

Capítulo IX

Proteção contra descargas atmosféricas

Por Roberto Menna Barreto*

Entre as diferentes fontes de perturbação eletromagnética (EM) que podem afetar a operação de sistemas eletrônicos (automação, telecomunicações, instrumentação, etc.), uma das mais importantes é a descarga atmosférica (raio). Isso porque, por um lado, as consequências das descargas atmosféricas para sistemas eletrônicos representam, muitas vezes, custos bastante elevados, incluindo a própria segurança das pessoas e dos equipamentos instalados; e, por outro lado, as características dessas instalações, muitas vezes localizadas em locais remotos e espalhadas por uma grande área, fazem os sistemas eletrônicos se tornarem vulneráveis a qualquer raio que ocorra na região, nomeadamente em um país como o nosso, com altíssima incidência de raios.

Um estudo do Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Elat/INPE), realizado com empresas dos setores elétrico, eletroeletrônico, de telecomunicações, de seguro, de construção civil, de aviação, entre outras, concluiu que os raios causam prejuízos anuais da ordem de um bilhão de dólares ao país. O prejuízo total que os raios causam nos Estados Unidos é de cerca de dois bilhões de dólares. E estes valores tendem a crescer com a maior utilização da eletrônica.

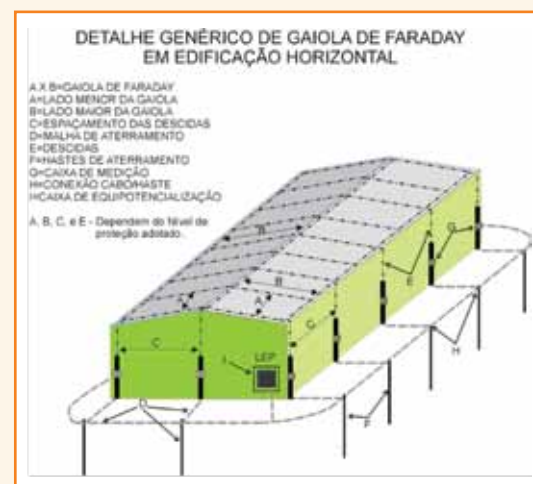


Para a proteção de sistemas eletrônicos contra descargas atmosféricas e seus efeitos, deverão ser consideradas todas as possíveis entradas de energia eletromagnética, incluindo:

Proteção das estruturas contra descargas diretas

– em que deve ser implantado um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), tendo em vista as diferentes estruturas (prédios, torres de antenas, depósitos, etc.) instaladas em um determinado local (resistividade do solo, índice cerâmico, etc.). A eficiência do SPDA implantado deve estar de acordo com a análise de risco a ser desenvolvida tendo por referência a Norma Brasileira sobre Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas (NBR 5419).

A figura a seguir exemplifica a concepção de um SPDA para uma edificação simples, tendo como captores uma malha (Gaiola de Faraday).



Exemplo ilustrativo de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) | Fonte: Termotécnica

Proteção contra pulsos EM – a proteção contra pulsos EM (LEMP – Lightning Electromagnetic Pulse) também deve ser objetivada pelo projeto do SPDA, embora a maior parte das medidas de proteção possa ser realizada pela própria topologia do sistema.

Perturbações EM nos cabos de comunicação – deve-se estimar o risco de avarias, considerando as características do cabo (aéreo ou enterrado, blindado ou não, comprimento, tipo de isolamento, etc.) e o ambiente em que está instalado (resistividade do solo, estruturas adjacentes, etc.). Uma vez identificados o cabo e a sua instalação, é possível calcular a necessidade de medidas de proteção, que podem incluir o uso de Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) ou outras opções, de forma a garantir que o cabo e os equipamentos interligados se apresentem dentro dos limites para o risco de avarias tolerado, a ser definido pelo operador do sistema. Surtos de tensão e corrente induzidos por descargas indiretas (aquelas que não atingem diretamente as edificações em que estão instalados os equipamentos do sistema eletrônico, mas que, por acoplamento resistivo ou indutivo, ocasionam o aparecimento de tensões/correntes no sistema) são a principal causa de avarias em equipamentos.

