

Identificação dos pontos de atividade com o monitor DGA on-line OPT100

O Vaisala OPT100 foi instalado em CTM Salto Grande na fronteira entre a Argentina e o Uruguai para avaliar os problemas de gaseificação em um transformador de 50/50/100 MVA, para que pudesse ser estudado em condições de operação variáveis ao longo de um ano para determinar se havia alguma correlação entre os níveis de gás e as condições de operação, como carregamento e temperatura máxima do óleo.

Contexto do problema:

O CTM Salto Grande instalou um transformador GSU unifásico vedado OFAF 100 MVA em 2002 e, desde sua ativação, tem apresentado problemas com suspeita de superaquecimento. O etano, e em menor grau o metano, apareceram e estavam aumentando. Problemas térmicos são uma preocupação específica desse transformador porque o óleo contém DBDS que, em altas temperaturas, pode levar à formação de enxofre corrosivo. O hidrogênio dificilmente era encontrado, exceto nos picos após a adição do passivador de metal Irgamet39 ao óleo, que deviam ser causados pela gaseificação dispersa devido ao Irgamet39. O nitrogênio, mas não o oxigênio, também estava presente no mesmo nível que no ar ambiente.

Visão geral do projeto:

Em junho de 2017, o DGA Vaisala OPT100 de vários gases foi instalado para medir os principais gases com falha em tempo real (Figura 1). O monitor foi conectado ao transformador em funcionamento, pois as condições de operação da usina de energia hidroelétrica não permitiam interrupções. Devido ao design exclusivo do OPT100, isso não era um problema, e a instalação foi concluída em metade de um dia. As informações foram coletadas no OPT100 usando

o software integrado com base no navegador e um modem celular.

Durante um ano, a equipe de manutenção do transformador analisou os dados do DGA e os comparou às condições de operação do transformador para ver se havia alguma correlação entre ambos. A cada duas a três semanas durante esse processo, o CTM Salto Grande coletou amostras de óleo para análise no laboratório para comparação (Figura 2).

O transformador foi desgaseificado em outubro de 2017. Durante esse processo, o OPT100 continuou a medir. Ao mesmo tempo, as amostras de laboratório eram coletadas a cada duas horas. Veja uma comparação dos dois conjuntos de resultados na Figura 3.

Achados: carregamento x gases

A Figura 4 mostra as concentrações de carregamento e CO₂ do transformador em óleo, medidas pelo monitor on-line OPT100 e as referências de laboratório, demonstrando um aumento claro do CO₂ durante os períodos de carregamento elevado. Quando a carga era menor ou variável, o CO₂ permanecia estável ou até mesmo diminuía. Isso pode indicar que, durante períodos maiores de carregamento elevado, há uma área de maior atividade dentro do transformador que provoca a formação de CO₂ em papel ou óleo.



Figura 1. O monitor DGA on-line OPT100 instalado. Os tubos de óleo de entrada e saída são conectados às válvulas de drenagem inferiores.

A diminuição do CO₂ durante carga e temperatura menores pode ocorrer devido à troca de CO₂ entre papel e óleo à medida que a temperatura varia. Isso não fica claro apenas com base nos dados de carga, mas fica mais fácil de entender quando incluímos o ponto de atividade estimado:

$T_{\text{Ponto de acesso}} \approx T_{\text{Óleo máximo}} + H * gR * \text{ipu}^2$, onde gR é a diferença de temperatura média entre o vento e o óleo medida na fábrica durante FAT, e H = 2 é o fator do ponto de atividade estimado (Figura 5).

Vários modelos matemáticos foram testados usando a temperatura estimada do ponto de atividade: um linear e outro com um limite para o ponto de atividade agir na concentração de CO₂, com estimativa de aproximadamente +70 °C. Mais trabalho é necessário para refinar os modelos. No entanto, não é uma correlação simples, pois é possível haver uma grande troca de CO₂ ao longo do tempo que não é visível nos dados que abrangem apenas alguns dias (Figura 6).

