

Oswaldo Baptista Horacio e Silva Junior

**Aplicação do Método dos Momentos
à análise de Antenas Espirais em Cavidades**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Luiz Costa da Silva

Rio de Janeiro, 27 agosto de 2004

Oswaldo Baptista Horacio e Silva Junior

Aplicação do Método dos momentos à análise de antenas espirais em cavidades

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Costa da Silva

Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-RIO

Prof. José Ricardo Bergmann

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-RIO

Prof. Flávio José Vieira Hasselmann

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-RIO

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro , 27 de agosto de 2004

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Oswaldo Baptista Horacio e Silva Junior

Graduou-se em Engenharia Elétrica – modalidade eletrônica-pela Universidade Gama Filho em 1982. Pós graduou-se em Engenharia Elétrica no Centro de Estudos em Telecomunicações na PUC-RIO em 1998. Engenheiro em Tecnologia Militar do Ministério da Defesa, lotado no Comando da Marinha no Centro de Eletrônica da Marinha, por onde já realizou diversos cursos relacionadas às suas atividades profissionais.

Ficha catalográfica

Silva Junior, Oswaldo Baptista Horacio e

Aplicação do método dos momentos à análise de antenas espirais em cavidades / Oswaldo Baptista Horacio e Silva Junior; orientador: Luiz Costa da Silva. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2004.

73 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Antenas espirais. 3. Antenas tipo fenda. 4. Cavidades. Método dos momentos. I. Silva, Luiz Costa da. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Ao meu Pai
(“ in memoriam ”)

Agradecimentos

Aos meus Pais, pelo Amor e pela minha formação.

À minha família, Erica , Vinicius e Laura, esposa e filhos, pela compreensão e incentivo.

À Tia Heli pelo suporte familiar e pelo incentivo.

Ao Prof. Luiz Costa, pela orientação, paciência e transmissão dos seus conhecimentos.

Aos Professores do CETUC, em especialmente aos Professores Silva Mello e Gláucio, por todo o conhecimento transmitido.

Aos Colegas do PAA, Luis Ramirez, Pedro Gonzalez, Marcela , Pedro Paulo e todos os outros pela ajuda.

À Diretoria e aos colegas do Centro de Eletrônica da Marinha, pelo apoio e incentivo.

Ao Comando da Marinha – Diretoria de Sistema de Armas da Marinha, pelo suporte financeiro dado para realização deste trabalho.

Resumo

Silva Jr., Oswaldo Baptista Horacio e. **Aplicação do Método dos momentos à análise de antenas espirais em cavidades.** Rio de Janeiro , 2004. xxxp. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os sistemas que operam em banda larga necessitam de radiadores que atendam eletricamente a banda de frequência utilizada. As antenas com características de independência da frequência, em particular as antenas espirais, têm encontrando cada vez mais utilização nesses sistemas, seja em aplicações comerciais ou militares. Esta dissertação tem por objetivo a análise de desempenho de antenas espirais do tipo fenda em cavidades, pela aplicação do método dos momentos. Serão consideradas cavidades com a face oposta à antena constituída por um condutor perfeito ou acoplada a uma estrutura de microondas com matriz de espalhamento conhecida. Essa estrutura de microondas, poderá simular, por exemplo, uma ou mais camadas de material absorvente. Um modelo numérico foi desenvolvido, e a partir dele foi elaborado um programa de computador, para determinar as características de radiação de antenas espirais em cavidade. São apresentados e comparados os resultados obtidos para três configurações de antenas espirais de Arquimedes do tipo fenda: sem cavidade, com cavidade condutora e com um material absorvente colocado sobre a face da cavidade oposta a abertura da antena.

Palavras-chave

Antenas espirais; Antenas tipo fenda; cavidades; método dos momentos.

Abstract

Silva Jr., Oswaldo Baptista Horacio e . **Cavity-Backed Slot Antennas**. Rio de Janeiro, 2004. 65p. Msc Dissertation – Electric Engineer Department, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Broad band systems need radiators to operate over the entire frequency band. Frequency independent antennas, in particular spiral antennas, are finding increasing application in such systems, for commercial or military purposes. This dissertation has for objective the analysis of performance of cavity-backed slot spiral antenna, by applying the moment method . For this study it will be taken into account cavities with the face opposing to the antenna consisting of a perfect conductor or connected to a structure of microwaves with known scattering matrix. This microwave structure will be able to simulate, for example, one or more layers of absorbing material. A numerical model was developed, and based on it, it was elaborated a computer program to determine the radiation characteristics of cavity-backed spiral antennas. The results surveyed for three configurations of slot Archimedean spiral antenna are presented and compared: without cavity, with conducting cavity, and with an absorbing material placed on the cavity opposite to the antenna.

