 - Fluxo de ar com obstrução

3.3 Altitudes de Operação

Os transformadores são projetados e construídos conforme as normas aplicáveis, para instalações até 1.000m.s.n.m acima do nível do mar. Em altitudes superiores a 1.000m.s.n.m, o transformador terá sua capacidade reduzida ou necessitará de um sistema de refrigeração mais eficaz.

3.4 Distâncias Necessárias para Operação

Os transformadores devem ser instalados e seus cabos conectados, observando-se as distâncias dielétricas necessárias previstas por norma para cada classe de tensão. Devem estar afastados de paredes, grades, eletrodutos, cabos e outros dispositivos conforme os valores especificados na tabela a seguir. Estas distâncias também são importantes a fim de obtermos a ventilação adequada:

Tabela 3 - Espaços externos mínimos para transformadores a seco

Classe de Tensão do Equipamento [kV](eficaz)	Tensão de Impulso Atmosférico [kV]	Espaço Mínimo FASE-TERRA [mm]	Espaço Mínimo FASE-FASE [mm]
1,1	----	25	25
3,6	20	40	50
7,2	40	45	60
	60	65	90
15	95	130	160
	110	150	200
24,2	125	170	220
	150	200	280
36,2	150	200	280
	170	240	320
	200	300	380

3.5 Ligações

As ligações do transformador devem ser realizadas de acordo com o diagrama de ligações de sua placa de identificação. **É importante que se verifique se os dados da placa de identificação estão coerentes com o sistema ao qual o transformador será instalado.**

As terminações devem ser suficientemente flexíveis a fim de evitar esforços mecânicos causados pela expansão e contração que poderão quebrar os isoladores, quando existentes. Estas terminações admitem consideráveis pesos de condutores, mas devem ser evitadas longas distâncias sem suportes. Os cabos ou barras devem estar corretamente dimensionados e as conexões devidamente apertadas a fim de evitar sobreaquecimento. Transformadores a seco WEG possuem marcação dos terminais conforme normas aplicáveis.

**ANTES DE OPERAR
REAPORTE TODAS AS CONEXÕES
ELÉTRICAS E MECÂNICAS**

O circuito de proteção térmica, quando existente, deve ser conectado conforme manual de ligação do mesmo.

A malha de terra deverá ser ligada aos terminais próprios por meio de cabo de cobre com seção adequada.

Os terminais de alta tensão do transformador a seco WEG podem ser de cobre ou alumínio.

Os terminais de baixa tensão geralmente são em alumínio de liga especial e garantem as qualidades eletromecânicas desejadas para uma boa conexão, excepcionalmente esses terminais podem ser de cobre, conforme solicitação do cliente ou conforme diretriz de projeto. O material dos terminais de baixa tensão será o mesmo dos enrolamentos, o qual é informado na folha de dados do transformador.

Para efetuar as conexões se requer alguns cuidados, como segue:

- **Preparação da Superfície:** Antes de realizar qualquer ligação ou conexão, as superfícies de alumínio/cobre devem ser limpas a fim de retirar a fina camada de óxido que se cria espontaneamente em contato com o ar. A remoção desta camada de óxido pode ser efetuada com escova de aço, lixa fina, raspagem, etc.

Porém durante este processo deve ser isolado a parte inferior do barramento afim de se evitar que as partículas retiradas se desloquem para o interior das bobinas.

Para os casos em que o barramento possui tratamento químico (estanho/prata), apenas deverá ser limpo com uma flanela seca.

Após efetuar a preparação da superfície, conforme descrito anteriormente, o barramento deverá ser limpo com uma flanela seca.

3.5.1 Conexão dos barramentos

Os barramentos após estarem com suas superfícies limpas, estarão aptos a serem conectados, porém é importante que a conexão seja efetuada o mais breve possível.

Deve-se também avaliar o tipo de conexão, conforme destacamos abaixo:

- **Conexão Alumínio-Alumínio:** Os terminais do transformador e os barramentos a serem conectados, devem receber o tratamento de modo idêntico, preparando a superfície conforme citado anteriormente.

**Atenção!**

Verificar sempre a existências de conexões entre cobre e alumínio. Estas conexões requerem cuidados especiais.

- **Conexão Alumínio-Cobre:** Quando for efetuado uma conexão entre materiais (barramentos) de cobre e alumínio, aconselhamos que estes barramentos possuam tratamento químico (estanho/prata). Além deste tratamento pode-se também ser utilizado placas de cobre nu ou elemento bimetálico, com o intuito de melhorar as conexões.
- **Material empregado para a conexão:** Todas as peças, porcas, parafusos e arruelas lisas devem ser protegidos contra corrosão.
- **Pressão de contato:** Os parafusos devem de preferência, ser apertados com uma chave com um dinamômetro ou chave limitadora de torque, para se obter uma distribuição uniforme de pressão contato. É recomendado realizar um reaperto dos parafusos após algumas semanas de uso, a fim de equalizar eventuais acomodações (ver Tabela 1 deste manual).

