

Estudo de Filtros Capacitivos submetidos a surtos elétricos

Prof. Dr. Ely Antonio Tadeu Dirani

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Laboratório de Engenharia de Projetos

PUC – São Paulo

Resumo

Em função de seus materiais e dispositivos constituintes, máquinas e equipamentos elétricos são susceptíveis à sobretensão ou surtos elétricos. Neste trabalho foram realizadas medições para avaliar o uso de filtros capacitivos com proteção adicional de surtos. Os resultados de diferentes amplitudes de surtos foram usados para explicar a ação do equipamento usado e avaliar o efeito que tais surtos geram na onda senoidal da rede elétrica. Conclui-se que o modelo de filtro usado no estudo possui capacidade de corte até 680V e que sugere a ação de algum circuito baseado em varistores.

1- Introdução

Dentre os ruídos e artefatos presentes na rede elétrica pode-se destacar os artefatos provocados por sobretensões ou surtos elétricos (OCHOA, 2011). Estes surtos influenciam diretamente na operação segura e confiável de equipamentos elétricos que em sua grande maioria não possuem proteção intrínseca adequada para este tipo de artefato. Além disso, sob o ponto de vista econômico, tais surtos induzem no sistema elétrico falhas operacionais que levam ao aumento do consumo elétrico, uma vez que as características ótimas de operação de um dado equipamento podem ser alteradas após receber um surto da rede elétrica, mesmo que mantenha um funcionamento aparente normal. Isto ocorre devido à forma gradual e frequente da ocorrência de surtos, que de maneira gradual e acumulativa acaba por danificar componentes elétricos de máquinas, como por exemplo, o isolamento de motores elétricos (BRUTSCH e col. 2008).

As sobretensões ou surtos elétricos que atingem máquinas e equipamentos elétricos podem ser provenientes de diferentes tipos de fonte sendo as fontes mais comuns as descargas atmosféricas, os surtos provenientes de acionamentos de disjuntores e chaves seccionadoras internas ou externas à instalação elétrica e as interrupções elétricas, estas últimas atacando principalmente a isolação de máquinas indutivas (NBR 2000). Segundo DICK e col. (1991) surtos podem ser classificados em surtos transitórios oscilatórios (STO) e surtos transitórios rápidos (STR). Nos STO as frequências associadas, ou resposta impulsiva, interagem com as frequências naturais das máquinas e equipamentos com frequências dominantes dos transitórios oscilatórios na faixa de 5 a 100KHz (DICK, 1990). Este fenômeno pode ser observado em chaveamentos de circuitos em cabos isolados, banco de capacitores “back-to-back” ao serem energizados, em transformadores quando ocorre transferência indutiva de um impulso de potencial elétrico da alta para baixa tensão. Os STR podem ser caracterizados como possuindo uma constante de tempo menores que $10\mu\text{s}$ como por exemplo as descargas atmosféricas rápidas (menor que $10\mu\text{s}$). Neste tipo de surto as

frequências dominantes estão acima de 100Khz podendo chegar até a ordem de grandeza de MHz (DICK e col. 1990).

Este artigo apresenta resultados da eficiência de filtros capacitivos inteligentes em paralelo à rede elétrica na proteção contra surtos usando um sistema capaz de gerar surtos do tipo STO .

2- Materiais e Métodos

Para testar a eficiência de filtros capacitivos na proteção de surtos na rede elétrica, foi utilizado o equipamento FILTRO CAPACITIVO INTELIGENTE da LUMILIGHT do BRASIL[®]. Antes de ser utilizado neste estudo, o filtro foi submetido à ensaios de avaliação no LANTEQ – Laboratório de medidas e avaliações de produtos e tecnologias.

