

Controle de Interferência na Instalação e na Operação de Sistemas Eletrônicos

Roberto Menna Barreto

QEMC – Engenharia, Qualidade e Compatibilidade Eletromagnética Ltda. www.qemc.com.br

Resumo — A área da Compatibilidade Eletromagnética (EMC) em Sistemas Eletrônicos é naturalmente complexa, indo desde o sistema de eletrodos de terra até aos componentes em placas de circuito impresso; dos Hertz aos GigaHertz, dos uA/uV aos kA/kV, etc.. Este estudo analisa a sutileza dos problemas de interferência sempre presentes neste ambiente e propõe uma metodologia por forma a se garantir a operação correta, e um menor custo associado, quando da instalação e da manutenção de Sistemas Eletrônicos. Este trabalho foi apresentado no IV Congresso Rio Automação, realizado nos dias 9 e 10 de maio de 2007, organizado pelo Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, com o apoio de sua Comissão de Instrumentação e Automação.

Palavras-chaves — Compatibilidade Eletromagnética, EMC, EMI, Ruído, Plano de Controle de Interferência, Aterramento, Proteção Eletromagnética.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar, de forma abrangente e concisa, os principais aspectos a se ter em consideração para o controle de interferências quando da instalação e manutenção de Sistemas Eletrônicos (automação, controle, telecomunicações, etc.). É proposto um conjunto de procedimentos para a implantação de um tratamento sistemático na área da Compatibilidade Eletromagnética (EMC – Electromagnetic Compatibility) por forma a se garantir a operação correta destes Sistemas.

Numa primeira parte, são apresentados a natureza lógica dos problemas de interferência (item 2) e as diferentes classes de perturbações eletromagnéticas susceptíveis de causar problemas em instalações de Sistemas Eletrônicos (item 3).

É feita então uma análise do “Sistema de Aterramento” no tratamento destes aspectos. Numa primeira abordagem (item 4) o “Sistema de Aterramento” é caracterizado como o meio no qual os problemas de interferência podem ser resolvidos, como na verdade o é. Numa segunda abordagem (item 5) o “Sistema de Aterramento” é caracterizado como a causa dos problemas de interferência, como na verdade o é.

Por forma a se garantir a operação correta de Sistemas Eletrônicos face à sofisticação sempre crescente da eletrônica, é então proposto um conjunto de Procedimentos, os quais podem ser facilmente implementados.

Estes procedimentos se justificam tanto na fase de operação/manutenção (item 6.1) como igualmente na fase de instalação (item 6.2).

A melhoria do nível de proteção eletromagnética das instalações de Sistemas Eletrônicos garante uma redução significativa dos custos associados a problemas de interferência, tanto dos custos diretos, com a reposição de equipamentos danificados e ocupação excessiva das equipes de manutenção, como principalmente dos custos indiretos relacionados com a paralisação ou o mau funcionamento de setores automatizados, justificando plenamente os investimentos neste sentido.

II. A NATUREZA DOS PROBLEMAS DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

Quando abordamos a operação de Sistemas Eletrônicos com tecnologia Digital, assim como sistemas de Instrumentação, Controle e Automação, somos como que induzidos a pensar na Lógica Clássica, caracterizada por dois valores exclusivos (verdadeiro ou falso), ou Lógica do Terceiro Excluído (nem verdadeiro e nem falso; ou verdadeiro e falso).

Ao considerarmos a instalação de Sistemas Eletrônicos, naturalmente transportamos esta forma extremamente simplificada de pensamento para o mundo e somos impelidos a colocar na categoria de “magia negra” tudo o que contraria uma determinada estrutura lógica pré-concebida de funcionamento, como às vezes são referidos os problemas de interferência eletromagnética.

Para entendermos a natureza dos problemas de interferência eletromagnética em Sistemas Eletrônicos, 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) por forma a permitir a sistematização do mundo. Em outras palavras, a realidade é empobrecida para um universo menor (primeira diferença), onde podemos então estudar as entidades neste universo menor num contexto mais simplificado, permitindo assim a elaboração das leis da física.

A grande maioria dos problemas de interferência acontece exatamente pela não observância desta 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).

Também, 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 “Massa/ground”.