3.6 Proteção e Equipamento de Manobra

Os transformadores devem ser protegidos contra sobrecargas, curto-circuito e surtos de tensão através de chaves fusíveis, disjuntores, seccionadores, para-raios, supressores de surto, etc., que deverão ser adequadamente dimensionados de acordo com o estudo de seletividade e proteção, para posteriormente serem coordenados com o transformador e testados antes de fazer as conexões.

3.6.1 Para-raios

Quando para-raios forem instalados junto à parte ativa do transformador, os mesmos não podem ter seus terminais destinados à terra ligados em eventuais pontos de aterramento situados na parte superior do transformador, os mesmos devem ser aterrados em paralelo à estrutura do transformador, ou seja, aterramento individual.

No caso de transformadores que possuam para-raios de fábrica (fornecidos pela WEG com o transformador), a ligação do equipamento à terra já estará efetuada, basta verificar o torque aplicado aos conectores e realizar a conexão do terminal destinado à fase com a respectiva fase do transformador.

3.6.2 Monitor de Temperatura

O monitor de temperatura é utilizado nos transformadores a seco, com a finalidade de monitorar a temperatura no interior dos enrolamentos.

Desta forma o monitor de temperatura recebe o valor da resistência através de um sensor (PT100/PTC), e o transforma em temperatura equivalente, a qual é vista no monitor de temperatura, com painel frontal digital.

O monitor de temperatura desempenha diversas funções de controle e acionamento de contatos. Para o monitor digital pode-se através do teclado frontal configurar os parâmetros de sua atuação e posteriormente podem ser lidos os valores medidos e parametrizados, como ventilação, alarmes e desligamentos.



Figura 11 - Monitor de temperatura (analógico/digital)

Nota: Todos os monitores de temperatura, quando fornecidos com os transformadores WEG, são devidamente parametrizados. Caso o mesmo seja substituído, deverá ser contatada a equipe de assistência técnica da WEG.



O sistema de proteção térmica protegerá o transformador quando este estiver por qualquer razão superaquecendo. Verifique a alimentação e o funcionamento antes da energização.

4 ENERGIZAÇÃO

A energização do transformador deverá ser feita após a verificação dos itens relacionados a seguir:

- Verificar se as tensões informadas na placa de identificação estão de acordo com as previstas para o local;
- Para a operação de transformadores em paralelo, verificar se a ligação está com a polaridade correta;
- Verificar se as conexões dos cabos ou barras estão corretamente ligadas e posicionadas de forma adequada;
- Verificar as ligações no painel de mudança de derivações. Devem estar firmes e na mesma posição nas três fases;
- Se o aterramento está corretamente conectado ao parafuso previsto para esta finalidade, além de verificar se o aterramento foi executado em local previsto no projeto e mostrado no desenho;
- Para transformadores com dispositivo de proteção térmica, conferir a ligação do circuito, notando se a tensão está de acordo e se os contatos de alarme e desligamento estão ligados aos respectivos circuitos;
- Verificar se não existe materiais, equipamentos ou outras impurezas sobre o transformador, entre as bobinas ou impedindo a ventilação nos canais de resfriamento. A limpeza deverá ser feita conforme item 5.2 deste manual;
- Sempre é recomendável fazer uma verificação da resistência do isolamento, fazendo medições entre os enrolamentos de alta e baixa tensão e dos enrolamentos contra a terra.

Feitas estas verificações, o transformador deve ser conectado ao sistema. A tensão deverá ser aplicada com o transformador à vazio e medida no secundário para checar a correspondente saída.

Operações em tensões acima da nominal podem causar a saturação e aumento significativo das perdas. Podendo resultar em superaquecimento e níveis de ruído acima do normalizado.

A carga deve ser aplicada progressivamente até a potência nominal.



Atenção!

Se o transformador estiver na derivação (tap) incorreta, podem ser gerados níveis de ruído acima do normalizado.

4.1 Energização de Transformador para Retificador após Falha do Sistema

Quando houver uma parada do sistema em função da ocorrência de um problema (ou seja, quando a parada não tiver sido gerada por um desligamento voluntário dos operadores), o transformador somente poderá ser energizado novamente após a execução dos seguintes procedimentos:

1. Desconexão dos cabos de alimentação do transformador e da carga;
2. Execução do ensaio de resistência ôhmica em todos os enrolamentos (BT e AT), entre fases e entre fase-neutro (este último quando aplicável);
3. Execução do ensaio de relação de transformação em todos os taps;
4. Execução do ensaio de resistência do isolamento de todos os enrolamentos entre si e contra a terra;
5. Se todos os ensaios anteriores apresentarem resultados satisfatórios comparativamente aos relatórios de fábrica, fazer a desmagnetização do núcleo conforme segue:
 - Com uma fonte de tensão variável adequada, aplicar uma rampa de tensão do remanente da fonte até a tensão nominal do transformador pelo lado da BT com a alta tensão em aberto e no maior tap. Manter esta tensão por 2 minutos.

