

Monitoramento de Múltiplas Câmaras de Interrupção em Disjuntores a Ar Comprimido em Bay's de Reatores .

Oliveira.G.O, CTEEP, Abreu.W.E.G, CTEEP, Giacaglia.G.E.O, UNITAU, e Reis.L.O.M, UNITAU

Resumo -- O objetivo do trabalho é demonstrar a possibilidade de medição "on-line" dos tempos de operação de cada câmara de extinção de um disjuntor de extra-alta-tensão, de forma indireta permitindo o diagnóstico das condições reais de operação, sem a necessidade de intervenção no equipamento.

O método utilizado na pesquisa foi a obtenção dos parâmetros da corrente elétrica nos capacitores de equalização de potencial do disjuntor, através de sensores transmissores, receptores e acoplamento opto-eletrônico por infravermelho instalado no disjuntor.

Os resultados em condições reais de operação em um disjuntor de 440kV na subestação de Taubaté mostrou-se satisfatório. O método permite um diagnóstico rápido com maior confiabilidade ao sistema interligado de transmissão de energia elétrica

Palavras-Chave -- Transmissão de energia elétrica, diagnóstico "on-line" em disjuntores , monitoramento.

I. INTRODUÇÃO

O sistema brasileiro possui grande quantidade de disjuntores pneumáticos de extra-alta-tensão, que operam dentro de sistemas elétricos de potência do sistema interligado, de vital importância ao desenvolvimento do país.

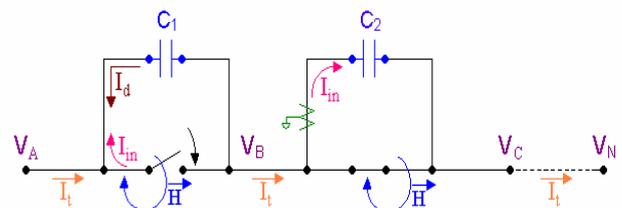
As manutenções preventivas geralmente são realizadas com periodicidade pré-definida ou de acordo com as condições de operação do disjuntor, de modo a atender as necessidades e filosofias particulares de cada empresa ou concessionária. Um dos mais importantes ensaios realizados durante a manutenção preventiva é a medição dos tempos de simultaneidade de operação das câmaras principais dos

disjuntores, como indicativo de ações a serem tomadas durante a intervenção da equipe de manutenção. Estes ensaios são realizados com os disjuntores desligados, com mobilização de infra-estrutura, tanto material como humana.

Os estudos foram realizados em "bay's" de reatores, onde os disjuntores são manobrados diariamente para controle do nível de tensão do sistema. Devido a grande solicitação elétrica nesses disjuntores, anualmente são realizadas medições dos tempos de operação das câmaras principais, muito antes de completar o ciclo de manutenção parcial ou geral.

II. METODOLOGIA APLICADA

Devido a complexidade pneumática do disjuntor, e o risco de introduzir mecanismo de medição nas câmaras de extinção, buscou-se identificar uma forma indireta de obtenção dos dados necessários a compor um diagnóstico sem a necessidade de intervir no equipamento. Assim sendo, pesquisou-se os transitórios elétricos nos conjuntos capacitores-câmaras, sendo demonstrado na figura 1.



I_d = Corrente de descarga do Capacitor.

I_{in} = Corrente induzida.

I_t = Corrente Total.

$V_A > V_B > V_C > V_N$ (Disjuntor aberto e com tensão)

Agradecemos a Companhia de Transmissão de Energia Elétrica – CTEEP, e a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, pelo apoio financeiro na realização desta pesquisa.

Oliveira.G.O. Gerente do Projeto, trabalha na CTEEP, tendo elaborado a Dissertação de Mestrado, com base nesta pesquisa.

Abreu.W.E.G, trabalham na CTEEP, e é professor da UNITAU.

Giacaglia.G.E.O, e Reis.L.ºM., são professores pesquisadores na Universidade de Taubaté - UNITAU

Fig. 1. Transitórios elétricos nos conjuntos capacitores-câmaras

Devido as características elétricas do capacitores, ($U_n=100\text{kV}$ e $C\cong 1,2\text{nF}$), a forma de onda dos transitórios pode ser considerada como um pulso, com base de aproximadamente 1.2 a 1.5 microsegundos, outras correntes elétricas de transição devido indutâncias e capacitâncias parasitas não foram consideradas.