Sistema de aterramento – devem ser levados em consideração os requisitos indicados pelo projeto do SPDA como também

as necessidades (EMC) para operação dos vários equipamentos instalados. É importante observar que a ideia de uma baixa resistência de terra não significa proteção contra descargas atmosféricas – é fundamental uma configuração apropriada para “dissolver” homogênea as correntes oriundas de descargas atmosféricas, evitando a ocorrência de potenciais de risco, que um baixo valor de resistência para a terra, embora um baixo valor deva ser objetivado sempre que for técnico-economicamente viável. O sistema de aterramento é também o principal mecanismo de proteção contra os campos EM originados pelas correntes das descargas atmosféricas.

Sistema de energia – a rede de distribuição de energia AC deve ser considerada como uma ligação do sistema eletrônico a várias fontes de perturbação EM, além da própria fonte de energia. Devem ser levados em conta tanto as variações de tensão (sobretensão, “flickers”, harmônicos, etc.) como os surtos de tensão/corrente (gerados por descargas atmosféricas ou chaveamento de cargas indutivas).

EMC e proteção contra raios (proteção interna – eletrônica)

A proteção de sistemas eletrônicos contra descargas atmosféricas e seus efeitos é, normalmente, considerada

fora do âmbito da Compatibilidade Eletromagnética por razões históricas, nomeadamente por envolver não somente interferências eletromagnéticas (EMI) como, principalmente, danos na instalação.

No entanto, se colocarmos a proteção de sistemas eletrônicos contra descargas atmosféricas e seus efeitos dentro do âmbito da Compatibilidade Eletromagnética, uma vez que as descargas atmosféricas e seus efeitos constituem também perturbações eletromagnéticas, uma nova situação se apresenta, deixando claro tanto a natureza do problema como os procedimentos a serem seguidos.

E esta situação se aplica naturalmente a todos os sistemas eletroeletrônicos, incluindo instalações de telecomunicações, instalações em ambientes de alta tensão (a seguir é exemplificada utilização cada vez maior da eletrônica em sistemas de alta tensão), sistemas de instrumentação em plantas industriais, sistemas hospitalares, etc.



Exemplo ilustrativo de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) | Fonte: Termotécnica

Compatibilidade Eletromagnética (EMC – Electromagnetic Compatibility) pode ser definida então como a capacidade de um dispositivo, unidade de equipamento ou sistema de funcionar satisfatoriamente no seu ambiente eletromagnético sem introduzir, ele próprio, perturbações eletromagnéticas intoleráveis naquele ambiente.

Uma configuração EMC é assegurada com certa facilidade numa instalação exigindo-se que cada unidade de equipamento cumpra com normas EMC, as quais abordam tanto o aspecto de emissão (o equipamento se constituindo numa fonte de perturbação EM) como de imunidade (o equipamento não sendo afetado por perturbações EM no ambiente).

Estas normas EMC permitem, assim, certa liberdade na instalação dos vários equipamentos, evitando a ocorrência de problemas de EMI causados por fontes internas (unidades de equipamento), mesmo para a maior parte das fontes externas.

Os níveis de imunidade a serem observados pelos diversos equipamentos, consoante suas localizações, são determinados com o objetivo de garantir a operação correta dos equipamentos instalados. Por exemplo, para as portas AC de entrada/saída, pode ser exigido um nível de imunidade a transitórios rápidos/salvos de acordo com a norma EN 61000-4-4, com amplitude de 2 kV para equipamentos a serem instalados no campo, ou com amplitude de 4 kV, para equipamentos a serem instalados em subestações de alta tensão.

Caso os equipamentos não satisfaçam estes requisitos ou o nível de perturbação eletromagnética seja superior, deverão ser então instaladas medidas complementares de proteção.

