

Estudo do efeito de filtro EMI para emissões conduzidas em fonte chaveada

EMI filter effect study for conducted emissions on Switch Mode Power Supply

Alexandre Rodrigues da Silva¹, Marcelo Sanches Dias¹, João Carlos Martins Coelho¹

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

E-mail: alesilva@ipt.br E-mail: endereço de e-mail do autor para correspondência

Resumo: Este é um estudo de emissões conduzidas em AC/DC em fonte chaveada. O projeto de uma fonte simples chaveada é revisado, com a intenção de testar a influência de um filtro de *EMI* instalado na entrada. Ensaios realizados mostram os resultados com e sem o uso do filtro e com diferentes números de estágios, bem como com diferentes cargas utilizadas, baseados em valores máximos para norma CISPR 22.

Palavras-chave: EMI, emissão conduzida, filtro, CISPR 22.

Abstract: This is a conducted emissions study, done in a AC/DC switch mode power supply. It is a simple power supply that is tested for the influence of an EMI filter at its input and the difference in emissions for different configurations. It is a test based on the guidelines of the CISPR 22 normative.

Keywords: EMI, conducted emission, filter, CISPR 22.

1. INTRODUÇÃO

No passado, a maioria dos equipamentos elétricos representavam cargas lineares (como motores de corrente contínua ou alternada, lâmpadas incandescentes, cargas resistivas), resultando em pouca ou nenhuma interferência entre equipamentos. Hoje, muitas destas cargas são não lineares, que produzem ruído de banda estreita, devido ao chaveamento em frequências acima de 9kHz. Este ruído pode se espalhar por toda a rede. Tipicamente fontes chaveadas produzem este tipo de interferência conduzida, na faixa de 10 kHz a 100 kHz. O mesmo acontece com sistemas digitais para escritórios, hospitais e ambientes industriais.

Estas fontes de alimentação estão se tornando cada vez mais poderosas o que resulta em níveis de interferência eletromagnética (*electromagnetic interference, EMI*) maiores para as frequências de oscilação e seus múltiplos. Equipamentos que normalmente são alimentados por estas também ficam mais sensíveis, principalmente devido à sua elevada velocidade de processamento. O desenvolvimento destes produtos demanda cuidados especiais com seus componentes e com o layout de circuito impresso, pois a não conformidade com requisitos de compatibilidade eletromagnética acarreta altos custos e o não atendimento dos padrões de segurança. Basicamente, todos os equipamentos instalados

em um ambiente têm a capacidade de agir uns sobre os outros por meio de interferência eletromagnética sendo receptores ou transmissores de *EMI*, já que, frequentemente, um equipamento pode agir como fonte e receptor simultaneamente. [1]

EMI é definido como um sinal elétrico que produz efeitos não desejáveis em um equipamento. Estes efeitos podem resultar na diminuição da eficiência do equipamento, em problemas funcionais, erros de comunicação, má operação e até a interrupção de funcionamento. No caso da emissão conduzida, existem duas formas para a condução desta energia induzida em equipamentos: Modo Diferencial e Modo Comum. Uma parte da energia se propaga em modo diferencial, de tal forma que seguirá um sentido em um cabo, retornando pelo outro. O restante da energia se propagará em modo comum, que seguindo um único sentido se propagará por todos os cabos e voltará por um retorno de terra desconhecido. Este problema tem três participantes. A fonte do ruído, um meio pelo qual este ruído é acoplado por condução e o receptor deste ruído. Qualquer um destes três participantes pode ser retirado do circuito, resolvendo o problema. [4]

Considerando-se as emissões em geral, entende-se que a blindagem costuma ser o método mais utilizado para diminuir a *EMI*. Blindagem é um método no qual o circuito é isolado do ambiente ruidoso. Entretanto, considerando-se apenas as conduzidas, verifica-se que um segundo método é o aterramento, no qual o nível de indutância nas interconexões é minimizado. Um terceiro método envolve o uso de filtros *EMI*. Note-se que os circuitos podem ser ativos e passivos, de acordo com o espaço necessário para a montagem do circuito e do custo. [2]

A rápida transição do valor de tensão em fontes chaveadas causa a ocorrência de emissões conduzidas que podem resultar em interferências

eletromagnéticas em um equipamento vítima. Neste caso, um filtro para bloquear tais interferências deve ser projetado para ser instalado antes do circuito de entrada da fonte do equipamento da fonte de ruído. Indutores tipo choque e capacitores tipo Y são usados para reduzir o ruído conduzido em modo comum. Para efetivamente prevenir este ruído, na faixa de frequência de 150kHz a 300MHz, o tamanho destes componentes é bastante grande. Filtros ativos são indicados em muitas publicações para reduzir estes ruídos, mesmo tendo um número maior de componentes e um consumo maior, sendo a sua aplicação um método mais eficiente para reduzir o ruído e manter o tamanho do circuito do filtro passivo. [3]

Estas maneiras apresentadas, utilizadas em conjunto ou separadas, podem controlar susceptibilidade e a emissão conduzida de *EMI* de um equipamento eletrônico. Se o equipamento testado tiver a sua sensibilidade à emissão conduzida recebida maior que a desejada, ou se o seu nível de emissão gerada for maior do que o permitido pelas normas, estes valores podem ser melhorados pelos métodos já mencionados. Isto evitaria os equipamentos vítima de serem sensíveis às emissões dos demais e permitiria os emissores a utilização sem a possibilidade de interferir no funcionamento de outros que estejam nas suas proximidades.

