

Componentes para a Supressão de Surtos Elétricos

(EMField, *short paper* 03 - 2008)

Ricardo L. Araújo*, Leonardo M. Ardjomand, Artur R. Araújo e Danilo Martins

EMField Consultoria em Ensaios Elétricos Ltda

1 RESUMO

Este artigo apresenta as características dos principais componentes utilizados para a proteção de equipamentos e sistemas contra surtos elétricos, além de considerações sobre a seleção de tais componentes para cada tipo de aplicação e os principais cuidados com a instalação.

Em diversas ocasiões, durante trabalhos de consultoria, a EMField observa a utilização indiscriminada de componentes de supressão, resultando em gastos financeiros desnecessários e na carência de efetividade na proteção de equipamentos sensíveis. Esta é a motivação principal para a elaboração deste trabalho.

2 INTRODUÇÃO

É comum a utilização de componentes para a proteção contra surtos elétricos em diversas situações. O emprego de um componente (varistor, diodo ou centelhador) não deve ser feito sem um perfeito entendimento das características operacionais de cada um destes componentes bem como das precauções que envolvem sua instalação.

2.1 Surtos Elétricos

Este termo define sinais elétricos caracterizados por frequência elevada e que ocorrem durante um curto espaço de tempo.

Os surtos podem ser de tensão ou corrente e ter origens diversas como descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas e o chaveamento de cargas elétricas indutivas ou capacitivas.

Os mecanismos de supressão de surtos existentes no mercado visam à limitação de surtos de tensão com energia suficiente para danificar equipamentos ou componentes eletrônicos sensíveis.

Na Figura 1 é apresentado um surto de tensão originado por uma descarga atmosférica e na Figura 2 um surto originado por uma descarga eletrostática. Em ambas as figuras pode-se verificar através da escala de tempo o quão rápidos são estes fenômenos, o que resulta em componentes de frequências elevadas.

Devido às frequências elevadas, todas as impedâncias envolvidas na instalação de um supressor de surtos devem ser as menores possíveis de maneira que tais dispositivos possam trabalhar adequadamente.

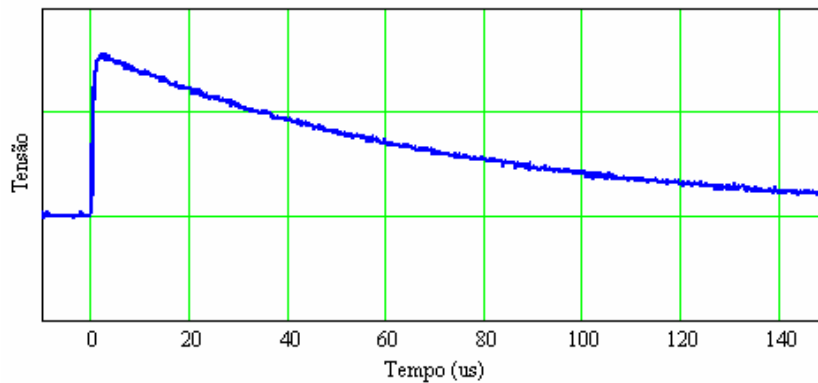


Figura 1 - Surto de origem atmosférica

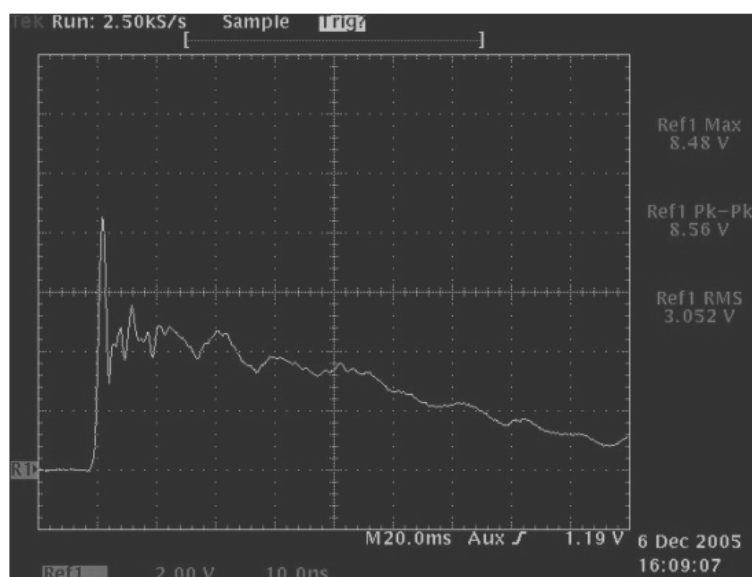


Figura 2 - Surto originado por descarga eletrostática

A função primordial de um componente supressor de surtos é a manutenção da tensão de entrada de um circuito ou equipamento dentro de níveis condizentes com a suportabilidade elétrica destes.

