Compatibilidade Eletromagnética

* **UMA BREVE HISTÓRIA SOBRA A COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA**

As primeiras demonstrações de comunicação sem fio, feitas aproximadamente em 1880, deram início a uma nova fase de estudos e equipamentos que foram desenvolvidos com o intuito de transmitir e receber informações sem a necessidade de um meio físico de transmissão.

Os primeiros testes com um telégrafo sem fio instalado em navios da marinha americana obtiveram sucesso em alguns casos. As antenas eram sintonizadas de forma experimental com um único transmissor, assim a presença de um segundo transmissor operando simultaneamente alterava o sinal recebido no telegrafo de forma a torná-lo indecifrável. Este foi um dos primeiros problemas relatados de compatibilidade eletromagnética que começou a ser chamado por interferência de rádio frequência.

Em 1904, o presidente americano Theodore Roosevelt assinou uma ordem executiva para que o Departamento de Comércio ficasse responsável pela regulação de todas as estações de rádios privadas o a exercito americano responsável por toda a regulação de estações do governo.

Entre 1925 e 1950, os rádios se popularizaram de tal forma que essa época ficou conhecida como a época de ouro das transmissões. Os problemas com interferência de rádio problema eram comuns e constantes devido à quantidade de equipamentos funcionando. Em 1934, o governo americano decidiu criar uma agência reguladora, *Federal Communication Comission* (FCC). Qualquer comunicação via rádio ou cabo deveria ser regulamentada pela FCC. Essas regulamentações diminuíram drasticamente os problemas causados por interferência de rádio frequência.

Durante os anos 60, um porta-aviões americano possuía em média 35 transmissores de rádio, 56 receptores, cinco radares, sete sistemas de auxílio de navegação e mais de 100 antenas. Durante a guerra do Vietnam, muitas vezes ocorreram falhas onde o exercito americano foi forçado a desligar sistemas críticos desses porta-aviões para permitir que outros sistemas funcionassem.

Na história, muitos problemas de compatibilidade eletromagnética foram relatados, muito foi feito para evitar as falhas causadas e várias técnicas de blindagem, acoplamento e filtragem foram desenvolvidas graças às interferências sofridas.

Nos anos 90, os engenheiros se viram obrigados a realizar novas pesquisas na área de compatibilidade eletromagnética por que as regulações europeias e americanas estavam segurando as tecnologias implementadas em computadores e circuitos digitais. O surgimento da Internet das coisas causou um grande crescimento no número de dispositivos presentes, aumentando a complexidade dos ambientes eletromagnéticos.

Recentemente, estuda-se muito a antecipação a problemas de compatibilidade eletromagnética. Ferramentas de modelagem e pesquisas desenvolveram um melhor entendimento em relação a problemas de acoplamento entre dispositivos. Muitos materiais de blindagem que são mais eficientes na absorção de energia eletromagnética, componentes passivos e equipamentos digitais para a redução de emissão eletromagnética passaram a ser mais utilizados a fim de eliminar qualquer acoplamento eletromagnético indesejado.

O futuro reserva grandes desafios para a compatibilidade eletromagnética. Governos e indústrias continuam a introduzir novos conceitos e atualizar as bases da regulamentação sempre buscando garantir a segurança e compatibilidade de equipamentos eletrônicos. É sempre preferível evitar problemas de compatibilidade no início de um projeto do que consertar uma vez que o produto apresenta falhas.

* **INTRODUÇÃO:**

Atualmente a quantidade de dispositivos eletrônicos apresenta uma taxa de crescimento muito elevada, além disso, a busca por novas tecnologias que permitem colocar mais componentes eletrônicos em um único dispositivo são motivos que geram grandes preocupações no funcionamento correto de cada equipamento e dos equipamentos ao ser redor. A interferência eletromagnética é uma energia emitida ou conduzida em circuitos eletrônicos e seus componentes que, como qualquer ruído é capaz de alterar significativamente o funcionamento de um equipamento.

Qualquer sinal elétrico presente em um circuito que não é o sinal desejado é considerado um ruído, mesmo que muitas vezes esse sinal não interfira no funcionamento correto do dispositivo. Fontes de ruídos podem ser divididas em três categorias:

1. Fonte intrínseca vindas de flutuações de sistemas físicos, como *termal* e *shot noise;*
2. Ruídos vindos de motores, computadores, transmissores de rádio e outros equipamentos;
3. Ruídos causados por perturbações naturais como descargas elétricas.

Interferência então é o efeito causado por um ruído em um equipamento. Os ruídos não podem ser eliminados, mas a interferência pode. A magnitude de ruídos pode ser reduzida até que não causem mais interferência.

A interferência pode parecer inofensiva, mas em alguns ambientes ela pode ser extremamente perigosa, como em fábricas, aviões, hospitais e vários outros. A interferência eletromagnética pode causar desde pequenas alterações em uma imagem de televisão, ligação cruzada em telefones celulares ou até mesmo desligar monitores e desfibriladores em uma ambulância quando o rádio da ambulância receber um chamado.

