



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

19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO VIII
SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS - GSE**

**MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E REGULAÇÃO DE TENSÃO DE
UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 60 MVA**

**VAGNER VASCONCELLOS
CPFL PIRATININGA**

1 RESUMO

O objetivo do artigo é mostrar as vantagens da modernização efetuada nos sistemas de regulação de tensão e medição de temperatura de um transformador de potência de 60 MVA .

Esse projeto serviu como piloto para a modernização de outros transformadores cujos resultados obtidos serviram como base no processo de modernização das subestações.

O trabalho mostrará as vantagens advindas da modernização, como aumento da confiabilidade operacional e redução dos custos de manutenção do transformador.

2. PALAVRAS-CHAVE

Transformadores de Potência, Modernização, Comutadores sob carga, Regulação de Tensão.

3. INTRODUÇÃO

O transformador de potência certamente é o equipamento de maior custo e de maior importância de uma subestação.

Por essa razão, a manutenção destes equipamentos deve ter uma atenção especial, já que a sua falha implica em grandes transtornos e prejuízos de grande monta.

De acordo com a referência (8), âmbito nacional e a grande maiorias das falhas ocorridas nos transformadores de potência são causadas pelos comutadores sob carga.

Por outro lado, devido à necessidade de se manter os níveis de tensão em valores normalizados, o uso destes dispositivos nos transformadores de potência é indispensável.

Outros dispositivos fundamentais para a operação dos transformadores de potência são os dispositivos de medição de temperatura.

Os termômetros exercem papel fundamental para se determinar a condição de carregamento dos transformadores de maneira segura e confiável.

Visando a operação mais segura dos transformadores de potência, aliada à redução dos custos de manutenção, iniciou-se, então, um estudo para a modernização dos sistemas de regulação de tensão e medição de temperatura dos transformadores de potência.

4. HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS

Primeiramente foi feito um levantamento detalhado de todas as manutenções realizadas em dispositivos de regulação de tensão e aferição de temperatura em geral.

Com base nesse levantamento, identificamos uma grande demanda de serviços realizados anualmente nesses dispositivos.

Além dos custos envolvidos na manutenção desses dispositivos, eram necessários desligamentos dos transformadores para os devidos reparos.

A grande maioria dos problemas encontrados foram de imprecisão dos valores fornecidos, principalmente nos termômetros.

A maior parte das falhas detectadas nos termômetros foram nos capilares que, devido à ação do tempo, se rompiam e deixavam vazar de seu interior o líquido utilizado no processo de aferição.

A imprecisão dos termômetros causaram grandes transtornos, tais como alarmes falsos, desligamentos indevidos em algumas ocasiões, etc.

Além disso, a inoperância e falta de precisão desses dispositivos comprometia significativamente a operação segura e confiável dos transformadores.

Outro ponto detectado no levantamento foi o grande número de ocorrências envolvendo os relés de tensão utilizados no controle dos comutadores sob carga dos transformadores.

Algumas anomalias detectadas nos relés de tensão, causaram problemas sérios nos comutadores sob carga dos transformadores em alguns casos.

Com base nos resultados desse levantamento decidiu-se escolher um equipamento para a execução de um projeto piloto de modernização dos dispositivos.

5. DEFINIÇÃO DO TRANSFORMADOR

Na região da Baixada Santista havia um transformador de 60 MVA que se encontrava com o sistema de regulação de tensão bloqueado e os sistemas de medição de temperatura funcionando de maneira precária.

Através de uma análise particular desse equipamento, constatou-se que haviam reclamações de clientes devido aos níveis de tensão de saída.

Além das reclamações dos clientes, havia também algumas reclamações, por parte dos operadores de subestação, a respeito da imprecisão dos termômetros desse transformador.

Devido à inoperância do relê automático de tensão, era necessária a presença de um operador na subestação em tempo integral para efetuar manualmente a regulação de acordo com a variação da carga ao longo do dia.

6. LEVANTAMENTO DOS DADOS

Inicialmente efetuou-se uma análise detalhada de todo o diagrama elétrico de controle da regulação de tensão e aferição de temperatura do transformador.

O transformador escolhido é um equipamento especial, dotado de 2 comutadores sob carga operando de forma paralela e simultânea.