Na Figura 3 é apresentado um exemplo de surto propagado até um equipamento sensível através da rede de alimentação em corrente alternada. Pode-se verificar que o surto possui tensão superior à suportabilidade do equipamento, o que pode levar a sua queima.

Na Figura 4 o mesmo surto é suprimido, ficando com sua tensão máxima abaixo da tensão suportável pelo equipamento a ser protegido. A tensão do surto não é totalmente eliminada e o valor resultante após a ação do supressor é conhecida como “tensão residual”.

A manutenção da tensão residual em um nível compatível com a suportabilidade do equipamento a ser protegido depende da escolha adequada do mecanismo de supressão e normalmente é feita através do catálogo do fabricante.

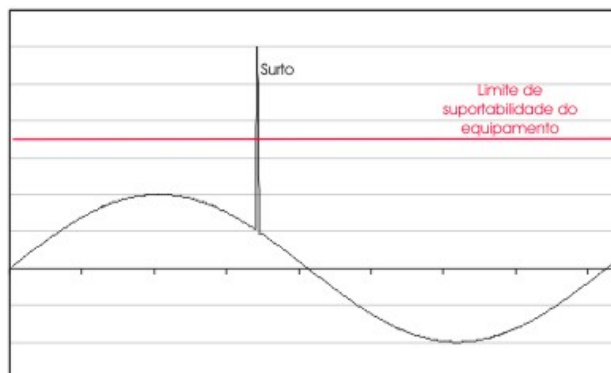


Figura 3 - Surto em rede de alimentação

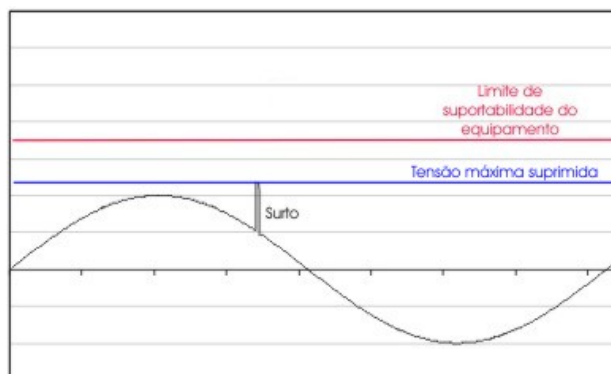


Figura 4 - Surto suprimido

Frente ao observado acima, pode-se constatar que um supressor de surtos na verdade funciona como um limitador de tensão. Para tensões superiores à sua tensão nominal, o dispositivo irá reduzir sua impedância elétrica, limitando assim o surto elétrico que atingirá o componente a ser protegido.

Durante o período de operação, o supressor terá que conduzir a corrente elétrica resultante do surto acrescida da corrente de curto circuito da rede onde o mesmo estiver instalado. Portanto, para a escolha correta de um supressor de surtos, deve-se levar em conta a potência de curto circuito do sistema a ser protegido.

Outra característica importante dos supressores é sua capacidade de regeneração pós-surto, uma vez que cessado o evento indesejável, o componente ainda poderá estar conduzindo corrente elétrica do próprio sistema protegido.

A corrente que circulará em um supressor no momento de um surto será maior quanto menor for a impedância de surto deste dispositivo. A Figura 5 ilustra a tensão residual e a corrente de surto de um supressor.

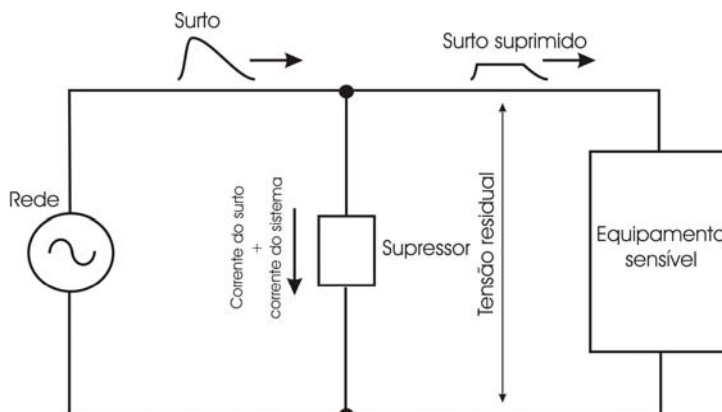


Figura 5 - Tensão residual e corrente de surto

3 COMPONENTES DE PROTEÇÃO

A seguir é feita uma descrição dos principais componentes utilizados para a proteção contra surtos elétricos em redes de alimentação, sinal, comunicação e outras.

