



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO - XIII

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAS
E TECNOLOGIAS EMERGENTES - GTM**

**DESENVOLVIMENTO DE ANALISADOR DE GÁS DISSOLVIDO EM ÓLEO DE MÚLTIPLOS
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA COM COMUNICAÇÃO REMOTA VIA GPRS**

**Mauro Eduardo Benedet(*)
UFSC**

**Marco A. M. Cavaco
UFSC**

**César A. A. Nogueira
UFSC**

**Régis H. Coelho
CELESC**

RESUMO

Um dos procedimentos mais consagrados para detecção de falhas em transformadores de potência é a análise da concentração de gases no óleo isolante. Tal análise é comumente realizada através de cromatografia que, embora apresente resultados confiáveis, traz alguns inconvenientes, como elevado período de amostragem. Existem sistemas de medição capazes de realizar esta análise em campo, mas que apresentam custo elevado, não justificando seu uso dedicado em transformadores de pequeno porte. Iniciou-se então um projeto para o monitoramento de múltiplos transformadores utilizando um único sistema de medição. A tecnologia GPRS foi empregada para suprir a necessidade de controle e monitoramento remotos.

PALAVRAS-CHAVE

Automação, Gás Dissolvido em Óleo, GPRS, Instrumentação, Transformador de Potência.

1.0 - INTRODUÇÃO

Transformadores de potência são equipamentos essenciais na transmissão e distribuição de energia elétrica e por isso merecem especial atenção no programa de manutenção de empresas desse setor. Uma das partes mais importantes de um transformador é o sistema de isolamento que é constituído basicamente por um líquido, geralmente óleo mineral, e uma isolamento sólida, o papel isolante.

Durante o funcionamento de um transformador, o óleo mineral fica submetido às ações de temperatura e de tensões elétricas, sofrendo processos de decomposição química que resultam na formação de gases. Os gases formados pela decomposição dos materiais isolantes são dissolvidos total ou parcialmente no óleo, sendo diluídos e transportados por todo seu volume. Tal decomposição é mais intensa quando existem falhas no funcionamento do transformador. A diluição dos gases possibilita a obtenção, através da análise de uma amostra, de informações a respeito do estado de deterioração dos diversos pontos que estejam em contato com o óleo mineral(1).

Por esse motivo, a análise de gases dissolvidos é um dos procedimentos mais consagrados para detecção de falhas em transformadores de potência. Essa análise é comumente realizada em laboratório através de cromatografia em fase gasosa. Embora apresente resultados confiáveis, a cromatografia traz alguns inconvenientes, como elevado período de amostragem e a distância do laboratório em relação às subestações.

Existem sistemas de medição capazes de realizar a análise em campo, determinando a concentração de gases específicos dissolvidos no óleo. Contudo, esses dispositivos apresentam custo elevado, não justificando sua utilização de forma dedicada em transformadores de pequeno porte. Desta forma, iniciou-se um projeto para o monitoramento remoto de múltiplos transformadores com um único sistema de medição. Foram realizados testes de viabilidade e posteriormente construído um protótipo.

(*) Rua Fernando Ferreira de Mello, n° 128 – sala 401 - Bloco Sul – CEP 88085-260 Florianópolis, SC – Brasil
Tel: (+55 48) 9163-0055 – Fax: (+55 48) 3239-2030 – Email: mauroedb@yahoo.com.br

2.0 - DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Para a análise do óleo mineral dos transformadores de potência utilizando um único sistema de medição, foi desenvolvido um equipamento portátil capaz de realizar a multiplexação da amostragem de até três transformadores.

Essa multiplexação é realizada através do acionamento de eletroválvulas, de duas e três vias, que liberam o fluxo de óleo do transformador que se deseja analisar, como pode ser visto na Figura 1.

O próprio óleo do transformador é responsável pela drenagem da tubulação entre transformador e sistema de medição, expulsando para um reservatório o óleo residual utilizado para a análise anterior. Transdutores de vazão são responsáveis pela medição do volume de óleo drenado, além de servirem como dispositivos de segurança a fim de detectar possíveis vazamentos. O procedimento de drenagem utilizado garante a representatividade do óleo que entra em contato com a membrana do sistema de medição da concentração de gases dissolvidos. Tal representatividade foi comprovada através de criteriosos testes metrológicos, já demonstrados em publicações anteriores referentes ao projeto.