Em função da particularidade do equipamento e importância da subestação, contatamos o fabricante e lhes informamos a nossa intenção de modernização.

Após o sinal verde do fabricante iniciou-se uma detalhada pesquisa no mercado sobre equipamentos de regulação de tensão e medição de temperatura para transformadores de potência.

O próprio fabricante do transformador nos auxiliou nessa pesquisa indicando algumas empresas que forneciam tais dispositivos.

Com base nos resultados da pesquisa, a Engenharia de Manutenção elaborou uma especificação técnica com os requisitos mínimos que os equipamentos deveriam apresentar.

6.1 REQUISITOS BÁSICOS DOS EQUIPAMENTOS

Os requisitos básicos definidos em nosso levantamento foram:

- Possibilidade de alimentação em CC e CA entre 80 e 270 Volts, 50/60 Hz;
- Consumo máximo de 15 W por equipamento;
- Temperatura de Operação: -10 a 70° C;
- Sensor de Temperatura do Óleo Pt 100Ω ou Cu 10 Ω;
- Transformador de Corrente 5A,
- Corrente de Saída 20 mA
- Precisão 1% de fundo de escala;
- Comunicação Serial RS 485 ou RS 232.

6.2 ENSAIOS REQUERIDOS

Além dos requisitos mínimos anteriormente definidos, os dispositivos deveriam apresentar também os seguintes certificados de ensaio.

- Surtos e Transientes (IEC 266-6);
- Impulso (IEC 255-5);
- Tensão Aplicada (IEC 255-4/6)
- Climático (IEC 68-2-14);
- Compatibilidade Eletromagnética (IEC 61000-4-2)

Além dos dados técnicos dos equipamentos e certificados de ensaio, só foram considerados em nossa pesquisa os fornecedores que já tinham aplicação comprovada em concessionárias de energia elétrica.

Durante a pesquisa consultamos outras concessionárias de energia que já dispunham de dispositivos similares instalados em seus transformadores.

Nessa pesquisa junto às concessionárias obtivemos informações sobre o funcionamento dos dispositivos, problemas apresentados, vantagens, desvantagens, etc.

Após a análise de vários fornecedores selecionamos três para uma análise mais criteriosa de acordo com as particularidades do transformador envolvido na modernização.

Assim, como o transformador é dotado de dois comutadores sob carga operando simultaneamente, além do relê regulador de tensão, foram necessários equipamentos auxiliares para se efetuar a supervisão do paralelismo dos comutadores.

Na ocasião somente um dos fornecedores possuía um equipamento específico para esse fim, enquanto que os dois restantes ofereceram esse controle por meio de relés auxiliares.

7. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES APRESENTADAS

Baseado na análise técnica das propostas, optamos pela solução que, além de ser a mais vantajosa economicamente, também apresentou maior confiabilidade.

Tecnicamente, o motivo principal da nossa escolha foi a utilização de micro controladores ao invés de micro processadores nos equipamentos de controle.

A utilização de micro controladores torna os equipamentos mais confiáveis e seguros para operar em um ambiente de subestação.

Como não se utilizou micro processadores em seus equipamentos, não foi necessária a aquisição de painéis especiais para a instalação nos transformadores.

Esse detalhe contribuiu para a redução dos custos finais da modernização além da maior confiabilidade global.

Outro ponto considerado para a definição da solução foi o número reduzido de componentes utilizado na modernização.

Com menos componentes nos painéis há uma redução dos pontos de defeito, o que significa uma maior confiabilidade operacional desses sistemas.

8. REGULAÇÃO DE TENSÃO

Por se tratar de um transformador especial, dotado de dois comutadores sob carga em operando em paralelo e simultaneamente, foi utilizada uma configuração especial.

Em cada comutador sob carga foi instalado um supervisor de paralelismo.

Através do supervisor de paralelismo determinamos a condição de mestre para um deles e de comandado para o outro.

A utilização de dois comutadores sob carga no mesmo transformador foi uma opção adotada pelo fabricante para possibilitar a operação em correntes elevadas.

9. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

O transformador apresentava sistemas de medição de temperatura funcionando de maneira precária, colocando em risco o bom funcionamento do equipamento.