3.1 Varistores

A palavra “varistor” vem do inglês e é uma abreviação para o nome técnico deste componente de proteção: *voltage-dependent resistor* – VDR (resistor dependente

da tensão). Os varistores são componentes caracterizados especialmente pela não linearidade em relação à Lei de Ohm.

Além da nomenclatura VDR, os varistores, em algumas literaturas, são chamados de MOV (*metal-oxide varistor ou movistor*) e SIOV (*Siemens metal-oxide varistor*).

O material construtivo mais comum deste tipo de componente é o óxido de zinco, que possui características não lineares de tensão versus corrente. A Figura 6 apresenta uma curva típica de tensão versus corrente de um varistor. Para tensões inferiores à tensão nominal de operação, o componente limita a corrente a alguns poucos μA . A partir da tensão de operação, o varistor passa a conduzir grandes correntes elétricas.

Isto significa que o componente “entra em curto circuito” quando submetido a tensões elétricas superiores à sua tensão nominal de funcionamento. Embora seja usado o termo curto circuito, vale lembrar que o componente possui uma impedância própria mesmo durante seu período de condução.

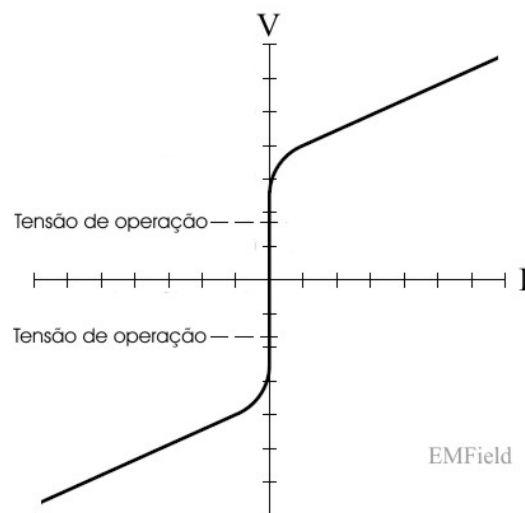


Figura 6 - Relação tensão x corrente típica de varistores

As principais características dos varistores são:

- Alta capacitância;
- Corrente de escoamento;
- Rapidez na operação (algumas dezenas de ns);

- Capacidade máxima de operação de até 80 kA;
- Baixo custo;
- Facilidade de utilização.

A capacitância elevada dos varistores os torna inadequados para a proteção de redes de comunicação em alta velocidade.

A corrente de escoamento em regime permanente também é um fator limitador quando a energia típica do sistema a ser protegido é baixa. Como exemplo, pode-se citar a rede telefônica. Se todos os consumidores utilizassem proteções com varistores a corrente de fuga destes componentes obrigaria as concessionárias a possuírem equipamentos mais potentes em suas centrais telefônicas, o que elevaria o custo do serviço.

Devido às características como o pequeno tempo de operação, ausência de centelhamento durante a operação e à boa capacidade de dissipação da energia de um surto, os varistores são adequados para a proteção de redes elétricas de corrente alternada e também de corrente contínua, como as redes CC empregadas em sensores, subestações e usinas.

Existem varistores comerciais de diversos formatos e potências para aplicações nas mais diferentes situações, conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7 - Exemplos de varistores comerciais

3.1.1 Envelhecimento

Um cuidado especial a ser tomado com o varistor refere-se ao seu envelhecimento. O componente possui “vida útil” e não deve ser simplesmente empregado em um equipamento ou instalação sem a devida supervisão.

O princípio de funcionamento do varistor é baseado em uma das principais características dos grãos de óxido metálico que constituem o componente. Quando na tensão nominal, as interfaces entre os grãos de óxido de zinco possuem uma resistência elétrica alta, dificultando a passagem da corrente, neste caso o varistor está dentro de sua tensão de operação nominal. Um modelo de varistor é apresentado na Figura 8.

