



revista técnico-profissional
energia
telecomunicações
segurança

Works with
WiFiFER

Schneider Charge

Experiência de
carregamento inteligente

Utilize a aplicação **Wiser Home** para gestão
e monitorização do carregamento VE

se.com/pt

© 2024 Schneider Electric. Todos os direitos reservados. Todas as marcas registadas
são propriedade da Schneider Electric SAS ou das suas empresas afiliadas.

Life Is On

Schneider
Electric

case study

- ADMedida: teste de perda de potência de transformadores
- Grupo Contimetra/Sistimetra: como enfrentar os desafios da nova EPBD no setor AVAC?
- Duarte Neves: como verificar a segurança das instalações elétricas? (1.ª Parte)
- Electrónica OLFER: desafios dos sistemas de armazenamento de baterias

reportagem

- IA no centro de mais um F.Fonseca Day
- campeonato Mundial das Profissões WorldSkills: Portugal e o CENFIM no topo da Excelência

- Eplan Portugal celebra 40 anos de inovação e fortalece laços com clientes em encontros nacionais

dossier sobre transformadores e grupos eletrogéneos

- a importância da manutenção de transformadores a óleo: o problema é da humidade!
- do dimensionamento à manutenção – energia de confiança
- como escolher o seu gerador de energia?
- inspeção de grupos eletrogéneos: uma perspetiva com base na Legislação Portuguesa
- o transformador eléctrico (1.ª Parte)

agefe
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ENGENHEIROS
ELECTRICISTAS E TÉCNICOS DE
INSTALAÇÃO E REPARAÇÃO

parceiros
voltimum

Rede de Manutenção em Energia
KNX

a importância da manutenção de transformadores a óleo: o problema é da humidade!

Sofia Cardoso, responsável do Laboratório

Jonathan Ferreira, Sales Engineer

Ambicare Industrial, Lda

Um transformador sem problemas de humidade é sinónimo de um transformador saudável. Conhecer o estado externo e interno destes equipamentos permite garantir a fiabilidade, bom funcionamento e produção constante na indústria.



INTRODUÇÃO

A robustez e fiabilidade dos transformadores elétricos leva à falsa perceção de não existir a necessidade de realizar uma manutenção preventiva e avaliação dos diferentes componentes que constituem estes equipamentos. No entanto, o óleo isolante e outros materiais internos degradam com o passar dos anos e com o *stress* elétrico e térmico ao que o transformador é submetido. A existência de água no fluido dielétrico reduz substancialmente a eficiência isolante e tensão disruptiva do óleo, enquanto aumenta a degradação do papel isolante do transformador. Esta combinação de fatores pode gerar descargas parciais nos transformadores, fazendo assim com que seja imprudente a sua utilização.

Neste artigo serão abordadas as diferentes técnicas existentes na atualidade para remover a humidade do transformador e entender ao máximo a vida útil do equipamento.

ORIGEM DA HUMIDADE

A longevidade dos transformadores elétricos está diretamente relacionada com a humidade interna existente. Manter estes equipamentos secos, com a menor humidade possível, é um dos maiores desafios que a manutenção dos transformadores atualmente enfrenta.

Antes de abordar os métodos de diagnóstico e soluções técnicas existentes, é importante perceber a origem deste inimigo no interior do transformador.

Externamente, podemos encontrar as contaminações devido às fugas existentes nos acessórios e elementos de proteção do transformador: travessias, termómetros, relés DGPT2, relés Buchholz, visores de nível, válvulas, radiadores, juntas da tampa e janelas de visita, entre outros. Outro motivo de existência de partículas de água no interior destes equipamentos é a inexistência ou mal funcionamento dos exsiccadores (passivos ou ativos), falta de manutenção e/ou troca da sílica gel após a sua saturação.

As partículas de água, geradas internamente no transformador, requerem um diagnóstico mais profundo e mais difícil de diagnosticar.

A água gerada internamente, e que fica dissolvida no óleo, tanto pode ser originada pela oxidação do óleo como pela decomposição do isolamento celulósico (papel).