O estudo de como proteger os aparelhos das interferências eletromagnéticas e de como não tornar os dispositivos fontes de interferência deram origem a compatibilidade eletromagnética. Tecnicamente, Compatibilidade Eletromagnética é definida como a habilidade de um sistema eletrônico funcionar corretamente em um ambiente que contém emissões eletromagnéticas e de não ser um emissor de poluição eletromagnética.

Dois aspectos são levados em conta na compatibilidade eletromagnética, a suscetibilidade e a emissividade. Suscetibilidade é a capacidade de um dispositivo responder quando exposto a um ruído eletromagnético, ou seja, o quão suscetível o circuito é a ruídos. O oposto de suscetibilidade é a imunidade, quanto maior o nível de imunidade de um equipamento, menor vai ser a degradação de sua operação quando exposto em um ambiente ruidoso.

A emissividade é o potencial que um equipamento possui de gerar ruídos em um ambiente. O controle da emissão de ruídos pode eliminar problemas de interferências em outros dispositivos, por isso é importante que os equipamentos produzam um ambiente eletromagnético com um nível de ruído compatível com a imunidade de outros equipamentos.

Para atingir um ambiente compatível é necessário estabelecer limites tanto de emissões de ruídos, ou energia eletromagnética, quantos níveis de imunidade com que os equipamentos possam ser capazes de funcionar corretamente mesmo na presença de ruídos. Mesmo garantindo que os níveis de todos os equipamentos presentes em um ambiente estejam de acordo com as normas que garantem que não vai haver interferências, vários fatores podem afetar a operação de dispositivos. Como mencionado anteriormente a crescente quantidade de equipamentos eletrônicos é um grande problema, as emissões de cada aparelho tendem a se somar, tornando assim um ambiente que antes era livre de interferência em um ambiente incompatível, em alguns casos essa soma de interferências pode desencadear um efeito avalanche atingindo qualquer equipamento próximo. A distância entre dispositivos também deve ser levado em conta, os ruídos tendem a ser mais fortes quanto mais próximos das fontes, com isso a diminuição de equipamentos torna os componentes eletrônicos dentro de todos os dispositivos mais próximos entre si, tornando assim os dispositivos mais suscetíveis à interferência.

As perturbações, ou interferências, podem ser categorizadas em seis diferentes tipos:

1. Fenômeno de condução de baixa frequência:
   1. Harmônicos e Inter harmônicos;
   2. Sistemas de Sinalização;
   3. Flutuação de Voltagem;
   4. Queda de tensão e interrupções;
   5. Voltagem não balanceada;
   6. Variações de frequência da energia;
   7. Voltagens induzidas de baixa frequência;
   8. Conversões de energia AC e DC
2. Fenômeno de campo de baixa frequência irradiada:
   1. Campos magnéticos (contínuo e transiente);
   2. Campo elétrico;
3. Fenômeno de condução de alta frequência:
   1. Acoplamento direto ou induzido de correntes ou voltagens (ondas contínuas e moduladas)
   2. Transientes unidirecionais;
   3. Transientes oscilatórios;
4. Fenômeno de campo de alta frequência irradiado:
   1. Campos magnéticos;
   2. Campos elétricos;
   3. Campos eletromagnéticos (ondas contínuas, moduladas e transientes);
5. Fenômeno de descarga eletrostática (ESD)
6. Pulso eletromagnético nuclear de alta altitude (HEMP)

A maioria dos países seguem regulações, recomendações e padrões criados por organizações internacionais como IEC, ITU e CISPR.

Essas organizações além de prover os limites que cada equipamento deve emitir ou ser imune apresentam guias de como cada equipamento deve ser testado e certificado de que está de acordo com os limites propostos nas normas específicas, garantindo assim que o aparelho não será um gerador de interferência e não irá sofrer alterações devido a outros equipamentos.

Para possuir um certificado de compatibilidade eletromagnética no Brasil, os equipamentos devem atender a todos os limites propostos no ato nº 1120 da Anatel. Enquadram-se no ato citado todos os equipamentos classificados como produtos de telecomunicação de Categoria I e de Categoria II.

* **Métodos de testes**
  1. **Emissão irradiada:**

Os testes fazem varreduras através da banda de frequência de interesse buscando observar emissões próximas aos limites. Os laboratórios buscam quantificar a amplitude e a força de campo de cada uma dessas emissões. Os testes geralmente são realizados em locais abertos com uma superfície reflexiva para captar de forma mais efetiva as emissões diretas e as emissões que refletem no chão e chegam às antenas que captam os sinais emitidos. Os testes também podem ser realizados em câmaras semi-anecóicas, que atenuam bastante a reflexão do sinal, assim as antenas que captam os sinais conseguem captar com mais precisão as emissões do equipamento apenas.

As principais falhas encontradas em testes de emissão irradiada são: aterramento mau feito, escolha de fontes ineficientes, integridade fraca de sinais, extensos caminhos de realimentação, entre vários outros.