Outro motivo possível para a diminuição do CO₂ pode ser o vazamento de gás do tanque devido ao alto gradiente de pressão parcial entre o ar ambiente e o óleo, embora o transformador seja vedado. No entanto, o aumento relativamente rápido dos níveis de nitrogênio depois da desgaseificação indica que o transformador não está completamente vedado.

Os outros gases com falha, exceto provavelmente C₂H₆, não apresentaram nenhuma correlação clara com o carregamento durante o período de teste (Figura 7). O aumento nos níveis de gás logo após a desgaseificação muito provavelmente se deve aos gases que estavam em partes do óleo que não estavam disponíveis para desgaseificação, como óleo impregnado em papel e óleo confinado em espaços apertados. Quando

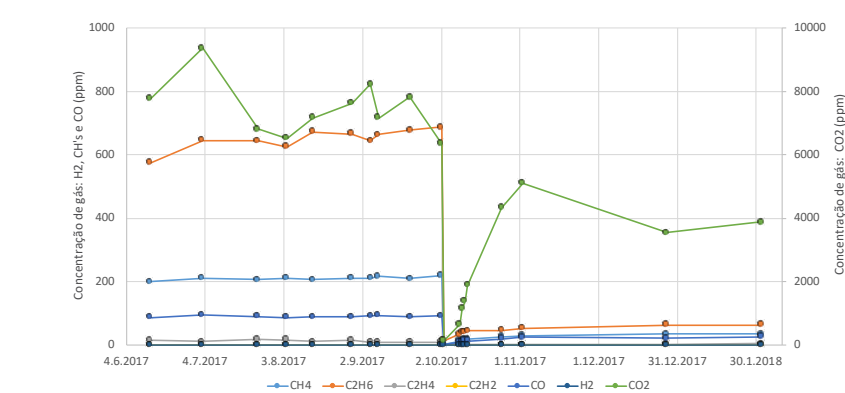


Figura 2. Resultados de laboratório para as amostras de DGA.

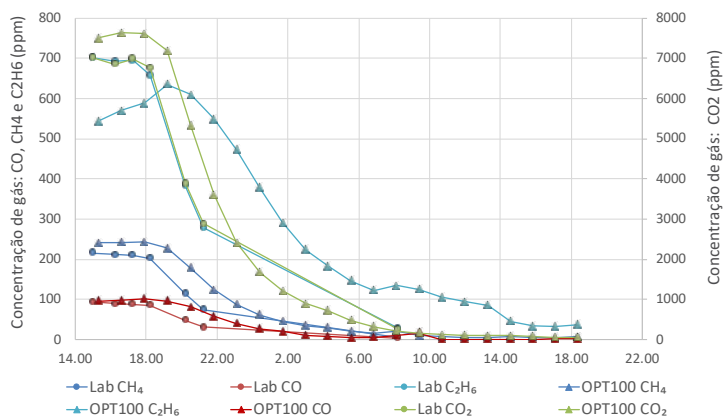


Figura 3. Resposta do OPT100 durante a fase de desgaseificação em comparação com a análise da amostra de laboratório.

esse óleo retornava para o óleo tratado, os níveis de gás aumentavam.

Conclusões:

Os resultados do estudo demonstraram uma correlação clara entre o carregamento do transformador e o CO₂.

Ainda não está claro para os autores se a diminuição no CO₂ durante o período de carregamento menor se deve à troca de CO₂ entre óleo e papel ou ao vazamento de CO₂ no transformador. Uma análise adicional é necessária para identificar melhor o local dos pontos de atividade.

Graças ao OPT100, o CTM Salto Grande conseguiu identificar

melhor a causa do problema no transformador e os tipos de ação corretiva necessários para resolvê-lo. Testes adicionais já foram iniciados e, com o OPT100 instalado on-line, os gases - e o risco de o ponto de atividade se tornar uma falha mais grave - estão tendo monitoramento e controle melhores.

