

Sistema automatizado de medição de campo eletromagnético próximo

Automated electromagnetic near field measurement system

A. Raizer¹, M.P. Fonseca¹, V.Q.P. de Souza¹

¹ GEMCO – Grupo de Engenharia em Compatibilidade Eletromagnética; MagLab – Laboratório de Eletromagnetismo e Compatibilidade Eletromagnética ; Universidade Federal de Santa Catarina

E-mail: adroaldo.raizer@ufsc.br; vitor.querino@grad.ufsc.br;
gerencia.maglab@contato.ufsc.br

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de medição automatizado de campo eletromagnético próximo, com o intuito de ser um sistema de baixo custo utilizando um software próprio. As medições de campo próximo possuem importância consolidada na área de compatibilidade eletromagnética, pois indicam locais de emissão indesejada no circuito. Permitem ainda uma aproximação dos valores de campos eletromagnéticos distantes, realizando as medições em áreas pequenas e utilizando de correlações matemáticas para extrapolar esses valores. Para a validação das medidas do sistema desenvolvido foram realizados cálculos teóricos e simulações computacionais.

Palavras-chave: Campo Eletromagnético Próximo, Emissão Radiada, Medida Automatizada

Abstract: This paper presents the development of an automated electromagnetic near field measurement system with the aim of being a low cost system using its own software. The electromagnetic near-field measurements have consolidated importance in the electromagnetic compatibility area, since they indicate locations of undesired emission in the circuit. They also allow an approximation of the values of distant fields, making measurements in small areas and using mathematical correlations to extrapolate these values. For the validation of the measurements of the developed system, theoretical calculations and computational simulations.

Keywords: Near Electromagnetic Field, Radiated Emission, Automated Measurement

1. INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos, se fazem necessários ensaios que meçam a emissão de campos eletromagnéticos radiados

visando atender às normativas nacionais ou internacionais. Essas normas estabelecem limites máximos de ruído eletromagnético radiado, diferenciando as faixas de frequência e amplitudes para cada classe de equipamento.

Os valores padronizados são os de campo elétrico. Para ensaios de campo eletromagnético próximo, podem ser realizadas medidas de campo magnético [1] visto a correlação entre as duas grandezas e com os valores de campo elétrico obtidos, efetuar a comparação com os níveis padronizados. São encontrados também, sistemas que realizam as medições no domínio do tempo, cujas vantagens são apresentadas e discutidas em [2,3]. A partir dessas medidas pode se obter os valores para o espectro através das transformadas de fourier.

Os testes estabelecidos pelas normas, nos apresentam apenas o nível emitido. Dessa forma não é possível identificar qual parte do circuito é responsável pelos níveis acima dos limites normativos. Muitas vezes a identificação não é trivial, o que torna a procura por esses pontos um desafio no desenvolvimento.

Algumas soluções utilizam de softwares comerciais para a realização dessas medidas, como em [4]. Visando a medição em coordenadas polares, cilíndricas ou cartesianas, também podem ser utilizados braços robóticos [5]. Porém, essas escolhas aumentam o custo do sistema.

Esse artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de baixo custo e tamanho compacto, com o intuito de criar uma solução de menor complexidade e que apresente resultados satisfatórios.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do sistema é realizado com a integração da biblioteca responsável pela comunicação do receptor de campo com o computador. A partir disso, outros requisitos de projeto foram implementados, como a criação de gráficos com escalas de cores e a comunicação serial, responsável pelo controle da estrutura mecânica do projeto.

Para fins de identificação de pontos críticos, o tempo total de medida é uma importante variável

a ser considerada. A relação entre tempo de medida e espaçamento entre pontos é inversamente proporcional. Dessa forma, foi escolhida uma distância entre medidas de 1 centímetro, o que possibilitou um tempo razoável de medição sem degradar a precisão dos pontos físicos no dispositivo.

Com o objetivo de diminuir o tempo do total de medida através da superfície da placa, foi adicionada a detecção da posição do EST (Equipamento Sob Teste) através de imagem. Com o uso de uma câmera, o sistema reconhece quando requisitado a posição do EST e posiciona a sonda de medição em uma das extremidades do dispositivo.

