



Uma nova perspectiva para o Sistema de Aterramento

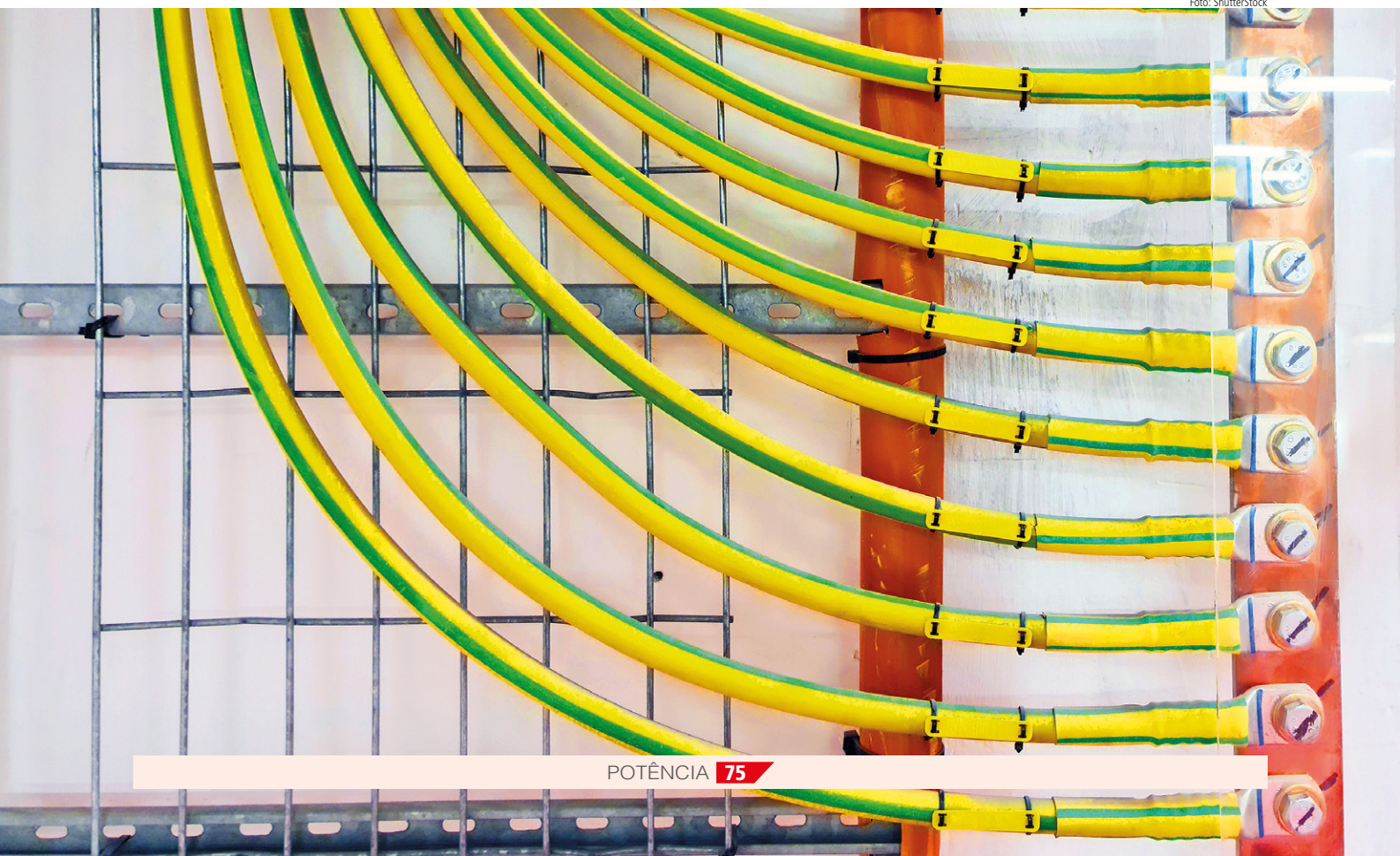
"Grounding is the most sophisticated and unknown part of Electronics". Encontrei esta frase num livro, há muitos anos, e fiquei naturalmente surpreendido.

