



Selagem de Transformadores de Potência com Gás Nitrogênio

**José Mak
Saburo Aita
Armando Bassetto Filho**

Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)

RESUMO

Para eliminar a contaminação do óleo isolante com umidade e oxigênio atmosféricos, foi desenvolvido um novo sistema de preservação. Este consiste em retirar o filtro de sílica gel do conservador e conectar em sua tubulação uma bolsa de plástico flexível, a qual é colocada ao lado do transformador num tanque de aço. Aplica-se um vácuo leve na bolsa e no espaço acima do nível do óleo no conservador e injeta-se nitrogênio seco para preenchimento da bolsa e do espaço livre no tanque de expansão.

O primeiro sistema de selagem de nitrogênio com bolsa foi instalado há cerca de três anos e existem atualmente dez em operação. O teor de água do óleo dessas unidades passou da faixa entre 20 e 30 ppm, antes da instalação do sistema, para menos de 20 ppm.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 75% dos transformadores de potência instalados no sistema da CPFL estão equipados com conservadores abertos. Como esses transformadores estão instalados numa região tropical úmida, a eficiência dos filtros de sílica gel dos conservadores fica comprometida. Muita umidade consegue penetrar e contaminar o óleo, acelerando o processo de envelhecimento do isolamento sólido composto por papel kraft (4.5.8).

Para eliminar a contaminação do óleo isolante com umidade e oxigênio atmosféricos, há três anos desenvolveu-se e instalou-se o primeiro sistema de selagem de nitrogênio com bolsa. Existem atualmente dez em operação. O teor de água do óleo dessas unidades passou da

faixa entre 20 e 30 ppm, antes da instalação do sistema, para menos de 20 ppm. O teor de

oxigênio também caiu de 25.000 ppm para menos de 5.000 ppm após a instalação da bolsa.

Palavras – chave: Selagem, Nitrogênio, transformador.

* CPFL (OMED) , C.P. 1808, CAMPINAS-SP , CEP 13001-970,BRASIL

2. SISTEMA DE SELAGEM COM GÁS NITROGÊNIO

Dentre outros métodos possíveis de melhor preservação do óleo, optou-se pelo sistema de bolsa com nitrogênio por ser o mais vantajoso. Seu custo é bastante baixo. Por exemplo, para um transformador com 10.000 litros de óleo, são gastos em torno de US\$ 3.000 na compra de bolsa, construção do tanque de aço e instalação do sistema no campo.

A bolsa plástica é composta por vinimanta com 2 mm de espessura. Como a bolsa necessita ter uma resistência ao dobramento bastante significativa sua especificação estabelece que resista até 5.000 dobramentos, formando um ângulo de 360º a 25°C, sem apresentar qualquer evidência

visual de rachaduras incipientes. O volume da bolsa deve ser 10% do volume total de óleo do transformador.

Antes do transporte da bolsa para instalação no campo, faz-se a montagem do sistema. A bolsa é colocada convenientemente em um tanque de aço de modo que sua válvula de gás fique localizada na parte inferior. Isto possibilita que o peso próprio da bolsa pressione o gás nitrogênio contra o óleo do tanque de expansão para manter a pressão. Colocada a bolsa no tanque, preenche-se com ar para confirmação da inexistência de vazamentos tanto na bolsa quanto na tubulação do tanque. O ar da bolsa é retirado e é adicionado nitrogênio seco a uma pressão de apenas 2 g/cm² a 25°C.

O tanque é transportado para o campo e é instalado junto ao transformador. Retira-se, então o filtro de sílica gel do transformador, e este é reinstalado no tanque da bolsa. Com isto haverá entrada de ar seco no tanque quando a bolsa, que é flexível encolher devido a queda da pressão do nitrogênio. A tubulação anteriormente ligada ao filtro de sílica gel é conectada à bolsa através da válvula de gás do tanque (Figura 1). Aplica-se um vácuo leve no espaço acima do nível de óleo do tanque de expansão e preenche-se com nitrogênio seco a uma pressão máxima de 2 g/cm² a 25°C (1.2.3).

3. ANÁLISE DE DADOS DE CAMPO

Nos primeiros seis meses após a instalação da bolsa, é necessário completar o volume de nitrogênio a cada três semanas devido à absorção do gás nitrogênio pelo óleo isolante. Após este período, o procedimento é feito apenas duas vezes por ano. O teor de nitrogênio, entretanto, permanece nos mesmos níveis registrados antes da instalação da bolsa, como mostra Tabela 1. Os valores estabilizados atingidos são devidos à baixa pressão de nitrogênio. Para pressões mais elevadas, são obtidos índices mais altos. A baixa pressão também permite a expansão da bolsa, quando aumenta a temperatura do óleo e este comprime o gás.

O teor de oxigênio dissolvido no óleo caiu drasticamente após a instalação da bolsa (Tabela 1). Embora tenha havido uma redução inicial devido à desgaseificação do óleo antes da instalação da bolsa, a queda foi continua atingindo a ordem de 10 a 20% dos valores anteriores à instalação da bolsa. É provável que se deva ao consumo de oxigênio tanto na degradação do óleo quanto do papel isolante e, ao mesmo tempo, à perda de contato com o ar atmosférico.

