

Capítulo I

Implantação de sistemas eletrônicos em ambientes de alta tensão

Por Roberto Menna Barreto*

Esta série de artigos abordará diversas técnicas para o controle de interferências no projeto, na instalação e na manutenção de sistemas eletrônicos em ambientes de alta tensão. A seguir, os temas propostos para os 12 capítulos deste fascículo:

- Influência de sistemas de alta tensão em sistemas eletrônicos
- Requisitos EMC para equipamentos eletrônicos
- Acoplamento de campos elétricos
- Acoplamento de campos magnéticos
- Aspectos EMC para cabeamento
- Aspectos EMC para o sistema de aterramento – Malha de terra
- Aspectos EMC para o sistema de aterramento – Referência para equipamentos sensíveis
- Blindagem de salas
- Proteção (interna) contra descargas atmosféricas
- Radiação não-ionizante (exposição humana a campos eletromagnéticos)
- Procedimentos EMC para projeto e instalação de sistemas eletrônicos
- Procedimentos EMC para manutenção de sistemas eletrônicos

Os fascículos serão divididos e publicados conforme cronograma anterior, podendo, entretanto, sofrer alterações de acordo com os critérios do autor.

Compatibilidade eletromagnética

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

Uma configuração EMC é assegurada com certa facilidade em uma instalação, exigindo-se que cada unidade de equipamento cumpra as normas

EMC, as quais abordam tanto o aspecto de emissão (o equipamento se constituindo em uma fonte de perturbação EM) como de imunidade (o equipamento não sendo afetado por perturbações EM no ambiente). Estas normas EMC permitem certa liberdade na instalação dos equipamentos, evitando a ocorrência de problemas de EMI causados por fontes internas (unidades de equipamento) e mesmo para a maior parte das fontes externas.

Nesse contexto, poderíamos pensar que equipamentos eletrônicos que cumpram com requisitos EMC comerciais, instalados mesmo próximos a linhas de transmissão/distribuição, deveriam estar naturalmente protegidos contra perturbações eletromagnéticas originadas em situações normais de operação das LT/LD (sistemas de telecomunicações via rádio constituem um aspecto particular). Isso em parte é verdade. Quando equipamentos são interconectados compondo um sistema eletrônico, essa situação pode ser drasticamente alterada uma vez que o nível de imunidade do sistema é normalmente menor que o nível de imunidade de cada equipamento isolado, devido, principalmente, aos cabos de interconexão. Assim, sistemas eletrônicos são passíveis de serem afetados por LT/LD, nomeadamente, se estiverem localizados próximos destas.

Influência de sistemas de alta tensão

Existem diversos aspectos no âmbito EMC que devem ser considerados na implantação de sistemas eletrônicos (automação, telecomunicações, proteção, controle) em ambientes de alta tensão, como o de subestações elétricas, entre eles:

Tensões induzidas em sistemas de telecomunicações (automação, controle, sinalização, etc.) com linhas metálicas

Representa a influência, nomeadamente na faixa de frequência de DC a 9 kHz, resultante de acoplamento

indutivo, capacitivo ou condutivo em situação de operação normal ou de falta, que poderia acarretar perigo para pessoas, estragos ou funcionamento incorreto de sistema de telecomunicações com linhas metálicas.

Para a segurança de pessoas, deverá existir uma separação mínima entre os cabos de telecomunicações com partes metálicas aterradas e partes metálicas conectadas diretamente ao sistema de alta tensão, função da localização e da resistividade do solo, entre outros aspectos, podendo variar de 2 metros a 200 metros.

Para os cálculos das tensões induzidas que poderiam afetar a segurança ou o funcionamento dos sistemas de telecomunicações, os cálculos são mais complexos, uma vez que diversos fatores deverão ser considerados, assim como o paralelismo entre a LT/LD e a linha de telecomunicações, entre outros. Estes cálculos objetivam o atendimento de um valor máximo de tensão acoplada para situações de operação normal da LT/LD (tensão típica de 150 Vrms entre partes metálicas para segurança; e 60 Vrms, ou 200 mV medidos psfometricamente para interferência) e em caso de faltas (por exemplo, 2000 V para cabos coaxiais ou fibras óticas com partes metálicas). Caso estes limites sejam excedidos (por cálculo ou medição), deverá ser estudada a necessidade de medidas corretivas.

Interferência com sistemas de rádio

Representa a influência das perturbações geradas por

sistemas de alta tensão na faixa de 0,15 MHz a 300 MHz na recepção de rádio, nomeadamente radiodifusão sonora AM (0,15 MHz a 30 MHz) e radiodifusão sonora FM e TV (30 MHz a 300 MHz).