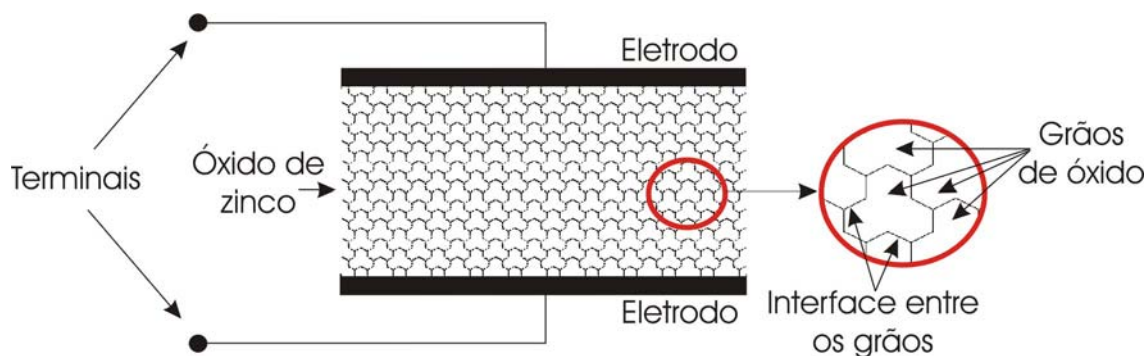


Figura 8 – Interior de um varistor

Quando o varistor é submetido a uma tensão superior a sua tensão nominal, as interfaces entre os grãos de óxido de zinco serão afetadas pelo campo elétrico. O principal efeito será a redução da resistência elétrica e a conseqüente condução de corrente, de um surto por exemplo. Cessado o surto, o campo elétrico diminui, a resistência elétrica entre os grãos eleva-se e a única corrente a fluir pelo varistor volta a ser a corrente de escoamento (corrente de fuga).

O mecanismo funciona bem quando o componente é novo, porém quando submetido a grandes correntes de surto, a grande temperatura resultante da passagem da corrente elétrica pode vir a fundir os grãos de óxido de zinco, diminuindo o isolamento elétrico entre os eletrodos do varistor.

O fenômeno de fusão resulta em um aumento da corrente de fuga em regime permanente que vai aumentando com o tempo, podendo inclusive resultar em um curto circuito do componente. A Figura 9 apresenta a curva de envelhecimento de um varistor em função do número de aplicações e da corrente que atravessa o componente. Pode-se

verificar que o componente possui vida útil de apenas uma operação quando submetido à corrente nominal.

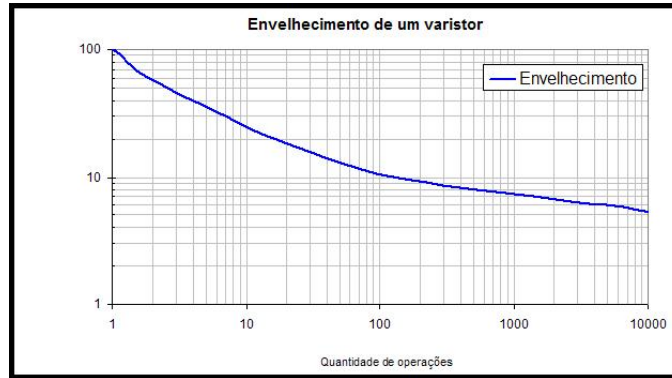


Figura 9 - Envelhecimento de um varistor em função da corrente nominal e do número de operações

Frente ao exposto, um varistor não deve ser instalado sem a presença de um fusível em série, devidamente dimensionado para não queimar durante surtos, mas apenas quando o varistor entrar em curto circuito.

Duas opções para a instalação de varistores são apresentadas na Figura 10. A opção A é empregada quando o equipamento ou circuito a ser protegido não pode ser desligado quando da queima do varistor e a opção B é utilizada quando existe a possibilidade de desligamento do circuito a ser protegido como, por exemplo, em eletrodomésticos.

Os supressores de surto comerciais que utilizam varistores possuem, em geral, um fusível em série com o componente, conforme apresentado na opção A da Figura 10. Neste caso, uma bandeira eletromecânica ou um *LED* indicam quando o fusível está queimado e, conseqüentemente, se o supressor deve ser substituído.

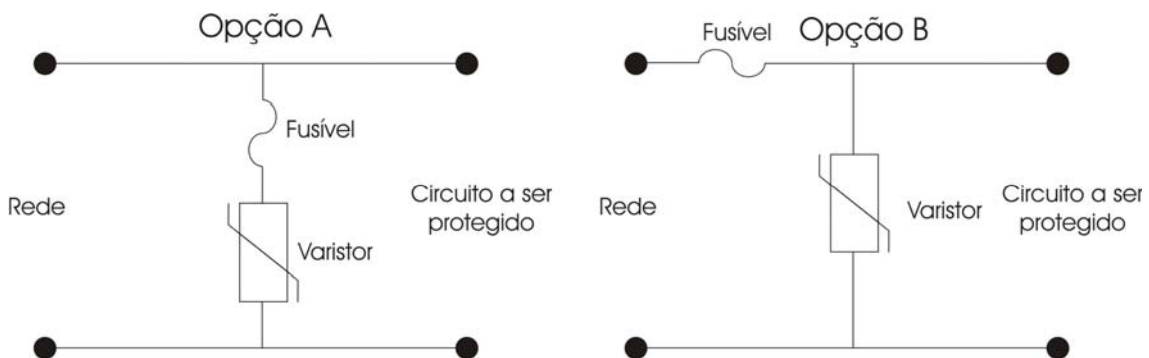


Figura 10 - Possibilidades de instalação do fusível de proteção do varistor

3.2 Centelhadores a Gás

O centelhador a gás é constituído de uma pequena câmara contendo um gás pressurizado e até 3 eletrodos de descarga. O princípio de funcionamento é bastante simples: quando o componente é submetido a uma tensão maior que a rigidez dielétrica do gás contido na câmara pressurizada, uma descarga elétrica ocorre entre os eletrodos internos, colocando em curto-circuito os terminais a serem protegidos, reduzindo assim a tensão do surto.