Pensava na época que o Aterramento já teria sido devidamente estudado, uma vez que era usado em todos os lugares do mundo já fazia tempo, mas a verdade é que, ainda hoje (!), não sabemos o que é Aterramento.

A noção que temos de Aterramento prende-se à segurança nos sistemas de energia, válida e necessária acima de tudo e com a qual dimensionamos nossos Sistemas de Aterramento, mas insuficiente para responder às questões que se colocam para as atuais instalações de equipamentos modernos.

Neste artigo propomos uma nova abordagem para o Sistema de Aterramento, mais ampla, por forma a incluir a preservação de sinais e equipamentos em instalações modernas, preservação esta que é caracterizada pelo termo 'Compatibilidade Eletromagnética' que, afinal, irá se traduzir no próprio Sistema de Aterramento.

Foto: Shutterstock

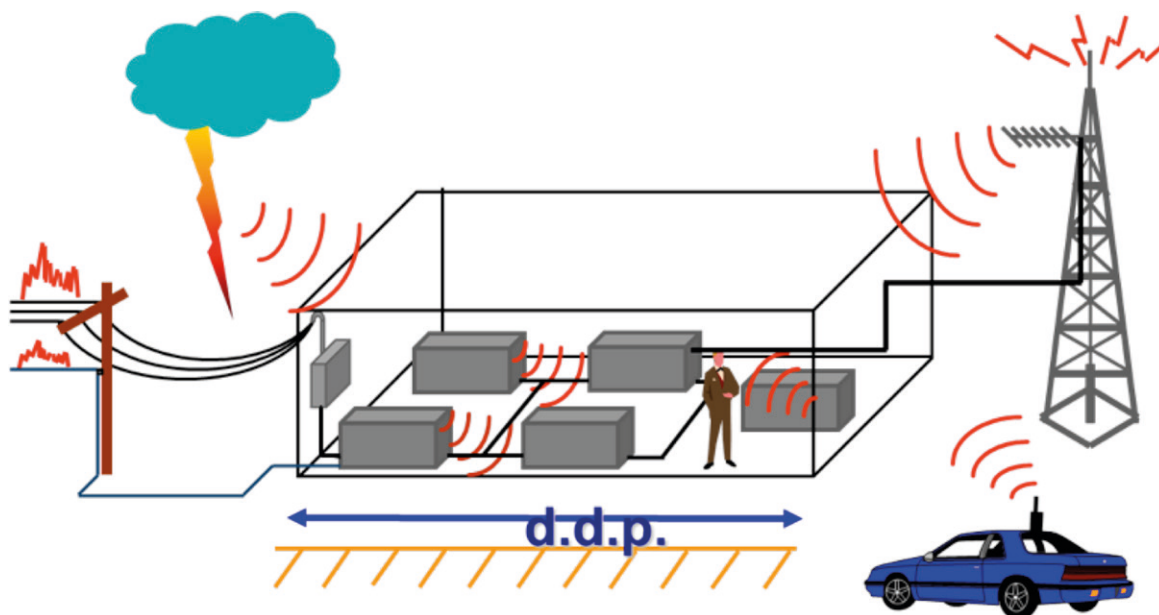


Compatibilidade Eletromagnética - EMC

Diz a lenda que quando a teoria do eletromagnetismo de Maxwell foi apresentada para o público em geral (uma exigência da época), uma senhora perguntou no final - “Mas para que serve isto?”- e resposta de Maxwell teria sido – “E para que serve um recém-nascido?”.

Com a crescente utilização de equipamentos eletrônicos, operando cada vez mais com menores níveis de sinal e utilizando maiores bandas de frequência, surge a necessidade de se tratar no dia-a-dia, de uma forma simples e prática, os problemas de interferência eletromagnética (**EMI** – Electromagnetic Interference) sempre presentes.