A. Circuito elétrico do bay estudado

Considerando a impedância formada pela associação série dos seis capacitores de 1,2nF muito maior que a impedância do reator, na posição aberta do disjuntor, podemos considerar próximo de zero a tensão nos terminais do reator.

A Diferença de Potencial aplicado em cada capacitor será de aproximadamente $73,3/\sqrt{3}\text{kV}$ (Valor eficaz referente a terra).

III. DESENVOLVIMENTO DO SENSOR EMISSOR

Para a detecção de transitórios nos capacitores do disjuntor foram utilizadas bobinas de Rogowski, com menor impacto nas características físicas e elétricas do equipamento. O posicionamento do sensor e a blindagem foram estudadas levando em consideração a presença de forte campo eletromagnético.

Um dispositivo que opera em condições adversas, e regime permanente, e que não possa sofrer interrupções para manutenção, deve ser robusto, simples, de auto alimentação, e conter dispositivos limitadores de tensão induzida, para proteção de componentes eletrônicos.

O acoplamento por infravermelho foi utilizado para possibilitar a coleta de dados analógicos. Não foi utilizado fibra óptica entre o sensor e o receptor, pois necessitam de implementação de componentes externos, inviabilizando o projeto, com significativas alterações das características dielétricas do disjuntor.

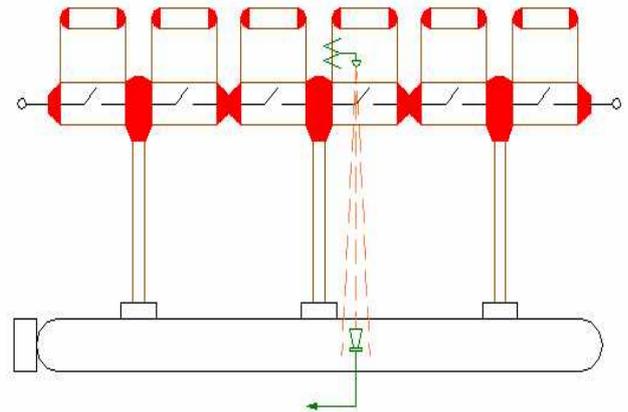


Fig. 2 - Polo de um disjuntor de 440kV.

A. Sistema por dupla bobina de Rogowski

A fixação do capacitor é feita por dois parafusos, facilitando a implementação das bobinas de Rogowski, como fonte de tensão e acoplados ao circuito com polaridades invertidas, conforme fig. 4. O sistema de diodos fornece informações de transientes mesmo que sejam de polaridades negativas, quando do fechamento da câmara no semiciclo negativo da frequência industrial. Na necessidade de pesquisar pequenos valores de transitórios e, devido a tensão de polarização do diodo emissor de infravermelho ser superior a 1,0Vcc, foi necessário a instalação de uma bateria recarregável de 1,2V-200mA. Os resistores limitam a corrente no diodo I.R.. Em cada bobina foram instalados dois diodos Zenner de 6,0V como limitador da tensão induzida nas bobinas.

B. Dispositivo direcionador de infravermelho

Esse dispositivo permite ajustar o alinhamento do diodo emissor com o receptor, conforme fig. 5, utilizando um acoplador provisório à LAZER.