* 1. **Emissão conduzida**

Geralmente os testes de emissão conduzida são realizados em equipamentos que são conectados a uma fonte de energia de corrente alternada, alguns padrões existentes exigem limites de emissão conduzida para equipamentos conectados a fontes de corrente contínua. Para os testes são utilizadas redes de estabilização de impedâncias (LISN) para criar um ponto de impedância conhecida que provê uma porta de medição de ruído de radiofrequência que pode ser conectado a um analisador de espectro ou osciloscópio. Uma LISN é constituída de filtros e uma entrada e saída para a fonte de tensão conectada e uma porta de conexão com um analisador de espectro.

* 1. **Imunidade à descarga eletrostática**

A aplicação do teste envolve em aplicar uma alta voltagem com um determinado padrão de dissipação de energia que simula descargas eletrostáticas, como raios. Sem um aterramento adequado e proteção o equipamento testado pode reiniciar, danificar alguma porta, causar falhas em comunicações, danificar displays, corromper memórias ou apresentar erros de lógica digital.

* 1. **Imunidade à radiação**

Equipamentos eletrônicos tendem a passar por muitas situações diferentes durante sua vida útil. Celulares podem ser usados de forma mais próxima a um equipamento, um motor pode operar nas proximidades e várias outras situações podem ocorrer. O teste de imunidade à radiação tem como objetivo verificar a operação de um equipamento quando submetido a um campo elétrico de uma amplitude específica (medido em Volts/metro) por toda a faixa de frequência.

O campo elétrico é gerado por um gerador de sinais que envia uma onda senoidal modulada a um amplificador de potência de rádio frequência de banda larga. A saída do amplificador é conectada a uma antena que transforma o sinal vindo do amplificador em um campo elétrico irradiado. O campo elétrico utilizado é constituído de uma onda senoidal de 1kHz com uma modulação de 80%.

As principais falhas apresentadas nesse tipo de teste são: erros em medidas de sensores analógicos do equipamento testado, interferência em transmissores, demodulação do sinal de teste e erros de lógica digital.

* 1. **Imunidade a transiente elétrico rápido**

O teste de imunidade de transiente busca simular a comutação de cargas indutivas. São disparadas rajadas de pulsos de voltagem com uma frequência determinada durante um curto período de tempo, existindo uma janela de tempo de entre duas rajadas de pulsos. Geralmente os pulsos são injetados no equipamento pelo cabo de força de corrente alternada.

Sem um aterramento apropriado essas perturbações podem: reiniciar o equipamento, causar erros de medição e sensores analógicos, gerar perturbações audíveis em sistemas de áudio, derrubar conexões de comunicação e vários outros problemas podem ser observados.

* 1. **Imunidade a surtos de energia**

Os testes de imunidade a surtos buscam simular surtos de energia de baixa frequência, como a partida de motores indutivos, descargas elétricas e outros. É esperado que equipamentos ligados à rede elétrica fossem submetidos em média a três surtos de energia de até 6kV por ano.

Os surtos podem ser aplicados nas portas de entrada de corrente alternada, direta ou até mesmo em alguns casos nas portas de entrada/ saída de sinais.

Como as correntes podem exceder a marca de 100A, facilmente são encontrados durante os testes: Circuitos integrados queimados, rompimento de cabos, problemas de aquecimento e danos causados nos enrolamentos de motores.

* 1. **Imunidade à emissão conduzida**

O teste de imunidade à emissão conduzida simula um ambiente normal de voltagens e correntes aplicados em cabos de sinais e de energia.

A presença de cabos de energia próximos podem gerar acoplamentos indutivos e capacitivos. Na realização dos testes, cabos adjacentes são simulados com a injeção de perturbações injetadas nos cabos do equipamento testado através do uso de um transdutor.

São encontrados nesses testes os seguintes problemas: sinal audível devido à retificação, erros de medidas e circuitos integrados reiniciados.

* 1. **Imunidade a campos magnéticos**

Esse teste busca garantir que o equipamento testado vai funcionar corretamente na presença de um campo magnético gerado por algum outro equipamento ou cabo de energia próximo.

A variação de voltagem gera uma variação de corrente que é aplicada em uma antena. A variação da corrente na antena gera um campo magnético que é submetido ao equipamento.

A presença do campo magnético pode afetar o funcionamento em monitores de tubo, relés, sensores que utilizam medidas magnéticas e microfones.

* 1. **Imunidade a quedas e interrupções de voltagem**

O teste de imunidade a quedas e interrupções de voltagem garante que o equipamento funciona como esperado e de forma segura com flutuações nas fontes de tensão. Muitos conversores de corrente alternada para contínua podem funcionar abaixo da tensão especificada, assim como podem ocorrer flutuações em que a tensão cai durante frações de segundos.

Para a realização do teste são aplicadas frações da voltagem especificada para o equipamento testado durante alguns milissegundos podendo chegar até alguns segundos dependendo do padrão utilizado.

A principal falha encontrada durante a realização desse teste é após a normalização da tensão, o equipamento não reinicia corretamente.

* **Critérios de aprovação**

Após as realizações dos testes de imunidade, cada equipamento recebe um atestado de desempenho que é categorizado em quatro níveis.