Compatibilidade Eletromagnética (**EMC** – Electromagnetic Compatibility) é uma filha já crescida da teoria do eletromagnetismo, que responde a esta necessidade e pode ser entendida como a capacidade de um dispositivo, unidade de equipamento ou sistema, para funcionar satisfatoriamente no seu ambiente eletromagnético sem introduzir, ele próprio, perturbações eletromagnéticas intoleráveis naquele ambiente.



EMC - Compatibilidade Eletromagnética

Para se eliminar um problema de interferência eletromagnética 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 no circuito receptor) e o **receptor** (o circuito que está sendo afetado). Então é possível solucionar o problema trabalhando-se num ou mais destes componentes para se eliminar o efeito do ruído acoplado.



EMC em Instalações Eletroeletrônicas

Uma configuração EMC pode ser obtida com maior facilidade na instalação de sistemas eletroeletrônicos exigindo-se que cada unidade de equipamento cumpra com especificações técnicas EMC ('normas EMC') de forma a não se constituírem nem fontes e nem receptores de perturbações eletromagnéticas para os demais.

A Marcação CE na Europa, referenciada a um conjunto de normas EMC do CENELEC/IEC por facilidade de comprovação, reflete este aspecto de favorecer o funcionamento correto dos equipamentos instalados em diferentes ambientes eletromagnéticos – exige que os equipamentos cumpram requisitos de **emissão** (o equipamento não se constituindo numa fonte de perturbação EM, para o que a intensidade das perturbações emitidas deverá estar abaixo dos níveis de perturbação EM típicas do seu ambiente de operação) como de **imunidade** (o equipamento não se constituindo num receptor que possa sofrer interferência, para o que deverá suportar os níveis de perturbações EM típicas do seu ambiente de operação).

Caso os equipamentos não satisfaçam estes requisitos, o que é uma situação que acontece com frequência quando não há imposição neste sentido, como no Brasil, ou quando o nível de perturbação eletromagnética é superior àquele do ambiente normal de operação, resta-nos então trabalhar no **meio de acoplamento** para evitar que haja interferência eletromagnética nos equipamentos!

Quando a Compatibilidade Eletromagnética encontra o Aterramento

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

E praticamente todas as técnicas que se aplicam para a eliminação destes mecanismos de acoplamento, assim como filtragem, blindagem, balanceamento, etc., estão diretamente relacionadas com o 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".

Desta forma, a essência da compatibilidade eletromagnética na instalação de um sistema eletroeletrônico irá se traduzir no seu próprio "sistema de aterramento", muitas vezes confundido inadvertidamente com o conceito de "malha de terra" – um baixo valor de resistência de terra não é fundamental para EMC.

Mas o que é o "sistema de aterramento"?

1- Sistema de energia

Diferentes Regimes de Neutro

2- Proteção contra raios

Proteção externa {SPDA}

Proteção Interna {EMC}

Proteção contra Surtos {DPS}

3- Transmissão de sinais

Proteção contra Campos Magnéticos

Proteção contra Campos Elétricos

Proteção contra Correntes MC ("Loops de Terra")

Sistema de Aterramento

✗ Sistema de energia

Por razões históricas, quando nos referimos ao “aterramento” nos referimos ao aterramento do sistema de energia, caracterizando um valor para a segurança de pessoas e equipamentos, porque foi aí que o aterramento começou. Este aterramento representa o Regime de Neutro, sendo o sistema TN-C-S a situação mais comum no Brasil e a melhor para EMC (T – ligado diretamente à Terra; N – Massa ligada diretamente ao sistema de Terra-Neutro; C – Neutro e Proteção num mesmo condutor na rede de distribuição - PEN; S – Neutro e Proteção em condutores distintos dentro da instalação).

Entretanto, este “aterramento” é parte de um todo e, curiosamente, não é fundamental para EMC. Mas é esta parte do Sistema Aterramento que é normalmente vista como um termômetro para a validação do sistema de aterramento.