O desempenho do sistema de bolsa de nitrogênio é melhor do que aquele esperado para o sistema de preservação de óleo por meio de membrana. Isso se deve principalmente ao fato que a penetração de oxigênio é facilitada no caso das unidades com membrana, porque somente este isola o óleo do ar atmosférico. Já o sistema com bolsa separa o óleo do ar atmosférico por meio de um colchão de gás nitrogênio, além da própria bolsa. Como a pressão de nitrogênio é ligeiramente superior à do ar, é muito mais provável que o nitrogênio vaze em vez do ar permear através da bolsa. Mesmo se certa quantidade de oxigênio permear através da bolsa, ele contaminará o nitrogênio. Dessa forma, uma quantidade mínima de oxigênio poderia eventualmente dissolver-se no óleo.

Segundo informações de um fabricante de membranas para transformadores, a vida útil destas está estimada em apenas dez anos. Como a vida útil do transformador é no mínimo trinta anos, a membrana passa a ser um fator limitante, visto que é necessário desligar o transformador para substituí-la. Num recente levantamento de campo, encontraram-se membranas rachadas em transformadores com cerca de dez anos em serviço (Figura 2). No caso de bolsa, sua durabilidade está estimada em dez anos, porém não é necessário desligamento do transformador para substituí-la já que seu tanque está apoiado no solo.

Por causa das limitações das membranas, está planejando-se instalar sistemas de bolsa também em transformadores com membrana. Em tais casos a membrana não seria removida, mas se preencheria com nitrogênio o espaço acima da membrana no tanque de expansão. Isto eliminará a necessidade de se substituírem membranas rachadas, pois será o nitrogênio que estará em contato com o óleo.

O teor de água das unidades equipadas com o sistema de bolsa também se tem mantido em níveis inferiores aos registrados antes da instalação da bolsa. A redução inicial obtida após a desgaseificação e secagem do óleo tem-se mantido, mesmo alguns anos após a realização do processo (Tabela 1). Os valores atuais estão abaixo de 20 ppm , que é menos da metade da faixa entre 40 e 60 ppm, comum para os transformadores com conservador convencional.

O teor de nitrogênio dos óleos tem-se mantido no nível anterior à instalação do sistema bolsa de nitrogênio. Como mostra a Tabela 1, o teor de nitrogênio foi reduzido drasticamente após a desgaseificação de óleo, realizada normalmente antes da instalação do sistema

de bolsa de nitrogênio. O retorno do teor de nitrogênio aos níveis anteriores dá-se alguns meses mais tarde. Graças à baixa pressão de nitrogênio mantida na bolsa, não ocorre sobre saturação deste no óleo. A baixa concentração de gases no óleo (incluindo-se nitrogênio e oxigênio) é necessária para impedir a formação de bolhas de gás, quando a temperatura do óleo cai abruptamente, visto que a formação de bolhas depende da concentração total de gases no óleo.

O sistema de bolsa de nitrogênio possibilita uma redução significativa do teor de oxigênio do óleo e mantém o teor de água num valor muito menor, o que aumenta significativamente a expectativa de vida dos transformadores. Igualmente há uma redução nos custos de manutenção, uma vez que a regeneração e o acondicionamento do óleo são postergados. Isto é especialmente importante em áreas com clima quente e úmido.

4. CONCLUSÕES

Para eliminar a contaminação do óleo isolante com umidade e oxigênio atmosféricos, foi desenvolvido um novo sistema de preservação. Este consiste em retirar o filtro de sílica gel do conservador e conectar em sua tubulação uma bolsa de plástico flexível, a qual é colocada ao lado do transformador num tanque de aço. Aplica-se um vácuo leve na bolsa e no espaço acima do nível de óleo do conservador e injeta-se nitrogênio seco para preenchimento da bolsa e do espaço livre no tanque de expansão.

O primeiro sistema de selagem de nitrogênio foi instalado há cerca de três anos e existem atualmente dez em operação. O teor de água do óleo dessas unidades passou da faixa entre 20 e 30 ppm, antes da instalação do sistema, para menos de 20 ppm.

O teor de oxigênio também caiu de 25.000 ppm para menos de 5.000 ppm após a instalação da bolsa. O teor de nitrogênio dos óleos tem-se mantido no nível anterior à instalação do sistema de bolsa de nitrogênio.

O desempenho do sistema de bolsa é melhor do que aquele esperado para o sistema de preservação do óleo por meio de membranas. Isso se deve principalmente ao fato que a penetração de oxigênio é facilitada no caso das unidades com membrana, porque somente esta isola o óleo do ar atmosférico.

Por causa das limitações das membranas, está se planejando instalar sistemas de bolsa também em transformadores com membrana. Em tais casos a membrana não seria removida, mas se preencheria com nitrogênio

o espaço acima da membrana no tanque de expansão. Isto eliminará a necessidade de se substituírem membranas rachadas, pois será o nitrogênio que estará em contato com o óleo.