A vista em corte de um centelhador a gás é apresentada na Figura 11.

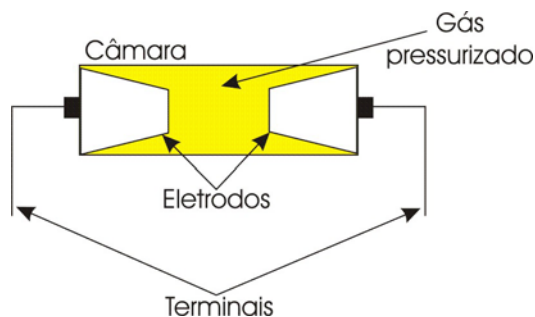


Figura 11 - Vista de um centelhador em corte

Os centelhadores podem possuir dois ou três terminais (neste último caso, o terceiro terminal é o terra).

As principais características dos centelhadores são:

- Baixa capacitância;
- Tempo de operação lento (alguns micro-segundos);
- Não possuem corrente de escoamento;
- Capacidade máxima de operação na ordem de 100 kA;
- Introdução de ruídos de alta frequência no circuito a ser protegido por ocasião da operação.

As características de baixa capacitância e ausência de corrente de escoamento tornam o centelhador ideal para a utilização em redes de comunicação com baixas tensões. Algumas aplicações típicas são redes de telefonia e cabos coaxiais de antenas de rádio-comunicação.

Deve-se evitar a utilização de centelhadores em redes de corrente alternada. Neste tipo de aplicação, uma vez cessado o surto após uma operação, o dielétrico entre os eletrodos do centelhador pode não conseguir se recompor devido à própria tensão da rede, o que pode levar o componente a entrar em curto circuito.

Algumas empresas empregam supressores de surto construídos com eletrodos simples e sem a câmara pressurizada para a proteção de equipamentos sensíveis. Tal produto não deve ser utilizado, pois sendo o ar atmosférico o meio dielétrico as condições ambientais como umidade do ar e poluentes dispersos no mesmo podem levar o dispositivo a operar indevidamente ou mesmo não operar quando necessário.

Os centelhadores comerciais são fabricados em uma grande gama de formatos e tamanhos, alguns exemplos são apresentados na Figura 7.



Figura 12 - Formatos de centelhadores

3.3 Diodos de Proteção

Os principais diodos de proteção comercializados atualmente são variantes do diodo Zener constituído de silício, porém, projetados para a supressão de surtos, especialmente de dois tipos: surtos de origem atmosférica de baixa energia e descargas eletrostáticas.

A aplicação deste tipo de componente é feita com maior frequência em placas de circuito impresso e nas proximidades de conectores de comunicação. Os diodos de proteção podem ser unidirecionais ou bidirecionais em função das necessidades de proteção. Estas opções são apresentadas na Figura 13.

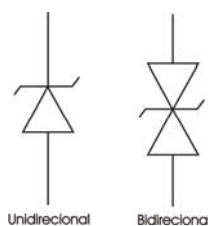


Figura 13 - Diodos de proteção

Abaixo são listadas as principais características dos diodos de proteção:

- Operação rápida (dezenas de nano-segundos);
- Baixa capacitância;
- Tensões de operação típicas de 2 V a 200 V;
- Baixa capacidade de dissipação (corrente típica de 500 A);
- Necessita a instalação de resistor em série para limitar a corrente de surto em aplicações de maior potência.

As características de baixa capacitância e operação rápida tornam os diodos os componentes mais adequados para a proteção de equipamentos muito sensíveis e componentes eletrônicos como circuitos integrados, transistores e outros.

3.3.1 Aplicações

A limitação na dissipação de energia é um fator que dificulta o uso deste tipo de componente em redes de alimentação com grande corrente de curto circuito e tensões elevadas (ex. 127 V AC, 125 V DC).

É comum o uso de diodos de proteção em sistemas embarcados como os utilizados em automóveis, embarcações e aeronaves.

Na Figura 14 são apresentados alguns tipos de construção dos diodos de proteção.

