

1

Introdução

A determinação de campos modais e de frequências de corte em guias de onda de seção arbitrária são essenciais para análise e projeto de diversos dispositivos de microondas, como transições em guias de diferentes seções e, portanto, vários trabalhos podem ser encontrados na literatura.

Diferentes métodos numéricos têm sido aplicados ao problema, baseando-se fundamentalmente em técnicas variacionais, formulação por equações integrais, método dos elementos finitos e métodos de diferenças finitas.

Davies [1], apresentou uma comparação dos métodos numéricos disponíveis até 1972 para a solução de guias de onda de seção arbitrária. Nesse trabalho, uma atenção especial foi dada às vantagens de cada método, principalmente no que se refere ao desempenho computacional.

Um trabalho semelhante foi feito por Ng [2], onde o autor realizou diversas comparações entre os métodos existentes, utilizando alguns critérios estabelecidos anteriormente por Davies. Foi apresentada uma tabela contendo diferentes seções de guias de onda, o método utilizado na solução e as referências publicadas na literatura.

Davies e Muilwyk [3], aplicaram o método de diferenças finitas para análise de campos modais em guias de seção arbitrária. Os autores calcularam a função potencial em pontos discretos da seção transversal e utilizaram *overrelaxation* sucessivas com mais de 20.000 pontos para determinar os campos modais e os números de onda de corte. Essa técnica apresenta resultados bastante precisos para o modo fundamental, entretanto, diverge quando modos mais elevados são requeridos. Procurando superar esta limitação, Beaubien e Wexler [4], desenvolveram uma técnica, também baseada em *overrelaxation* sucessivas, que permitia a determinação de modos mais elevados com as mesmas vantagens computacionais obtidas na determinação do modo dominante.

Silvester [5], por sua vez, aplicou o método dos elementos finitos na determinação de frequências de corte. Em sua formulação, a seção reta do guia foi subdividida em regiões triangulares, e a solução representada por polinômios.

Em publicação mais recente, Sarkar et al. [6], apresentam uma extensão ao trabalho Spielman e Harrington [7]. Os autores aplicaram o método da integral de superfície para obter os números de onda de corte dos modos em guias de seção arbitrária. O método dos momentos foi utilizado para reduzir a equação integral formulada em uma equação matricial. Para os modos TM, a corrente superficial é obtida com funções de base tipo pulso e funções de teste tipo impulso de Dirac. Para os modos TE, são utilizados triângulos como funções de base e pulsos como funções de teste, devido à presença de cargas associadas à corrente superficial. Diferentes estruturas foram testadas, sendo apresentados resultados para os quatro primeiros modos.

Bulley e Davies [8], em sua formulação, aplicaram o método variacional de Rayleigh-Ritz com funções de base polinomiais para análise de modos TE. Foram estudadas três configurações de seções transversais: convexas, não-convexas e não-convexas com cantos reentrantes. Particularmente, para modos de baixa ordem, os resultados obtidos apresentam boa concordância em estruturas convexas.

Posteriormente, utilizando a mesma técnica variacional, Bulley [9], sugeriu uma solução para os modos TM. Considerável atenção foi dada à construção de um conjunto de funções polinomiais capaz de satisfazer as condições de contorno do problema. De modo semelhante ao verificado em [8], os resultados obtidos concordam com os valores teóricos.

Leong et al. [10], realizaram um tratamento semelhante ao de Bulley e Davies, apresentando um novo conjunto de funções polinomiais para análise de guias de seção reta poligonal. Os modos TM em guias de seção retangular e triangular foram estudados. Os autores trataram, posteriormente, da propagação de modos TE e TM em guias de onda elípticos [11]. Seus resultados, embora limitados a modos de baixa ordem, apresentaram-se satisfatórios.

Mais recentemente, a utilização de funções superquadráticas se mostrou atrativa no tratamento de guias de seção arbitrária devido à versatilidade que os guias superquadráticos apresentam. Através de variações nos parâmetros da

função, os guias superquadráticos podem assumir a forma de guias circulares, elípticos, quase retangulares e outros de seções intermediárias.

Li et al. [12], utilizaram o método de Rayleigh-Ritz com funções de base polinomiais para análise de modos TE e TM em guias superquadráticos. Nesse trabalho, os autores apresentaram resultados para cinco seções transversais: circular, elíptica, retangular, triangular e coaxial. De modo semelhante aos trabalhos anteriores, a utilização de funções de base polinomiais limitou o número de modos no guia. Os resultados obtidos foram comparados com teóricos, tendo apresentado boa concordância. Em pesquisas posteriores [13,14], os autores utilizaram funções superquadráticas no tratamento de outras seções transversais.

O problema de espalhamento eletromagnético em junções de guias de onda uniforme também tem recebido considerável atenção na literatura. Safavi-Naini e MacPhie [15], estudaram o problema de junções entre dois guias retangulares através de soluções exatas para os campos modais no interior do guia. Nessa formulação, o princípio de conservação da potência complexa foi utilizado.

Wade e MacPhie [16], apresentaram uma análise para o problema de espalhamento em junções de guias circulares para retangulares, sendo o guia retangular maior do que o circular. Nesse trabalho, os autores utilizaram soluções exatas na determinação dos campos modais, e o tradicional método de casamento de modos. Para a obtenção dos resultados, a faixa de frequências utilizada compreendia apenas à propagação do modo fundamental no guia retangular. Valores para susceptância de uma junção de guia retangular para circular foram apresentados, e seus resultados, concordam com Marcuvitz [17].

Posteriormente, MacPhie e Wu [18], por sua vez, estudaram o problema complementar, analisando junções entre um guia retangular menor e um guia circular maior. Os campos modais do guia circular foram expandidos em termos de uma série de funções de ondas planas exponenciais. Os resultados obtidos, para perda de retorno e perda por inserção, foram comparados com valores experimentais, tendo apresentado boa concordância. Trabalhos semelhantes envolvendo junções entre guias elípticos foram feitos por Gimeno e Guglielmi [19] e por Chan e Judah [20].

O presente trabalho tem dois objetivos fundamentais:

1. Desenvolver um modelo para a determinação de campos modais e de frequências de corte em guias de seção arbitrária capaz de computar um grande número de modos no guia.
2. Desenvolver um algoritmo para o cálculo da matriz de espalhamento de descontinuidades entre guias de onda de diferentes seções.

No capítulo 2 analisa-se os campos modais em guias de onda de seção arbitrária, aproximando a seção transversal do guia por um polígono convexo. O método variacional de Rayleigh-Ritz com funções de base polinomiais é aplicado na determinação dos números de onda de corte.

O capítulo 3 refere-se à análise de campos modais em guias de onda superquadráticos. Utiliza-se basicamente a mesma técnica variacional descrita em [12], entretanto, as funções de base polinomiais são substituídas por funções trigonométricas, produzindo um modelo numérico capaz de computar um grande número de modos no guia.

O capítulo 4 é dedicado ao estudo da matriz de espalhamento de descontinuidades entre guias superquadráticos de diferentes seções transversais, aplicando o método do casamento de modos [21].

No capítulo 5 são descritas as conclusões do presente trabalho.