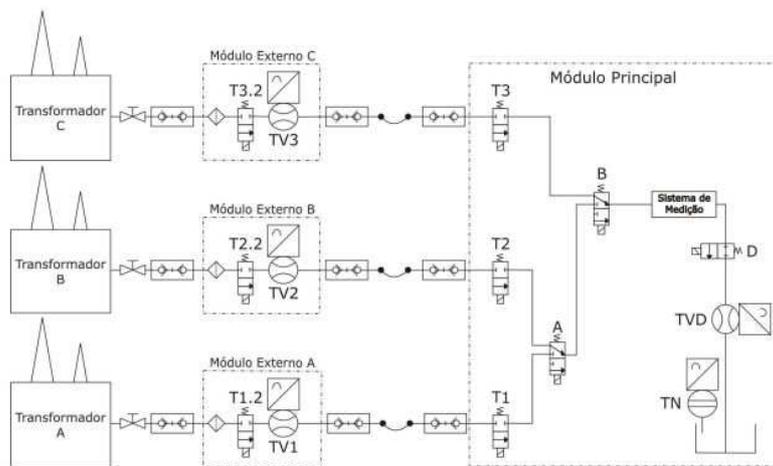


FIGURA 1 – Diagrama hidráulico(2).

O projeto foi batizado como MAGO (Múltiplo Analisador de Gás em Óleo). Na Figura 2 pode-se observar o equipamento desenvolvido realizando a análise de um transformador na subestação de Coqueiros, pertencente à concessionária Celesc Distribuição S.A., na cidade de Florianópolis.

O sistema elétrico desenvolvido aliado à utilização de um sofisticado CLP, programado em linguagem LabVIEW, é o responsável pelo controle e monitoramento das eletroválvulas, medidor de gás, transdutores de vazão e demais funcionalidades do equipamento.



FIGURA 2 – Analisador de gás em operação(2).

Parte fundamental no funcionamento do equipamento é a comunicação com o usuário. Foram implementadas duas formas básicas de operação, uma para o usuário presente na subestação (comunicação local) e outra para o usuário que deseja realizar uma medição a distância (comunicação remota).

A comunicação local é realizada através de botoeiras e sinalizadores.

A comunicação remota foi desenvolvida de duas formas, uma conectando o equipamento diretamente à Internet e outra utilizando a rede de telefonia móvel.

3.0 - COMUNICAÇÃO REMOTA VIA INTERNET

O acesso ao equipamento via Internet é realizado através de um cabo de rede conectado diretamente no controlador lógico programável. A transferência de dados no pátio de manobras é realizada via fibra óptica, tornando-a imune a interferências eletromagnéticas.

Ao CLP é atribuído um endereço IP fixo dentro da rede onde está instalado. Uma página em HTML, hospedada no próprio controlador, é responsável pela interface com o software embarcado. Dessa forma, o usuário pode operar o equipamento de qualquer computador que tenha acesso à mesma rede. Caso a porta específica seja aberta, o controle e monitoração do equipamento poderão ser realizados de qualquer computador conectado à Internet.

4.0 - COMUNICAÇÃO REMOTA VIA GPRS

Embora traga uma série de facilidades, a comunicação via Internet está condicionada à existência de acesso à rede de computadores no local de instalação. Na grande maioria das subestações da Celesc Distribuição S.A., cerca de 70 %, este acesso é inexistente.

Para contornar esse problema foi desenvolvida uma comunicação através da tecnologia GPRS (*General Packet Radio Service*).

O GPRS é um serviço implementado sobre a estrutura GSM (*Global System for Mobile Communication*), que utiliza, para o gerenciamento dos recursos, uma combinação de duas técnicas, a TDMA (*Time Division Multiple Access*) e a FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

O GPRS é um serviço oferecido pelas operadoras de telefonia móvel que incrementa a rede GSM através da inclusão do método de chaveamento de pacotes para transferência de dados(3).

Diferentemente do método de comutação de circuitos, empregado pelas tecnologias anteriores, na comutação por pacotes os recursos são compartilhados e alocados somente no momento da transferência de dados. Dessa maneira, pode-se considerar que os usuários estão sempre conectados, recebendo o recurso somente no momento do envio e recebimento de dados(4)(5).

