

UMA ANÁLISE DIRETA DA DISPERSÃO EM LINHAS DE LÂMINAS
ASSIMÉTRICAS E ANTIPODAIS

Dirce Helena Bosco de Miranda
Humberto César Chaves Fernandes
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica
59.072 - Natal - RN

RESUMO

É apresentado um estudo para as linhas de lâminas bilaterais assimétricas e antipodais, para aplicações em ondas milimétricas. O método da Linha de Transmissão Transversa-LTT é usado na obtenção dos campos elétricos e magnéticos das estruturas, e em seguida são apresentadas a constante dielétrica efetiva e a impedância característica, usando o método dos momentos. O estudo da estrutura bilateral assimétrica é válido para a estrutura antipodal, e os resultados numéricos são obtidos através de programas usados em microcomputador. Comprovações são efetuadas para os casos mais simples de simetrias, obtendo-se concordância com outros métodos.

INTRODUÇÃO

As linhas de lâminas bilaterais assimétricas e as linhas de lâminas antipodais são estruturas tridielétricas, com duas lâminas condutoras contendo fendas para aplicações nas frequências de ondas milimétricas. A antipodal possui localização das fendas de forma ante-paralela, o que torna os resultados específicos para a linha de lâmina considerada. Utilizando-se o Método da Linha de Transmissão Transversa - LTT, foi desenvolvido o estudo dos campos elétricos e magnéticos aplicando-se as condições de contorno das duas estruturas. Na seqüência, aplicando-se o método dos momentos a uma matriz não-homogênea, obtém-se uma matriz homogênea, cujo determinante fornece a constante dielétrica efetiva. A partir desta e do conhecimento da voltagem e das potências, encontram-se as impedâncias características referentes as duas fendas das estruturas em análises. Através de um estudo para fins de uma primeira comprovação da teoria foi considerada a estrutura bilateral assimétrica como sendo simétrica. Desta forma, encontrou-se os mesmos resultados para a linha de lâmina bilateral simétrica [1] como esperado. Com uso de um microcomputador, obteve-se resultados para a constante dielétrica efetiva e para a impedância característica, e assim foram traçadas curvas coincidentes com aquelas das referências pesquisadas, para casos de simetria, comprovando-se novamente a teoria aplicada neste trabalho, além de outras curvas novas para estas estruturas bilaterais e antipodal, [2] e [3]. Foram obtidos resultados para estes parâmetros em função da frequência, da largura da fenda, do dielétrico e da posição da fenda no plano E, com rápida convergência numérica co-computacional.

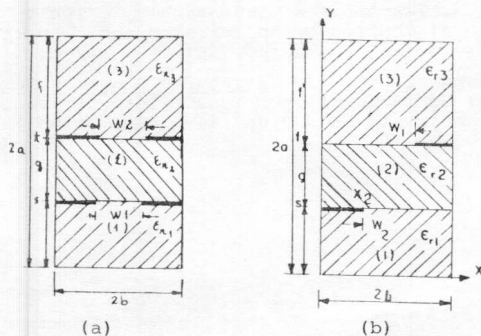


Figura 1 - Seção transversal (a) de uma estrutura de linhas de lâminas bilaterais assimétrica, contendo três regiões dielétricas, e com duas fendas e b) de uma estrutura de linhas de lâminas antipodal.

PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DAS LINHAS DE LÂMINAS BILATERAIS ASSIMÉTRICAS

O método da Linha de Transmissão Transversa - LTT, desenvolvido a partir das equações de Maxwell, é usado na obtenção dos campos elétricos e magnéticos da estrutura de linha de lâminas bilaterais assimétricas, em função dos campos nas fendas.