O filtro foi testado em uma linha experimental situada no Laboratório de Engenharia de Projetos na Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da PUC-SP. Um painel de testes foi devidamente montado com os filtros para avaliar a atuação nos surtos gerados. O painel foi constituído de um comutador de fases acoplado a um transformador capaz de gerar surtos de até 720 V. O experimento foi dimensionado para comutar sobretensão elétrica no filtro com constante de tempo da ordem de 10 μ s. A montagem do sistema elétrico foi adaptado de acordo com o sugerido por Howel e Marztzloff (1973), pesquisadores da General Electrics (GE) conforme diagrama elétrico mostrado na Figura 1 e a metodologia de teste seguiu as recomendações do IEEE-590 (IEEE-519, 1999).

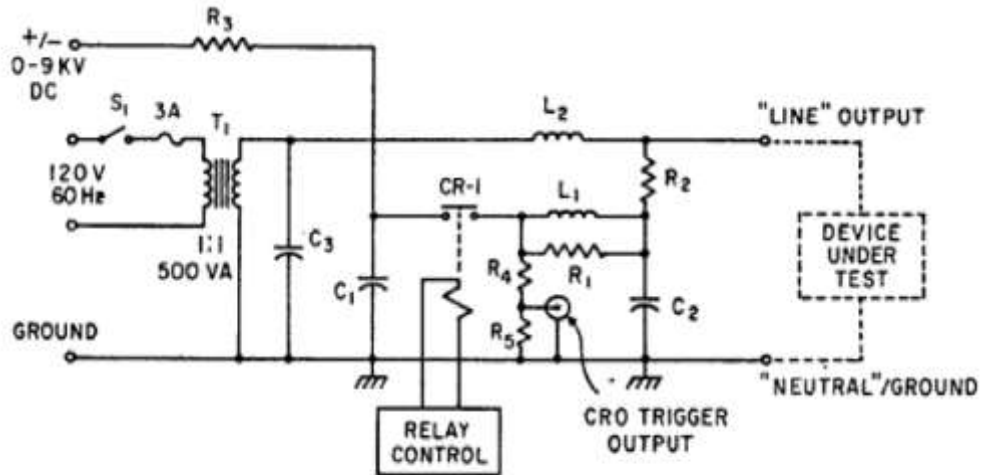


Figura 1 – Diagrama elétrico para teste de surto proposto pela GE. Fonte: HOWELL e MARTZLOFF, 1973.

Este diagrama foi adaptado para introduzir um surto de até 720V por comutação direta às fases R S T em paralelo com o filtro conforme ilustra o diagrama da Figura 2 abaixo.

