

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE GASES DISSOLVIDOS EM ÓLEO ISOLANTE PARA A MONITORAÇÃO DE MÚLTIPLOS TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Marco Antonio Martins Cavaco

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, cavaco@labmetro.ufsc.br.

Patrick Mendes Cardoso

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, pmc@labmetro.ufsc.br.

César Augusto Azevedo Nogueira

Curso Técnico de Mecânica Industrial / CEFET-RS, Praça 20 de setembro, 455 Pelotas/RS Brasil 96015-360, cesar@cefetrs.tc.br.

Antonio Carlos Xavier de Oliveira

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, aco@labmetro.ufsc.br.

José Ricardo de Menezes

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, jrm@labmetro.ufsc.br.

Régis Hamilton Coelho

DPMS/Celesc Rodovia SC 404 km 3 Florianópolis/SC Brasil CEP 88034-900, regishc@celesc.com.br

Resumo. Transformadores de potência são equipamentos caros e com amplo uso em subestações de transmissão e de distribuição de energia elétrica. Dentre as diversas atividades de manutenção que um transformador de potência está sujeito, a análise de gases dissolvidos em óleo é uma das mais relevantes, pois esta é capaz de diagnosticar falhas incipientes no isolamento do transformador. Comumente o monitoramento da concentração desses gases é realizado através de cromatografia em fase gasosa, que apresenta resultados aceitáveis. Infelizmente esta análise representa um momento da condição atual do transformador e não pode fornecer nenhuma garantia do status até que o próximo evento de análise ocorra, desta forma as mudanças significativas nos gases do transformador entre os intervalos de análise não são detectáveis. Com a nova tecnologia de monitoramento on-line, os transformadores podem ter sua concentração de gases dissolvidos em óleo acompanhada em tempo real, porém ainda com elevado custo. Este trabalho apresenta a metodologia implementada para a

utilização em uma subestação, de um sistema piloto para três transformadores de potência, que com um único sistema de medição seja capaz de analisar a concentração dos gases dissolvidos no óleo dos múltiplos transformadores. Com esta multiplexação será possível realizar uma significativa redução de custos do monitoramento on-line, já que permitirá o acompanhamento de vários transformadores com um único sistema de medição.

Palavras-chave: instrumentação, gás dissolvido em óleo, transformadores.

1. INTRODUÇÃO

Transformadores de potência são equipamentos fundamentais dos sistemas de energia elétrica, sem estes não poderíamos transmitir e distribuir a energia elétrica gerada nas centrais geradoras. Estes equipamentos são projetados para atender a uma elevada vida útil, e para que esta seja alcançada se faz necessário que seja aplicado ao transformador um planejamento minucioso e detalhado de suas atividades de manutenção. Entretanto, ao longo do tempo os transformadores estão sujeitos a sofrerem falhas, que podem ter elevados custos não somente para a concessionária de energia elétrica, mas para a sociedade em geral.

Diversas são as atividades de manutenção que um transformador sofre, sendo que uma das principais envolve a análise química do óleo isolante, desta maneira são realizados vários ensaios no mesmo. O óleo mineral isolante é utilizado no núcleo do transformador com função de isolar as partes ativas do transformador e também atuar na refrigeração do sistema. Através do monitoramento deste óleo, é possível diagnosticar a situação de operação e a confiabilidade do transformador.

Dentre os ensaios efetuados, a análise de gases dissolvidos no óleo mineral é um dos passos mais importantes para diagnosticar falhas incipientes no isolamento do transformador. Comumente o monitoramento da concentração desses gases é realizado através de cromatografia em fase gasosa, que apresenta resultados aceitáveis. Infelizmente esta análise representa um momento da condição atual do transformador e não pode fornecer nenhuma garantia do status até que o próximo evento de análise ocorra, desta forma as mudanças significativas nos gases do transformador entre os intervalos de análise não são detectáveis.

Com a nova tecnologia de monitoramento on-line, os transformadores podem ter sua concentração de gases dissolvidos em óleo acompanhada em tempo real, porém ainda com elevado custo.

Este trabalho apresenta a metodologia implementada para a utilização em uma subestação, de um sistema piloto para três transformadores de potência, que com um único sistema de medição é capaz de analisar a concentração dos gases dissolvidos no óleo dos múltiplos transformadores. Foi construído um dispositivo chamado de MAGO (Múltiplo Analisador de Gases dissolvidos em Óleo) especificamente para esta finalidade. Com esta multiplexação será possível realizar uma significativa redução de custos no monitoramento on-line, já que permitirá o acompanhamento de vários transformadores com um único sistema de medição.

2. MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Os transformadores de potência são dispositivos que requerem manutenção e cuidados especiais devido à sua importância no sistema elétrico que estão inseridos. Além do seu relevante papel nos sistemas de energia, os cuidados na manutenção devem ser salientados, pois os transformadores de potência são equipamentos caros, da ordem de milhões de reais, e projetados com elevada vida útil, em torno de 30 anos. Em virtude do risco e das penalidades que podem advir daí, é que as concessionárias dão uma alta prioridade ao controle e monitoramento do status e das condições de seus transformadores.

Com intuito de garantir a sua elevada vida útil de operação os transformadores recebem constantes atividades de manutenção, dentre as mais importantes podemos citar as inspeções semestrais e trienais em buchas, tanques e radiadores, conservadores, termômetros de óleo e/ou enrolamento, sistema de ventilação forçada, sistema de circulação de óleo, secador de ar, dispositivo alívio de pressão, relé de gás tipo Buchholz, relé de pressão súbita, comutadores de derivação, caixas de terminais de controle e proteção e ligações externas [1].

Parte importante na manutenção dos transformadores é o monitoramento do óleo isolante, estes são utilizados em transformadores com a finalidade dielétrica e a de realizar a remoção do calor gerado nas bobinas do enrolamento. O óleo é extraído do petróleo podendo ser parafínico o naftênico, dependendo do tipo de petróleo que o mesmo é originado. O óleo mineral isolante é constituído de uma mistura de hidrocarbonetos em sua maioria, e de não-hidrocarbonetos, também chamados de heterocompostos, em pequena proporção [2].

No óleo são realizados diversos ensaios físico-químicos tais como: rigidez elétrica, teor de água, fator de potencial, tensão interfacial, ponto de fulgor, densidade, acidez e a análise de gases dissolvidos em óleo [3].

Neste trabalho usa-se um sistema de medição que através de uma membrana permeável analisa em tempo real a concentração de gases dissolvidos no óleo isolante, a análise de gases dissolvidos pode ser considerada de grande importância, pois no óleo podem estar dissolvidos gases combustíveis como o monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H₂), metano (CH₄), etano (C₂H₆), etileno (C₂H₄) e o acetileno (C₂H₂), e não-combustíveis encontrados como o oxigênio (O₂), nitrogênio (N₂) e o dióxido de carbono (CO₂). Estes gases são gerados de diversas maneiras, sendo que as principais fontes de liberação de gases são as descargas parciais (efeito corona) no isolamento e arcos elétricos internos do transformador.

Tipicamente, a análise de gases dissolvidos é realizada através de cromatografia em fase gasosa, a qual fornece resultados aceitáveis, embora seja uma técnica aceitável, a cromatografia gasosa feita em laboratório tem dois inconvenientes: a distância entre o ponto de coleta da amostra e o laboratório, e o período de amostragem [4].

Como a técnica usual apresenta apenas um status da condição do óleo no momento da análise, mudanças significativas nos gases do transformador entre os intervalos de análise não são detectáveis. Assim a nova tecnologia de monitoramento on-line tornou-se de prática de manutenção preventiva para preditiva com os seguintes objetivos: operar o transformador com o rendimento máximo, detectar os primeiros sinais de falha, reduzir as paradas não agendadas e as falhas do equipamento, e aumentar a vida útil do transformador [5].

3. O SISTEMA DESENVOLVIDO

Foi desenvolvido em parceria com a Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina), um protótipo para a multiplexação da análise da concentração de gases em óleo para vários transformadores. O protótipo deve apresentar fácil deslocamento e ser modular, pois o mesmo será utilizado nas diversas subestações da empresa.

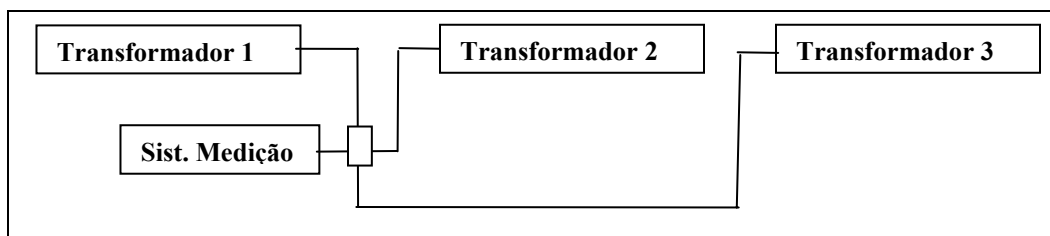


Figura 1 - Esquema geral do sistema de multiplexação

O protótipo também deverá ser capaz de monitorar três transformadores e para isto será necessário construir um dispositivo que esteja apto a realizar a multiplexação da saída de óleo dos transformadores, uma visualização geral do sistema pode ser observado na Figura 1.