2.1. Equipamentos

O equipamento responsável pela detecção dos valores é uma ponteira de campo elétrico próximo, marca Rohde & Schwarz, modelo HZ14. Por realizar a medição do nível de maneira pontual, se torna uma vantagem perante às ponteiras de campos magnéticos. Essa sonda é utilizada em conjunto com um analisador de espectro, marca Signal Hound, modelo SA44B. A ponteira realiza a detecção do campo na frequência especificada pelo SA44B. Para automatizar a realização das medidas, a comunicação entre o receptor de campo e um dispositivo de processamento é realizada através de uma porta USB (*Universal Serial Bus*).

Visando tornar o sistema compacto, utilizou-se uma Raspberry Pi 2 para realização das operações de *software*. Esse dispositivo trata-se de um sistema embarcado com alta capacidade de processamento e tamanho reduzido. A interface com o analisador de espectro foi implementada através do uso de biblioteca de código aberta, fornecida pela Signal Hound.

O controle da estrutura é realizado através de um Arduino Uno, um sistema microcontrolado amplamente utilizado por ser um sistema simples com capacidades variadas para projetos. Nesse

projeto, é utilizado em comunicação serial com a Raspberry Pi 2, buscando diminuir a quantidade de processamento empregado no sistema embarcado.

2.2. Funcionamento

As medidas no sistema são realizadas em coordenadas planares. A parte estrutural do sistema é apresentada na figura 1. A definição da altura da ponteira em relação ao dispositivo a ser testado, referente ao eixo z, é ajustada manualmente. Os outros dois eixos cartesianos possuem movimentação automatizada através do uso de motores de passo ligados a um sistema de rosca sem fim.

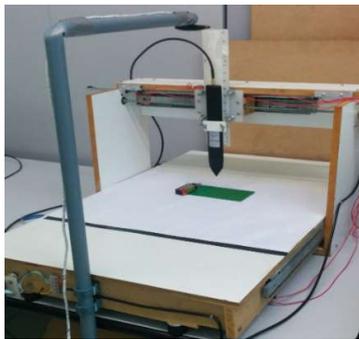


Figura 1 – Estrutura do sistema

A Raspberry Pi 2 transforma o *pixel* na imagem correspondente à extremidade do EST em uma distância em centímetros da origem, através de um algoritmo implementado com esse objetivo. Assim, envia para o arduino os comandos necessários para que o motor posicione a sonda de medição acima da extremidade do EST. A partir desse ponto, o algoritmo para percorrer toda a superfície a ser medida é apresentada na figura 2. A distância entre os pontos nos eixos x e y, são ambas de 1 centímetro.

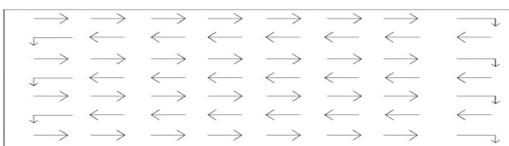


Figura 2 – Algoritmo de controle estrutural

O resultado das medidas é apresentado em um gráfico em escala RGB (*red, green, blue*) indicando a intensidade dos campos elétricos. O mesmo resultado também é fornecido em um arquivo com extensão CSV (*commom separated values*), para que a análise possa ser realizada de maneira quantitativa. Dessa forma, as medidas também podem ser utilizadas para outras análises posteriores.

2.3. Validação das medidas

Para validar as medidas feitas com o sistema foi escolhida como configuração de testes o conjunto composto por um gerador de sinais e um monopólio de quarto de onda ($\lambda/4$), apresentado na figura 3. A partir disso foram realizados cálculos teóricos, simulações e medidas, buscando a comprovação do resultado obtido. Nas três formas de validação, foram utilizadas as configurações da tabela 1. Os valores de campo elétrico foram obtidos a 5 centímetros do plano de terra e a 5 centímetros de altura.