O GPRS fica acoplado à Internet através de Gateway WAP (*Wireless Application Protocol*), padrão internacional para aplicações que utilizam comunicação sem fio(6)(7). Para implantação dessa tecnologia no analisador de gás dissolvido em óleo optou-se por um modem GPRS que possui uma interface serial RS-232, permitindo assim a comunicação com o CLP.

Devido à característica "sempre conectado" da rede GPRS, as operadoras têm que lidar com uma limitação no número de IPs disponíveis. A saída encontrada pelas operadoras foi conceder os endereços com uma característica dinâmica. Com os IPs dinâmicos os dispositivos perdem seus endereços quando permanecem ociosos durante um determinado período, obtendo-os novamente de maneira aleatória através de DHCP.

Essa política adotada pelas operadoras incrementa uma significativa dificuldade nas aplicações que utilizam essa tecnologia, já que a priori é impossível localizar um dispositivo móvel na rede. Conseqüentemente, a iniciativa de conexão deve partir do dispositivo remoto, apontando sempre para um local fixo. Isso inviabilizaria o acompanhamento do equipamento de diversos locais, restringindo o local de supervisão a um único ponto.

A solução encontrada foi desenvolver um servidor com IP estático, com o qual o modem GPRS sempre tenta estabelecer conexão. Dessa maneira, depois de realizada a conexão, a localização do equipamento não é mais desconhecida, ao menos até a próxima renovação do seu IP, quando o processo tem que ser realizado novamente.

A inclusão de um servidor centralizado propiciou uma topologia modular ao sistema de comunicação, que desacoplou a interface do sistema, possibilitando assim uma maior gama de supervisores de operação (Figura 3).

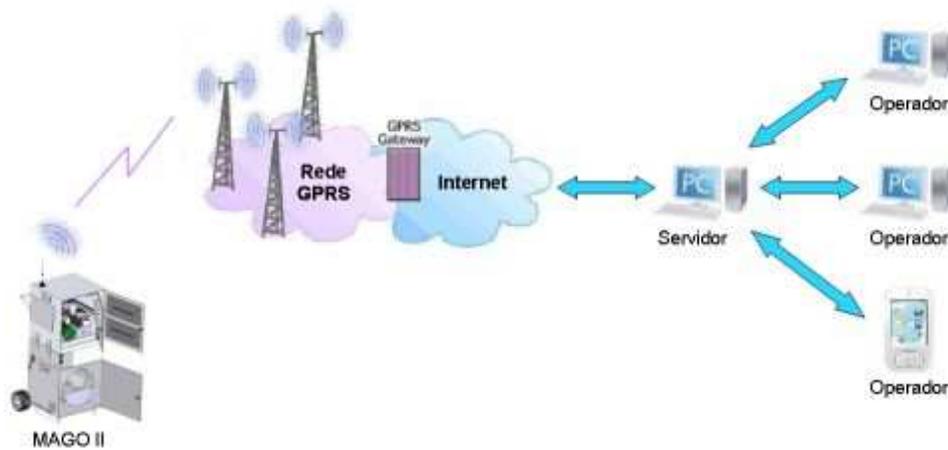


FIGURA 3 – Topologia do sistema de comunicação via GPRS.

5.0 - SOFTWARE DE COMANDO

Quando a solicitação de acesso via Internet é realizada, o software de acesso do MAGO dispara o navegador direcionando-o para um endereço no formato:

http://IP do CLP/"nome da aplicação".htm

Através deste endereço o usuário tem acesso direto ao software embarcado no CLP.

No painel principal da interface do software embarcado (Figura 4), desenvolvido em LabVIEW, o usuário tem a possibilidade de:

- Realizar a medição manualmente da concentração de gases dissolvidos e da umidade no óleo dos transformadores conectados ao equipamento;
- Programar medições a serem realizadas automaticamente;
- Visualizar a atuação das válvulas solenóides, o modo de operação corrente, alarmes e tempo restante da medição e da drenagem;
- Acompanhar as indicações do sistema de medição da concentração de gases e umidade, dos transdutores de vazão e do nível de óleo no reservatório.