* 1. **Nível A**

É o nível mais alto, a operação do produto não se alterou durante os testes. Essencialmente nada de ruim aconteceu durante e depois dos testes realizados.

* 1. **Nível B**

O produto pode ter apresentado alguma perda temporária de função ou degradação de desempenho, mas assim que a perturbação cessou o equipamento recuperou a operação ideal sem a necessidade de intervenção do usuário para isso.

* 1. **Nível C**

O mesmo que o critério B, porém para que o equipamento voltasse a operar normalmente foi necessária a intervenção do usuário.

* 1. **Nível D**

A operação do equipamento se tornou inviável durante e após a aplicação dos testes, podendo ter ocorrido perda de dados e danos irrecuperáveis ao hardware. Basicamente o teste inutilizou o equipamento.

CISPR 32 e 35

* **OBJETIVOS:**
  1. CISPR 32
     1. Estabelecer um nível adequado de proteção ao espectro de rádio frequência, permitindo o funcionamento adequado de serviços de rádio, na frequência de 9kHz a 400GHz;
     2. Especificar procedimentos que garantem a reprodutibilidade de testes e resultados.
  2. CISPR 35
     1. Estabelecer um nível de imunidade intrínseca para que Equipamentos de Multimídia possam operar corretamente em seu ambiente na frequência de 0Hz a 400GHz;
     2. Especificar procedimentos que garantem a reprodutibilidade de testes e resultados.
* **CLASSIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS:**
  1. Classe A: Todos os equipamentos que não se encaixam na definição de equipamento de Classe B.
     1. Equipamentos dentro dos limites estabelecidos para classe A, em um ambiente residencial podem causar interferências.
  2. Classe B: Como não há uma definição explicita na CISPR 32, a EN55022 define um equipamento Classe B como um equipamento de uso doméstico, porém a definição inclui também a vizinhança como parte do ambiente de uso.
* **ABREVIAÇÕES:**

AMN – Artificial Main Network;

OATS – Open Area Test Site;

SAC – Semi Anechoic Chamber;

FAR – Fully Anechoic Chamber;

FSOATS – Free Space Open Test Sites;

1. Por que a CISPR 32 foi escrita?

A CISPR 32 foi escrita devido ao crescimento da comercialização de receptores de televisão digital. As fabricantes deste tipo de receptor possuíam além de um receptor, regulamentado pela CISPR 13, um computador com entradas, saídas e periféricos, regulamentados pela CISPR 22. Os dois comitês funcionavam de forma independente, demandando mais custos e mais tempo de testes uma vez que esses receptores de TV Digital deveriam ser aprovados tanto nas normas previstas na CISPR 13 e na CISPR 22.

Foram criados subcomitês dentro da CISPR 13 e da CISPR 22 para tratar especificamente desses receptores, mas a realização dos estudos para uma mesma área de forma separada não era eficiente. Então os subcomitês foram unidos em grupos de trabalho para a elaboração da CISPR 32 (criando padrões para emissões de equipamentos de multimídia) e da CISPR 35 (padronização da imunidade de equipamentos de multimídia).

A estrutura da CISPR32 é mais próxima da CISPR 22 do que a adotada na CISPR 13. Os limites definidos para linhas de energia e portas de telecomunicação para emissão conduzida para as frequências de 150kHz a 30MHz, são os limites adotados na CISPR 22, assim como os limites de emissão radiada para as frequências de 30MHz a 6GHz. Foi incluída na CISPR 32 limites de emissão radiada para receptores FM na frequência fundamental e harmônicos da frequência do oscilador local. Limite de emissões conduzidas especifica presentes na CISPR 22 foram renomeadas para modo assimétrico de emissão conduzida que são aplicadas em portas de rede, fibra ótica e portas de antena. Também foram adicionados limites para emissão conduzida de voltagem diferencial para receptores de TV com conector acessível, portas de saída de rádio frequência e receptores FM com conector acessível.

A 1ª edição da CISPR 32 definiu para a realização de testes para emissão radiada: áreas de testes abertas com ou sem proteção climática, câmaras semi-anecóicas a RF ou áreas livres de testes abertas. Diferentemente da CISPR 22, que guiava testes de emissão radiada abaixo de 1000 MHz a distâncias de 10m, a CISPR 32 fornece limites para distâncias de 3m, assim como limitações nas áreas de teste.

A 2ª edição trouxe novos métodos de testes e direcionamentos para testes em outros tipos de produtos assim como várias novas explicações.

Novos limites para emissão radiada abaixo de 1GHz em câmaras totalmente anecóica. Foram adicionados limites para equipamentos tanto de classe A e B com testes realizados em áreas abertas, câmaras semi-anecóicas ou câmaras totalmente anecóica a 10 e 3 metros de distância.

Foram adicionados limites para equipamentos domésticos receptores de sinais de satélites, cobrindo a emissão radiada na faixa de frequência de 30 MHz a 18 GHz.

Informações de métodos de teste utilizando a câmara *Giga-hertz Transverse ElectroMagnetic* (GTEM) e uma câmara de reverberação também foram incluídas assim como o objetivo de cada teste e seus limites.