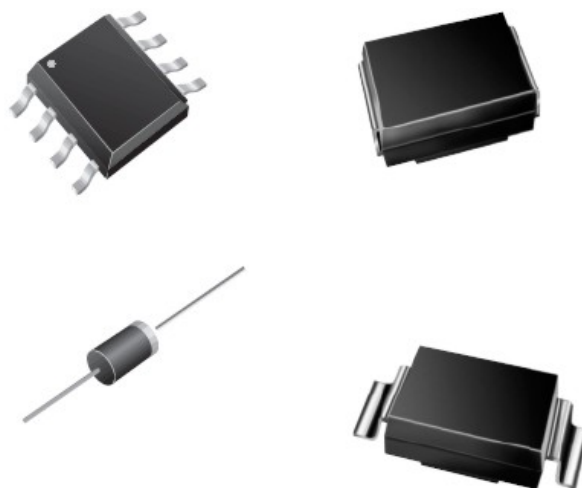


Figura 14 - Exemplos construtivos de diodos de proteção (fonte: Vishay)

Alguns exemplos de utilização de diodos para a proteção contra surtos são apresentados nas próximas três figuras.

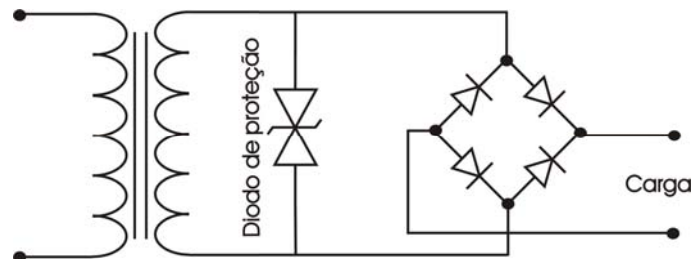


Figura 15 - Proteção instalada na fonte de alimentação

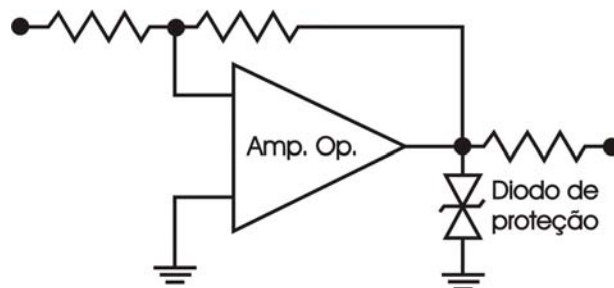


Figura 16 - Proteção de amplificador operacional

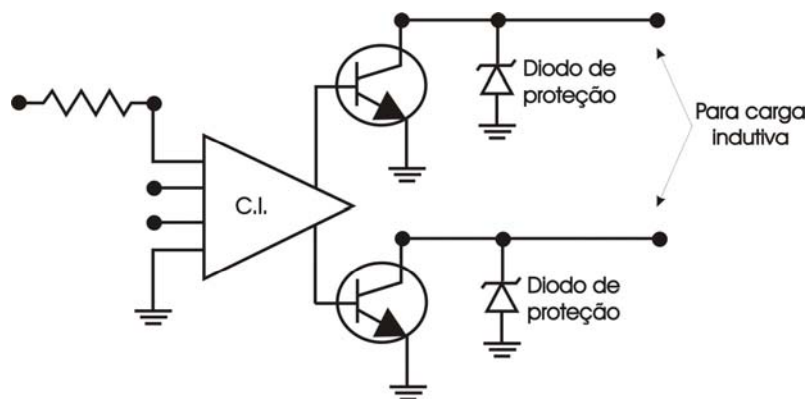


Figura 17 - Proteção de circuito de comando de carga indutiva

3.4 Proteções Híbridas

Alguns supressores de surtos comerciais utilizam a combinação de componentes de proteção (centelhador, varistor e diodo), visando a obtenção de uma grande eficiência na redução de tensões indesejáveis.

A utilização deste tipo de arranjo de maneira artesanal deve ser feita com cuidado para que cada componente opere adequadamente. Para que isto ocorra, é necessária a inserção de resistores e indutores para a devida coordenação da operação de cada um dos componentes.

O exemplo de uma proteção híbrida é apresentado na Figura 18.