Para a implantação de medidas complementares de proteção, temos inicialmente que identificar a fonte de perturbação eletromagnética (o que está gerando as perturbações eletromagnéticas, que tanto pode ser interna como externa ao sistema), o mecanismo de acoplamento (como que as perturbações eletromagnéticas geradas são acopladas ao circuito) e o receptor (o circuito que está sendo afetado). Então é possível solucionar o problema trabalhando um ou mais destes componentes para se reduzir o ruído acoplado.

Na instalação de um sistema eletrônico, podemos considerar que normalmente não é conveniente, nem mesmo possível, se trabalhar no receptor e, muitas vezes, nem na fonte de perturbação eletromagnética. Não é conveniente trabalhar no receptor, uma vez que o equipamento já estaria definido pelo fabricante e pode não ser conveniente trabalhar nas fontes de perturbações eletromagnéticas, principalmente se estas já estiverem sido instaladas. Resta-nos, então, trabalhar no acoplamento.

Perturbações EM são acopladas em circuitos eletrônicos por meio de três mecanismos básicos: acoplamento capacitivo (campos elétricos), acoplamento indutivo (campos magnéticos) e acoplamento por impedância comum (de aterramento).

Entretanto, deve-se ressaltar que praticamente todas as técnicas que se aplicam para a eliminação destes mecanismos de acoplamento, assim como filtragem, blindagem, balanceamento, etc., estão diretamente relacionadas ao sistema de aterramento. Por exemplo, para se evitar o acoplamento de campos magnéticos em cabos de sinal, a técnica básica é a eliminação da área do “loop” definida pelo fluxo de corrente – uma blindagem pode ser usada neste sentido, porém seu uso é orientado para a redução da área do “loop”, isto é, como a blindagem é “aterrada”.

Desse modo, a essência da compatibilidade eletromagnética em um sistema eletrônico, como caracterizado anteriormente, é o seu próprio “sistema de aterramento”.

Assim, ao colocarmos a proteção da instalação de um

sistema eletrônico contra descargas atmosféricas e seus efeitos dentro do âmbito da Compatibilidade Eletromagnética, o sistema de aterramento assume também o papel preponderante na proteção dos equipamentos instalados, o qual deve ser projetado para:

- Evitar que perturbações EM de grande intensidade sejam acopladas nos circuitos;
- Evitar que as perturbações EM acopladas nos circuitos possam ocasionar surtos de tensão e corrente perigosos para os circuitos.

Muitas vezes, o “sistema de aterramento” é confundido inadvertidamente com o conceito de “malha de terra” – um baixo valor de resistência de terra não é relevante para EMC e nem para a proteção contra raios.

O que é feito muitas vezes é a implantação do sistema de aterramento baseada em somente dois ou três critérios genéricos como: a resistência de terra deve ser inferior a 5 ohms; a configuração em estrela deve ser implementada; deve-se evitar os “loops de terra”; deve-se fazer uma equalização de potencial; etc. Via de regra, estes critérios não são suficientes e nem mesmo necessários.

A consequência então é um número bastante elevado de problemas sempre que ocorre uma situação de risco, assim como aquelas originadas por raios. Então se inicia uma busca

por produtos especiais, tal como um “super DPS” que possa resolver o problema, quando na verdade o problema é de outra categoria.

Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

O uso de Dispositivos de Proteção contra Surtos é, na verdade, um recurso de aterramento a ser usado quando, devido às características da instalação, é passível a ocorrência surtos de tensão/corrente com amplitude superior aos níveis de resistibilidade dos equipamentos.

Embora todas as normas nacionais e internacionais apontem outra direção, o nome correto para este tipo de dispositivo deveria ser Dispositivo de Aterramento Transitório (DAT) porque esta é a função dele e não simplesmente um Dispositivo de Proteção contra Surtos, pois esta é a finalidade com a qual é usado, deixando-se talvez até “maliciosamente” uma margem para se imaginar que o emprego de um DPS basta.