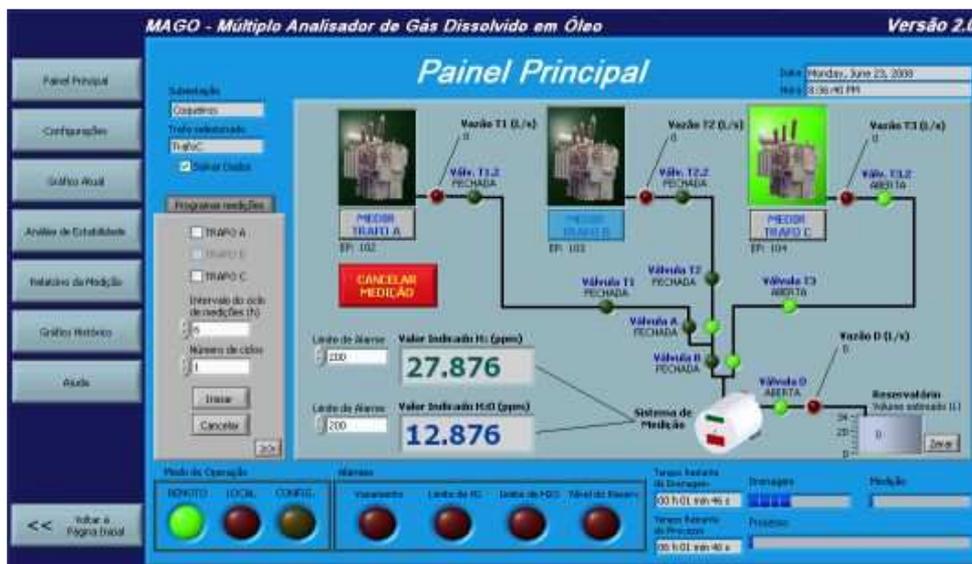


FIGURA 4 – Painel principal do software de comando.

Além do painel principal, o usuário pode acessar, através de um menu, outras funcionalidades do software, como por exemplo:

- Obter informações dos transformadores conectados ao equipamento e da subestação onde ele está instalado;
- Alterar configurações do software;
- Visualizar gráficos da medição atual da concentração de hidrogênio e umidade no óleo;
- Visualizar relatório da última medição;
- Enviar o relatório da medição via e-mail (a configuração padrão é o envio automático após o término da medição);
- Visualizar o histórico de medições de cada transformador que já tenha sido monitorado pelo equipamento, especificando o intervalo de tempo de interesse;
- Visualizar página de ajuda de operação do software.

6.0 - CONCLUSÕES

A utilização do MAGO aumenta a confiabilidade do sistema elétrico. O seu uso ajuda a prevenir a ocorrência de falhas críticas dos transformadores de potência graças ao monitoramento mais eficaz das condições de operação dos mesmos. Assim, tem-se como beneficiados com a utilização deste equipamento a companhia de distribuição de energia elétrica e, de forma indireta, o consumidor pela melhoria na credibilidade do serviço contratado.

O uso do MAGO, além de eliminar gastos provenientes do recolhimento e transporte do óleo a ser analisado, aumenta a confiabilidade na representatividade das amostras. A retirada da amostra de forma automatizada evita erros de procedimento por parte do operador. Além disso, a agilidade na medição após a retirada do óleo diminui os riscos de alterações consideráveis na concentração de gases dissolvidos da amostra.

O uso de transdutores de vazão para determinação do volume drenado propiciou uma redução considerável no volume de óleo necessário para cada amostragem. O volume de óleo utilizado para uma medição através do MAGO é de aproximadamente 452 mililitros, enquanto que o método tradicional, a cromatografia em fase gasosa, utiliza aproximadamente 2 litros.

Além disso, os intervalos de tempo entre uma análise e outra são reduzidos significativamente com o uso do MAGO, quando comparados ao tempo necessário para amostragem e análise no método cromatográfico. O tempo necessário para cada análise é dependente do tempo de resposta do sistema de medição utilizado, no caso do GMM (sistema de medição utilizado no MAGO) o tempo de resposta observado foi de aproximadamente 6 h(9).

A portabilidade obtida na concepção do MAGO permite adaptá-lo facilmente em outros transformadores e subestações que não foram originalmente concebidos para este monitoramento. A questão da portabilidade ainda possibilita o monitoramento de transformadores críticos independentemente do valor de aquisição dos mesmos, inclusive aqueles de menor porte onde não se justificaria o investimento de um sistema de monitoramento dedicado.