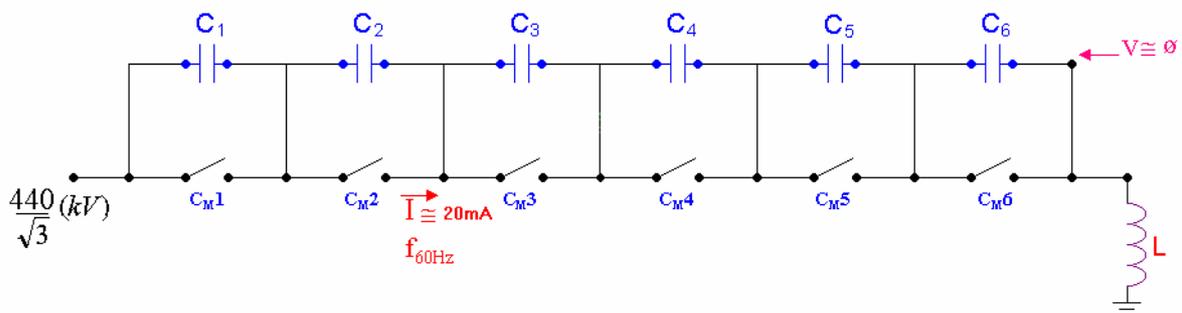


Fig. 3. Diagrama elétrico de uma fase do bay estudado

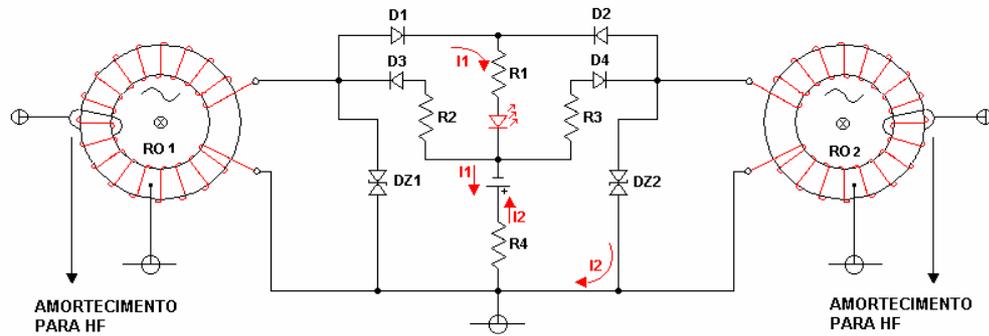


Fig. 4. Sensor emissor de I.V. por por dupla bobina de Rogowski.

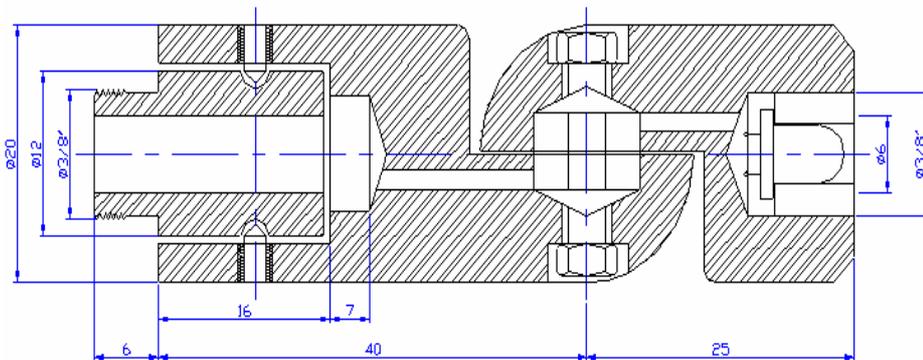


Fig.5. Dispositivo emissor de Infra Vermelho.

IV. DISPOSITIVO RECEPTOR DE INFRA VERMELHO

Utilizado sistema óptico com lente de 50mm e foco de 100mm, com ajuste do diodo receptor no foco do sistema. Todo o conjunto metálico é aterrado através da blindagem do cabo de alimentação. embora instalado no chassi do disjuntor, está sobre influência de campo elétrico de até 35 kV/m. Poderá ser utilizado sistema com lentes menores em conjunto com fibras ópticas, em substituição ao cabo coaxial.

O módulo receptor possui dois estágios amplificadores alimentados com fonte simétrica de 12 Vcc. Um terceiro estágio está instalado no módulo de mesa, distante 20m do receptor, através de cabo coaxial de 50 Ω . A alimentação do terceiro estágio é simétrica de 12Vcc. O conjunto possui ganho de 50dB a 1MHz com frequência de corte de 15MHz.