Um exemplo desta confusão, em que somente a utilização de DPS apropriados não é suficiente à proteção contra descargas atmosféricas é caracterizado na figura a seguir, de um caso de proteção de um portão eletrônico, em que foram usados DPS adequados, mas instalados de forma inadequada, resultando em uma proteção inexistente.



Exemplo do uso de DPSs adequados, mas instalados de forma inadequada

Para responder aos objetivos apresentados anteriormente, quanto à proteção de uma instalação de um sistema eletrônico contra descargas atmosféricas e seus efeitos, é conveniente a aplicação do conceito de zonas de proteção para o projeto e implementação do sistema de aterramento.

Nesta abordagem, ambientes eletromagnéticos (em que os equipamentos irão operar) são sucessivamente aprimorados, controlando a propagação das perturbações EM geradas por raios de uma zona para outra, por meio de blindagem eletromagnética. O efeito de blindagem é obtido em cada zona de proteção pela configuração apropriada do sistema de aterramento.

O dispositivo de proteção contra surtos (DPS) é um componente usado para limitar tensões transitórias e desviar as correntes de surto para fora dos equipamentos protegidos. Esse tipo de dispositivo pode ser usado em todos os cabos que entram nas edificações (zonas de proteção), como cabos de energia, linhas de telefone e cabos de antenas, com o objetivo de garantir que o nível das sobretensões/sobrecorrentes, como aquelas acopladas por raios, seja menor que o nível de resistibilidade dos equipamentos.

Entretanto, a especificação e a instalação do DPS são dois fatores fundamentais a serem considerados na proteção de sistemas eletrônicos.

Para as linhas de energia, a norma ABNT NBR 5410 define três classes para os DPS de acordo com a capacidade de descarga (valor máximo de corrente que o DPS é capaz de escoar sem comprometer sua função protetora):

DPS Classe I – corrente de impulso, caracterizada, tipicamente, pela forma de onda 10/350us (limp), com amplitude de acordo com o nível de proteção do SPDA (por exemplo, 12,5 kA F-PE num esquema TN-C de 4 condutores, com nível de proteção III ou IV do SPDA) para a passagem da zona de proteção 0 para 1;

DPS Classe II – corrente de descarga nominal, caracterizada

pela forma de onda 8/20us (ln), mínimo 5 kA por polo, para a passagem da zona de proteção 1 para 2;

DPS Classe III – forma de onda combinada (1.2/50 us; 8/20 us), normalmente a tensão de circuito aberto do gerador (2.5 kV), para a passagem da zona de proteção 2 para 3.

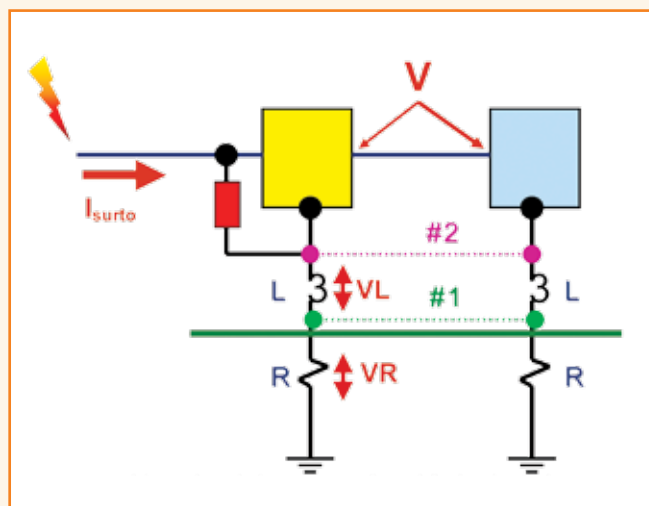
Existem diferentes componentes que são usados nos circuitos de proteção, assim como dispositivos de tubos de gás, spark gaps, varistores e diodos avalanche, além de filtros, enlases ópticos e transformadores. Cada tipo de dispositivo tem vantagens e desvantagens de aplicação.

