

Avaliação do Método Bob Smith para Mitigação de Emissões em Cabos de Pares Trançados

W. B. Monteiro, R. M. Rodrigues e J.C.W.A. Costa

Resumo—Apresentamos neste artigo um estudo via medições e simulações numéricas sobre o método de casamento de impedância proposto, vulgarmente denominado Bob Smith, com o objetivo de mitigar irradiações geradas por cabos de pares trançados. O mesmo foi proposto em [1] e é amplamente utilizado na indústria. Apesar disso, os resultados obtidos demonstram que o mesmo não mitiga de forma eficiente tais emissões.

Palavras-Chave—Simulação Numérica, Cabos de Cobre, Medição, Compatibilidade Eletromagnética

Abstract—This paper presents simulation and measurement results about the impedance matching method proposed by Robert Smith [1] in order to mitigate electromagnetic emissions from twisted pair cables. Although widely used in industry, the results show that this method does not cancel efficiently such emissions.

Keywords—Numeric Simulations, Copper Cables, Measurement, Electromagnetic Compatibility

I. INTRODUÇÃO

Dispositivos eletrônicos geram campos eletromagnéticos (EM) involuntariamente. Estes campos indesejados são chamados de emissões eletromagnéticas (RE) e a perturbação associada é considerada como um ruído externo que pode interferir com o meio ambiente. O termo compatibilidade eletromagnética (EMC) indica todos os estudos e tarefas visando atestar que os dispositivos são eletromagneticamente compatíveis com o ambiente. Acima de 30 MHz, as normas internacionais especificam limites para os níveis de RE [2].

Cabos de pares trançados também devem cumprir as normas EMC. A RE gerada por eles são principalmente devido as correntes de modo comum (CM). Apesar desses cabos serem destinados a transportar sinalização em modo diferencial (DM), correntes CM estão presentes devido a um número de factores como não uniformidades ao longo do cabo. Assim, o casamento apropriado do modo comum é crucial para prevenir que esses sinais gerem ondas estacionárias que serão dissipadas na forma de RE [2].

Robert (Bob) Smith propôs um método para mitigar RE em cabos de pares trançados em [1]. O método é amplamente utilizado na indústria e consiste no casamento das impedâncias características existentes entre os pares, visando mitigar ondas estacionárias de modo comum. Para tanto, ele sugere um arranjo simétrico com resistências de 145 Ω , conectando

W. B. Monteiro e J.C.W.A. Costa, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil, E-mails: waldeir.monteiro@itec.ufpa.br, jweyl@ufpa.br. Este trabalho foi financiado pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Ericsson Telecomunicações SA. e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ.

os pares do cabo. Entretanto, Smith não deixa claro como determinou tal valor para os resistores do arranjo proposto.

Desta forma, apresentaremos a seguir os resultados de um estudo sobre esse método, buscando determinar se o valor de resistência proposto por Smith é realmente o mais adequado para o casamento de impedâncias do cabo. Mais especificamente, serão apresentadas medições de impedância entre pares trançados e simulações numéricas de irradiação ao se aplicar o arranjo nos dois lados de um cabo. O intuito é atestar o desempenho do método na redução das emissões geradas pelo cabo.

II. MEDIÇÕES DE IMPEDÂNCIA

Caso os pares individuais um cabo CAT5/6/7 sejam curto circuitados, os quatro pares podem ser visualizados como um cabo do tipo quad. Consequentemente, a relação entre quaisquer dois pares pode ser visualizada como novas linhas de transmissão, e assim descritos em termos de impedâncias características, como ilustrado na Fig. 1. Determinar tais impedâncias características é a chave para a definição de cargas que irão casar adequadamente o modo comum do cabo e, portanto, dissipar correntes CM existente nele.

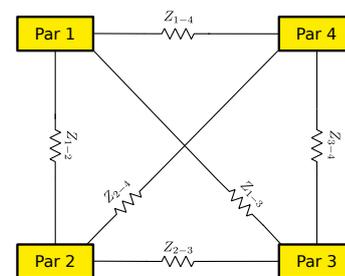


Fig. 1

ILUSTRAÇÃO DAS IMPEDÂNCIAS CARACTERÍSTICAS ENTRE PARES.

Infelizmente, tais impedâncias características não podem ser medidas diretamente porque todos os pares estão inter-relacionados como a Fig. 1 sugere. Por outro lado, pode-se visualizar linhas de transmissão adicionais, geradas a partir de combinações dos pares, as quais suas impedâncias características podem ser medidas. Além disso, a impedância de tais combinações de pares pode ser descrita em termos das impedâncias características entre pares. Assim, o conjunto de equações descrevendo o primeiro pode ser, em princípio, resolvido para obter o último.

Os pares podem ser combinados de três maneiras mensuráveis, chamados aqui de “grupos” e indicados na Fig 2.

Cada grupo pode ter um ou mais combinações. O primeiro grupo se refere à medição da impedância entre quaisquer dois pares com os restantes flutuando (grupo “1-para-1”). O segundo grupo refere-se a um par em relação aos outros três restantes (grupo “1-para-3”) enquanto o terceiro refere-se a uma impedância de dois pares para os restantes (grupo “2-para-2”).