Nota de rodapé:

Quando o feedback sobre o OPT100 foi solicitado, Eduardo Briosso, Gerente de Manutenção de Ativos em CTM, escreveu que "durante os dois anos após a instalação, não tivemos problemas com o equipamento; não foi necessária nenhuma intervenção do usuário e nenhum consumível!".

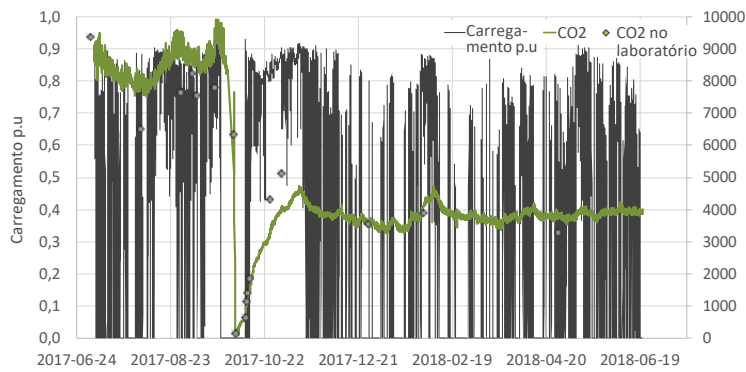


Figura 4. CO₂ x carga no período de teste.

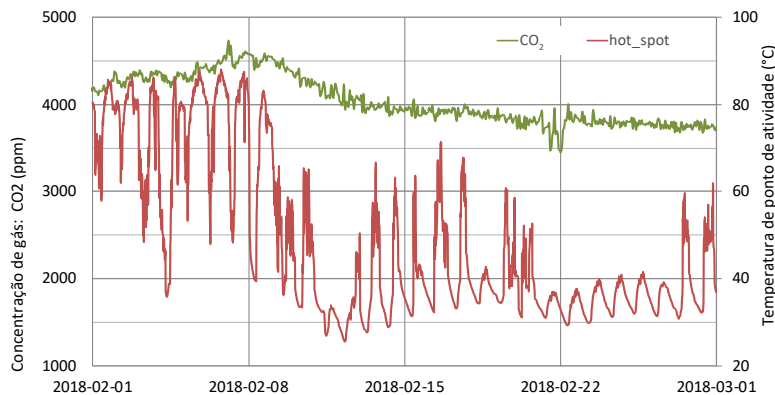


Figura 5. Temperatura e concentração de CO₂ em óleo do ponto de atividade calculadas em um período de um mês.

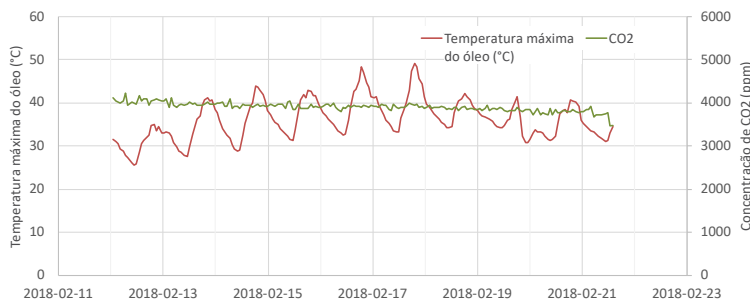


Figura 6. Temperatura máxima de óleo e concentração de CO₂ em óleo em um período de aproximadamente uma semana.

