

# ETUPROJETO DE ACOPLADORES COAXIAIS DE BANDA LARGA MODELADOS PELO POLINÔMIO DE TSCHEBYSCHIEFF

**Aluno: André Luiz dos Santos Lima**

**Orientador: José R. Bergmann**

## Introdução

Transformadores de  $1/4$  são utilizados para realizar o acoplamento de seções de sistemas com impedâncias características diferentes. Um exemplo clássico é o casamento de linhas de transmissão, na presença ou não de dielétricos, ou ainda de guias de onda com diferentes dimensões. Para uma faixa estreita de frequências uma única seção de acoplamento é suficiente, mas a obtenção de uma faixa passante ampla requer a implementação de estruturas de múltiplas seções.

## Objetivos

Estudo das técnicas de casamento de impedâncias, utilizando o polinômio de Tschebyscheff, na implementação de estruturas coaxiais para operação na faixa de 0.8 a 3.6 GHz. Utilização e desenvolvimento de técnicas numéricas e de programas computacionais.

## Metodologia

Considera-se inicialmente uma linha de transmissão com impedância característica  $Z_0$  conectada a uma carga com impedância  $Z_l$  através de múltiplas seções de comprimento  $bl = q$ . Quando uma onda incide na primeira seção, parte é refletida e parte é transmitida. Esta onda transmitida incide então na segunda seção e novamente tem-se reflexão e transmissão. Este fato ocorre para todas as seções e, numa primeira aproximação [1], o coeficiente total de reflexão será a soma de todas as contribuições das ondas refletidas.

Demonstra-se que a expressão obtida para o coeficiente de reflexão de um transformador simétrico é dada por uma série de Fourier de cossenos.

O polinômio de *Dolph-Tschebyscheff* [2] tem muitas aplicações e será utilizado na modelagem do problema pelas características que o mesmo apresenta, simplificando os cálculos envolvidos. O polinômio é caracterizado por um comportamento oscilatório e limitado em determinada faixa de valores e crescimento indefinido para valores que se afastam dos limites desta faixa.

A fundamentação apresentada acima foi então utilizada para modelar o problema a partir da introdução do polinômio de Tschebyscheff na equação básica obtida para múltiplas seções. A utilização de uma única seção permite a operação em uma faixa estreita de frequências e, embora exista um número de aplicações onde tal característica seja adequada tem-se por outro lado situações em que uma banda larga se faz necessária. Tem-se então o objetivo de ampliar a faixa de passagem mantendo a reflexão máxima na banda abaixo de um valor de projeto especificado.

Utilizando-se a forma de recorrência do polinômio de Tschebyscheff, se substituirmos o argumento por uma função cossenoidal obtem-se uma expressão com características oscilatórias ao longo do eixo. Como se pretende que o coeficiente de reflexão oscile dentro de uma faixa especificada, normaliza-se o argumento acima introduzido. Assim, para determinados valores, o argumento do polinômio será unitário, e para outros, será menor ou igual a unidade, que são as características procuradas na faixa de passagem.

A expressão obtida é um polinômio de enésimo grau e como os termos em potência de cossenos podem ser expandidos em uma série de termos tem-se então uma expressão proporcional a equação básica encontrada anteriormente para o coeficiente de reflexão. Tal relação de proporcionalidade pode ser transformada em uma igualdade pela introdução de uma constante de proporcionalidade que deve ser determinada. Com a determinação da constante obtem-se a expressão final para o coeficiente de reflexão modelada pelo polinômio de Tschebyscheff como desejado.

Resolvendo-se a expressão final a partir das especificações de projeto e de parâmetros conhecidos como as impedâncias de linha e de carga, número de seções e reflexão máxima na faixa de passagem, é obtida a reflexão em cada seção e determinadas as impedâncias das seções. Para construção de uma estrutura coaxial com seção reta circular, pode-se obter a razão entre o raio interno e externo do guia a partir da impedância característica requerida pelas respectivas seções. A partir deste ponto todos os parâmetros necessários para a implementação da estrutura estão disponíveis e deve-se atentar apenas as limitações físicas e mecânicas que a geometria do dispositivo e utilização possam vir a introduzir.

A partir das idéias apresentadas implementou-se uma solução computacional que requer como parâmetros de entrada as dimensões dos guias que se deseja acoplar, o número de seções que se pretende projetar e a reflexão máxima na faixa de passagem. Como parâmetros de saída têm-se os coeficientes de reflexão de cada seção e as impedâncias, a faixa de passagem e a razão entre os raios. Gráficos são gerados para auxiliar a compreensão do que esta sendo executado e possibilitar comparações com os que são apresentados nas referências [1] e [2]. Em um destes gráficos visualiza-se a perda de retorno gerada pela estrutura a partir do coeficiente de reflexão obtido pela expressão final.

Para tais dispositivos de microondas a análise da perda de retorno gerada é freqüentemente utilizada para caracterizá-lo. A análise da estrutura projetada foi feita com a utilização do programa de simulação SECMU [3] que utiliza o Método do Casamento de Modos no guia coaxial. Os resultados obtidos foram então comparados com os valores de projeto para legitimação deste trabalho.

## Conclusões

O desenvolvimento teórico permitiu uma maior compreensão da técnica de casamento de impedâncias e aplicação do polinômio na resolução e modelagem de soluções enquanto a realização do projeto permitiu um maior entendimento destes dispositivos de microondas e limitações impostas por características construtivas como dimensionamento dos guias.

A utilização do programa é muito simples, podendo-se facilmente modificar os dados para diferentes valores de projeto e os resultados obtidos em projeto servem de dados de entrada para simulação e síntese de estruturas ótimas utilizando-se o algoritmo implementado na referência [3]. Obteve-se, ainda, o conhecimento básico da linguagem FORTRAN, utilizada na simulação das estruturas propostas para análise.

## Referências

- 1- COLLIN, R. E. **Foundations for Microwave Engineering**. McGraw-Hill, New York.1992.
- 2- BALANIS, C.A. **Antenna Theory Analysis and Design**. 2ªed, John Wiley & Sons,New York. 1997.
- 3- ZANG, S.R. **Aplicação do Método do Casamento de Modos na análise e no projeto de estruturas coaxiais**. Dissertação de Mestrado, Puc - Rio, Setembro 2005.