Após estes procedimentos com resultados satisfatórios o transformador poderá ser reenergizado. Estas operações devem estar documentadas.



Seguindo o procedimento de reenergização após falha do sistema, fica garantido que o transformador não sofreu danos devido a curtos-circuitos externos.

5 MANUTENÇÃO

Sendo uma das grandes vantagens deste tipo de transformador, os transformadores a seco WEG necessitam de pouca manutenção. Contudo, é necessário fazer um acompanhamento constante a fim de se evitar problemas como acúmulo de poeira e outras impurezas, (o que pode causar perda na capacidade de refrigeração e consequente perda de potência), deformações de sua estrutura e condições das conexões elétricas, entre outras.

Itens de manutenção recomendados pela WEG:

1. Inspeção visual do local;
2. Limpeza conforme especificado a seguir no item 5.2, verificação de entradas e saídas de ar;
3. Verificar se não houve sobreaquecimento nos terminais de ligação;
4. Verificar o funcionamento do conjunto de proteção térmica;
5. Verificação da pressão nos contatos dos terminais e painel de comutação;
6. Verificar se o aterramento está corretamente conectado aos terminais previstos.



A limpeza do transformador e do ambiente onde este se encontra são indispensáveis para o correto funcionamento do mesmo, devendo fazer parte dos itens de verificação durante a manutenção periódica.

5.1 Inspeções Periódicas

5.1.1 Registros operacionais

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, bem como todo evento relacionado, ou não, com a operação do sistema elétrico que possa afetar o desempenho e/ou características intrínsecas do transformador. É recomendável a leitura diária dos indicadores de temperatura (anotar temperatura ambiente), carga e tensão do transformador a seco enquanto este estiver energizado.

5.1.2 Inspeção termográfica

Estas inspeções devem ser realizadas periodicamente nas instalações, objetivando, principalmente, detectar aquecimento anormal nos conectores.

5.1.3 Inspeções visuais

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

Alguns defeitos normalmente ocorridos podem ser relacionados com sua sugerida solução.

Tabela 4 - Causas de defeitos e correções

ITEM	ANORMALIDADES	CAUSA PROVÁVEL	CORREÇÃO
1	Sobreaquecimento nos terminais AT, BT e pontos de conexão e painel de comutação.	Mau contato.	Limpeza de áreas de contatos. Reapertar porcas e parafusos.
2	Sobreaquecimento do transformador	Sobrecarga acima do previsto.	Diminuir carga. Aumentar a refrigeração.
		Circulação de ar de refrigeração insuficiente.	Limpar canais de ar de refrigeração do transformador. Verificar dutos e aberturas para circulação de ar de refrigeração quanto ao dimensionamento e às obstruções.
		Temperatura do ar de refrigeração acima da temperatura prevista.	Diminuir carga. Aumentar a circulação de ar da refrigeração.
3	Atuação do relé de proteção (alarme e/ou desligamento).	Sobreaquecimento do Transformador.	Conforme item 2.
		Falta de tensão de alimentação do relé.	Verificar tensão de alimentação no relé. Verificar funcionamento correto do relé e fiação.
4	Descarga entre terminais AT	Redução da resistividade superficial do material isolante por existência de corpos estranhos.	Limpeza geral, com remoção dos corpos estranhos depositados na superfície.
	Descarga entre AT e massa		
	Descarga entre AT/BT	Destruição do material isolante devido à sobretensões, sobreaquecimento ou esforços mecânicos acima do previsto.	Substituição ou reparo da peça danificada.
5	Ruído excessivo	Descarga entre BT/massa	
		Tensão mais elevada que a prevista. Assentamento não uniforme da base do transformador. Ressonância com superfícies ao redor do equipamento.	Verificar a tensão correta e ajustar ao tap mais adequado. Verificar a existência de superfícies metálicas (painéis, armários, dutos, portas, etc.) soltas com possibilidade de vibrações.
		Ressonâncias transmitidas pelas ligações.	Instalação de elementos flexíveis entre os terminais do transformador e os condutores da instalação.