1. O que esperar depois da segunda edição?

A implementação completa da instrumentação de medidas de incerteza especificada anteriormente na CISPPR 16-4-2.

Medidas de densidade espectral de energia de acordo com a ITU, sendo uma alternativa para medidas realizadas com AAN em portas de telecomunicação.

Adicionar o detector de média RMS como uma alternativa o detector *quasi-peak* e o detector de média para medidas de perturbações conduzidas e radiadas.

Esclarecer o teste de barras de cores referenciado na CISPR 32.

1. Diferenças entre a CISPR 24 e a CISPR 35.

A principal diferença entre os documentos publicados é o foco de cada um deles. Enquanto a CISPR 24 fornece guias para a realização de testes em diferentes dispositivos, a CISPR 35 apresenta um foco maior nas funções de cada dispositivo testado. Os anexos presentes na CISPR 24 são voltados para equipamentos de telefone, equipamentos de processamento de dados, etc. Os anexos da CISPR 35 tratam de funções de recepção de transmissão, função de rede, função de telefonia, etc.

* **MEDIDAS:**
  1. A especificação de equipamentos, instrumentação, arranjo e procedimentos de medição estão nas tabelas referenciadas no Anexo A, da CISPR 32. Ao menos que sejam especificados de outra forma, os padrões básicos das tabelas citadas devem ser usados para todos os aspectos de medidas.
  2. Os procedimentos utilizados para medição dos níveis de emissão dependem de vários elementos. Isso inclui:
     1. O tipo de equipamento a ser testado;
     2. O tipo de porta;
     3. Os tipos de cabos usados;
     4. O alcance das frequências;
     5. O modo de operação.

Os procedimentos não estão limitados aos tipos citados.

Se uma porta satisfaz a definição de outras portas, ela está sujeita aos padrões das duas definições. Por exemplo, se uma porta é especificada para o uso de cabos blindados e não blindados, a porta deve atender aos requisitos para cabos blindados e também atender os requisitos para cabos não blindados.

* 1. Sistemas principais e módulos do equipamento a ser testado:

Equipamentos a serem testados podem possuir módulos externos que devem ser configurados de forma correta. Esses módulos podem ser:

* Módulo externo, por exemplo: Controle remoto com infravermelho;
* Módulo interno, por exemplo: HD de um computador;
* Módulo *Plug-in,* por exemplo: Pen drive;
* Módulo montado, por exemplo: Placa de vídeo ou placa de Som.

Módulos cuja funcionalidade e conectividade permitam ser tanto como externo, interno, *plug-in* e/ou montado devem ser medidos em cada configuração. Se for possível mostrar que existe um caso de conexão que apresenta as piores medidas, pode ser considerada uma única medição utilizando o pior caso para demonstrar a conformidade do teste.

Se o dispositivo testado é um equipamento principal que pode ser conectado com outros módulos, sua medição deve ser realizada com módulos que configurem uma representação de uso típico do sistema.

Quando o equipamento testado é um módulo, o sistema principal é considerado um equipamento associado. No caso de um módulo *plug-in,* montado, externo ou interno, o sistema principal deve ser colocado na área de medição.

* **Requisitos de Emissão de Perturbações Eletromagnéticas:**
  1. **Conduzida:**
     1. Equipamento de Classe A:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de frequência (MHz)** | **Acoplamento** | **Detector/ Largura de Banda** | **Limites em dB(µV)** |
| 0,15 a 0,5 | AMN | Quasi Peak / 9 kHz | 79 |
| 0,5 a 30 | 73 |
| 0,15 a 0,5 | AMN | Média / 9 kHz | 66 |
| 0,5 a 30 | 60 |

Tabela - Limites de Emissão conduzida para equipamentos Classe A

* + 1. Equipamento de Classe B:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de frequência (MHz)** | **Acoplamento** | **Detector/ Largura de Banda** | **Limites em dB(µV)** |
| 0,15 a 0,5 | AMN | Quasi Peak / 9 kHz | 66 a 56 |
| 0,5 a 5 | 56 |
| 5 a 30 | 60 |
| 0,15 a 0,5 | AMN | Média / 9 kHz | 56 a 46 |
| 0,5 a 5 | 46 |
| 5 a 30 | 50 |

Tabela – Limites de Emissão conduzida para equipamentos Classe B

* 1. **Radiada:**
     1. Equipamentos de Classe A:
* Frequências até 1GHz:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Medição** | | | **Limites dB(µV/m)** |
| **Instalação** | **Distância (m)** | **Detector / Largura de Banda** |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 10 | Quasi Peak / 120 kHz | 40 |
| 230 a 1000 | 47 |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 3 | 50 |
| 230 a 1000 | 57 |
| 30 a 230 | FAR | 10 | Quasi Peak / 120 kHz | 42 a 35 |
| 230 a 1000 | 42 |
| 30 a 230 | FAR | 3 | 52 a 45 |
| 230 a 1000 | 52 |

Tabela - Limites de Emissão radiada de equipamentos com frequência abaixo de 1GHz para equipamentos Classe A