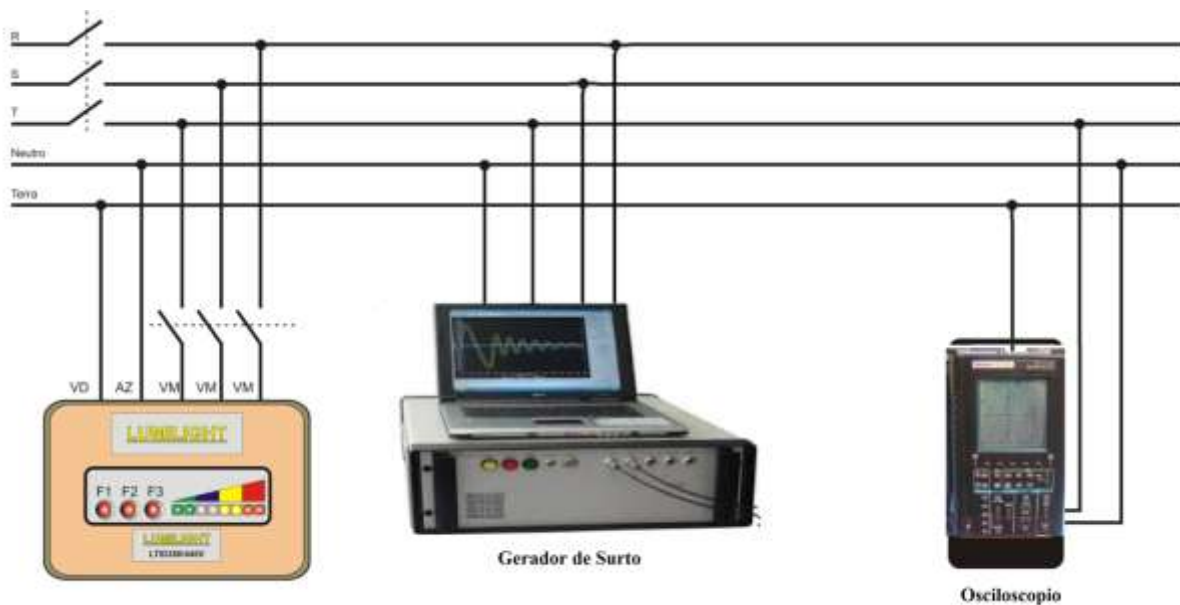


Figura 2 – Concepção esquemática do sistema gerador de surtos.

A montagem do sistema pode ser visualizada na Figura 3. Nesta figura evidencia-se o

transformador gerador de tensão de surto, o sistema de comutação, o filtro e o osciloscópio.



Figura 3- Arranjo experimental para medir o efeito do surto no Filtro.

3- Resultados e discussão

Foram gerados surtos que variaram de 300 até 700 V. Os surtos gerados para testar o filtro estão ilustrados na Figura 4a, já os detalhes do pulso podem ser visualizados na Figura 4b. Ambas figuras ilustram um surto de 680V. O efeito da ação do filtro pode ser visto na Figura 5 para surtos de 680V e na Figura 6a e 6b para surtos de 700V. Os sinais foram digitalizados após serem amostrados a uma frequência de 1KHz.

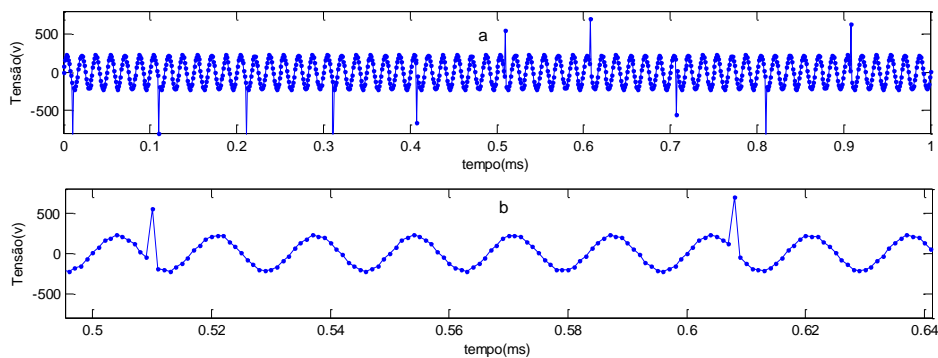


Figura 4 – a) – Surtos gerados durante 1 segundo de sinal elétrico. b) detalhe do surto gerado no sinal.

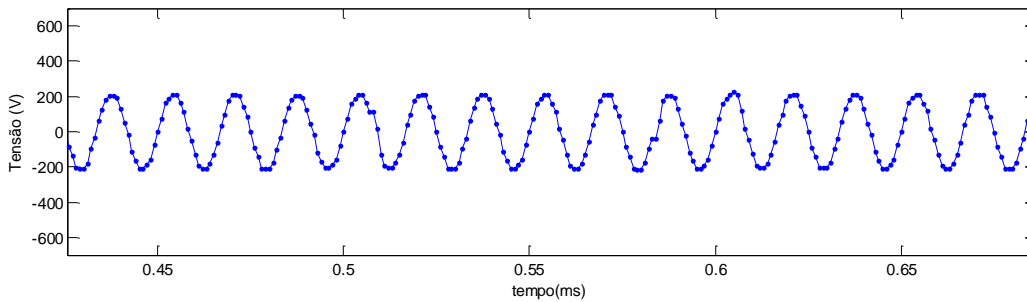


Figura 5. Forma de onda após ação do filtro com surto de 680V.

Os resultados mostram que o filtro agiu eficientemente com surtos até 680V comutados na linha de fase de 220V. Nota-se que apesar da existência de pequenas oscilações na forma de onda os harmônicos gerados pelo surto também é eliminado do sinal. Esta ação permite inferir que o filtro usado no teste possui um sistema de ação para surtos com um varistor conectado a um sistema integrador para corrigir a forma de onda senoidal. Nota-se também que o varistor age nos transientes negativos, conforme esperando (BENEDEN, 2003).