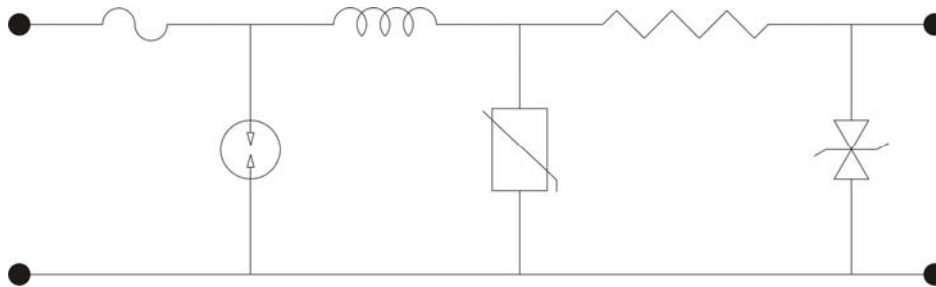


Figura 18 - Exemplo de proteção híbrida

4 CUIDADOS PARA A INSTALAÇÃO

Os surtos possuem componentes de alta frequência, desta maneira, quaisquer impedâncias parasitas ocasionadas por problemas de instalação dos componentes de supressão vão resultar em uma perda de eficiência dos mesmos.

De maneira a reduzir tais impedâncias, os terminais de qualquer componente de proteção devem ser os mais curtos quanto possível para que a queda de potencial seja mínima quando da condução de surtos.

Um erro bastante comum em projetos eletrônicos é a instalação de mecanismos de supressão de surtos em placas de circuito impresso sem a observância de qualquer critério de posicionamento.

Na Figura 19 é apresentada uma configuração de proteção em placa de circuito impresso com baixa eficiência. Pode-se observar que o componente de proteção está instalado a uma grande distância do ponto de entrada de possíveis surtos elétricos, permitindo a circulação de correntes na placa. Além disso, o comprimento das trilhas que interligam o varistor ao circuito a ser protegido tem um comprimento excessivo. Esse excesso de trilha aumentará a tensão residual da proteção.

O exemplo da Figura 20 apresenta uma solução melhorada, visto que a proteção foi colocada mais próxima da entrada de sinal, dificultando assim o surgimento de problemas de compatibilidade eletromagnética no circuito em análise.

Na Figura 21 é apresentada uma solução otimizada para o problema. Neste caso, o varistor foi aproximado da entrada e a trilha de conexão do componente foi eliminada.

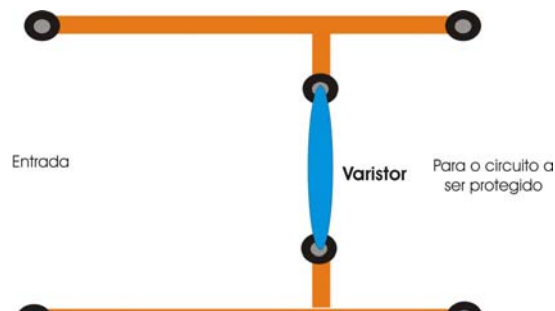


Figura 19 - Proteção de baixa eficiência

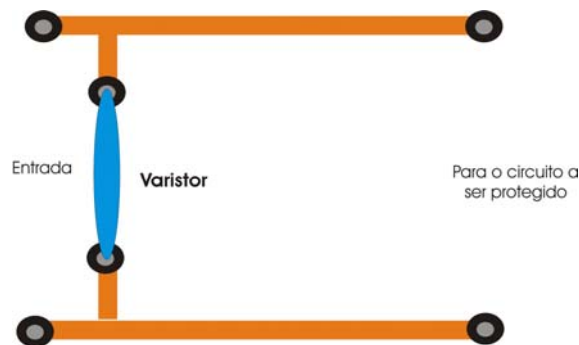


Figura 20 - Proteção melhorada



Figura 21 - Proteção otimizada

A consequência da instalação inadequada de um componente de proteção é apresentada na Figura 22. Nela estão indicadas a entrada de sinal do circuito, bem como um componente de proteção instalado.

Nesta situação existe uma grande distância elétrica entre o ponto de entrada de sinal e o componente responsável pela supressão de surtos. A consequência deste erro

de projeto é caracterizada por sinais de arco elétrico e fusão de trilhas. Além dos efeitos térmicos observados, a corrente circulante pelas trilhas no momento de um surto pode causar problemas grandes de compatibilidade eletromagnética neste equipamento.

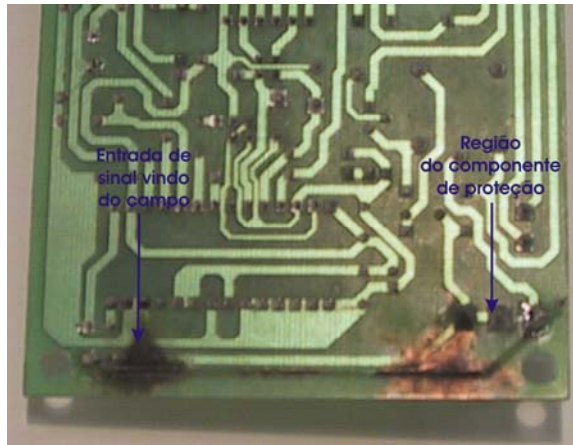


Figura 22 - Instalação inadequada de componente de proteção

Outro exemplo de instalação deficiente é apresentado na Figura 23. Trata-se de um retificador de corrente contínua utilizado em uma subestação. Neste caso, o usuário, após sucessivos problemas, instalou uma proteção contra surtos (varistores) no equipamento.