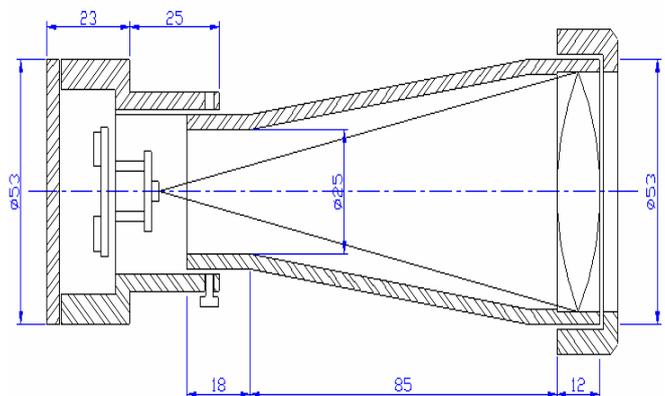


Fig. 6. Dispositivo receptor de Infra Vermelho

As medidas apresentadas em todos os desenhos são em mm
Exceto os indicados em polegadas.

V. MODELO MATEMÁTICO

Para o dimensionamento do sensor emissor, foi estudado um conjunto capacitor-câmara, onde R_A é a resistência equivalente do arco elétrico entre os contatos da câmara, no instante da descarga do capacitor, durante o fechamento da câmara e L_A é a indutância equivalente do conjunto, considerando todos os condutores do conjunto, paralelos ao plano terra..

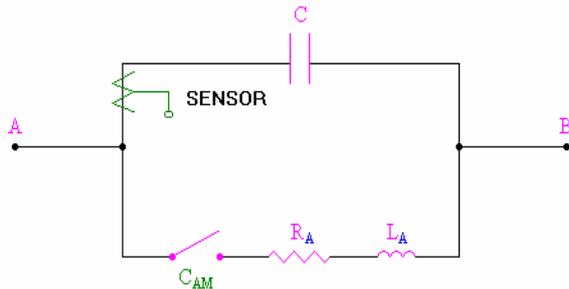


Fig. 7. Diagrama de um conjunto capacitor-câmara

Assim sendo, a equação que representa o comportamento elétrico do conjunto câmara-capacitor no instante de fechamento é:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0 \quad (1)$$

Onde:

R = resistência equivalente do arco.

L = indutância equivalente do circuito sob efeitos do transitório.

C = Capacitância do capacitor de equalização de potencial.

A corrente elétrica de descarga no instante (t) é dada pela expressão:

$$i(t) = 261e^{-1,15 \cdot 10^6 t} \cdot \text{sen}(2,8 \cdot 10^6 t) \quad (2)$$

A tensão no capacitor do disjuntor, no instante (t), é dada em kV, pela expressão:

$$V(t) = -1017e^{-1,15 \cdot 10^6 t} \text{sen}[\omega t + \alpha] \quad (3)$$

Os resultados obtidos através de dois sensores instalados na posição 01 e 04 na mesma fase do disjuntor, foram idênticos. Portanto, apenas um sensor é necessário em cada fase. Comparado ao método tradicional, foi confirmada a eficiência do processo durante a colocação em serviço do reator na Subestação de Taubaté.

Como o método tradicional é realizado com periodicidade pré-definida, podemos utilizar o novo método como manutenção preditiva, evitando ensaios desnecessários e indisponibilidade operativa dos equipamentos. As identificações das câmaras são feitas comparando os parâmetros do último ensaio tradicional obtido durante as manutenções de rotina. Dessa forma cada polo ou fase possui uma espécie de assinatura. Comparando os valores obtidos, as diferenças dos tempos de simultaneidade, são insignificantes, quando comparadas ao TDC – tempo de discordância entre câmaras (800µs), mesmo porque, essas variações estão presentes entre os métodos tradicionais.

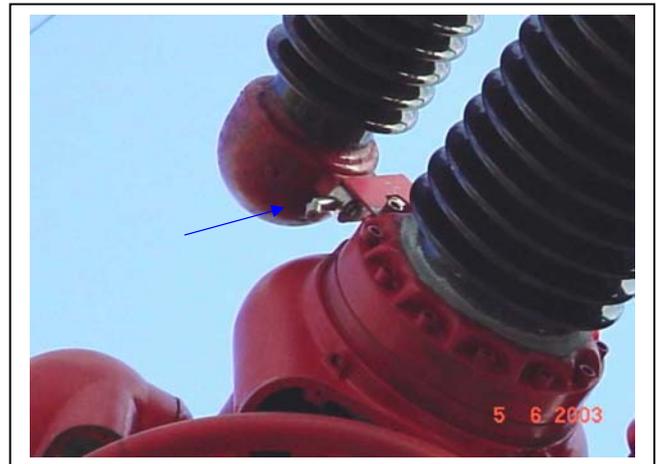


Fig.8. Sensor emissor instalado no conjunto capacitor-câmara



Fig. 9. Sensor receptor instalado na parte inferior do disjuntor.