O ruído em radiofrequência gerado por LT/LD (acima de 1 kV) é causado principalmente pelo efeito corona, isoladores defeituosos ou contatos frouxos (permitindo a existência de descargas elétricas) e variam conforme as condições atmosféricas.

Para a recepção de sinais de rádio e televisão livre de interferência, é necessária uma elevada relação sinal/ruído na entrada do receptor, que pode ficar comprometida caso o nível de recepção dos sinais de rádio/TV sejam baixos e as condições atmosféricas sejam propícias à geração de ruído em RF por LT/LD.

De forma a garantir que os níveis dos diferentes tipos de ruído gerados por uma LT/LD e equipamentos associados sejam mantidos abaixo dos limites aceitáveis, são desenvolvidas técnicas de medição e predição baseadas no conceito de nível de referência de uma LT/LD, que é a intensidade de campo medida na frequência de 500 kHz a 20 metros do condutor mais próximo. O ruído gerado em outras frequências pode ser obtido por meio do espectro (padrão) de frequência associado – efeito corona. O nível de referência de uma LT/LD é determinado pelo seu projeto, instalação e manutenção.

Sistemas de transmissão DC também são passíveis de gerar

ruído em alta frequência, nomeadamente pelos conversores a válvula que, por estarem acoplados às linhas de energia, permitem que o ruído gerado na comutação seja conduzido por elas e, a partir daí, radiado, além da radiação direta.

Compete aos órgãos reguladores a determinação dos limites mínimos do sinal a ser protegido (necessário para se sobrepor ao ruído ambiente como atmosférico, cósmico, etc. – por exemplo, para banda de TV de 47 MHz a 68 MHz o CCIR recomenda 48 dBuV/m) e a relação sinal/ruído que permita a recepção de sinais de radiodifusão satisfatória (por exemplo, para a Europa é aceito um padrão de 40 dB, com BW de medida de 120 kHz). Estes fatores determinam então a “distância protegida”, qual seja, a distância mínima da linha de forma a proteger o sinal de radiodifusão para certa percentagem do tempo.

Assim, os quatro principais fatores a serem considerados na especificação do limite de ruído de RF são: o nível mínimo de sinal a ser protegido; a relação sinal/ruído mínima aceitável; o nível de referência da linha, medido a 20 m de distância do condutor mais próximo com as condições atmosféricas definidas; e a distância protegida, qual seja, a distância mínima da linha em que o sinal possa ser recebido satisfatoriamente. Três destes fatores determinam o quarto.

Perturbações eletromagnéticas conduzidas

Representa a influência das perturbações conduzidas pelo sistema de energia para os sistemas eletrônicos instalados.

De forma abrangente, os diferentes tipos de perturbações eletromagnéticas que poderiam estar presentes nas LT/LD e que poderiam afetar instalações dos sistemas eletrônicos instalados nas casas dos consumidores, assim como harmônicos de corrente/tensão, variações do valor eficaz da tensão fornecida, “flicker”, surtos, etc., representam a referência para definição dos níveis de imunidade a serem apresentados pelos equipamentos eletroeletrônicos para ligação à rede de baixa tensão.

Dessa maneira, um equipamento eletroeletrônico para ligação à rede de baixa tensão teria o seu funcionamento correto garantido, uma vez que estaria apto a suportar os diferentes tipos de perturbações eletromagnéticas provenientes da rede.

Entretanto, a qualidade de energia se constitui em um aspecto bastante amplo, visto que todos os intervenientes na geração, transmissão e distribuição são responsáveis e, sendo a relação rede-cliente interativa, os próprios consumidores são também co-responsáveis (razão pela qual a emissão de harmônicos de corrente por equipamentos eletroeletrônicos deve ser controlada, por exemplo).

Em diversas situações, o funcionamento de equipamentos eletroeletrônicos não poderá ser garantido sem que haja um eventual condicionamento da energia elétrica fornecida, nomeadamente para equipamentos sensíveis, e sem que os níveis de imunidade dos equipamentos possam ser especificados.



Perturbações conduzidas

Descargas atmosféricas

Outro aspecto de grande relevância diz respeito à influência dos surtos decorrentes de descargas atmosféricas, incidindo diretamente nas LT/LD ou próximas a estas, em equipamentos conectados à rede de baixa tensão.

Existindo instalações elétricas corretas e os equipamentos eletroeletrônicos cumprindo com normas EMC, no que concerne ao nível de resistibilidade, não deverão existir problemas de avarias.

Determinadas situações – como no caso de subestações elétricas quando torres de LT/LD são instaladas em terrenos compartilhando instalações elétricas com os sistemas eletrônicos – podem ser alteradas diante dos problemas de ddp decorrentes, consoante as características do local e das LT/LD, indicando a eventual necessidade de instalações elétricas que favoreçam uma melhor proteção, incluindo o uso de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS).