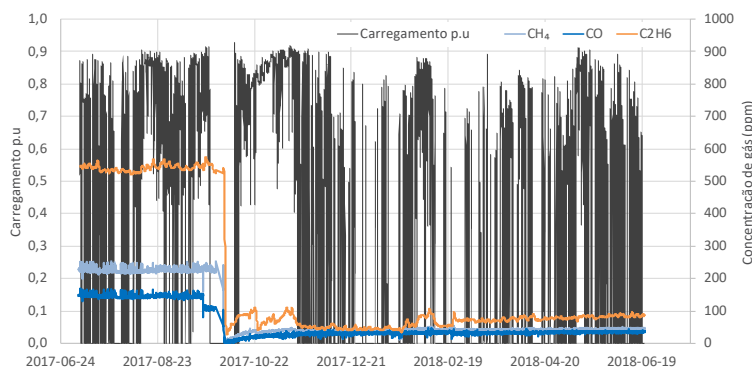


Figura 7. Outros gases com falha e carga durante o período de teste.

Comparação do OPT100 com testes de laboratório

Além do tempo de resposta, as leituras do monitor foram comparadas com os resultados de DGA do laboratório ao longo do período inteiro. Para simplificar, somente o metano é mostrado na Figura 8. A linha azul representa os dados de medição do monitor, e a área cinza é a especificação de precisão do monitor. As referências de laboratório são mostradas como pontos azuis.

Ao avaliar um monitor on-line comparando-o às referências de laboratório, a qualidade das amostras e a incerteza dos procedimentos laboratoriais devem ser levados em conta. Além disso, é importante lembrar que todo método de análise, seja do laboratório ou do monitor on-line, tem suas próprias incertezas. Isso pode ser considerado ao comparar resultados e tirar conclusões sobre o desempenho do monitor.

Nesse caso, como a incerteza do laboratório não era conhecida, +/- 15% foi usado, com base nos exemplos de precisão laboratorial média publicados em IEC 60567 [3]. Portanto, para comparar um laboratório a um DGA on-line, é mais relevante comparar as tendências do que as medições reais. Se as tendências forem semelhantes e as áreas com incertezas estiverem sobrepostas, você pode concluir que os dois métodos estão no acordo abrangente.

Em geral, CTM Salto Grande ficou muito satisfeito com a correlação das leituras e está adicionando outros monitores DGA on-line à frota para monitorar as operações do transformador. As amostras e os testes de laboratório continuarão para alguns aspectos, como furanos e força dielétrica, mas o Gerente de Manutenção da Subestação concorda que a "adição de DGA on-line e umidade forneceu uma ferramenta importante para implementar um programa de manutenção preditiva em CTM Salto Grande".

Umidade no óleo

A umidade no óleo do transformador varia conforme a temperatura oscila devido ao carregamento, à temperatura ambiente ou a ambos. Esse efeito foi visto neste estudo, como mostra a **Figura 9**. A temperatura máxima do óleo e a umidade no óleo (ppm) são mostradas em um período de um ano. Isso mostra como a umidade é liberada da superfície do papel isolante para o óleo quando a temperatura aumenta e é reabsorvida no papel quando a temperatura diminui.

No entanto, a desabsorção de água é um processo mais rápido do que a absorção e, assim, existe uma clara histerese visível quando a umidade como ppm é comparada com a temperatura máxima do óleo (**Figura 10**). Isso significa que um transformador com carga variável nunca está em equilíbrio.

Esse fenômeno torna desafiador definir o momento certo para coletar uma amostra de óleo para análise de água em um laboratório. Na mesma temperatura, o teor de água no óleo pode variar significativamente devido ao efeito de histerese, esteja a temperatura do transformador aumentando ou diminuindo no momento da amostragem.

Este é um fator muito importante a considerar ao coletar uma amostra de óleo para determinar a umidade no isolamento sólido de um transformador com carga variável e temperatura oscilante. Também é um motivo importante para a medição de umidade on-line ser muito mais eficiente para determinar as tendências de umidade em longo prazo no óleo/papel. Entretanto, isso também indica que, ao coletar a amostra de óleo, para conseguir tirar conclusões sobre umidade em um transformador, é fundamental sempre registrar a temperatura do óleo também.