Para a especificação adequada do DPS, as seguintes questões devem ser respondidas:

- Qual a frequência das perturbações (raios)?
- Quais os parâmetros esperados dessas perturbações?
- Qual a máxima tensão residual para cada forma de onda que o equipamento protegido pode suportar?

No tocante à instalação desses componentes, deve-se lembrar que as correntes de surto desviadas sempre vão para algum lugar no circuito – elas não desaparecem. O sistema de aterramento é o destino dessas correntes. Consequentemente, é extremamente importante que sejam fornecidos caminhos de baixa impedância para as correntes de surto desviadas, evitando-se, assim, o desenvolvimento de tensões elevadas no sistema de aterramento.

A título de ilustração, na figura apresentada a seguir a corrente parcial do raio (digamos, $I_{surto} = 10 \text{ kA}$, 8/20 us) é desviada do equipamento “amarelo” pela utilização de um DPS. No entanto, a circulação desta corrente no sistema de aterramento (fio + malha ou referência de terra) irá causar uma elevação de potencial de $V_R + V_L$ a ser sentida pelo equipamento “azul”, podendo ocasionar sua queima. Para eliminação de V_R , deveríamos ter uma única malha de terra (conexão #1); para eliminação de V_L , deveríamos ter uma “equalização de potencial” (conexão #2).



Corrente parcial do raio desviada do equipamento “amarelo” pela utilização de um DPS

Nota-se que o valor da resistência de terra (R) não é importante no que se refere à tensão a ser sentida pelo equipamento “azul”, uma vez implantadas as conexões #1 e #2. E mais: o que está em jogo não são valores ôhmicos – um fio de escoamento da corrente desviada pelo DPS com 1,5 metros acarreta uma tensão ôhmica da ordem de somente $V_r = 4,5 \text{ v}$ [$V_r = 10 \text{ kA} \times R_{\text{fio}}$ ($R_{\text{fio}} = 1,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ mohm/m}$)] enquanto acarreta uma tensão indutiva da ordem de $V_L = 1.875$ [$V_L = L \text{ di/dt} = (1,5 \text{ m} \times 1 \text{ uH/m}) \times 10 \text{ kA/8 us}$].

Este valor de 1.875 v, que estaria sendo somando à tensão residual do DPS, é crítico, ou seja, os requisitos exigidos ou sugeridos pelas normas sobre DPS são necessários e suficientes a uma proteção adequada de sistemas eletrônicos, desde que os DPS sejam instalados corretamente de forma a compor um sistema de aterramento adequado.

Os dispositivos de proteção contra surtos são normalmente instalados com os equipamentos que estariam sendo protegidos, mas esta não é necessariamente a condição para todas as instalações. Em muitas aplicações, os DPS são instalados ao longo dos cabos de comunicação de forma a dividir o comprimento do cabo e, assim, reduzir a amplitude das sobretensões acopladas.

Conclusão

A proteção de sistemas eletrônicos contra descargas

atmosféricas e seus efeitos (raios) é normalmente considerada fora da área de EMC (EMC – Electromagnetic Compatibility), uma vez que, em EMC, objetivamos evitar interferências, enquanto na proteção contra raios objetivamos evitar avarias de circuitos.

Todavia, técnicas EMC são necessárias à proteção contra raios e as medidas de proteção contra raios têm, necessariamente, que estar integradas com as demais técnicas EMC usadas para a instalação do sistema eletrônico.

Sob esta perspectiva, torna-se evidente a importância do sistema de aterramento na proteção de sistemas eletrônicos (automação, instrumentação, telecomunicações, etc.) contra descargas atmosféricas e seus efeitos. A proteção de sistemas eletrônicos contra raios é, basicamente, um sinônimo para EMC, e EMC é, essencialmente, um sistema de aterramento adequado.

* **ROBERTO MENNA BARRETO** é engenheiro eletricista e sócio-gerente da QEMC, empresa de consultoria na área de Compatibilidade Eletromagnética (EMC) e de proteção de instalações de sistemas eletrônicos contra descargas atmosféricas e seus efeitos.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br