Este trabalho se refere às emissões conduzidas. O objetivo principal é comparar *EMI* conduzidas de uma fonte chaveada, antes e depois de modificações realizadas para adequação desta às normas pertinentes. Desta forma, é comprovado que os métodos descritos nesta introdução são eficazes para a fontes chaveadas com emissões cujos níveis possam trazer problemas.

2. ESTRUTURA DOS MÉTODOS

Os ensaios de compatibilidade eletromagnética foram realizados na câmara anaecóica do Instituto

de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Foram realizados perante as prescrições da norma CISPR 22. [5]

A fonte chaveada foi testada inicialmente sem um filtro para emissões conduzidas. Os resultados exibiram valores elevados para frequências diversas, variando entre 150 kHz e 30 MHz. Neste intervalo de frequências, os valores foram maiores que os prescritos pela norma em várias frequências. Foram efetuados diversos outros ensaios com combinações de capacitores e indutores, calculados para as frequências citadas para que os resultados pudessem estar abaixo dos valores permitidos pela norma.

Um filtro *EMI* tipo π LC foi utilizado. Para obter uma taxa mais rápida de corte para um dado número de componentes reativos é desejável utilizar uma configuração de filtro que dá uma atenuação infinita a um número finito de frequências. Em aplicações reais, a frequência de corte é determinada pelo valor da frequência de operação da fonte multiplicado por três e por quatro. Por exemplo se a frequência de operação for 20 kHz, um filtro passa baixas deve ser projetado para uma frequência de corte entre 60 e 80 MHz, com uma taxa de atenuação de 20 dB por década. [2]

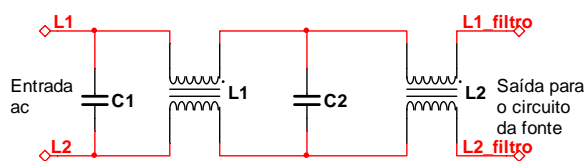


Figura 1. Filtro π LC utilizado

Para uma ilustração abrangente das influências dos componentes do filtro, diversos ensaios foram realizados. Em cada um destes ensaios, um componente a mais foi conectado e o seu resultado comparado com os demais. Mesmo após todas as possibilidades, os valores medidos ainda ficavam muito próximos dos máximo definidos pela norma.

Como a fonte foi projetada para uma situação de carga menor que a máxima, esta situação foi testada. O valor máximo de carga é 50 Ω , e o valor utilizado para os testes foi de 100 Ω , suficiente para a aplicação.

3. RESULTADOS

No primeiro ensaio, os valores medidos estavam acima dos exigidos pela CISPR22. Na figura 2, pode-se observar que muitos valores para a emissão conduzida estão acima do valor máximo permitido.

Uma nova sequência de ensaios foi repetida para diferentes combinações de componentes e sempre mostrando valores acima dos permitidos. Estes resultados estão nas figuras 3, e 4.