5.2 Limpeza

Um importante fator para um melhor funcionamento deste tipo de transformador é a constante e eficiente limpeza do mesmo para que não ocorra prejuízo de importantes características do transformador. Por esse motivo, indicaremos procedimentos de limpeza para os tipos de impurezas relacionadas a seguir:

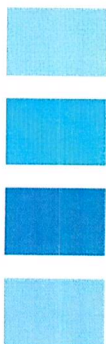
Tabela 5 - Procedimentos de limpeza para transformadores a seco

Tipo de sujeira encontrada	Procedimento utilizado
Pó seco em geral	1 e 4
Pó úmido	3 e 4
Maresia (salinidade)	1 e 4
Pó metálico (pó industrial)	1 e 4
Óleos em geral	2, 3 e 4
Grafite ou similares	1 e 4

1. Com auxílio de um aspirador de pó ou um espanador e pano seco, remover a poeira depositada no transformador. Em seguida, use ar comprimido para remover os resíduos de poeira e fazer a limpeza dos canais de ventilação das bobinas e entre a bobina e o núcleo. A injeção do ar nos canais de ventilação deve ser feita de baixo para cima. A pressão do ar deve estar limitada a aproximadamente 5atm. Para finalizar, use um pano seco e limpo para remover resíduos que ainda permanecem nas bobinas, principalmente em volta dos terminais e nos isoladores.
2. Com auxílio de um pano umedecido com benzina, remova as impurezas do núcleo, ferragens e bobinas. Repita com um pano seco e limpo. Observe se os canais foram obstruídos. Se as impurezas nos canais estiverem secas, adote o procedimento (1) nesta limpeza. Caso contrário, identifique a sujeira existente e faça contato com a fábrica para verificar o melhor procedimento. A utilização de benzina ou outro produto requer cuidados especiais em seu manuseio.
3. Com o auxílio de um pano umedecido em água, com pequena concentração de amoníaco ou álcool, remova impurezas do transformador. A limpeza pode ser complementada utilizando um dos procedimentos anteriores dependendo do tipo de sujeira a ser removida.



4. A finalização deverá sempre ser feita com um pano limpo e seco, devendo-se limpar toda a superfície, principalmente na região dos terminais de ligação.





MANUAL DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO

TRANSFORMADORES



Sumário

A. INTRODUÇÃO.....	3
B. TRANSPORTE	3
C - INSPEÇÃO VISUAL	4
D - MANUSEIO	5
E - RECEBIMENTO	5
F – ARMAZENAGEM	6
G - INSTALAÇÃO.....	6
H - TESTES DEPOIS DA MONTAGEM.....	7
I- GENERALIDADES:.....	10
J- ENERGIZAÇÃO:	11
K- MANUTENÇÃO:PREVENTIVA /CORRETIVA.....	11



MANUAL DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO

INSTRUÇÕES GERAIS

A. INTRODUÇÃO

As instruções deste manual foram elaboradas para os usuários de nossos produtos, visando orientá-los quanto aos cuidados e procedimentos necessários para obtenção de um ótimo rendimento dos mesmos.

As recomendações aqui contidas devem complementar-se nos itens da norma ABNT NBR-7037 onde se aplicam.

B. TRANSPORTE

O transporte deve ser realizado de modo a proteger todo o equipamento contra queda ou danos devido ao manejo (por exemplo, na pintura).

Nos casos em que os transformadores forem embalados, o material utilizado e o arranjo da embalagem devem suportar os esforços durante o transporte, a fim de proteger o transformador.

Os transformadores são embarcados com seus enrolamentos de alta tensão ligados em sua tensão mais alta, salvo especificação em contrato.

No recebimento, cada unidade deve ser submetida a inspeção visual conforme 4.2. Sendo constatada qualquer ocorrência anormal, o receptor deve anotar no documento de embarque as irregularidades encontradas e imediatamente notificá-las à **OMEGA TRANSFORMADORES**, ou ao transportador, para que sejam tomadas as providências exigidas em cada caso.

A notificação da ocorrência deve conter todos os elementos mencionados na placa de identificação, assim como os detalhes específicos nos danos sofridos pelo transformador.



C - INSPEÇÃO VISUAL

- a) O equipamento deve ser examinado de modo a verificar:
- b) se as características da placa de identificação do transformador, estão de acordo com o pedido;
- c) a inexistência de fissuras ou lascas nas buchas e danos externos no tanque ou acessórios (arranhões ou amassados);
- d) a totalidade dos terminais e acessórios;
- e) o nível correto do líquido isolante (quando os transformadores forem embarcados com óleo) ou a pressão interna positiva (quando os transformadores forem embarcados com gás inerte). Caso contrário, tal fato será tomado como indicação de vazamento e de eventual entrada de umidade;
- f) a exatidão dos instrumentos, através de suas leituras;
- g) os componentes externos do sistema de comutação. Nessa ocasião deve-se proceder a mudança para todas as posições, a fim de determinar possíveis defeitos do sistema durante o transporte;
- h) a inexistência de vazamentos através de buchas, bujões e soldas;
- i) indícios de corrosão em qualquer ponto do tanque;
- j) a marcação correta dos terminais;
- k) o estado da embalagem quando existente.