A oxidação do óleo acontece devido às condições de utilização do transformador e falta de manutenção, levando o óleo a entrar em contacto com o ar, sendo o processo acelerado por temperaturas elevadas e sobrecarga do transformador. Enquanto, a decomposição do isolamento celulósico e o seu envelhecimento está diretamente relacionado com a resistência mecânica do papel. A temperatura, humidade e oxidação do óleo isolante influenciam significativamente a diminuição progressiva da resistência mecânica do papel. Neste processo de decomposição, o papel gera diversas substâncias, das quais podemos destacar gases (H_2 ; CH_4 ; C_2H_4 ; CO e CO_2), água e compostos furânicos.

Resumindo, a falta de manutenção do transformador e a sua utilização indevida leva à oxidação do óleo gerando humidade que,

por sua vez, leva à decomposição do papel que também gera partículas de água e que potencia todos estes processos de degradação e deterioração, gerando ainda mais humidade. Concluindo, a degradação do papel isolante é uma fonte geradora de partículas de água.

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

O objetivo dos departamentos de manutenção é diminuir ao máximo a probabilidade de avarias nos diferentes equipamentos que constituem as linhas de produção e distribuição, evitando assim paragens intempestivas e de difícil resolução.

De seguida, abordamos algumas ações preventivas que nos permitem avaliar a humidade nos transformadores elétricos.

Determinação do teor de água do óleo isolante

A determinação do teor de água presente no fluido dielétrico é o principal ensaio para determinar a humidade.



Neste ensaio a norma CEI 60422:2024 recomenda os seguintes limites para as diferentes categorias de transformadores:

	Categoria	Condição – Boa	Condição – Razoável	Condição – Mau
Teor de água (mg/kg)	A	<15	15-20	>20
	B	<20	20-30	>30
	C	<30	30-40	>40

Nota: estes valores devem ser sempre analisados em conjunto com os valores de tensão disruptiva e com o histórico do equipamento, não devendo ser tomada uma decisão apenas com um ensaio pontual.

As categorias dos transformadores são:

- A. Transformadores com uma tensão de operação superior a 170 kV ou qualquer transformador onde a sua continuidade de operação seja vital para a operação do sistema.
- B. Transformadores com tensão de operação entre 72,5 kV e 170 kV.
- C. Transformadores de tensão média e baixa (distribuição) até 72,5 kV.

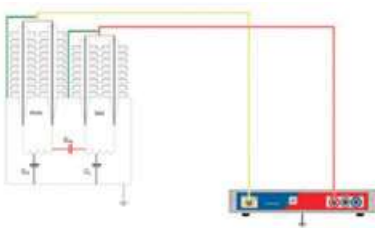
Análise de compostos furânicos

Os compostos furânicos são gerados durante o ciclo de degradação do papel. Devido à sua solubilidade no óleo isolante, é possível através de uma análise laboratorial determinar as concentrações dos diversos compostos furânicos, sendo o 2-Furfuraldeído (2-FAL) o principal composto para determinar o nível de degradação do papel e assim calcular a vida útil do transformador.

Uma concentração elevada de 2-FAL indica-nos um envelhecimento acelerado do papel. Nestas condições, o óleo deverá estar o mais seco possível para não potenciar este processo, assim como a acidez deverá manter-se baixa para evitar uma degradação acelerada do papel.

Determinação do teor de água no isolamento celulósico (ensaio elétrico)

Existe a possibilidade, através de ensaios elétricos, de conhecer o estado do papel. Com a injeção de um varrimento de frequências é possível obter a resposta dielétrica do equipamento, que será comparada com os resultados de uma base de dados a nível mundial, sendo assim possível extrapolar se o papel do transformador se encontra seco, parcialmente húmido, húmido ou extremamente húmido.



Ensaio laboratorial a uma amostra do papel

Existindo a possibilidade de retirar uma amostra do papel dos enrolamentos do transformador, é possível analisar o estado do mesmo para assim calcular a vida útil. Este tipo de análise é muito importante para avaliar investimentos futuros em grandes transformadores de potência.