VI. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

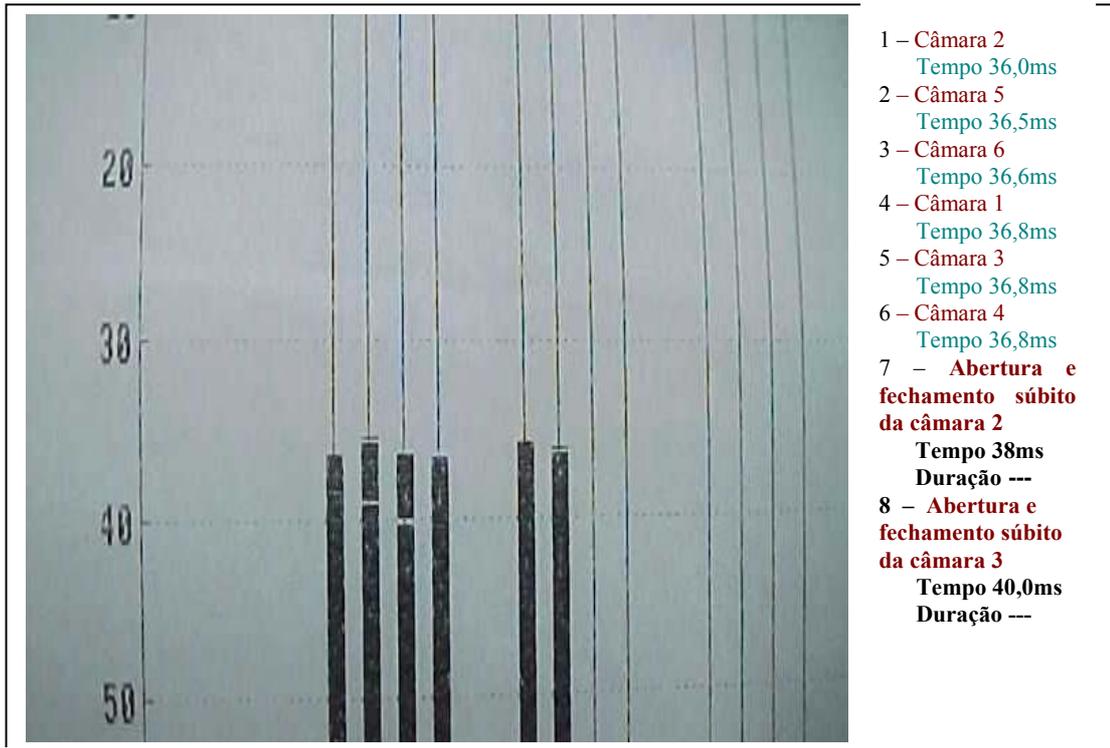


Fig. 10. Registro obtido pelo método convencional (disjuntor fora de serviço)