* Frequências acima de 1 GHz:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Medição** | | | **Limites dB(µV/m)** |
| **Instalação** | **Distância (m)** | **Detector / Largura de Banda** |
| 1000 a 3000 | FSOATS | 3 | Média / 1 MHz | 56 |
| 3000 a 6000 | 60 |
| 1000 a 3000 | Pico / 1 MHz | 76 |
| 3000 a 6000 | 80 |

Tabela - Limites de Emissão radiada para equipamentos com frequências acima de 1GHz para equipamentos Classe A

* + 1. Equipamentos de Classe B:
* Frequências até 1 GHz:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Medição** | | | **Limites dB(µV/m)** |
| **Instalação** | **Distância (m)** | **Detector / Largura de Banda** |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 10 | Quasi Peak / 120 kHz | 30 |
| 230 a 1000 | 37 |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 3 | 40 |
| 230 a 1000 | 47 |
| 30 a 230 | FAR | 10 | Quasi Peak / 120 kHz | 32 a 25 |
| 230 a 1000 | 32 |
| 30 a 230 | FAR | 3 | 42 a 35 |
| 230 a 1000 | 42 |

Tabela - Limites de Emissão radiada para equipamentos com frequência acima de 1Ghz para equipamentos Classe B

* Frequências acima de 1 GHz:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Medição** | | | **Limites dB(µV/m)** |
| **Instalação** | **Distância (m)** | **Detector / Largura de Banda** |
| 1000 a 3000 | FSOATS | 3 | Média / 1 MHz | 50 |
| 3000 a 6000 | 54 |
| 1000 a 3000 | Pico / 1 MHz | 70 |
| 3000 a 6000 | 74 |

Tabela - Limites de Emissão radiada para equipamentos com frequência acima de 1GHz para equipamentos Classe B

* 1. **Maior frequência exigida para medição de emissão radiada:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Maior frequência interna (Fx)** | **Maior frequência medida** |
| Fx ≤ 108 MHz | 1 GHz |
| 108 MHz < Fx ≤ 500 MHz | 2 GHz |
| 500 MHz < Fx ≤ 1 GHz | 5 GHz |
| Fx > 1 GHz | 5\*Fx (até Fx = 6 GHz) |

Tabela - Medidas de Frequência para emissão radiada

Fx é definida pela frequência fundamental mais alta em que o aparelho opera ou utiliza.

Para emissores FM e transmissores de televisão, Fx é determinada pela maior frequência gerada ou usada excluindo o oscilador local e frequências sintonizadas.

* 1. **Emissão radiada para receptores FM:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Faixa de Frequência  (MHz) | Medida | | | Limite dB(µV/m) | |
| Instalação | Distância (m) | Detector / Largura de Banda | Fundamental | Harmônicos |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 10 | Quasi Peak /  120 kHz | 50 | 42 |
| 230 a 300 | 42 |
| 300 a 1000 | 46 |
| 30 a 230 | OATS/SAC | 3 | 60 | 52 |
| 230 a 300 | 52 |
| 300 a 1000 | 56 |
| 30 a 230 | FAR | 10 | Quasi Peak /  120 kHz | 52 a 45 | 44 a 37 |
| 230 a 300 | 45 | 37 |
| 300 a 1000 | 45 | 41 |
| 30 a 230 | FAR | 3 | 62 a 55 | 54 a 47 |
| 230 a 300 | 55 | 47 |
| 300 a 1000 | 55 | 51 |

Tabela - Limites de emissão radiada de receptores FM

* 1. **Limites para unidades externas receptoras de satélite:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Faixa de Frequência (MHz) | Medida | | | Limites | Aplicável a |
| Instalação | Distância (m) | Detector / Largura de banda |
| 30 a 1000 | SAC / OATS / FAR | Tabela 5 | Quasi Peak / 120 kHz | Tabela 5 | - |
| 1000 a 2500 | FSOATS | 3 | Média / 1 MHz | 50 dB (µV/m) | Vazamento e radiação emitida não genuína do Oscilador Local do equipamento na região fora de ±7° do eixo principal de emissão |
| 2500 a 18000 | 64 dB (µV/m) |
| 1000 a 18000 | FSOATS | 3 | Média / 1 MHz | 37 dB (µV/m) | Vazamento do Oscilador Local do equipamento dentro da região de ±7° do eixo principal de emissão |
| 1000 a 18000 | CONDUZIDA | N/a | Média / 1 MHz | 30 dBpW |

Tabela - Limites de testes para unidades externas receptoras de sinais de satélite

* 1. **Requerimentos para emissão conduzida de modo assimétrico**
     1. Equipamentos Classe A:

Aplicável a:

* Portas de rede cabeada;
* Portas de fibra ótica com blindagem metálica ou membros de tensão;
* Portas de antena.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Acoplamento** | **Detector / largura de banda** | **Limite de Voltagem dB(µV)** | **Limite de Corrente dB(µA)** |
| 0,15 a 0,5 | AAN | Quasi Peak /  9 kHz | 97 a 87 | N/A |
| 0,5 a 30 | 87 |
| 0,15 a 0,5 | AAN | Média /  9 kHz | 84 a 74 |
| 0,5 a 30 | 74 |
| 0,15 a 0,5 | CVP e prova de corrente | Quasi Peak /  9 kHz | 97 a 87 | 53 a 43 |
| 0,5 a 30 | 87 | 43 |
| 0,15 a 0,5 | CVP e prova de corrente | Média /  9 kHz | 84 a 74 | 40 a 30 |
| 0,5 a 30 | 74 | 30 |
| 0,15 a 0,5 | Prova de corrente | Quasi Peak /  9 kHz | N/A | 53 a 43 |
| 0,5 a 30 | 43 |
| 0,15 a 0,5 | Prova de corrente | Média /  9 kHz | 40 a 30 |
| 0,5 a 30 | 30 |

Tabela - Limites de emissão conduzida de modo assimétrico para equipamentos classe A

1. Equipamentos Classe B:

Aplicável a:

* Portas de rede cabeada;
* Portas de fibra ótica com blindagem metálica ou membros de tensão;
* Portas de antena;
* Portas sintonizadoras de transmissão;

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Acoplamento** | **Detector / largura de banda** | **Limite de Voltagem dB(µV)** | **Limite de Corrente dB(µA)** |
| 0,15 a 0,5 | AAN | Quasi Peak /  9 kHz | 84 a 74 | n/a |
| 0,5 a 30 | 74 |
| 0,15 a 0,5 | AAN | Média /  9 kHz | 74 a 44 |
| 0,5 a 30 | 64 |
| 0,15 a 0,5 | CVP e prova de corrente | Quasi Peak /  9 kHz | 84 a 74 | 40 a 30 |
| 0,5 a 30 | 74 | 30 |
| 0,15 a 0,5 | CVP e prova de corrente | Média /  9 kHz | 74 a 44 | 30 a 20 |
| 0,5 a 30 | 64 | 20 |
| 0,15 a 0,5 | Prova de corrente | Quasi Peak /  9 kHz | n/a | 40 a 30 |
| 0,5 a 30 | 30 |
| 0,15 a 0,5 | Prova de corrente | Média /  9 kHz | 30 a 20 |
| 0,5 a 30 | 20 |

Tabela - Limites de emissão conduzida de modo assimétrico para equipamentos classe B

1. Emissão conduzida de voltagem diferencial para equipamentos Classe B

Aplicável a:

* Portas receptoras de transmissão de Televisão com conector acessível;
* Portas de saída moduladoras de RF;
* Portas receptoras de transmissão FM com conector acessível;

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Detector /**  **Largura de Banda** | **Limites dB (µV) 75 Ω** | | | **Aplicabilidade** |
| Outros | Oscilador Local | Harmônicos do Oscilador Local |
| 30 a 950 | Para Freq. ≤ 1 GHz  Quasi Peak/  120 kHz  Para Freq. ≥ 1 GHz  Peak/  1 MHz | 46 | 46 | 46 | Olhar em a |
| 950 a 2150 | 46 | 54 | 54 |
| 950 a 2150 | 46 | 54 | 54 | Olhar em b |
| 30 a 300 | 46 | 54 | 50 | Olhar em c |
| 300 a 1000 | 52 |
| 30 a 300 | 46 | 66 | 59 | Olhar em d |
| 300 a 1000 | 52 |
| 30 a 950 | 46 | 76 | 46 | Olhar em e |
| 950 a 2150 | n/a | 54 |

Tabela - Limites de emissão conduzida de voltagem diferencial para equipamentos Classe B

1. Receptores de Televisão (analógica ou digital), gravadores de vídeo e placas de recepção de TV para computador operando entre 30 MHz e 1 GHz, e receptores de áudio digital.
2. Unidades sintonizadoras para recepção de sinal de satélites.
3. Receptores de áudio FM e placas sintonizadoras para computador;
4. Rádios automotivos FM.
5. Equipamentos com portas de saída moduladoras de RF projetadas para conectar com portas receptoras de transmissão de TV. Limites especificados para o Oscilador Local são para a portadora e harmônicos do sinal RF.

* **Requisitos de Imunidade a Perturbações Eletromagnéticas:**

**Definição das Classes utilizadas:**

* + **Classe 1:** Ambiente de baixa emissão de radiação eletromagnética. Tipicamente um nível de emissão encontrado quando estações de rádio e televisão se encontram a mais de 1 km de distância e nível típico de transceptores de baixa potência.
  + **Classe 2:** Ambiente com emissão de radiação eletromagnética moderado. Tipicamente, transceptores portáteis (média de potência menor que 1W) ou um típico ambiente comercial.
  + **Classe 3:** Ambiente com elevados níveis de emissão de radiação eletromagnética. Transceptores portáteis (2W ou mais), transmissores de alta potência. Tipicamente um ambiente industrial.
  + **Classe 4:** Transceptores portáteis utilizados a menos de 1 m do equipamento. Outras fontes de interferência localizadas até 1m do equipamento.
  + **Classe X:** É uma classe livre que pode ser negociada e especificada para um equipamento específico.
  1. **Imunidade a sequências de transitórios elétricos rápidos com frequência de repetição de 5 kHz:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Nível (kV)** | **Portas Ensaiadas** |
| 0,5 | Dados Analógico/Digital |
| 0,5 | Rede de energia CC |
| 1 | Rede de energia CA |

Tabela – Níveis da perturbação no ensaio de imunidade a transitórios elétricos rápidos.