TÉCNICAS MODERNAS DE REMOÇÃO DE HUMIDADE DOS TRANSFORMADORES

Feito o diagnóstico da quantidade e origem da humidade no transformador, segue-se a aplicação da terapêutica adequada.

Seguidamente, descreveremos alguns dos procedimentos que nos permitem remover essa humidade.

Purificação do óleo com máquinas de tratamento

A remoção de humidade no óleo através de máquinas de tratamento que utilizam filtros e resistências de aquecimento é uma solução tradicional que permite apenas reduzir o teor de água no fluido dielétrico.

O tratamento de óleo é uma solução eficiente de carácter preventivo, isto é, com tratamento regular é possível prevenir que a água se vá acumulando nos enrolamentos do transformador. Quando o transformador já possui uma quantidade de água significativa no seu interior, esta metodologia poderá revelar-se insuficiente dado que 99% da mesma encontrar-se-á no papel do ativo.

Sistema de desumidificação em contínuo

Os sistemas de desumidificação em contínuo têm-se revelado com um bom aliado para prevenção da entrada de humidade no transformador. Este sistema encontra-se constantemente em funcionamento e funciona como uma diálise com um baixo caudal, retendo as partículas de água no material mineral presente dentro dos cilindros. Uma vez saturados, os cilindros são substituídos por outros livres de humidade.



Um fator importante na alta eficácia deste sistema consiste na desumidificação em contínuo do óleo, com o transformador em serviço permitindo a transferência da humidade do papel para o óleo. Contribuindo também para a otimização do fluido na sua função isolante, preservando o papel da degradação e aumentando a vida útil do transformador.

Secagem da parte ativa

Existem situações onde os métodos apresentados anteriormente não são os mais eficazes para solucionar o problema de humidade no transformador elétrico. Sendo necessário soluções mais robustas que atuem diretamente no papel do equipamento.

O método de *Hot Oil Spray* (HOS) é um procedimento de injeção de óleo de sacrifício previamente aquecido diretamente na

parte ativa do transformador, onde se situa o papel, durante um longo período para assim, em conjugação com as altas temperaturas e aplicação de vácuo na cuba do transformador, remover a maior quantidade de água possível.

Outra alternativa para a secagem da parte ativa dos transformadores é em oficina, realizar a desencubagem do transformador e submeter as bobinas do transformador a uma secagem em estufa a uma temperatura controlada durante um período previamente estabelecido.

Ambas técnicas são muito eficientes, conseguindo retirar uma grande quantidade de água do papel isolante sem o danificar. No entanto, existem pontos negativos para ambas abordagens: o transformador fica indisponível durante um período considerável, os custos da operação são significativos comparados com as opções em campo e, por último, envolvem um consumo de energia elevado.

CONCLUSÃO

O grande problema da humidade dentro do transformador reside na saturação do papel com água, pois a sua vida útil está diretamente relacionada com a qualidade do seu isolamento celulósico, pelo que é essencial preservar o seu bom estado. Devido ao papel que se encontra no transformador estar todo ele impregnado no óleo isolante é muito importante que o óleo esteja em boas condições.

É importante definir uma estratégia de manutenção adequada à criticidade do equipamento na instalação em que se encontra inserido. Estamos dispostos a ter uma paragem repentina na produção? A rede elétrica tem redundância? O equipamento poderá ir à oficina durante 3 meses? Estes são exemplos de questões importantes que permitem definir qual o melhor programa de manutenção para cada equipamento.

Para tal é fundamental implementar um programa de manutenção preventiva, onde se inclui as ações de inspeção (detecção de fugas, mudança de sílica, ensaios elétricos) e de monitorização como o caso dos ensaios físico-químicos ao óleo ou outros. A outro nível uma decisão rápida sobre as ações corretivas a tomar permitirá estender garantidamente a vida útil dos equipamentos.

Em suma, a humidade em transformadores a óleo é um problema sério, mas possível de enfrentar com o conhecimento e ferramentas adequadas. Investir em manutenção preventiva e nas tecnologias adequadas não apenas preserva o capital investido nesses equipamentos, mas também evita interrupções dispendiosas garantindo a segurança e eficiência das operações elétricas. **E**