Para realizar a multiplexação da saída de óleo dos transformadores, e levá-las até um único ponto de análise, onde estará localizado o sistema de medição da concentração de gases dissolvidos no óleo, será necessário implementar um sistema com mangueiras, válvulas solenóides e um controlador, sendo que todos estes equipamentos estarão em um mesmo conjunto, com exceção das mangueiras. Ainda será utilizado no sistema quatro medidores de vazão, um em cada saída dos transformadores e o último na saída do sistema, para monitorar o fluxo de óleo e detectar possíveis vazamentos.

Este conjunto que abriga os componentes do sistema acima descritos, foi denominado de MAGO (Múltiplo Analisador de Gases dissolvidos em Óleo), múltiplo pois o mesmo possui dois sistemas de medição da concentração de gases dissolvidos em óleo distintos, sendo que este corresponde ao retângulo destacado em azul na Figura 2.

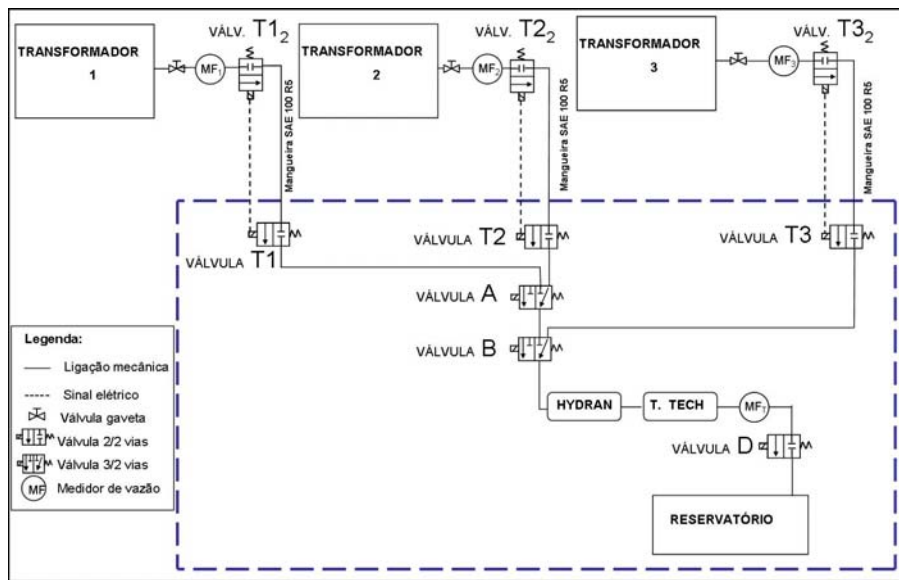


Figura 2 - Diagrama hidráulico do sistema

Para a multiplexação do óleo foi implementado uma lógica de comando hidráulico com a inserção de duas válvulas de três vias em série com o sistema, desta maneira permitindo apenas a passagem do óleo proveniente do transformador que se deseja estudar, ainda foram duplicadas as válvulas que permitem o acesso com a saída dos transformadores para proporcionar ao sistema maior segurança.

As mangueiras utilizadas atendem a norma SAE 100 R5 e possuem terminações com engates rápidos em ambos os lados, estas mangueiras possuem malha interna de aço e reforço com manta têxtil, sendo assim robustas e próprias para o uso em questão.

O sistema deve operar via comando local ou remoto. O acesso local é efetuado via operador na subestação, assim para a realização do acesso local são utilizados componentes elétricos a fim de efetuar o comando das válvulas, como relés, botoeiras e chaves. No acesso remoto, o controlador utilizado possui interface de comunicação com a Internet, permitindo assim o comando do sistema.

O controlador que atua sobre as válvulas solenóides e adquire dados provenientes dos sistemas de medição da concentração dos gases dissolvidos no óleo e também dos medidores de vazão, permite o controle via a Internet é o Compact FieldPoint da National Instruments®, que é programado em LabVIEW 7.0.

O sistema descrito é montado sobre um carrinho, permitindo assim cumprir com o requisito de facilidade de transporte. Abaixo são mostradas na Figura 3 imagens do protótipo.