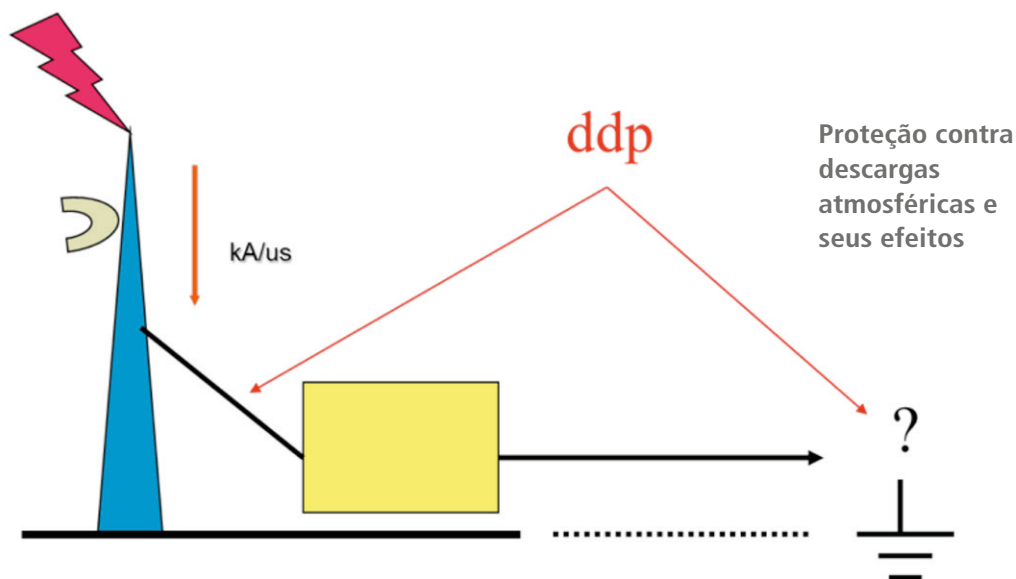
Por exemplo, é comum nas normas voltadas para instalações elétricas, tanto nacionais como internacionais, ser apresentada uma definição para o ‘sistema de aterramento’ em caráter introdutório, que se aplica àquela norma em particular, tal como: ‘conjunto de todos os eletrodos e condutores de aterramento interligados, enterrados ou não, assim como partes metálicas que atuem com a mesma função, como pés de torre, armaduras de fundações, estacas metálicas e outros’.

Estaria perfeito se não ficassemos por aí nas nossas engenharias, pois esta definição diz respeito somente àquela norma em particular ... mas não é o que acontece. Este entendimento de ‘sistema de aterramento’ é o que fica para definir se o problema de interferência ou queima de equipamento está relacionado ao sistema de aterramento – qual o valor da resistência de terra? E é assim que as partes do Sistema de Aterramento que são preponderantes para EMC permanecem mascaradas.

✗ Proteção contra raios

Para a proteção contra descargas atmosféricas e seus efeitos podemos considerar, a grosso modo, duas abordagens distintas: a proteção das estruturas contra descargas diretas (proteção externa) e a proteção dos sistemas eletrônicos (proteção interna).

Para o dimensionamento do SPDA – proteção externa, vale dizer que o valor da resistência de terra não é fundamental. É muito mais importante uma topologia capaz de “dissolver” as correntes originadas por raios no solo, sem a criação de diferenças elevadas de potencial, do que um baixo valor de resistência de aterramento.



Para a proteção de sistemas eletrônicos (proteção interna) contra descargas atmosféricas e seus efeitos, é interessante colocar a ‘proteção’ dentro do âmbito EMC, uma vez que as descargas atmosféricas e seus efeitos constituem também perturbações eletromagnéticas. Então uma nova situação se apresenta, a qual deixa bastante evidente a natureza do problema e a importância do Sistema de Aterramento para a implantação das diferentes medidas de proteção.