O circuito de Modo Comum pode ter uma “existência material”, como no caso onde ambas a Fonte de Sinal e a Carga estão conectadas diretamente a uma referência (“Terra/Massa/ground”) em diferentes pontos. Neste caso, a fonte de corrente em modo comum pode ser uma diferença de potencial entre estes dois pontos de referência (“Terra/Massa/ground”), a qual força o fluxo de corrente em ambos os condutores num mesmo sentido.

Muitas vezes, os circuitos por onde fluem correntes em modo comum não têm uma conexão “material” para fechar o “loop” para uma referência (“Terra/Massa/ground”). Isto pode ser entendido considerando-se que capacitâncias parasitas fecham o “loop” para a referência (“Terra/Massa/ground”) num dos extremos do circuito.

As correntes em modo comum são responsáveis pela maior parte dos problemas de interferência que aparecem em Sistemas Eletrônicos, sendo a solução destes problemas sempre referenciada ao chamado “Sistema de Aterramento”.

III. PERTURBAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS E SEUS EFEITOS EM SISTEMAS ELETRÔNICOS

Compatibilidade Eletromagnética (EMC – Electromagnetic Compatibility) pode ser definida como a capacidade de um circuito, equipamento ou sistema para funcionar satisfatoriamente no seu ambiente eletromagnético sem introduzir, ele próprio, perturbações eletromagnéticas intoleráveis para qualquer elemento daquele ambiente.

Os fenômenos eletromagnéticos que podem afetar o desempenho de Sistemas Eletrônicos compreendem:

- fenômenos conduzidos de baixa frequência

harmônicas, inter-harmônicas
sistemas de sinalização na rede
flutuações de tensão
variação da frequência da rede
tensões induzidas de baixa frequência
DC no sistema AC

- fenômenos de campos radiados de baixa frequência
campos magnéticos (contínuos ou transitórios)
campos elétricos
- fenômenos conduzidos de alta frequência
tensões ou correntes induzidas (CW)
transitórios unidirecionais
transitórios oscilatórios
- fenômenos de campos radiados de alta frequência
campos magnéticos
campos elétricos
campos eletromagnéticos (CW, transitórios)
- fenômeno de descargas eletrostáticas

Os efeitos e conseqüências destas diferentes classes de fenômenos eletromagnéticos em Sistemas Eletrônicos estão diretamente relacionados com as funções desempenhadas por um sistema de controle específico, e os processos envolvidos. Estas funções incluem proteção/teleproteção, regulação e processamento em tempo real, contadores, controle e comando, supervisão, alarme, aquisição de dados e armazenamento, medição, etc.

Dependendo dos tipos de fenômenos eletromagnéticos (conduzidos ou radiados, alta ou baixa frequência) e das portas de entrada do equipamento envolvidas (porta AC de entrada/saída; porta DC de entrada/saída; gabinete; porta de sinal para conexões locais, conexões de campo, para equipamento de alta tensão e telecomunicações; e porta de aterramento), o efeito de perturbações eletromagnéticas pode ser limitado a uma única função ou a um grande número delas.

Para cada função deverá ser definido um critério específico quanto à influência de perturbações eletromagnéticas. Assim, por exemplo, para a medição poderá ser assumido o critério de que o sistema tenha garantido o desempenho correto quando sujeito a fenômenos eletromagnéticos contínuos, porém sendo tolerável uma degradação temporária com recuperação automática quando sujeito a fenômenos eletromagnéticos transitórios. Para a regulação e processamento em tempo real, poderá ser especificado que nenhuma degradação de desempenho é tolerada quando sujeito a fenômenos eletromagnéticos contínuos ou esporádicos.

IV. O SISTEMA DE ATERRAMENTO COMO SOLUÇÃO PARA OS PROBLEMAS DE INTERFERÊNCIA

Para se eliminar as interferências eletromagnéticas oriundas dos diferentes fenômenos eletromagnéticos relacionados acima, e obter uma configuração EMC, 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-se num ou mais destes componentes para se reduzir o ruído acoplado.