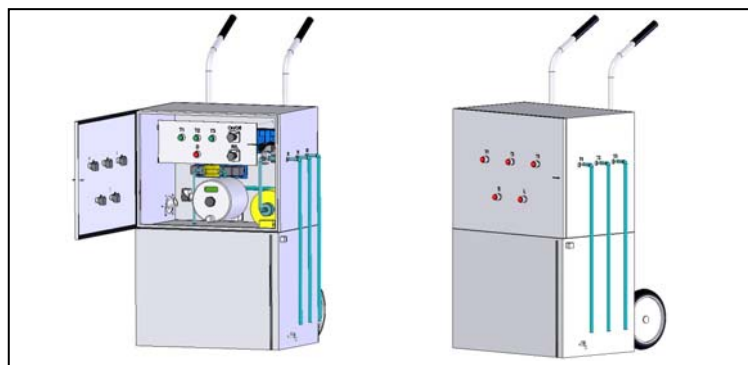


Figura 3 – Imagens do protótipo MAGO

4. LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO

As limitações do protótipo desenvolvido residem no fato do sistema hidráulico implementado apresentar uma malha aberta, desta forma uma vez drenado o óleo do transformador para a realização de uma análise o mesmo é depositado no reservatório do MAGO, não permitindo assim a volta do óleo ao transformador de origem. Este óleo depositado no reservatório deverá ser inserido novamente no transformador de maneira manual, ou caso do mesmo estiver em condições impróprias (alta taxa de concentração de gases dissolvidos) deverá ser levado para a estação de regeneração de óleo. Também com o protótipo não será possível realizar um monitoramento on-line da condição do óleo do transformador, devido à distância do local de análise ao transformador, assim a leitura realizada corresponde apenas ao instante que a mesma foi executada.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho conseguiu-se construir um protótipo de um sistema portátil que multiplexa com eficiência a análise dos gases dissolvidos em óleo de transformadores de potência. Uma economia considerável pode ser obtida com a utilização deste sistema. Uma vez que com apenas um sistema de medição vários transformadores podem ser monitorados. Uma outra vantagem do protótipo desenvolvido é o seu fácil transporte e configuração, podendo ser removível e facilmente utilizado em diversas situações e diferentes subestações.

6. AGRADECIMENTOS

A ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) e a Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina) pelo investimento no projeto de pesquisa. Ao departamento técnico da subestação de Coqueiros da Celesc, ao Labmetro (Laboratório de Metrologia e Automatização da UFSC) e aos bolsistas de iniciação científica Fernando Dominghini Possamai e Mauro Eduardo Benedet.

7. REFERÊNCIAS

1. WEG TRANSFORMADORES. **Manual de instalação e de manutenção de transformadores.** Blumenau. 16 p. Catálogo.
2. MILASCH, Milan. **Manutenção de transformadores em líquido isolante.** São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1984. 353 p.

3. MESSIAS, J. R. **Guia prático de ensaios físico-químicos na manutenção de transformadores em óleo**. São Paulo. Ícone, 1993. 98 p.
4. CAVACO, M. A. M. Adaptação de um sensor para medição de gases dissolvidos em óleo isolante de múltiplos transformadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, 3, 2003, Recife. **Anais...** Recife: SBM, 2003.
5. GE ENERGY. **Monitoramento e diagnóstico integrado (iSM&D) para transformadores em subestações**. São Paulo. 13 p. Catálogo.

DEVELOPMENT OF A MEASUREMENT SYSTEM FOR GASES DISSOLVED IN ISOLATING OIL FOR THE MONITORING OF MULTIPLE POWER TRANSFORMERS

Marco Antonio Martins Cavaco

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, cavaco@labmetro.ufsc.br.

Patrick Mendes Cardoso

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, pmc@labmetro.ufsc.br.

César Augusto Azevedo Nogueira

Curso Técnico de Mecânica Industrial / CEFET-RS, Praça 20 de setembro, 455 Pelotas/RS Brasil 96015-360, cesar@cefetrs.tche.br.

Antonio Carlos Xavier de Oliveira

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, aco@labmetro.ufsc.br.

José Ricardo de Menezes

Labmetro/Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053 Florianópolis/SC Brasil 88040-970, jrm@labmetro.ufsc.br.

Régis Hamilton Coelho

DPMS/Celesc Rodovia SC 404 km 3 Florianópolis/SC Brasil CEP 88034-900, regishc@celesc.com.br

Abstract. Transformers form a critical part of our electrical world. Among the diverse activities of maintenance that a transformer is subject, the analysis of gases dissolved in oil is one of most important, therefore this is capable to diagnosis incipient imperfections in the isolation of the transformer. Usually monitoring of the concentration of these gases is carried through chromatography, which presents acceptable results. Unfortunately this analysis represents a moment of the current condition of the transformer and it cannot guarantee the bias of the oil degradation in time until the next analysis. Therefore significant changes in the gas are not detectable. With the new technology of monitoring, the transformers can have its concentration of gases dissolved in oil evaluated in real time, but with high costs. This work presents the methodology for the use of a pilot system in a substation with a three transformers where a measurement system is able to analyze the concentration of gases dissolved in the oil of multiple sources in real time.

Keywords: *instrumentation, gases dissolved in the oil, transformers.*