Tomemos como exemplo o caso dos Dispositivos de Proteção contra Surtos – **DPS**. Deve-se lembrar que as correntes de surto desviadas pelos DPS’s sempre vão para algum lugar no circuito. Elas simplesmente não desaparecem!

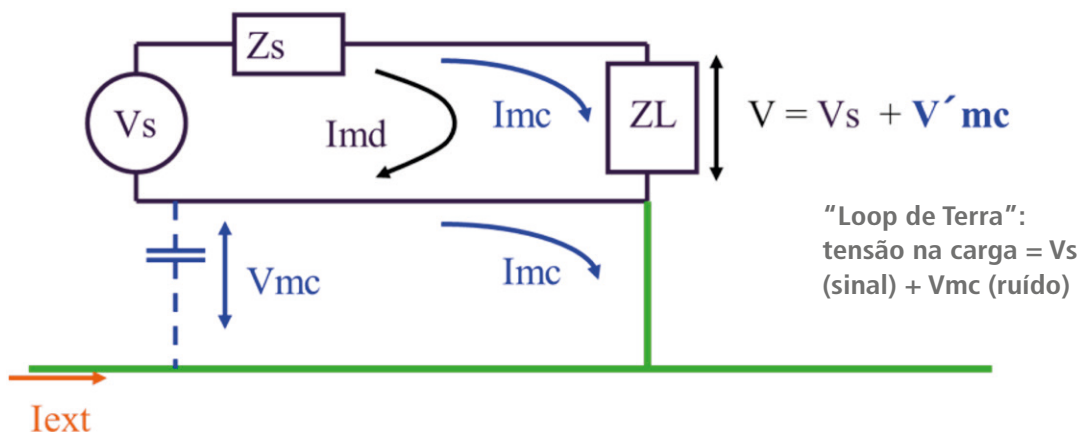
O sistema de aterramento é o destino destas correntes. Na verdade, embora todas as normas nacionais e internacionais apontem num outro sentido, o nome correto para este tipo de dispositivo (DPS) deveria ser algo como DAT – Dispositivo de Aterramento Transitório, porque esta é a função dele, e não simplesmente DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos, porque esta é a finalidade com a qual é usado, deixando-se talvez “maliciosamente” uma margem para se imaginar que o fato de se usar um DPS basta em si mesmo, o que não é verdade. As correntes desviadas pelos DPS’s devem fluir para o sistema de aterramento na mesma referência do circuito protegido (não necessariamente para o sistema de eletrodos de terra) e o caminho de descarga deve ser o mais direto possível.

✗ **Transmissão de sinais (cablagem)**

O que se procura numa instalação é um compromisso entre diferentes fontes de perturbação eletromagnética de forma a que o ruído total acoplado não cause interferência. Os cabos de sinal e energia são da maior importância neste aspecto, pois são antenas espalhadas por toda a instalação, emitindo e captando ruído, e o Sistema de Aterramento assume então um papel preponderante no controle de ruído.

Tomemos como exemplo um dos aspectos mais críticos que se apresenta neste contexto, que é o controle das correntes no modo comum. Ao considerarmos os dois condutores num circuito (fonte, carga e condutores de ida e retorno), devemos distinguir entre duas formas de circulação de corrente: **modo diferencial**, o sinal desejado, significando que a corrente flui da fonte para a carga por um condutor e retorna pelo outro; e **modo comum**, o sinal indesejado (ruído), significando que a corrente flui na mesma direção em ambos os condutores do circuito, retornando por um terceiro condutor, em geral uma “Terra/Massa/Ground” (daí o termo largamente utilizado de “loop de terra”).

Quando baixas frequências são consideradas, é possível a implementação dos circuitos de sinal numa topologia de aterramento por um único ponto, evitando ‘a existência de dois pontos de terra nos extremos deste circuito que estariam em diferentes potências,, e assim a circulação de correntes no modo comum, no “loop de terra” que seria formado’.