Na instalação de Sistemas Eletrônicos podemos considerar que não é normalmente conveniente se trabalhar nem no receptor e muitas vezes nem na fonte de perturbação eletromagnética. Não é conveniente se trabalhar no receptor uma vez que o equipamento já estaria definido pelo fabricante e pode não ser conveniente se trabalhar nas fontes de perturbações eletromagnéticas, principalmente se estas já tiverem sido implementadas. Nos resta então trabalhar no acoplamento!

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).

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 de um Sistema de Instrumentação, 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 relevante para EMC.

V. O SISTEMA DE ATERRAMENTO COMO CAUSA DOS PROBLEMAS DE INTERFERÊNCIA

O sistema de aterramento, que deve ser visto não como um circuito para a “equalização de potencial” mas sim como um circuito para favorecer o fluxo de corrente sob a menor indutância possível, assume assim o principal papel em instalações de Sistemas Eletrônicos e deve ser projetado para, em conjunto com as técnicas EMC aplicadas (blindagem, filtragem, etc.):

- Evitar que perturbações eletromagnéticas sejam acopladas nos circuitos;
- Evitar que as perturbações eletromagnéticas acopladas nos circuitos possam ocasionar avarias ou erros de funcionamento.

Numa instalação podem existir diferentes “Sistemas de Terra”, como são normalmente chamados, assim como: Terra AC; Terra DC; Terra de RF; Terra de proteção; Terra de sinal; Terra do pára-raios; etc.

Além disso, existem diversos pontos (“ground points”) para serem “aterrados” nestes diferentes “Sistemas de Terra”,

assim como o Terra (Massa) lógico, o Terra (Massa) da carcaça, o Terra (Massa) da blindagem, etc.

A razão destes diferentes “Sistemas de Terra” mencionados acima é a necessidade de diferentes funções a serem executadas, tais como: o fornecimento de uma tensão de referência para a alimentação AC/DC; a proteção das pessoas contra choques elétricos; a limitação de surtos para os equipamentos no caso de faltas no sistema de energia; a redução do ruído elétrico através do fornecimento de caminhos de baixa impedância e eliminação de “loops de terra”; a dissipação das correntes de raios; entre outras.

A razão destes diferentes pontos para serem “aterrados” é a necessidade de se fornecer diferentes referências para a operação dos circuitos considerados.

O circuito interligando todos estes diferentes “Terras”, “Massas”, “Grounds”, etc., é chamado de Sistema de Aterramento, o qual requer um projeto específico, e muito preciso, para atender às necessidades de segurança e proteção contra raios e, ao mesmo tempo, garantir o controle de interferência numa instalação. Não existe um “pré-projeto” para a implementação de sistemas de aterramento – cada instalação de Sistema de Instrumentação tem as suas próprias particularidades!

E para fazer as coisas ainda piores, existe o dilema: quem fica encarregado destes “Sistemas de Terra”?

Por um lado, os profissionais da área de Engenharia Elétrica costumam ficar encarregados dos “Sistemas de Terra” devido a razões históricas, porém eles estão preparados para trabalhar essencialmente com dezenas/centenas de Amperes e 50/60 Hertz, e desta forma têm uma certa dificuldade para o tratamento dos sinais de mA/Mhz presentes nas configurações dos cabos em que trabalham, que representam exatamente os problemas de interferência;

Por outro lado, os profissionais da área de Engenharia Eletrônica estão direcionados para trabalhar com sinais de mA/MHz, porém evitam ao máximo deixar as fronteiras dos seus equipamentos sofisticados para lidar com as instalações de potência com dezenas/centenas de Amperes e 50/60 Hertz.

E neste cenário o ruído é livre para existir!

Para contornar este dilema, o que é feito muitas vezes é a implementação do Sistema de Aterramento baseada em somente dois ou três critérios, tais 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 – estamos somente jogando o lixo para debaixo do tapete!

A conseqüência então é um número bastante elevado de problemas sempre que ocorre uma situação de risco, assim como aquelas originadas por raios, por exemplo. Então se inicia uma busca por produtos especiais, tal como um “super DPS” (Dispositivo de Proteção contra Surtos) que possa resolver o problema, quando na verdade o problema é de outra categoria.