* 1. **Imunidade a perturbação de radiofrequência aplicada em modo comum nas portas de energia elétrica e de telecomunicações, constituída por um sinal senoidal modulado em 80% por um tom de 1 kHz:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Faixa de Frequência (MHz)** | **Classe** | **Nível de Voltagem** | |
| **U₀ dB (µV)** | **U₀ (V)** |
| **0,15 a 80** | **1** | **120** | **1** |
| **2** | **130** | **3** |
| **3** | **140** | **10** |
| **X** | **Especial** | |

Tabela – Níveis de ajuste do sinal no ensaio de imunidade a perturbações de radiofrequências conduzidas.

* 1. **Imunidade a perturbações de rádio frequência irradiada nas faixas de 80MHz a 960MHz e 1,4GHz a 6,0GHz:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Classe** | **Nível da perturbação (V/m)** |
| 1 | 1 |
| 2 | 3 |
| 3 | 10 |
| 4 | 30 |
| X | Especial |

Tabela - Níveis de ajuste do sinal no ensaio de imunidade a perturbações de radiofrequência irradiadas.

* 1. **Imunidade a descargas eletrostáticas:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descarga por contato** | | **Descarga por ar** | |
| **Classe** | **Voltagem do teste (**kV**)** | **Classe** | **Voltagem do teste (**kV**)** |
| 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 2 | 4 |
| 3 | 6 | 3 | 8 |
| 4 | 8 | 4 | 15 |
| X | Especial | X | Especial |

Tabela - Níveis da perturbação no ensaio de imunidades a descargas eletrostáticas.

* 1. **Imunidade a surtos:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Níveis de Teste (kV) | | | | | | | | | | | |
|  | | Fonte CA ou Entrada/ Saída CA conectada diretamente a rede elétrica | | Fonte CA ou Entrada/ Saída CA não conectada diretamente a rede elétrica | | Fonte DC ou Entrada/ Saída DC conectada diretamente a rede elétrica | | Circuitos/ linhas operadas assimétricas | | Circuitos/ linhas operadas simétricas | | Linhas de comunicação e Entrada/Saída blindadas | |
| Classe de Instalação | Acoplamento | Linha p/  Linha | Linha p/  Terra | Linha p/  Linha | Linha p/  Terra | Linha p/  Linha | Linha p/  Terra | Linha p/  Linha | Linha p/  Terra | Linha p/  Linha | Todas as Linhas p/  Terra | Linha p/  Linha | Linha p/ Terra |
| 0 | | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 1 | | NA | 0,5 | NA | NA | NA | NA | NA | 0,5 | NA | 0,5 | NA | NA |
| 2 | | 0,5 | 1,0 | NA | NA | NA | NA | 0,5 | 1,0 | NA | 1,0 | NA | 0,5 |
| 3 | | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | NA | 2,0 | NA | 2,0 |
| 4 | | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 4,0 | NA | 2,0 | NA | 4,0 |
| 5 | | \* | \* | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 4,0 | NA | 4,0 | NA | 4,0 |

Tabela - Níveis de ensaio de imunidade a surtos.

\*Depende da classe do fornecimento de energia local.

1. A aplicação de testes em cabos de dados menores que dez metros não é recomendada.
   1. **Imunidade à interrupção e queda de tensão:**

Se o equipamento funcionar em uma faixa de voltagens, deve ser aplicado:

* Se a faixa de voltagem não exceder 20% do valor mais baixo especificado, uma única voltagem dentro da faixa especificada pode ser utilizada;
* Em todos os outros casos, deve ser aplicado a maior e menor voltagem especificada;

A variação de voltagem é abrupta e geralmente é feita nos seguintes valores:

* Do valor especificado para 0% deste valor;
* Do valor especificado para 40% deste valor;
* Do valor especificado para 70% deste valor;
* Do valor especificado para 80% deste valor;

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Classe** | **Níveis e durações para quedas de tensão (50/60 Hz)** | | | | |
| Classe 1 | Caso a caso, de acordo com os requisitos do equipamento. | | | | |
| Classe 2 | 0%  ½ ciclo | 0%  1 ciclo | 70%  25/30 ciclos | | |
| Classe 3 | 0%  ½ ciclo | 0%  1 ciclo | 40%  10/12 ciclos | 70%  25/30 ciclos | 80%  250/300 ciclos |
| Classe X | X | X | X | X | X |

Tabela - Níveis de ensaio de imunidade à redução e à interrupção da tensão da rede elétrica.

Para os ciclos: por exemplo, 10/12 ciclos, 10 ciclos se a rede for 50 Hz e 12 se a rede for 60 Hz.