D - MANUSEIO

4.1 - Todos os serviços de descarregamento e locomoção do transformador devem ser executados e supervisionados por pessoal especializado, obedecendo-se os pontos de apoio apropriados.

4.2 - O levantamento ou tração deve ser feito pelos pontos de apoio indicados nos desenhos ou instruções do fabricante, não devendo utilizar outros pontos que, se utilizados, podem acarretar graves danos no transformador.

4.3 - Todos os componentes e acessórios devem ser manuseados com o devido cuidado e obedecendo às instruções de 4.2.

4.4 - O manuseio do transformador deve ser feito de forma planejada e cuidadosa, evitando-se movimentos bruscos ou paradas súbitas que possam causar danos. Deve ser realizado com equipamentos e materiais adequados, possibilitando segurança ao pessoal envolvido e ao transformador.

E - RECEBIMENTO

Sempre que possível o transformador deve ser descarregado diretamente na sua base definitiva. Antes do descarregamento, deve ser feita, por pessoal especializado uma inspeção preliminar no transformador verificando suas condições externas, acessórios e componentes, quanto a deformações e estado de pintura. Qualquer anormalidade nos deverá ser comunicada imediatamente.

Todo o serviço de descarregamento e locomoção do transformador deve ser feito por pessoal especializado, obedecendo-se as normas de segurança e utilizando-se dos pontos de apoio apropriados. O manuseio deve ser feito de forma planejada e cuidadosa, evitando-se movimentos bruscos e paradas súbitas.



F – ARMAZENAGEM

Quando o transformador não for posto em serviço imediatamente, este deve ser armazenado com líquido isolante em seu nível normal. O armazenamento deve ser feito, de preferência em condições que o transformador não fique sujeito às intempéries, às grandes variações de temperatura e a gases corrosivos e de modo a não sofrer quaisquer danos mecânicos.

Indica-se que os transformadores não fiquem em contato com o solo. Para isso devem ser utilizados pranchas ou calços de madeira.

Para os transformadores excepcionalmente armazenados com gás nitrogênio, o óleo, antes de ser colocado, deve ser submetido aos ensaios previstos pela NBR-5356 e apresentar as características e respectivos valores limites especificados na Resolução 6/72 da norma CNP 16 e na resolução 15/8 do regulamento técnico 06/Rev. I.

Os acessórios devem ser armazenados em locais adequados quando retirados, dos transformadores.

O secador de ar deve ser instalado para evitar sobre pressões em transformadores com conservador, mesmo desenergizados.

Por conta do período com o transformador fora de uso, o mesmo deve ser efetuado os testes de relação de Transformação, resistência dos enrolamentos e resistência de isolamento para averiguação que o mesmo se encontra em bom estado para uso.

G - INSTALAÇÃO

- Antes de qualquer providência para montagem do transformador deve ser verificada a disponibilidade de pessoal qualificado, assim como, de equipamento e ferramentas adequadas.
- Não é recomendável a montagem do transformador em dias chuvosos.



- Antes da montagem do transformador deve ser feita uma verificação, constando de:

Uma inspeção visual, principalmente quanto ao correto nivelamento da base. O transformador deve possuir uma ligeira inclinação ascendente, em relação ao conservador, considerada ideal para o correto funcionamento do relê de gás;

Fixação correta do transformador, através da inspeção dos dispositivos de ancoragem;

Uma inspeção visual, na parte externa do tanque do transformador, a fim de constatar a não ocorrência de danos durante o manuseio;

Constatar se os dados de placa estão compatíveis com a especificação técnica do equipamento;

Para transformadores religáveis constatar se a ligação de despacho (expedição) atende ao especificado.

- Para transformadores sem óleo, deve ser verificada a pressão do gás e o ponto de orvalho.

- Para transformadores transportados com óleo, sempre que possível, deve-se colher amostra do óleo isolante para ensaio em laboratório.

- Devem ser verificadas as conexões de aterramento do transformador.

- Instalar o secador de ar em transformadores com conservador mesmo com o equipamento desenergizado.

H - TESTES DEPOIS DA MONTAGEM

Antes de energizar o transformador, os seguintes testes devem ser feitos:

- TESTES DE ISOLAÇÃO - Teste com o "megger" de todos os enrolamentos para a terra, bem como entre enrolamentos. Os testes devem ser feitos com um "megger" de 5000 v, após a limpeza e secagem externa das buchas e após o desligamento da conexão para bucha, tais como cabos para conector, barras para terminal da bucha e para-raios. Comparar os resultados com os relatórios de ensaio.



- VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO - A relação de transformação deve ser verificada em todas as derivações, com o comutador nas respectivas posições.

Verificar a continuidade de voltagem durante a mudança de derivações (não se aplica para comutadores sem carga) e medir a corrente de excitação na AT, caso necessário. Realizar também o teste de defasagem (deslocamento angular).