Com a aplicação das condições de contorno, as constantes que aparecem nas expressões dos campos tornam-se conhecidas e obtém-se os campos elétricos e magnéticos da estrutura da figura 1.a. Para ilustrar, alguns desses campos são mostrados a seguir:

$$\vec{E}_{z1} = \vec{E}_{zs} \frac{\sinh Y_1 y}{\sinh Y_1 s} \quad (1)$$

$$\vec{E}_{z2} = \vec{E}_{zt} \frac{\sinh Y_2 (y-s)}{\sinh Y_2 g} + \vec{E}_{zs} \frac{\sinh Y_2 (t-y)}{\sinh Y_2 g} \quad (2)$$

$$\vec{E}_{z3} = \vec{E}_{zt} \frac{\sinh Y_3 (2a-y)}{\sinh Y_3 f} \quad (3)$$

Os campos \vec{E}_{z1} , \vec{E}_{z2} e \vec{E}_{z3} são referentes às regiões 1, 2 e 3, respectivamente, e \vec{E}_{zs} e \vec{E}_{zt} referem-se aos campos nas fendas (1) e (2).

Depois de conhecidos todos os campos das três regiões dielétricas, parte-se para o cálculo da constante dielétrica efetiva e da impedância característica.

Considerando as condições de contorno nas fendas e as expressões dos campos, obtém-se as relações que são funções admitâncias da estrutura da figura 1, entre os campos elétricos e as densidades de correntes:

$$\begin{vmatrix} Y_{xx}^{11} & Y_{xx}^{12} \\ Y_{xx}^{21} & Y_{xx}^{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \vec{E}_x(\alpha, s) \\ \vec{E}_x(\alpha, t) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{J}_x(\alpha, s) \\ \vec{J}_x(\alpha, t) \end{vmatrix} \quad (4)$$

Usando o método dos momentos [4], esta equação (4) torna-se homogênea. Calculando-se numericamente a raiz do determinante desta equação matricial homogênea de forma não trivial, obtém-se a constante dielétrica efetiva, ϵ_{ef} , definida por:

$$\epsilon_{ef} = \left(\frac{\beta}{K_0} \right)^2 \quad (5)$$

Conhecido ϵ_{ef} , em seguida, determina-se a impedância característica para as fendas das linhas de lâminas bilaterais assimétricas pela definição:

$$Z_i = \frac{V_{xi}^2}{P_i} \quad (6)$$

onde V_{xi} é a voltagem na fenda, e

P_i é a potência transportada ao longo da i-ésima, [5].

ANÁLISE DA LINHA DE LÂMINA ANTIPODAL

Como pode ser visto na figura 1.b, a estrutura antipodal pouco difere da estrutura bilateral assimétrica. A localização das fendas agora é ante-paralela. Isso torna os resultados de ambas as estruturas diferentes [3], embora seu estudo teórico seja o mesmo, o que valoriza a distinção entre as estruturas.

No cálculo da constante dielétrica efetiva e da impedância característica são escolhidas funções base que se ajustem ao problema de condição de contorno em questão [5]. Para as estruturas bilaterais assimétrica e antipodal, foram escolhidas funções base iguais mas com uma alteração nos dados de entrada dos programas, conforme a configuração geométrica da estrutura. Assim, foi possível encontrar resultados satisfatórios em concordância com a descrição da literatura especializada [1], [3].

RESULTADOS NUMÉRICOS

Usando um microcomputador, resultados numéricos para a constante dielétrica efetiva e para a impedância característica das estruturas de linhas de lâminas bilaterais e antipodais, foram obtidos. Foi observada uma rápida convergência.

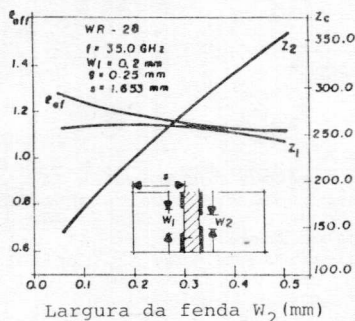
Comprovou-se que a impedância característica definida em (6) é a metade para a estrutura simétrica. Isto significa que a potência da linha de lâmina bilateral assimétrica é duas vezes a potência da linha de lâmina bilateral simétrica. Este estudo está de acordo com a Ref. [1].

Na figura 2 são mostrados resultados da constante dielétrica efetiva e da impedância característica em função da largura da fenda W_2 , de uma linha de lâmina bilateral assimétrica.