Existem dois erros nesta instalação, o primeiro refere-se ao dimensionamento dos varistores, feito de maneira inapropriada, resultando na utilização de componentes com capacidade de condução de corrente aquém do necessário.

O segundo erro refere-se à conexão dos varistores através de fios com um comprimento de aproximadamente 50 cm, conforme pode-se observar na Figura 23. Tal excesso de fios diminui sensivelmente a eficiência dos varistores de proteção.

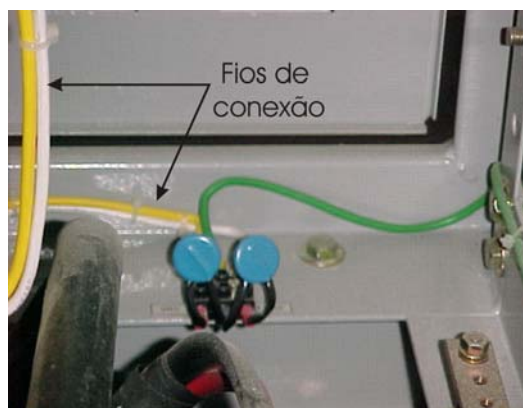


Figura 23 - Instalação de varistores através de conexão longa

No caso de redes de comunicação, os supressores de surto devem ser instalados o mais próximo possível dos equipamentos sensíveis a serem protegidos.

Na Situação 1 da Figura 24, um supressor é instalado a certa distância do equipamento a ser protegido. Neste caso, devido às características de impedância da rede, um surto induzido no trecho de cabo entre o supressor e o equipamento, se propagará em ambas as direções, atingindo o equipamento ao mesmo tempo em que atinge o supressor, que não desempenhará sua função de maneira apropriada.

Na Situação 2 da Figura 24 o supressor é instalado corretamente junto ao equipamento sensível que estará devidamente protegido.

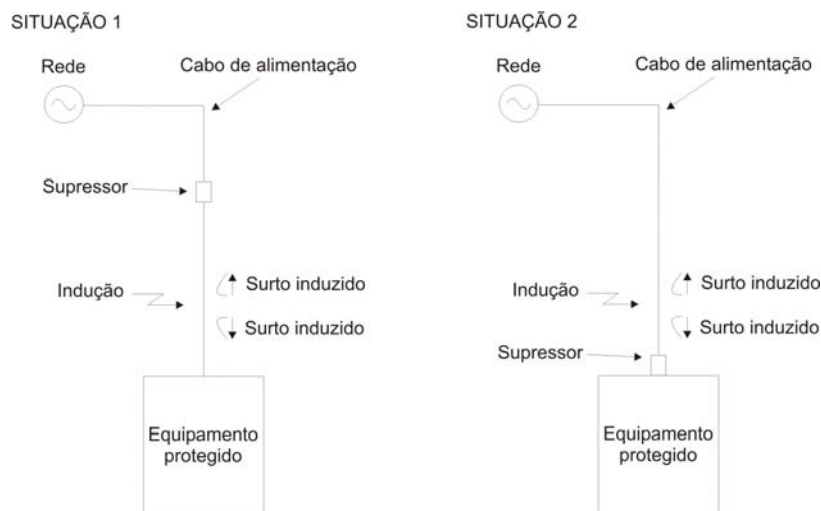


Figura 24 – Posição do supressor de surtos

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A EMField espera que os leitores encontrem utilidade prática nas informações apresentadas. Em caso de dúvidas ou sugestões, não deixe de entrar em contato conosco.

Caso queira se aprofundar no tema, sugerimos a leitura das referências bibliográficas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAÚJO, Ricardo Luiz ; ARDJOMAND, Leonardo Morozowski ; QUOIRIN, Nilton Sergio Ramos ; SILVA, Marcelo Nestor da . **Utilização eficiente de aterramentos para proteção de equipamentos sensíveis**. Eletricidade Moderna, n. 377, p. 104-119, 2005.
- [2] Armstron, Keith. **Design Techniques for EMC – Part 3, Filters and Surge Protection Devices**. Site: www.compliance-club.com, ultimo acesso 09 de junho de 2008.
- [3] Mamede, J. **Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis**, São Paulo: Érica, 2000.
- [4] Cigré. **Guide on EMC in Power Plants and Substations**. Apostila, Paris, 1997.
- [5] V. P. Kodali, "**Principles, Measurements, and Technologies**". **Engineering Electromagnetic Compatibility**, 1996.