O emprego do MAGO nas subestações não substitui a cromatografia, pelo contrário, trabalha junto a esta permitindo a coleta periódica laboratorial. Desta forma o seu uso maximiza a eficiência dos ensaios cromatográficos utilizando-se do melhor dos dois processos: a qualidade dos resultados obtidos com o método laboratorial e a rapidez, multiplexação das amostras e baixo custo dos resultados obtidos com o MAGO.

O MAGO é um equipamento desenvolvido para a multiplexação da retirada das amostras, porém o seu sistema de medição da concentração de gases dissolvidos empregado não é definitivo. A estrutura modular do projeto permite que o sistema de medição seja facilmente substituído por outros modelos. Com o advento de sistemas de medição mais sofisticados, e principalmente de menor custo, que detectem e diferenciem uma maior gama de gases dissolvidos no óleo, o MAGO poderá realizar diagnósticos de falhas mediante algumas mudanças de software.

A comunicação via GPRS mostrou ser uma eficaz alternativa para o acesso e controle remotos do MAGO. A transferência de dados entre usuário, servidor e o MAGO atendeu aos requisitos exigidos pelo projeto, validando esse tipo de comunicação. A limitação dessa tecnologia reside na dependência da cobertura de telefonia celular na área onde o equipamento será instalado. Atualmente a área de cobertura da rede GSM, considerando todas as operadoras, abrange a quase totalidade do estado de Santa Catarina (área de concessão da Celesc Distribuição S.A.).

Embora o GPRS tenha atingido os resultados esperados, o recente ingresso das redes 3G, que apresenta uma maior velocidade na transferência de dados, no mercado nacional abre a possibilidade de futura agregação dessa tecnologia ao MAGO. A princípio, a arquitetura proposta pelo projeto é flexível a outros sistemas de comunicação via telefonia celular sem a necessidade de grandes modificações, no entanto ainda não foram realizados estudos nesse sentido. Vale lembrar que atualmente a rede 3G ainda oferece baixa área de cobertura no estado de Santa Catarina, sendo inviável, por hora, a sua utilização no MAGO.

Como perspectiva de trabalhos futuros, sugere-se a agregação de novos sistemas de medição para o monitoramento de diferentes grandezas igualmente importantes na avaliação dos transformadores de potência, como corrente elétrica nos enrolamentos e temperatura. Além disso, modificações como a miniaturização do equipamento visando aumentar ainda mais a sua portabilidade e a associação de sistemas de regeneração do óleo aumentando o campo de aplicação do MAGO devem ser consideradas.

Por fim, pode-se dizer que o MAGO atendeu aos requisitos exigidos pelo projeto. O equipamento desenvolvido mostrou-se apto a realizar suas funções em campo, sendo uma ferramenta importante no processo de monitoramento das condições de operação dos transformadores de potência.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) M. Milasch. "Manutenção de Transformadores em Líquido Iso-lante". São Paulo, Edgard Blücher, 1984.
- (2) M. E. Benedet. "Otimização de um Analisador de Gás Dissolvido em Óleo de Múltiplos Transformadores de Potência". Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- (3) S. M. Redl, M. K. Weber, M. W. Oliphant. "An Introduction to GSM." Artech House, ISBN 978-0-89006-785-7, March, 1995.
- (4) R. J. Bates. "GPRS: General Packet Radio Service". McGraw-Hill Professional, 1st edition, ISBN 0-07-138188-0, USA, November, 2002.
- (5) P. McGuiggan. "GPRS in Practice: A Companion to the Specifications". Wiley, ISBN 0-47-009507-5, England, September, 2004.
- (6) J. Hoffman. "GPRS Demystified". McGraw-Hill Professional, 1st edition, ISBN 0-07-138553-3, USA, September, 2002.
- (7) L. Harte, B. Strange. "Introduction to GPRS and EDGE: Technology, Operation and Services". Althos Publishing, ISBN 1-93-281306-3, NC, USA, December, 2004.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Mauro Eduardo Benedet

Nascido em Florianópolis, SC em 10 de março de 1983.

Mestre em Metrologia Científica e Industrial (2008) e graduado em Engenharia de Controle e Automação (2006) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Empresa: Labmetro – UFSC (Laboratório de Metrologia e Automação).

Atua como pesquisador na gerência de projetos, trabalhando atualmente em projetos relacionados com GPRS, RFID e Inteligência Artificial.

Possui publicações em eventos como: XVIII SENDI (2008), V Workspot (2008), VII Semetro (2007), IV Citenel (2007), Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL (2007).