Tendo em vista a importância dos termômetros para a operação segura e confiável do transformador, a mesma pesquisa realizada para a modernização dos sistemas de regulação de tensão também foi feita para os termômetros.

Um dos requisitos mais importantes analisados na escolha dos dispositivos de medição de temperatura foi a precisão e confiabilidade dos dados fornecidos.

A precisão é muito importante, pois nos momentos de necessidade de operação em sobrecarga, o carregamento é feito de acordo com os valores máximos de temperatura do óleo e enrolamento.

Além dos certificados de aferição, outro ponto que foi levado em consideração foi a confiabilidade operacional e formas de alerta no caso de inoperância dos termômetros ou perda de comunicação.

A nossa preocupação se deu principalmente por sua importância ao equipamento, além de se tratar de um dispositivo eletrônico trabalhando num ambiente agressivo.

Após a análise técnica e econômica dos fornecedores, optamos pelo mesmo fornecedor dos relés de regulação de tensão.

Além de apresentar a melhor proposta técnica e econômica, os termômetros apresentam uma proteção a mais no caso de falha de comunicação dos mesmos.

Caso haja falha na comunicação entre o termômetro e o transformador, os ventiladores são automaticamente ligados e é emitido um alarme remoto ao centro de operação indicando a anomalia no dispositivo.

Com isso não se perde confiabilidade no transformador, já que ao ligarmos os motoventiladores estamos garantindo a refrigeração do transformador até que o problema no termômetro seja sanado.

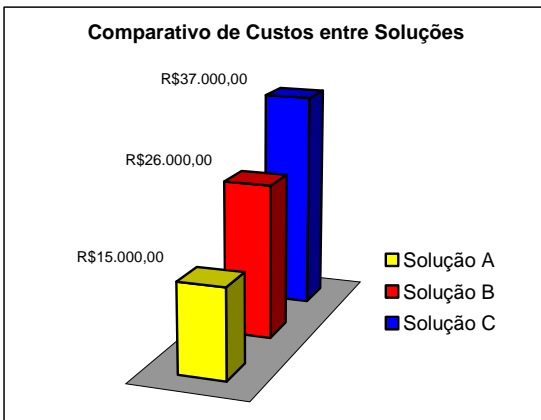
10. DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS UTILIZADOS

Após criteriosa análise dos fornecedores de equipamentos, acabamos optando pelo mesmo fornecedor para os equipamentos de regulação de tensão e supervisor de paralelismo.

A definição foi baseada em critérios técnicos, econômicos, confiabilidade além de comprovada eficiência na utilização em concessionárias de energia.

O gráfico a seguir mostra o comparativo de custos entre os sistemas analisados.

Gráfico 1- Comparativo de Custos entre Soluções



11. INSTALAÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS

Após a definição do fornecedor dos equipamentos, solicitamos que nos enviasse o projeto de adequação e instalação dos equipamentos para análise e aprovação.

Após a nossa aprovação do projeto apresentado, programamos a logística para a substituição dos sistemas visando o mínimo de interrupção ao transformador.

Para a instalação dos novos sistemas, foram necessárias 6 horas de interrupção no transformador.

Nesse tempo foram retirados todos os equipamentos antigos, colocados os novos com as devidas alterações necessárias.

12. VANTAGENS DO NOVO SISTEMA

Com a implantação dos novos sistemas de regulação de tensão e medição de temperatura tivemos as seguintes vantagens:

- Aumento da confiabilidade operacional do transformador;
- Redução dos custos operacionais devido à não necessidade de operador na subestação para efetuar a regulação de tensão;
- Melhoria dos níveis de tensão em função da melhor regulação efetuada pelo novo sistema;
- Possibilidade de comunicação e operação remota;
- Possibilidade de monitoramento do transformador em tempo real;
- Utilização de microcontroladores ao invés de microprocessadores, aumentando a confiabilidade dos sistemas.

Uma das vantagens advindas com a modernização dos sistemas foi a redução dos custos de manutenção.

Após a modernização, pudemos aumentar a periodicidade de manutenção do transformador, já que a principal atividade realizada na manutenção anual era a revisão geral dos sistemas de medição de temperatura.

Na mesma subestação há dois transformadores idênticos, um com o sistema original de projeto e outro com o sistema já modernizado.