- TRANSFORMADORES DE CORRENTE - O teste de polaridade, se requerido, pode ser feito pelo processo do golpe indutivo com corrente contínua.

- TESTES DO ÓLEO - Retirar amostras de óleo das válvulas inferiores do tanque principal, do tanque do comutador e/ou do tanque da chave desviadora.

Realizar o teste de resistência dielétrica, durante um minuto e também o teste de ruptura, de acordo com as normas vigentes.

- TERMÔMETROS E TERMOSTATOS - Remover o bulbo do termômetro e colocá-lo, juntamente com um termômetro padrão, num recipiente adequado cheio de óleo do transformador. Aquecer e agitar o óleo lentamente, fazendo leituras no termômetro.

Ajustar o termômetro do transformador, se necessário. Verificar também os contatos sinalizadores e regulá-los para a temperatura desejada. Para os transformadores fornecidos com termômetros para temperaturas do óleo e do enrolamento, os valores para ajuste dos contatos sinalizadores são recomendados conforme tabela abaixo podendo, no entanto, serem alteradas para satisfazer aos valores usuais do cliente.



Transformadores com resfriamento ou com ventilação forçada

**Temperatura
do óleo**

85°C

**Temperatura
do enrolamento**

95°C

Os contatos de termômetros utilizados para acionar bombas de óleo e ventiladores, em transformadores resfriados pôr circulação forçada, são em geral reguladores para 60°C se o termômetro for atuado pela temperatura do óleo, e para 75°C, se for atuado pela temperatura do enrolamento. Em ambos os casos a escolha deve ser feita separadamente.

- RELÉ DETECTOR DE GÁS - Os circuitos de alarme e desligamento devem ser verificados insuflando ar sob pressão de 45kgf/cm² no relê, até a queda da boia. Verificar se o disjuntor opera.

- INDICADOR DO NÍVEL DO ÓLEO - Movimentar o braço da boia do indicador do nível do óleo entre as posições extremas, para verificar se o mecanismo não se prende em alguma posição e se os contatos sinalizadores operam satisfatoriamente.

- OUTROS INDICADORES - É recomendável que todos os indicadores tais como válvula de segurança, chaves de pressão diferencial para sistemas óleo-água, indicadores de vazão, relés de pressão súbita, etc., caso fornecidos, sejam testados antes da energização do transformador. Seguir se possível, as instruções existentes e verificar se todas as sinalizações, disparos., ocorrem adequadamente.

- NÍVEIS DE ÓLEO - Verificar o nível do óleo no transformador e nas buchas. Corrigir se necessário.

- DESGASEIFICAÇÃO - Se o óleo for purificado por um filtro sem desgaseificador ou for introduzido num tanque com vácuo apenas



parcial, é impossível evitar, durante o enchimento, a entrada de ar no transformador, juntamente com o óleo.

O ar em suspensão no óleo, sob a forma de pequenas bolhas, reduz a resistência dielétrica do óleo, podendo também aderir aos enrolamentos formando gradativamente bolhas maiores que, em seguida, se desprendem e sobem através do óleo. Se o transformador estiver energizado, as bolhas podem causar corona ou descargas, ao passar pôr pontos onde o campo elétrico é elevado.

Outro inconveniente é que o ar pode originar um falso alarme de gás, ao passar pelo relê detector de gás, com distúrbios óbvios para o serviço. É, portanto, recomendável verificar que não haja ar preso nos tubos centrais das buchas condensivas, nos canecos das buchas ou qualquer outro ponto elevado na tampa do transformador, tais como canalizações para radiadores ou trocadores de calor.

- COMUTADOR SEM CARGA - Verificar a chave de travamento, caso fornecida, e ajustá-la, se necessário. Verificar também se o disjuntor do transformador opera, ao se tentar acionar o comutador. Colocar o comutador na posição desejada e travá-lo com um cadeado.

- GENERALIDADES:

Verificar e, se necessário, ajustar:

- a. - A sílica e o nível do óleo, no secador de ar;
- b. - Se todas as válvulas estão em posição correta;
- c. - Se o transformador e os painéis de controle estão hermeticamente fechados e limpos;
- d. - Se todas as conexões às linhas e às barras coletoras, bem como à terra, estão satisfatórias;
- e. - Se há distância suficiente entre os terminais sob tensão e terra (em alguns transformadores devem-se remover os olhais de suspensão);



MANUAL DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO

- f. - Se todos os parafusos das gaxetas estão suficientemente apertados;
- g. - Se não foi deixado qualquer equipamento, ferramentas, etc., no transformador;
- h. - Se toda danificação à pintura foi retocada.

- ENERGIZAÇÃO:

- RELÉS DE PROTEÇÃO - Verificar se os relés de proteção estão todos ligados corretamente e funcionando de acordo. Os relés em si, devem ter sido testados anteriormente.

