

## Monitoramento Remoto Via GPRS de Falhas Incipientes em Múltiplos Transformadores de Potência

Mauro Eduardo Benedet<sup>1</sup>, Marco Antonio Martins Cavaco<sup>2</sup>, César Augusto Azevedo Nogueira<sup>3</sup>, Régis Hamilton Coelho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFSC, Florianópolis, Brasil, mauroedb@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UFSC, Florianópolis, Brasil, cavaco@labmetro.ufsc.br

<sup>3</sup>UFSC, Florianópolis, Brasil, can@labmetro.ufsc.br

<sup>4</sup>Celesc, Florianópolis, Brasil, regishc@celesc.com.br

**Abstract:** This paper presents the development of a multiple analyzer of gas dissolved in oil. With this equipment it is possible to evaluate the state of deterioration of up to three transformers with a single measurement system. The critical part of this work was the development of remote communication via GPRS (General Packet Radio Service).

**Keywords:** automation, gas dissolved in oil, GPRS, instrumentation, power transformer.

### 1. 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 isolação sólida, o papel isolante.

Durante o funcionamento de um transformador, o óleo mineral fica submetido às ações de temperatura, de tensões elétricas e das descargas parciais. Tais ações dão origem a 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 isolamento do transformador. A diluição dos gases possibilita obter-se, através da análise de uma amostra, informações a respeito do estado de deterioração dos diversos componentes do transformador que estejam em contato com o óleo[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.

### 2. OBJETIVO

No mercado, existem sistemas de medição capazes de realizar a análise cromatográfica em campo, determinando a concentração de gases específicos dissolvidos no óleo mineral isolante. 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.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

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

Essa multiplexação é realizada através do acionamento de eletro-válvulas que liberam o fluxo de óleo do transformador que se deseja analisar. O diagrama hidráulico desenvolvido para o projeto, responsável pela multiplexação das amostras, pode ser visualizado na Fig. 1.

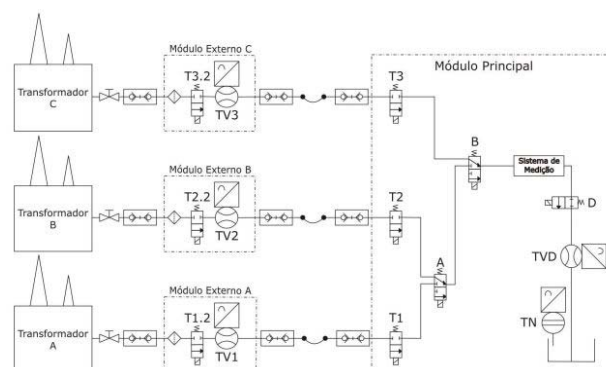


Fig.1. Diagrama hidráulico[2].

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.

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).

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

A Fig. 2 mostra o equipamento desenvolvido, batizado como MAGO (Múltiplo Analisador de Gás em Óleo), em operação em uma subestação de energia elétrica na cidade de Florianópolis.



Fig.2. Analisador de gás em operação[2].

#### 4. COMUNICAÇÃO REMOTA VIA INTERNET

O acesso ao equipamento via Internet é realizado através de um cabo de rede conectado diretamente no controlador. 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 no controlador. Dessa forma, o usuário pode operar o equipamento de qualquer computador que tenha acesso à mesma rede ou, no caso de liberação de acesso por parte da administração da rede, que esteja conectado à Internet.

#### 5. 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 do equipamento. Na grande maioria das subestações da Celesc, cerca de 70 %, este acesso é inexistente, tornando o acesso remoto via Internet consideravelmente limitado.

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].

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 tempo, obtendo-os novamente de maneira aleatória através de DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*).

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. A Fig. 3 ilustra a topologia do sistema de comunicação do MAGO via telefonia móvel.

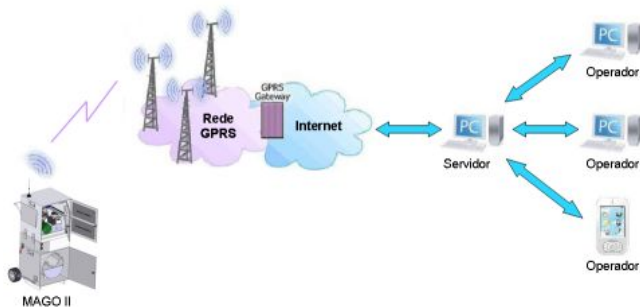


Fig.3. Topologia do sistema de comunicação via GPRS.

## 6. 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](http://IP do CLP)*

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

No painel principal da interface do software embarcado (Fig. 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.

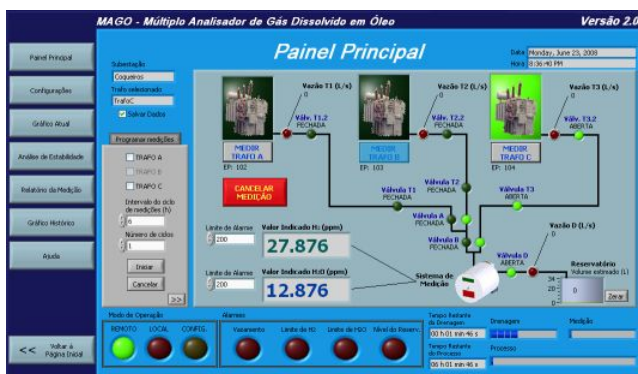


Fig.4. Painel principal do software de comando.

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.

## 7. CONCLUSÕES

O uso do analisador de gás dissolvido em óleo ajuda a prevenir falhas críticas dos transformadores de potência graças ao monitoramento mais eficaz das suas condições de operação.

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.

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.

A comunicação via GPRS desenvolvida possibilitou a autonomia do acesso remoto ao equipamento, mostrando ser uma alternativa viável e de baixo custo, passível de ser utilizada também no monitoramento de outros dispositivos.

Sugere-se para continuidade do projeto a agregação de novos sistemas de medição para o monitoramento de diferentes grandezas igualmente importantes na avaliação dos transformadores de potência. 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 seu campo de aplicação devem ser consideradas.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao departamento técnico da subestação de Coqueiros em Florianópolis, aos bolsistas de iniciação científica André S. Noronha e Lucas C. Pires pela contribuição no desenvolvimento do projeto, ao Laboratório de Metrologia e Automatização (Labmetro-UFSC) pela estrutura e à Celesc e à ANEEL pelo financiamento da pesquisa desenvolvida.

### **REFERÊNCIAS**

- [1] M. Milasch. “Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante”. 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] Agilent Technologies Brasil. “A Rede GSM e a Interface Aérea”. Material de Apresentação. São Paulo, 2006.
- [4] E. Seurre; P. Savelli; P. J. Pietri. “GPRS for Mobile Internet”. Artech House Publishers, ISBN 1-58053-600-X, Norwood, MA, USA, January, 2003.
- [5] R. J. Bates. “GPRS: General Packet Radio Service”. McGraw-Hill Professional, 1st edition, ISBN 0-07-138188-0, USA, November, 2002.
- [6] J. Hoffman. “GPRS Demystified”. McGraw-Hill Professional, 1st edition, ISBN 0-07-138553-3, USA, September, 2002.