Após a modernização começamos o acompanhamento dos dois transformadores aplicando critérios de manutenção diferentes entre eles.

O transformador que continha o sistema original de fábrica sofreu intervenções anuais com desligamentos onde foram revisados os sistemas de medição de temperatura dentre outras atividades.

O outro transformador, que foi modernizado, durante 4 anos só passou por inspeções de rotina e teve seus sistemas acompanhados.

Durante os 4 anos não foi efetuado nenhum desligamento no transformador para realização de manutenção.

O acompanhamento dos sistemas foi efetuado por meio de comparação com outros parâmetros como corrente de carga, carregamentos similares em outros equipamentos, etc.

Durante esse período de 4 anos os sistemas instalados não apresentaram quaisquer problemas e se mostraram muito confiáveis.

Após 2 anos de funcionamento foi feita uma simulação de perda de comunicação para se efetuar os testes de alarme do termômetro.

Após a perda de comunicação com o sistema o termômetro imediatamente acionou os dois conjuntos de ventiladores e passou a emitir alarme de problemas no termômetro.

O gráfico a seguir mostra os custos de manutenção envolvidos num período de 4 anos para os dois transformadores da subestação.

Gráfico 2 – Comparativo de custos de manutenção entre transformadores



Como pode ser visto no gráfico anterior, com a modernização dos sistemas houve uma redução de custos da ordem de 60% se comparado ao sistema convencional.

Outro ponto que deve ser salientado são as condições climáticas onde está localizada a subestação, na grande parte do tempo a temperatura ambiente está acima dos 35°C e a umidade relativa do ar entre 60 e 80%.

13. CONCLUSÃO

O resultado da modernização foi muito positivo, já que ao término do processo houve uma melhoria das condições operativas do transformador, devido ao aumento de sua confiabilidade além da redução dos custos de manutenção.

Com a correta medição de temperatura o transformador passa a operar de maneira mais confiável já que a partir da modernização não corremos o risco de carregar o transformador acima dos valores de norma para temperaturas do óleo e enrolamento.

Além disso, o sistema de medição de temperatura conta com uma concepção favorável à utilização em ambientes de subestação já que é dotado de microcontroladores ao invés de microprocessadores.

Outra vantagem desse dispositivo de medição de temperatura em relação aos convencionais é em relação à necessidade de manutenção.

Por se tratar de um dispositivo eletrônico e totalmente fechado, não requer intervenções preventivas como os convencionais.

Em relação ao quesito segurança, todos os equipamentos se mostraram bastante confiáveis, haja vista que, em mais de dois anos de instalados, nunca apresentaram nenhum problema, além de funcionarem perfeitamente numa simulação de problema de perda de comunicação.

Na ocorrência de perda do sinal de comunicação o termômetro emite um alarme e liga os moto ventiladores.

Outro ponto positivo da modernização foi o restabelecimento da regulação de tensão, que contribuiu sensivelmente para a melhoria da qualidade de fornecimento de energia aos nossos clientes.

Face ao que foi exposto, essa configuração serviu como modelo para a especificação da automação dos transformadores no processo de automação das subestações realizados posteriormente.

Com base nesse trabalho a Engenharia de Manutenção está realizando um trabalho para aumentar a periodicidade de manutenção daqueles transformadores que já contenham esses sistemas modernizados.

14. BIBLIOGRAFIA

- (1) IEC 255-5 – Insulation, coordination for measuring relays and protection equipments requirement and tests.
- (2) IEC 68-2-14 – Environmental testing Part 2: Tests. Test N: Change of temperature.
- (3) IEC 61000-4-2 – Electromagnetic Compatibility (EMC) Part. 4-2. Test and measurement techniques – Electrostatic discharge Immunity test.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ensaio básicos climáticos de calor seco com variação de temperatura para espécimes que dissipem calor. NBR 6797. Brasil.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aplicação de cargas em transformadores de potência – Procedimento. NBR 5416. Brasil.
- (6) Milasch, M. Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante.
- (7) Oliveira J.C, Cogo J.R, Abreu J.P.G. Transformadores – Teoria e Ensaio.
- (8) Mendes J.C. - Redução de falhas em grandes transformadores de alta tensão – Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – 1995.