- TESTES SOB TENSÃO NOMINAL - Se houver um gerador de potência suficiente disponível para o teste, a tensão deve ser gradualmente elevada de um pequeno valor inicial até o valor nominal. (Uma sobretensão de aproximadamente 25% pode ser mantida durante alguns minutos, se assim for desejado).

Caso contrário, o transformador pode ser ligado diretamente à linha. Após a energização do transformador, este deve ser mantido sob cuidadosa observação, durante certo tempo.

Após o funcionamento, de uma ou duas semanas, as gaxetas provavelmente cederão e os respectivos parafusos devem ser reapertados.

K- MANUTENÇÃO: PREVENTIVA /CORRETIVA

Os transformadores, em serviço, são frequentemente submetidos a consideráveis esforços mecânicos e elétricos. A fim de evitar falhas e complicações, é extremamente importante que os transformadores sejam cuidadosamente inspecionados.



Deve-se atentar inicialmente para o óleo, e a sua temperatura, bem como para as temperaturas das diferentes partes do transformador.

INSPEÇÕES PERIÓDICAS: A cada 6 meses deve ser realizada uma inspeção exterior com o transformador energizado, limitando-se a uma observação a distância do estado do aparelho constando de:

- a) Verificação da inexistência de fissuras, lascas ou sujeiras nas buchas e danos externos no tanque ou acessórios (arranhões ou amassados);
- b) O estado dos terminais e ligações do transformador;
- c) Possíveis vazamentos pelas buchas, tampas, bujões e soldas;
- d) Indícios de corrosão em qualquer parte do tanque;
- e) Verificação da inexistência de ruídos anormais mecânicos ou elétricos;
- f) Verificação da fixação do transformador;
- g) Verificação do aterramento e equipamento de proteção do transformador;
- h) Verificação do nível do líquido isolante, quando o indicador for externo.

A cada 12 anos devem ser realizados, a critério do usuário, os seguintes ensaios:

- a) Testes de rotina como – relação de transformação, resistência dos enrolamentos e resistência de isolamento;
- b) Retirada da amostra do líquido isolante para análise em laboratório.

Deve-se proceder da seguinte maneira:

- Limpar cuidadosamente a válvula ou dispositivo existente para esse fim;
- Usar um recipiente de vidro transparente com capacidade de aproximadamente um litro, que deve ser lavado primeiro com água e em seguida com álcool ou benzina;
- Este recipiente deve ser seco e em seguida lavado com o próprio óleo do transformador;
- Deixar escorrer cerca de meio litro pela válvula do transformador antes de encher o recipiente;



- Encher cuidadosamente o recipiente com óleo do transformador, evitando a entrada de qualquer impureza;
- Vedar, hermeticamente, o recipiente com rolha de vidro esmerilhada, de preferência mergulhando-se em parafina.
- Se os valores indicarem a necessidade de uma revisão completa no transformador, recomenda-se enviar a unidade para as oficinas.
- A cada 10 anos, deve ser realizada uma revisão completa do transformador, necessitando para tanto que a unidade seja enviada ao fabricante.

ÓLEO: O óleo de transformador é higroscópico e, portanto, absorve umidade do ar com facilidade. Esta absorção é, no entanto, completamente evitada se o transformador for selado, ou quase totalmente evitada com auxílio do tanque conservador e do secador de sílica-gel. Este secador deve estar sob observação constante e a sílica deve ser renovada ou recuperada, assim que sua capacidade de absorver umidade começar a diminuir.

Se algum serviço o expuser à umidade do ar, a tensão de ruptura dielétrica do óleo deverá ser verificada. Esta verificação do óleo sempre deve ser feita em transformadores grandes, após intervalos regulares de tempo.

O oxigênio do ar causa também uma oxidação do óleo. Neste processo se originam, além de água, ácidos e asfaltos que acarretam depósitos de "lama" nos enrolamentos, no núcleo, etc. O resfriamento do enrolamento e núcleo é prejudicado reduzindo a resistência de isolamento.

Se tiver havido início de formação de lama, o óleo muda de cor tornando-se mais escuro. A aparência do óleo é comumente lamacenta. Por filtragem pode-se remover a lama, mas, uma vez iniciada, a formação de lama aumenta com o tempo. O óleo nestas condições deve ser trocado assim que as condições de serviço o permitam.

Outro processo de deterioração, associado com a formação de lama, é o aumento do conteúdo de ácidos livres no óleo. Se tal conteúdo não ultrapassar 0,5mg de KOH pôr grama e, além disso o óleo demonstrar boas propriedades, ele é adequado para o uso. Caso contrário, o óleo



deve ser trocado. Caso o ponto de ignição, quando testado de acordo com o método de Pensky-Martens, for inferior a 130°C e, além disso, o óleo tiver cheiro de queimado, pode ter ocorrido uma decomposição (cracking) do óleo.