VI. PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DE INTERFERÊNCIA

A melhoria do nível de proteção eletromagnética das instalações de Sistemas Eletrônicos garante uma redução significativa dos custos associados a problemas de interferência, tanto dos custos diretos, com a reposição de equipamentos danificados e ocupação excessiva das equipes de manutenção, como principalmente dos custos indiretos relacionados com a paralisação ou o mau funcionamento de setores automatizados, justificando plenamente os investimentos neste sentido.

Neste contexto é preciso agir, e não simplesmente reagir, para o que se torna imprescindível a implantação de um tratamento sistemático na área da Compatibilidade Eletromagnética. E mesmo porque o ambiente eletromagnético é constantemente alterado com a instalação de novos equipamentos ou modificações das instalações existentes.

A. EMC na operação/manutenção de Sistemas Eletrônicos

Por forma a melhorar o nível de proteção das instalações elétricas de Sistemas Eletrônicos contra perturbações eletromagnéticas, incluindo aquelas originadas por descargas atmosféricas, é sugerido a implantação de procedimentos internos que favoreçam a absorção da tecnologia em EMC e a sua aplicação nas diferentes áreas da empresa ao longo do tempo.

A implantação destes procedimentos EMC deverá ser precedida por ações de formação em EMC, realizadas em diferentes níveis de detalhamento para as equipes de manutenção, e poderá contemplar as seguintes atividades:

Registros EMC - compreende o conjunto de medições e registros a serem realizados ao longo do ano, podendo incluir a verificação das continuidades elétricas, a medição da qualidade de energia, o registro de avarias, a medição periódica dos valores de resistência de terra nas várias instalações, etc.

Diretrizes EMC - compreende a elaboração de documentos relativos à área EMC para efetivação da cultura técnica neste domínio, os quais poderão se classificar como: Métodos EMC, caracterizando-se pela definição das metodologias a serem adotadas (por exemplo, a medição da qualidade da energia elétrica no local); Especificações EMC, caracterizando-se pela definição dos requisitos de projeto e/ou produtos a serem obrigatoriamente observados (por exemplo, nível de imunidade dos equipamentos para perturbações no sistema de energia); e Relatórios Técnicos, caracterizando-se pela definição das técnicas a serem usadas (por exemplo, os requisitos para a rede de terra).

Análise EMC - compreende o Levantamento das diversas instalações existentes (identificação do Sistema de Aterramento, características elétricas dos equipamentos e cabos associados, medidas de proteção instaladas, etc.), seus

Históricos de Avarias e a Identificação das situações críticas (seja em termos da necessidade de se garantir a operação correta do subsistema pela sua importância estratégica, seja em termos do histórico de avarias apresentado, e custos associados).

Projetos EMC - compreende a identificação das causas das avarias para as situações críticas identificadas, abordando o Projeto de Medidas Corretivas, a Instalação de produtos e materiais para este fim e a Verificação dos resultados obtidos.

B. EMC na instalação de Sistemas Eletrônicos

Uma configuração EMC pode ser favorecida na instalação de um Sistema de Instrumentação 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).

As especificações técnicas inerentes à Diretiva Europeia sobre EMC (referenciadas pelo IEC e também adotadas no Brasil) incluem:

Emissão

EN 50081 - 1: Electromagnetic compatibility - Generic emission standard Part 1: Residential, commercial and light industry

EN 50081 - 2: Electromagnetic compatibility - Generic emission standard Part 2: Industrial environment

EN 55022: Information technology equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement

EN 61000-3-2: Electromagnetic compatibility Part 3: Limits Section 2 : Limits for harmonic current emission (equipment input current up to and including 16 A per phase)

EN 61000-3-3: Electromagnetic compatibility Part 3: Limits Section 3 : Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current up to 16 A per phase and not subject to conditional connection

Imunidade

EN 50082 - 1: Electromagnetic compatibility - Generic immunity standard Part 1: Residential, commercial and light industry

EN 50082 - 2: Electromagnetic compatibility - Generic immunity standard Part 2: Industrial environment

EN 61000-4-2: Electromagnetic compatibility - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 2: Electrostatic discharge immunity test

EN 61000-4-3: Electromagnetic compatibility - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 3 : Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

EN 61000-4-4: Electromagnetic compatibility - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 4 : Electrical fast transient/burst immunity test

EN 61000-4-5: Electromagnetic compatibility - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 5 : Surge immunity test

EN 61000-4-6: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 6 : Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
EN 61000-4-8: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 8 : Power frequency magnetic field immunity test
EN 61000-4-11: Electromagnetic compatibility – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity test
EN 55024: Information technology equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement

Entretanto, deve-se ter em mente que quando equipamentos são interconectados compondo um Sistema de Instrumentação, o nível de imunidade do Sistema é normalmente menor que o nível de imunidade de cada equipamento isolado, devido, principalmente, aos cabos de interconexão. E que para instalações específicas, por exemplo em Subestações Elétricas, é de se esperar a necessidade de implementação de medidas de proteção complementares.