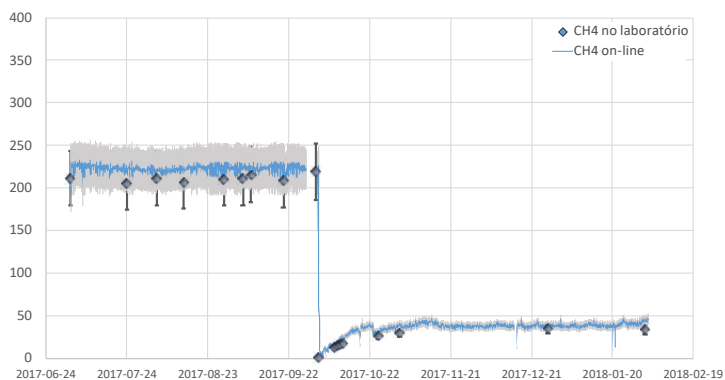


Figura 8. Leituras de metano do monitor OPT100 DGA com $\pm 10\%$ de precisão (área cinza) em comparação com referência de laboratório com $\pm 15\%$ de barras de erro.

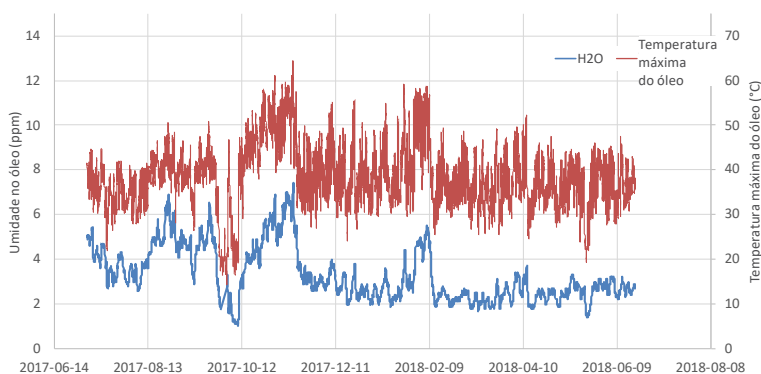


Figura 9. Umidade do óleo em ppm e temperatura máxima do óleo ao longo do tempo.

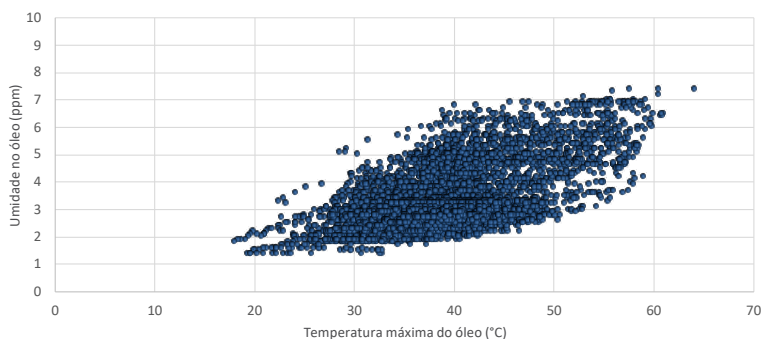


Figura 10. Umidade do óleo x temperatura máxima do óleo.

VAISALA

Fale conosco em
www.vaisala.com/contactus



Digitalize
o código para
mais informações

Ref. B211814ES-A ©Vaisala 2019

Este material está sujeito à proteção de direitos autorais, com todos os direitos autorais pertencentes à Vaisala e seus parceiros individuais. Todos os direitos reservados. Todos os logotipos e/ou nomes de produtos são marcas comerciais da Vaisala ou de seus parceiros individuais. A reprodução, transferência, distribuição ou armazenamento das informações contidas nesse informativo, independentemente da forma, sem o prévio consentimento por escrito da Vaisala são estritamente proibidos. Todas as especificações - inclusive técnicas - estão sujeitas a alteração sem aviso prévio.

www.vaisala.com