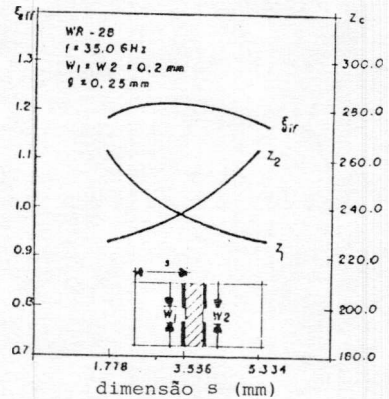
Para este caso em que a fenda W_1 permanece constante e a fenda W_2 varia, o que está representado na figura 2, corresponde aos mesmos resultados encontrados na Ref. [5].

Na figura 3 são apresentados resultados da constante dielétrica efetiva e da impedância característica em função da dimensão s , de uma linha de lâmina bilateral assimétrica. O ponto em que $s = 3,556$ mm coincide com o mesmo ponto da figura 3 na Ref. [2]. Novos pontos foram estabelecidos, chegando-se à curva completa que aparece na referida figura 3 deste trabalho.

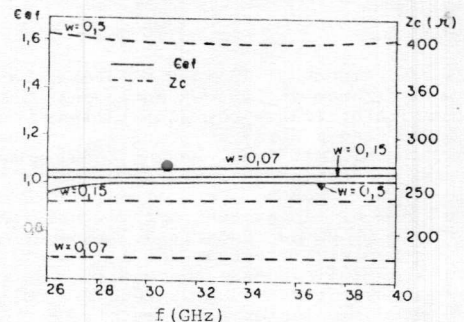
Para a linha de lâmina antipodal foi traçada uma curva da impedância característica e da constante dielétrica efetiva como função da frequência. Pode-se notar que na faixa de frequência considerada, entre 30 e 40 GHz, a impedância característica apresenta uma pequena diferença de valores de aproximadamente 5% do valor inicial, para uma mesma largura de fenda, isto é, permanece praticamente constante, como mencionado na ref. [3].



- Figura 2 - Curvas da constante dielétrica efetiva e da impedância característica em função da largura da fenda W_2 , para uma estrutura de linhas de lâminas bilaterais arbitrária com guia de ondas WR-28. $\epsilon_{r1} = 1,0$ e $\epsilon_{r2} = 2,2$



- Figura 3 - Curva da impedância característica em função do valor de s , para uma estrutura de linhas de lâminas bilaterais arbitrárias com $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r3} = 1,0$ e $\epsilon_{r2} = 2,2$.



- Figura 4 - Curvas da constante dielétrica efetiva e da impedância característica para a linha antipodal, com $W_1 = W_2 = W$.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Schmidt, L.P., Itoh, T. "Spectral Domain Analysis of Dominant and Higher Order Modes in Fin-Lines". *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, Vol. MTT-28, Nº 9, pp. 981-985, setembro 1980.
- [2] Schmidt, L.P., Itoh, T. "Characteristics of a Generalized Fin-Line for Millimeter Wave Integrated Circuits", *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, Vol.2, Nº 3, pp. 427-436, 1981.
- [3] Hofmann, H., "Dispersion of Planar Waveguides for Millimeter Wave Application", *Arch. Elek. Übertragung (Eletron. Commun.)*, Vol. 31, pp.40-44, 1977.
- [4] Fernandes H.C.C., Miranda, D.H.B., Madrigales, J.E.F., Giarola, A.J., Souza, R.F., "A Simplified Method Applied to Various Finline Structures Including Dispersion, Assymetry, Loss, Finite Strip Thickness and Discontinuity". *Twelfth International Conference on Infrared and Millimeter Waves*, Orlando, USA, pp. 161-162, Dezembro 1987.
- [5] Fernandes, H.C.C., "Estruturas Planares Gerais em Guias de Ondas Milimétricas", Tese de Doutorado, Unicamp, Pub. FEC Nº 057/84, 189p, julho 1984.