Neste caso, o transformador deve ser inspecionado (levantamento da parte ativa ou abertura das tampas de inspeção) para verificação de possível sobreaquecimento local no núcleo ou nos enrolamentos.

A troca de óleo num transformador deve ser feita, de preferência, quando o transformador estiver quente e a viscosidade do óleo for baixa. A troca deve ser a mais completa possível, pois a mistura do óleo novo com óleo velho adquire em pouco tempo as propriedades do óleo de qualidade inferior.

A experiência também demonstrou que, se misturarem dois óleos novos de qualidades diferentes, as propriedades da mistura não serão melhores que as do pior óleo.

c) Quando se trata de repor óleo, que foi retirado ou vazado, tratando-se de pequenas quantidades, é suficiente que o óleo a ser adicionado seja seco e puro e, pelo menos, da mesma qualidade que o óleo existente no transformador.

O óleo que não estiver exageradamente oxidado pode, em certos casos, ser recuperado, mas isto só se torna econômico para quantidades razoavelmente grandes. A recuperação deve ser efetuada por firma idônea, a qual tratará o óleo quimicamente.

TEMPERATURA: O tempo de vida de um transformador depende bastante da temperatura reinante nos enrolamentos e no núcleo do transformador em serviço. É importante, portanto, que a temperatura esteja constantemente sob observação.

As elevações de temperatura permitidas estão especificadas nas normas para transformadores, e estas variam um pouco de país para país.

As normas ABNT (NBR-5356) permitem uma elevação de temperatura de 55°C para o óleo e 65°C para os enrolamentos. Estes valores estão baseados na temperatura máxima de meio de resfriamento de 40°C para o ar e 30°C para a água. Sendo baixa a temperatura do meio de resfriamento, o transformador poderá ser sobrecarregado. A sobrecarga



permissível não deve, no entanto, ser avaliada somente a partir do aumento de temperatura do óleo sobre o meio de resfriamento, pois a gradiente de temperatura enrolamento-óleo cresce a potência 1,6 do crescimento da carga.

Às vezes, a capacidade de suportar uma sobrecarga é limitada por acessórios do transformador, por exemplo, buchas, comutador etc.

Recomenda-se investigar, se cada acessório tem capacidade contínua de sobrecarga igual ou maior que 20%.

As variações repentinas de carga afetam a temperatura do óleo de maneira apenas gradual, ao passo que a temperatura do enrolamento se estabiliza bem mais rapidamente.

Se houver tendência de aumento na temperatura de um transformador, sem que tenha havido aumento de carga, a causa pode ser uma deficiência no meio de resfriamento. Em sistemas de resfriamento óleo-água, poderão ocorrer depósitos de lama nos tubos do resfriador, o que acarretará, evidentemente, num aumento de temperatura do óleo. Outro motivo para a elevação anormal da temperatura pode ser que o óleo tenha iniciado o depósito de lama nos enrolamentos e no núcleo do transformador. Com isso, fica afetado o resfriamento destas partes e as respectivas temperaturas aumentarão. Se forem constatadas temperaturas anormais, devem-se verificar inicialmente os termômetros.

SISTEMA DE RESFRIAMENTO: Nos transformadores com resfriamento natural ou com ventilação forçada, não são necessárias providências especiais para manter limpas as superfícies de resfriamento, desde que o óleo esteja em boas condições. Se estiver havendo formação de lama no núcleo, esta poderá se depositar em porções horizontais nos radiadores ou trocadores de calor. Neste caso, estes dispositivos devem ser limpos ao mesmo tempo em que se faz uma troca de óleo e uma inspeção geral no transformador. Se a lama não se soltar com o fluxo de óleo utilizar benzina, tricloroetileno, etc., e em seguida, banho de óleo.

São também comuns depósitos de sedimentos de água, em trocadores de calor óleo-água. Na maioria das vezes os depósitos consistem de lama, mas também se encontram depósitos orgânicos sob forma de longas fibras especialmente se água de rios for usada para refrigeração.



RELÉ DETECTOR DE GÁS: O relé detector de gás é um dispositivo útil para a supervisão do transformador em serviço.

Tais relés estão incluídos entre os acessórios padrão, para os transformadores, a partir de certa potência.

TANQUE TAMPA: Recomenda-se que o transformador seja mantido sob inspeção regular. Se houver necessidade de algum ajuste realizá-lo o mais cedo possível.

ACESSÓRIOS: Testar todos os acessórios uma vez pôr ano. Examinar todos os aparelhos, cabos elétricos e condutores, dispositivos de sinalização ou operação da sala ou painel de comando. O teste com o "megger" também é recomendado.

RODAS: Quando houver rodas no transformador, estas devem ser retiradas durante o transporte e após a instalação do transformador em local definitivo, as mesmas devem permanecer calçadas/travadas.