Tabela 1. Configurações de teste

Frequência	750 MHz
$\lambda/4$	0,1 m
Comprimento do cabo	1 m
Potência de Entrada	-27 dBm

Nos cálculos teóricos, foram realizadas aproximações. Em um cabo coaxial, o plano de terra é representado pela malha que compõe o seu interior. Utilizando o método de imagens, com um plano de terra grande o suficiente, pode-se representar o efeito do plano como uma imagem da antena espelhada em relação ao próprio plano. Então pela figura 4, os cálculos são os mesmos para um dipolo de meio comprimento de onda.



Figura 3 – Monopólio de $\lambda/4$

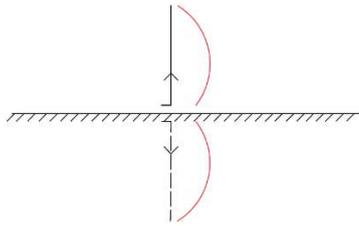


Figura 4 – Representação por teoria de imagem

Após os cálculos, foi realizada a simulação no software computacional Ansys HFSS. O resultado para a seção de interesse é apresentado na figura 5, com as extremidades laterais do RGB possuindo os valores desejados.

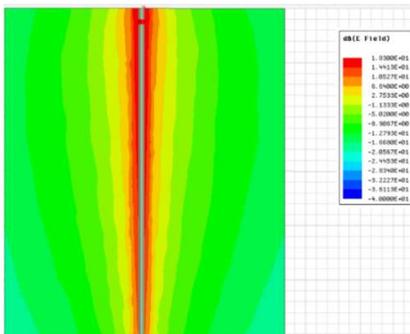


Figura 5 – Resultado da simulação

Referente as medidas feitas com o sistema, foi observado que a precisão mecânica se tornava um ponto que pode alterar os valores obtidos. Com o diâmetro do monopólo pequeno, por volta de 1mm, houve dificuldade para posicionar a ponteira diretamente acima. Contudo, os resultados experimentais são apresentados na tabela 2. Pode-se notar um desvio entre os valores, mas deve ser levado em conta as idealidades teóricas utilizadas como aproximação.

Tabela 2. Comparação de resultados

Teórico	101,96 dB μ V/m
Simulado	97,01 dB μ V/m
Medido	93,97 dB μ V/m

3. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, pode-se avaliar que o sistema elaborado apresenta

desempenho satisfatório de acordo com as validações realizadas. A precisão do sistema será aprimorada tanto na parte mecânica quando de medição, visando a aplicação científica e tecnológica.

A solução se apresenta como uma alternativa independente de aplicativos de licença comercial, com menor tamanho e baixo custo. Através das medidas realizadas também é possível fazer a análise do espectro em torno de antenas que possuam tamanho compatível com a área de medição. Os valores medidos podem ser utilizados para a realização de extrapolações, com o objetivo de encontrar o valor dos campos distantes.

REFERÊNCIAS

- [1] K. Jomaa, F. Ndagijimana, J. Jomaah, H. Ayad, “Near-field Measurement System with 3D Magnetic-field Probe Design for Dosimetric Applications” IEEE Middle East Conference on Antennas and Propagation (MECAP), 2016.
- [2] Hongwei Cai, Zhenghui Xue*, Wu Ren, Weiming Li, Meng Cao, Ruoqing Zhu, “A Time-Domain Near-Field Antenna Measurement System Based on Arbitrary Waveform Generator” IEEE International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2016.
- [3] T. B. Hansen and A D. Yaghjian "Planar near-field scanning in the time-domain. Part I: Formulation," IEEE Trans. Antennas Propagate. Vo1.42, no.9, pp.1280-1291 September 1994.
- [4] S. Kittiwittayapong, K. Phaebua, P. Sittithai, T. Lertwiriayaprapa, “Low-Cost Planar Near-field to Far-field Measurement System for a Small Antenna” 13th International Conference on Electrical Engineering/Eletronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON).
- [5] John Hatzis, Patrick Pelland, Greg Hindman, “Implementation of a Combination Planar and Spherical Near-Field Antenna Measurement System using an Industrial 6-Axis Robot” AMTA 2016 Proceedings.