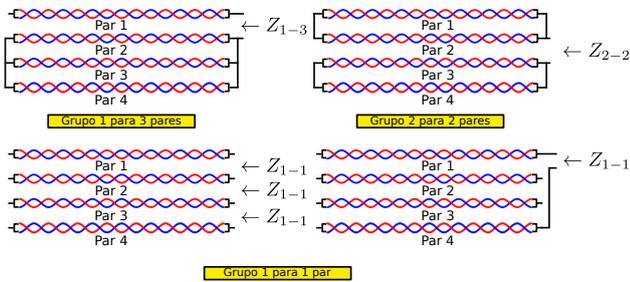


Fig. 2

OS DIFERENTES GRUPOS DE PARES PARA MEDIÇÃO DE IMPEDÂNCIA.

No arranjo Bob Smith sugere-se que impedâncias de 145 Ω casariam as impedâncias entre os pares, independente dos pares tomados estarem opostos diagonalmente ou lado a lado. Esta suposição é no mínimo estranha, uma vez que o acoplamento eletromagnético entre dois pares varia dependendo da distância entre ele e possui influência direta em sua impedância. Para verificar a sua validade, foram realizadas medições de impedância para o “grupo” 2-para-2 em uma faixa de 1 a 300 MHz. O setup de medição foi composto por um cabo Cat5, um Analisador de Rede Agilent 4295A, kit 87512A reflexão / transmission 50 Ω, balun 0319NA Northhills (50Ω:100Ω / 100kHz-300MHz) e uma matriz de contatos para a configuração das combinações de pares. Na Fig. 3 apresentamos as medições com destaque para a faixa de 1 a 150MHz, onde as impedâncias encontram-se mais estáveis. Os resultados apontam claramente que há uma diferença de impedância entre os pares tomados na diagonal e aquelas na borda do cabo, confirmando a suspeita de que o arranjo simétrico proposto por Robert Smith não se adequa bem a realidade.

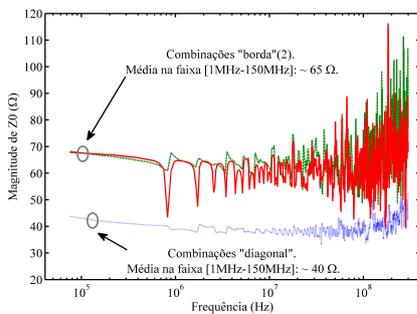


Fig. 3

IMPEDÂNCIA CARACTERÍSTICA ENTRE PARES, DETERMINADA A PARTIR DE MEDIÇÕES PARA O “GRUPO” 2-PARA-2.

III. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Fizemos uma simulação de emissão eletromagnética de um cabo Cat5 com terminação Bob Smith para o arranjo do “grupo” 2-para-2 curto na borda e comparamos os resultados com outra simulação sem os resistores sugeridos por Bob Smith. Para isso foi usado o programa CST Studio Suite, onde construímos o cenário que continha um cabo de um metro de comprimento, paralelo ao chão e distante a 80 cm deste. O campo eletromagnético gerado era medido por um probe a 3 m do centro do cabo e a mesma altura.

O resultado mostrado na Fig. 4 sugere que o casamento de impedância proposto por Smith não é efetivo. Apesar de mitigar as emissões em algumas faixas de frequência, não consegue diminuir a maioria dos picos de emissão em modo comum. Os valores de campo elétrico do caso sem terminação acompanham muito de perto os níveis de emissão que o cenário supostamente casado apresenta.

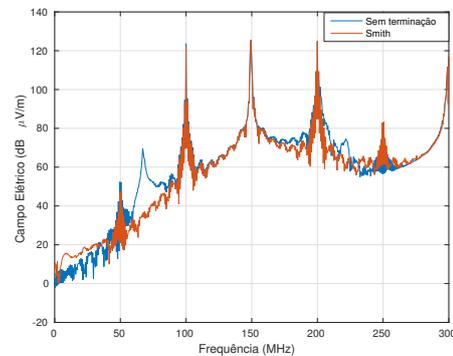


Fig. 4

CAMPO ELÉTRICO EMITIDO PELO GRUPO 2-2 (BORDA).

IV. CONCLUSÕES

O método Bob Smith, baseado no casamento de impedâncias usando resistores de mesmo valor entre os pares de cabos de cobre, apresenta falhas que podem ser confirmadas por meio de medição e simulações. Por tratar-se de um método bastante usado em equipamentos de comunicação, essa falha pode trazer grandes penalidades a sistemas sensíveis a perturbações eletromagnéticas. É preciso, portanto, investigar técnicas mais efetivas de casamento de impedância para cabos de par trançado que considerem a posição geométrica dos condutores em seu interior e as mudanças de impedância que isso provoca.

REFERÊNCIAS

- [1] Smith, R. W; “Apparatus and Method for Terminating Cable to Minimize Emissions and Susceptibility”; Patent no. US-5321372A; 1994; disponível em: <http://www.google.com/patents/US5321372>
- [2] Cannigia, S., Maradei, F.; “Signal Integrity and Radiated Emissions of High-speed Digital System”; John Wiley and Sons Ltda; 2008.
- [3] Satterwhite, J.; “Bob Smith Termination vs. Proper Termination”; 2004; disponível em: http://www.teli.us/EN_BSTermination04.pdf