Perturbações eletromagnéticas radiadas

Representa a influência de perturbações radiadas por sistemas de alta tensão em sistemas eletrônicos. Esta influência irá depender, naturalmente, das características dos sistemas de alta tensão e do sistema eletrônico em consideração (níveis de imunidade dos equipamentos, configuração de suas instalações, distâncias envolvidas, etc.).



Perturbações radiadas

Elevação do Potencial de Terra (GPR – Ground Potential Rise)

Ambientes de sistemas eletrônicos estão sujeitos ao fenômeno de elevação de Potencial de Terra (normalmente conhecido como Ground Potential Rise – GPR), representando a elevação do potencial de referência em relação a outra localidade.

A elevação do Potencial de Terra se dá quando há uma falta à Terra, acarretando um elevado potencial da malha de Terra (normalmente da ordem de 1 kV a 20 kV, mas podendo atingir 100 kV). Dentro do sistema eletrônico, o problema é contornado, favorecendo um mesmo potencial dentro dele, garantindo a segurança das pessoas e dos equipamentos instalados, com a implantação de uma ampla configuração de aterramento.

Este fenômeno representa um sério risco (segurança das pessoas, proteção dos equipamentos e continuidade de serviço) para sistemas de telecomunicações com linhas metálicas que entram no ambiente da SE, como é o caso de linhas telefônicas.

Controle de interferência

Para entendermos a natureza dos problemas de interferência eletromagnética em sistemas de automação/instrumentação, é conveniente considerarmos a era da modernidade, que ainda vivemos, como a efetivação da Lógica da Dupla Diferença, qual seja, que são feitas duas partições da realidade (duas diferenças) de forma a permitir a sistematização do mundo. Em outras palavras, a realidade é empobrecida para um universo menor (primeira diferença), em que podemos então estudar as entidades (segunda diferença) neste universo menor num contexto mais simplificado, permitindo assim a elaboração das leis da física.

A maioria dos problemas de interferência acontece exatamente pela não observância dessa simplificação da realidade.

Quando é possível uma aproximação para baixas frequências, um circuito pode ser descrito em termos de componentes “normais”, assim como resistências, capacitâncias e indutâncias, e é então possível o desenvolvimento de cálculos “normais”. Entretanto, quando as dimensões do circuito não podem mais ser consideradas como pequenas em relação ao comprimento de onda, as propriedades de radiação do circuito já não podem mais ser ignoradas (ou seja, o universo empobrecido por esta primeira diferença não atende às necessidades do estudo). Quando são ignoradas surgem “os problemas misteriosos”.

Nesse contexto, torna-se imprescindível a implantação de um tratamento sistemático na área da Compatibilidade Eletromagnética, mesmo porque o ambiente eletromagnético é constantemente alterado com a instalação de novos equipamentos ou modificações das instalações existentes.

Os efeitos e as consequências das diferentes classes de fenômenos eletromagnéticos em sistemas eletrônicos estão diretamente relacionados às funções desempenhadas por um sistema de controle específico e os processos envolvidos. Para cada função deverá ser definido um critério específico quanto à influência de perturbações eletromagnéticas. Nesse cenário,

são então determinados os níveis de imunidade a serem observados pelos diversos equipamentos, consoante suas localizações, a fim de atenderem aos critérios definidos.

Caso os equipamentos não satisfaçam a estes requisitos, ou se o nível de perturbação eletromagnética for superior, deverão ser então implantadas medidas corretivas complementares.

Para se eliminar problemas de interferência eletromagnética e obter uma configuração EMC, temos inicialmente que identificar a fonte de perturbação eletromagnética (o que está gerando as perturbações eletromagnéticas, que podem ser internas ou externas ao sistema), o mecanismo de acoplamento (como as perturbações eletromagnéticas geradas são acopladas ao circuito) e o receptor (o circuito que está sendo afetado). Então é possível solucionar o problema trabalhando-se em um ou mais desses componentes para se reduzir o ruído.

Na instalação de sistemas eletrônicos, podemos considerar que não é usual trabalhar no receptor ou na fonte de perturbação eletromagnética. Não é conveniente trabalhar no receptor, pois o equipamento já estaria definido pelo fabricante e pode não ser conveniente trabalhar nas fontes de perturbações eletromagnéticas, principalmente se estas já estiverem sido implantadas.

Em suma, é necessário identificar os níveis de perturbações eletromagnéticas gerados e de imunidade apresentados pelos equipamentos, mas não necessariamente modificá-los. Restam 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).

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 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 nesse sentido, porém seu uso é orientado para a redução da área do “loop”, isto é, como a blindagem é “aterrada”.

Assim, a essência da compatibilidade eletromagnética de um sistema eletrônico, como caracterizado acima, é o seu próprio sistema de aterramento. 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 fundamental para EMC.

* **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.