A forma mais eficaz (custo-benefício) para se responder objetivamente às diversas possibilidades para o surgimento de problemas de interferência (EMI – Electromagnetic Interference) na instalação de Sistemas Eletrônicos é através da implementação de um Plano de Controle de Interferência.

Um Plano de Controle de Interferência é, essencialmente, um cronograma de trabalho específico para a área EMC, definindo as ações, e seus tempos de execução, que deverão ser levadas em consideração ao longo da instalação do Sistema de Instrumentação, por forma a se identificar e solucionar todas as situações em potencial para a ocorrência de problemas de EMI.

Um Plano de Controle de Interferência deve incluir as seguintes fases:

Planejamento EMC - nesta parte seriam apresentados uma descrição geral do Sistema de Instrumentação a ser instalado, o seu cronograma de instalação e as pessoas envolvidas com as respectivas funções e responsabilidades na área EMC.

Análise EMC - nesta parte seria desenvolvida uma visão crítica das situações de EMI:

- Caracterização do ambiente eletromagnético, onde os objetivos são a identificação das diferentes fontes de perturbações eletromagnéticas que poderiam ocasionar problemas de EMI, e a determinação dos níveis destas perturbações identificadas através de medições e/ou previsões;
- Situações em potencial para EMI, onde o objetivo é a identificação das situações críticas para ocorrência de EMI, as quais incluem tanto os problemas de EMI internos ao Sistema, como aqueles externos ao sistema.

Projeto EMC – nesta parte as diversas medidas de proteção seriam projetadas e implementadas de acordo com as situações em potencial para EMI identificadas anteriormente,

sendo uma maior ênfase dada naturalmente ao Sistema de Aterramento.

VII. CONCLUSÕES

Na área da Compatibilidade Eletromagnética a lógica clássica (0 ou 1, ou melhor 1 ou –1, existe ou não existe, etc.) nem sempre se aplica. De uma forma geral, o que se procura não é a eliminação do ruído! O que se procura é um compromisso entre diferentes as fontes de perturbação eletromagnética de forma a que o ruído total acoplado no circuito não cause interferência

A colocação dos problemas de interferência eletromagnética na categoria de “magia negra” representa na verdade a maior dificuldade para o tratamento objetivo deste aspecto, sempre presente em qualquer Sistema de Instrumentação, fazendo com que:

- As conseqüências destes fenômenos não sejam devidamente quantificadas, nomeadamente em termos dos custos associados;
- Os problemas sejam tratados isoladamente e somente quando aparecem, algo como coisas *sui generis* que requerem soluções mágicas e mirabolantes – a simples adequação de uma conexão à Massa/Terra nunca satisfaz!

Para se garantir o desempenho adequado, e um menor custo associado, quando da instalação e ao longo da operação/manutenção de Sistemas Eletrônicos torna-se imprescindível, e cada vez mais, a implantação de um tratamento sistemático na área da Compatibilidade Eletromagnética.

Este estudo analisa as características dos problemas de interferência eletromagnética em Sistemas Eletrônicos, com ênfase no sistema de aterramento, e propõe um conjunto de procedimentos para o atendimento deste objetivo.

VIII. AGRADECIMENTOS

Em memória de Luiz Sergio Coelho de Sampaio, quem certamente melhor pensou o Brasil.

REFERÊNCIAS

- [1] L. S. C. de Sampaio, “Filosofia da Cultura – Brasil: luxo ou originalidade”, Ed. Agora da Ilha ISBN 86854, 2002.
- [2] R. M. Barreto, “EMC and Lightning protection for telecommunication systems ITEM Publications, 2002.