REFERÊNCIAS

[1] J.R. Meador – Transformer Oil Preservation – [AIEE Transactions, Dec. 1957].

[2] W.J. Degan e outros – An Improved Method of Oil Preservation And Its Effect on Gas Evolution – [AIEE Transaction, Oct. 1958].

[3] R.B. Kaufman e outros – The Effect of Transformer Oil Preservation Methods On The Dielectric Strength of Oil – [AIEE Transaction, Feb. 1958].

[4] W.Lampe , Spicar – The Oxygen-Free Transformer, Reduced Aging By Continuous Degassing – [CIGRE, 1976].

[5] W. Lamp, E. Spicar Influence of Different Stress Factor On The Dielectric And Mechanical Strength of Oil- Cellulose Insulation – [CIGRE, 1978].

[6] E.M. Pretrie e J.P. Miles – Reliability Improvements On Operating Gas-Space Power Transformer – [Minutes of The 50th Annual International Conference of Doble Clients, 1983].

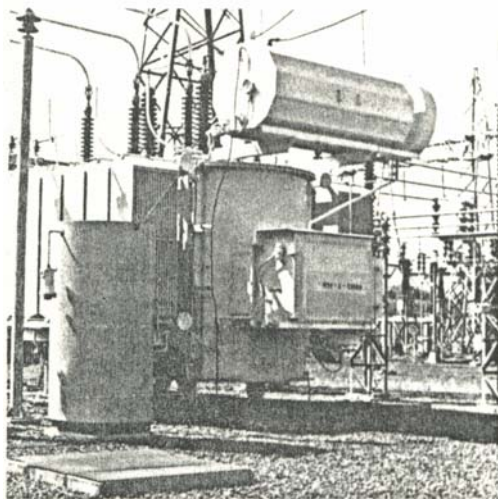
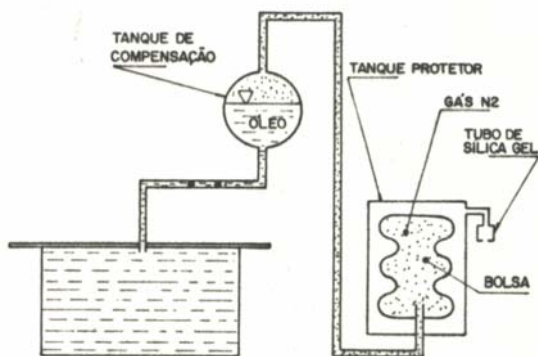


Figura 1



Esquemático da Figura 1

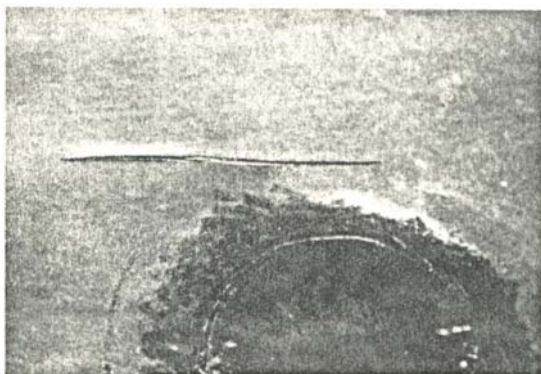


Figura 2

Tabela 1

| CASO | DATA | TEOR (PPM) | | |
|------|--------|------------------|----------------|----------------|
| | | H ₂ O | N ₂ | O ₂ |
| 1 | 3/88* | 26,5 | 62300 | 18700 |
| | 6/89 | 14,5 | 3405 | 8746 |
| | 6/91 | 17,4 | 77956 | 8480 |
| | 2/92 | 13,6 | 79114 | 4373 |
| | 7/92 | - | 81420 | 4696 |
| 2 | 11/89* | 13,6 | 77000 | 23000 |
| | 9/89 | 13,6 | 67055 | 4500 |
| | 6/90 | - | 80000 | 3862 |
| | 12/90 | - | 62476 | 4187 |
| | 1/91 | - | - | - |
| | 8/91 | 9,7 | - | - |
| 8/92 | 12,0 | 77000 | 4658 | |
| 3 | 3/89* | 23,4 | 70847 | 21037 |
| | 7/90 | - | 64385 | 3136 |
| | 6/91 | 14,4 | 99956 | 2897 |
| | 10/91 | 20,0 | - | - |
| | 1/92 | - | 87241 | 2412 |
| | 7/92 | - | 68000 | 1488 |
| 4 | 2/89* | 25,6 | 60776 | 13379 |
| | 6/92 | 13,4 | 18664 | 2957 |
| | 10/92 | 13,1 | 34856 | 1618 |
| 5 | 2/91* | 14,5 | 72000 | 13060 |
| | 9/92 | 7,5 | 66916 | 1143 |
| | 10/92 | 10,0 | 52008 | 1009 |

* Última leitura antes da instalação do sistema de selagem.