Quando altas frequências são consideradas, os circuitos por onde fluem as correntes em modo comum podem não ter uma conexão “material” para fechar o “loop” para a referência de um dos extremos do circuito. Isto pode ser entendido considerando-se que capacitâncias parasitas fecham o “loop” para a referência (“Terra/Massa/Ground”) num dos extremos do circuito. Neste caso é necessário considerar a implantação de medidas de proteção adicionais, como transformadores de isolamento, uso de fibra óptica, etc., quebrando o “loop de terra” e permitindo o aterramento em ambos os extremos.

Esta situação é crítica nomeadamente para Plantas Industriais, muitas vezes implantadas numa configuração de aterramento por um único ponto que atendia às características dos instrumentos utilizados na época, mas que atualmente não responde às necessidades dos instrumentos ou circuitos auxiliares acrescentados ao longo do tempo e que operam em bandas de frequência mais altas.

Um novo enfoque para o Sistema de Aterramento

Penso que a situação de ainda não existir uma abordagem adequada às necessidades atuais do Sistema de Aterramento acontece porque cada aspecto tem vindo a ser tratado de forma independente, como se fossem peças de um puzzle. (esta diversidade está caracterizada no website www.QEMC.com.br).

É proposto que seja tirado o foco do sistema de energia como fator determinante para o Sistema de Aterramento (necessário mas não suficiente) tendo em consideração que:

- 1º é exigido uma maior proteção eletromagnética nas instalações eletroeletrônicas modernas por forma a garantir a redução dos riscos e custos associados à falha de equipamentos, cujas consequências podem ser desastrosas;
- 2º e que cada instalação tem particularidades únicas, tanto em relação ao ambiente eletromagnético como em relação às características específicas do sistema eletroeletrônico instalado, o que impossibilita uma simplificação do tipo “projeto padrão” para o Sistema de Aterramento, ou mesmo algumas “receitas de bolo” para resolver os possíveis cenários de EMI;

Sistema de aterramento em plantas industriais

Foto: Shutterstock





Foto: Shutterstock

3º e que as diferentes tecnologias existentes numa dada instalação (sistema de energia, sistemas de proteção contra raios e sistema eletrônico) estarão, necessariamente, convergindo no Sistema de Aterramento e, desta forma, é no Sistema de Aterramento que os problemas de acoplamento de ruído acontecem e, portanto, é no Sistema de Aterramento que precisam ser solucionados.

Neste novo enfoque, o dimensionamento do Sistema de Aterramento para instalações eletroeletrônicas modernas será ampliado para uma abordagem sistêmica, capaz de integrar estas diferentes necessidades num único Projeto, tendo em conta:

- ✗ *Controle de ruído* – representando o compromisso entre diferentes fontes de perturbação EM;
- ✗ *Campos eletromagnéticos* – representando as propriedades de radiação dos diferentes circuitos;
- ✗ *Correntes no modo comum* – representando o que é chamado de “loops de terra” e que são responsáveis pela maioria dos problemas EMI
- ✗ *Medidas de proteção EMC* – representando as suas inserções no próprio sistema de aterramento, como a utilização de blindagem nos cabos, como a passagem dos cabos, como no uso de DPS, etc .

‘O **Sistema de Aterramento** deve ser parte preponderante do Projeto específico para uma instalação eletroeletrônica, confundindo-se com a própria compatibilidade eletromagnética da instalação em si, e se constitui num único circuito, que vai desde o subsistema de eletrodos de terra até aos componentes em placas de circuito impresso, incluindo as medidas de proteção EMC instaladas, o qual atende concomitantemente a diferentes propósitos – Segurança para o Sistema de Energia, Proteção contra Descargas Atmosféricas e Controle de Ruído na Transmissão de Sinais’.



ROBERTO MENNA BARRETO

PROFESSOR, CONSULTOR E SÓCIO DA TKPS
- TURN KEY DE PROCESSOS E SISTEMAS

www.tkps.eu



Foto: Divulgação