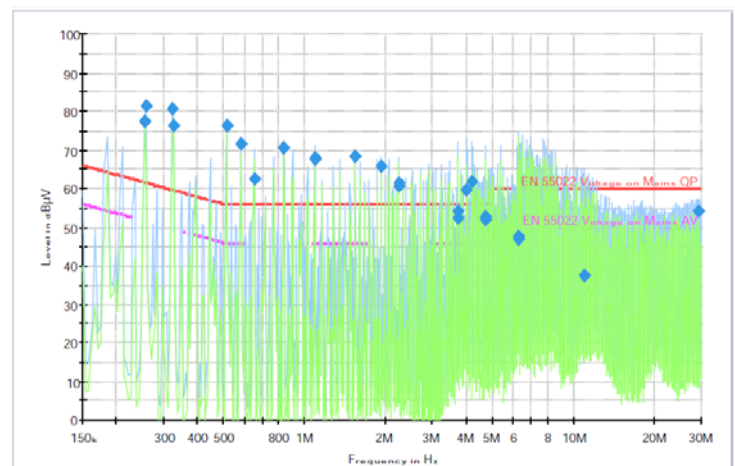


Figura 2: Ensaio sem filtro

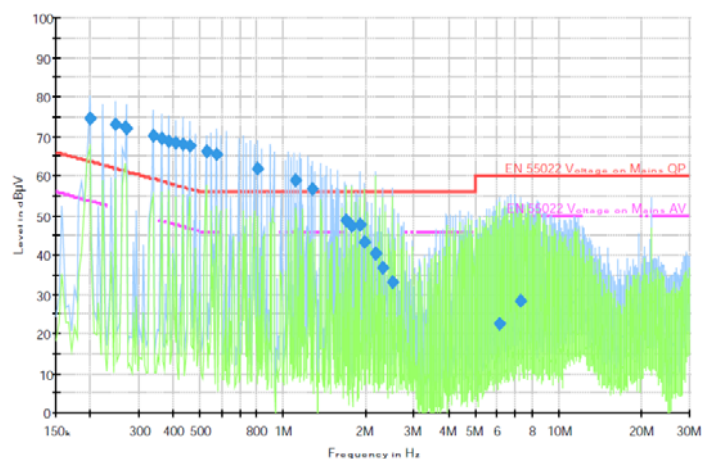


Figura 3 Ensaio com L1 e L2 e sem C1 e C2

Finalmente resultados melhores foram encontrados, para o filtro completo e uma carga reduzida. Este resultado está na figura 4.

para a correção das mesmas, foram identificados com resultados positivos.

Estes métodos podem ser melhorados com circuitos mais eficientes para filtros *EMI*, calculados para as frequências desejadas. Como o funcionamento da fonte chaveada para a aplicação específica teve resultados com as emissões dentro dos valores permitidos, o filtro não precisou ser modificado. Estes ensaios ilustram bem a influência do uso destes filtros.

5. REFERÊNCIAS

- [1] **Earthing & EMC Fundamentals of Electromagnetic Compatibility (EMC)** Prof Dr rer nat Wolfgang Langguth Hochschule für Technik und Wirtschaft May 2006.
- [2] **Implementation of a Compact EMI Filter Array for 4G-LTE Applications on LTCC** Li-Ju Chen; Ken-Huang Lin IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology Year: 2015,
- [3] **Design of Effective Surge Protection Circuits for and Active EMI Filter**, Sangyeong Jeong, Dongil Shin and Jinguok Kim 2017 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), June 20-23, 2017, Seoul, Korea.
- [4] **EMI emissions of modern PWM AC drives** G. L. Skibinski; R. J. Kerkman; D. Schlegel IEEE Industry Applications Magazine Year: 1999.
- [5] **IEEE Journals & Magazines Shielded Flat Cables for EMI and ESD Reduction** Charlotte M. Palmgren 1981 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility Year: 1981.
- [6] **IEC CISPR 22 2008 Ed6.0.**

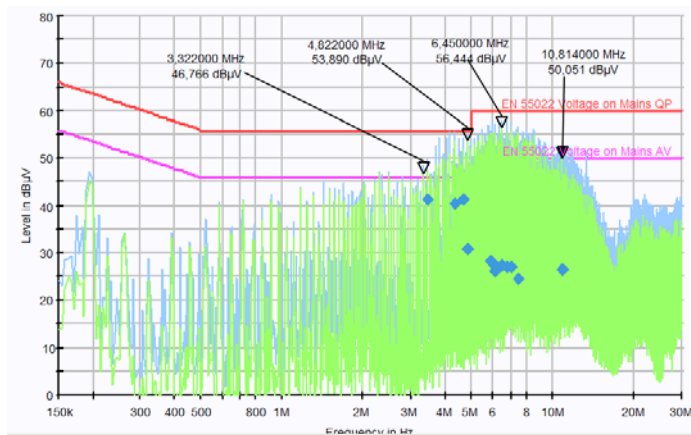


Figura 4: Filtro completo, carga 50Ω

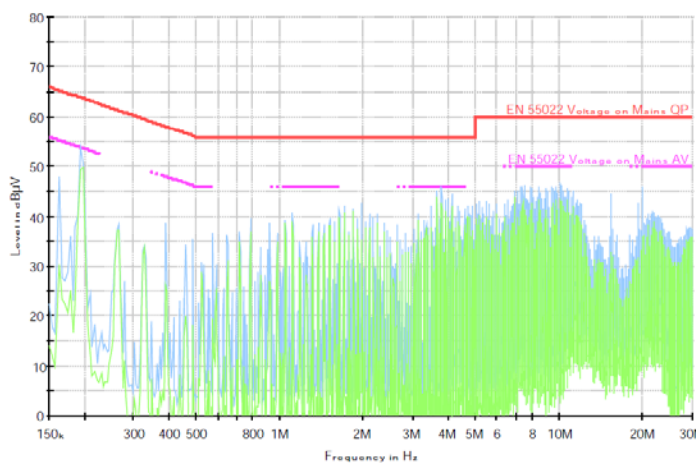


Figura 5: Filtro completo, carga 100Ω

Note que os pontos em azul acima da linha vermelha, detector quasi-pico, significam valores que são maiores do que os permitidos para a CISPR 22. Para valor médio, a linha permitida pela norma é a linha rosa. Para o caso da figura 4, os valores ultrapassados são médios. Estes estão apontados com triângulos pretos, com os seus valores.

4. CONCLUSÕES

Estes ensaios foram específicos para o estudo de emissões conduzidas, e os dois métodos descritos