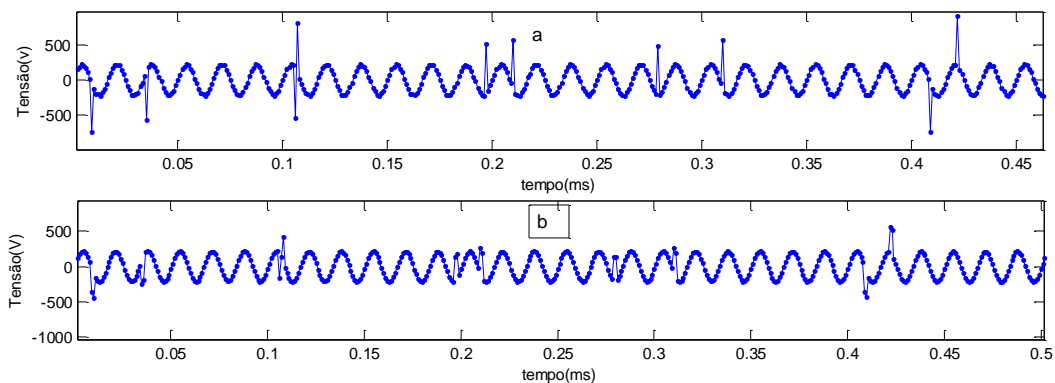


Figura 6 – a) Sinal com surto de 700V gerado sem ação do filtro b) Sinal após a ação do filtro.

Nota-se, na Figura 6, que o sinal após a ação do filtro não está livre dos artefatos para surtos de tensão de 700V. Estes resultados são esperado quando se trata de varistores do tipo metal-óxido. Esta tecnologia permite que o varistor, ao conduzir, forme um caminho resistivo que consome a energia do surto gerado na rede. O comportamento

de um varistor pode ser modelado pela equação 1.

$$I = KV^\alpha \quad (1)$$

onde V e I são, respectivamente, tensão e corrente enquanto K e α são constantes intrínsecas de cada varistor, podendo variar de fabricante para fabricante. K depende da geometria do varistor e α define o grau de não linearidade na resistência característica do varistor e pode ser controlado pelo tipo de material usado na construção do dispositivo. Quanto maior o α , maior é a eficiência do varistor para cortar os surtos. A equação 1 pode explicar o limite de ação do filtro nos resultados obtidos, ou seja, o dimensionamento tanto de K quanto de α limitam a ação do varistor garantido a eficiência da absorção da energia do surto até o limite de 680V, imitando a ação do filtro para este valor de tensão.

4- Conclusão

Os resultados deste estudo permitem concluir que filtros capacitivos com varistores podem agir eficientemente em surtos de tensão elétrica. No caso específico deste estudo, o FILTRO CAPACITIVO LUMILIGHT do BRASIL[®] foi eficiente para agir sobre surtos e até níveis de tensão de 680V.

5 – Referências

Beneden B. Varistors: Ideal solution to surge protection. Power electronic technology. Technical Report (2003).

Brusch, R. ;Tari, M. ; Frohlich, K. ; Weiers, T. ; Vogelsang, R. Insulation Failure Mechanisms of Power Generators. **Electrical Insulation Magazine, IEEE**. 24(4) (2015).

Dick E.P, Gupta B.K, Porter J.W, Greenwood A. “Practical design of generator surge protection”, **IEEE Transaction on Power Delivery**, Vol. 6, No. 2, (1991).

Howell E.K andMartzloff F. High-Voltage Impulse Testers.**General Electric TIS Report75CRD039**, (1973).

IEEE-519 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems – **Project IEEE-519**, (1991).

Ochoa LF, Harrison GP. Minimizing energy losses: optimal accommodation and smart operation of renewable distributed generation. **IEEE Transactions on Power Systems**; 26(1):198–205, (2011).