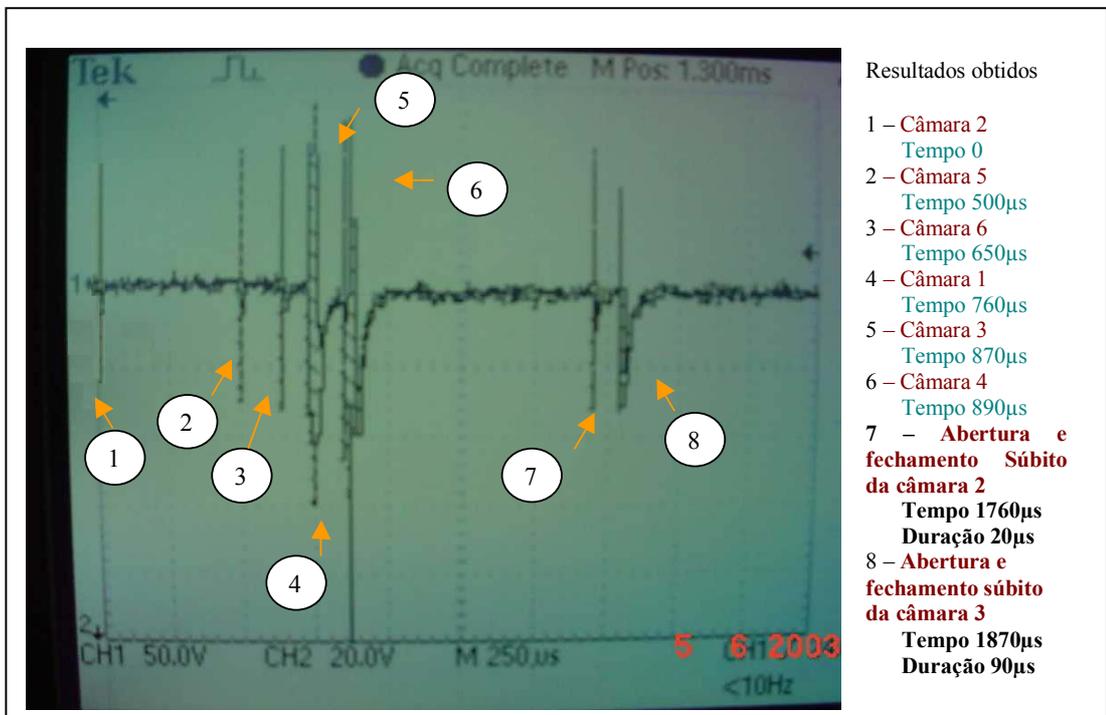


Fig.11. Registro obtido através dos sensores propostos. (durante energização do disjuntor)

VII. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa, com obtenção dos tempos de operação das múltiplas câmaras dos disjuntores, em condições reais de operação na Subestação de Taubaté foram satisfatórios. A suportabilidade dos sensores em meio a intenso campo eletromagnético foi adequada, com manobras diárias por um período de 6 meses.

O novo método permite um diagnóstico rápido, evitando ocorrências que possam levar à falhas do disjuntor, dando assim maior confiabilidade operativa ao Sistema Interligado de Transmissão de Energia Elétrica. Como manutenção preditiva, podemos considerar uma excelente ferramenta, pois diminui consideravelmente a indisponibilidade do disjuntor e os equipamentos de potência relacionados ao “bay”, evitando perdas significativas de receita à empresa, bem como redução dos custos operacionais de manutenção e redução do tempo de exposição dos técnicos ao campo eletromagnético

Quanto à qualidade dos resultados obtidos, foram considerados normais e com erros insignificantes.

Sistema dedicado, de modo a operar de forma permanente e automática, poderá ser implementado. Os sensores poderão ser instalados em outras classes de tensão, bem como em disjuntores de Linhas de Transmissão, e banco de transformadores.

VIII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições da Divisão de Transmissão de Taubaté, através do Gerente Eng. Edison Carmo Aldegheri, a Diretoria Técnica e Presidência da CTEEP pelo apoio e estímulo em buscar novas tecnologias aplicadas à melhoria na qualidade da Transmissão de Energia Elétrica.

IX. REFERÊNCIA

- [1] Delle-Alsthom, Notice Manual – NM4/201 – France, 1982. 191p.
- [2] Edminister, Joseph A., Eletromagnetismo, Shaum McGraw Hill, 1980. 232 p.
- [3] Hayt, Jr W. H., Eletromagnetismo, 4. Edição, 1998, Editora LTC. 375 p.
- [4] Irwin, J.D. Análise de Circuitos em Engenharia, 4. Edição, 2000, Makron Books. 848p.
- [5] Quevedo, C. P., Eletromagnetismo, McGraw Hill, 1997. 355 p.
- [6] Ward.D., - Rocoil Rogowski coils. 5, Almsford Avenue, Harrogate, North Yorkshire, H62 8HD, England. / www.rocoil.cwc.net/, acessado em 06 out. 2003, às 8 h 30 min.