Keywords

Spiral antenna; slot antennas; cavities; moment method.

Sumário

1 Introdução	12
2 Estudo das Antenas Espirais	15
2.1. Introdução	15
2.2. Antenas Independentes da Frequência	16
2.3. Antenas Espirais Equiangulares	19
2.4. Espiral de Arquimedes	25
2.5. Antena espiral em fenda	27
2.6. Antenas Espirais em Cavidade	30
2.7. Outros tipos de Antenas Espirais	33
3 Modelo Numérico de Análise de antenas Espirais pelo método dos momentos	34
3.1. O cálculo de $A_{ij \text{ ext.}}$	38
3.2. O cálculo de $A_{ij \text{ int.}}$	40
3.2.1. Campo Magnético em cavidade terminada por condutor perfeito	41
3.2.2. Campo em Cavidade terminada por estrutura de microondas	42
3.3. As Funções de Base	43
4 Resultados Numéricos	47
4.1. Antena espiral sobre plano condutor perfeito, sem cavidade	48
4.2. Antena sobre cavidade cilíndrica sem perdas	52
4.3. Antena sobre cavidade cilíndrica com perdas	56
5 Conclusão	60
6 Referências Bibliográficas	61
Apêndice A Determinação da expressão da diádica de Green da cavidade	62
A.1 Cavidade com paredes condutoras	62

A.2 Cavity terminada por estrutura com matriz de espalhamento S11 64

Apêndice B Cálculo de um tipo de integral com singularidade no integrando 66

Caso $a_2 \neq 0$: 68

Caso $a_2 = 0$: 70

Apêndice C Dedução da expressão de $A_{ij}^{(2) ext.}$ 71

Lista de figuras

Figura 1.1 Antena espiral montada sob uma cavidade com material absorvente, fabricada pela RADTRON, com banda de operação de 2 à 18 GHz	12
Figura 1.2 Exemplo de espiral confeccionada com resistores “chip”	13
Figura 2.1 - Antenas espirais equiangulares filamentosas , com uma espiral e múltiplas espirais	20
Figura 2.2 - Espiral equiangular confeccionada em placa metálica	22
Figura 2.3 - Antena espiral equiangular impressa (Projeto ARGUS, The OSU Radio Observatory)	24
Figura 2.4 - Espiral de Arquimedes com os raios inicial ρ_1 e final ρ_2 , a espessura da espira W e a distancia entre as espiras S	25
Figura 2.5 - Antena na forma de espiral de Arquimedes montada sobre uma cavidade metálica	26
Figura 2.6 - Gráfico da relação axial /frequência de uma antena espiral tipo fenda	28
Figura 2.7 - Antena Equiangular em fenda	29
Figura 2.8 - Antena espiral, modelo 53410 da RADTROM	31
Figura 2.9 - Razão Axial da Antena, modelo 53410	31
Figura 2.10 - Diagrama de irradiação da ANTENA, MODELO 53410	32
Figura 2.11 - Desenho da antena em espiral quadrada desenvolvida pela NASA	33
Figura 3.1 - Antena espiral colocada sob uma cavidade cilíndrica	34
Figura 3.2 - Vista em perspectiva do conjunto antena/cavidade	35
Figura 3.3 – Perfil da Cavidade, (a) terminada por condutor perfeito, (b) terminada por estrutura de microondas	40
Figura 3.4 – Aproximação da abertura espiral por quadriláteros	43
Figura 3.5 – Transformação Conforme do quadrilátero, domínio da função de base, para quadrado de lado unitário. Os vértices do quadrilátero estão numerados por 1,2,3 e 4	43
Figura 4.1 - Forma da antena espiral de Arquimedes	47

Figura 4.2 - Ganho em função da freqüência, para antena espiral tipo fenda sem cavidade	48
Figura 4.3 - Diagrama de Módulo e Fase da Corrente magnéticas sobre a espira , nas freqüências de 1, 3 e 6 GHz, para antena espiral em fenda sem cavidade.	49
Figura 4.4 - Relação Axial em função da freqüência, para antena espiral em fenda sem cavidade.	50
Figura 4.5. - Diagramas de radiação , para antena espiral em fenda sem cavidade, nas frequências de 1,0, 3,0 e 6,0 GHz.	51
Figura 4.6 - Relação ganho / freqüência de uma antena espiral sobre uma cavidade sem perdas.	52
Figura 4.7 – Gráfico da relação Axial pela Freqüência da antena sobre cavidade cilíndrica sem perdas.	53
Figura 4.8 - Diagrama de Módulo e Fase da Corrente magnéticas sobre a espira , nas freqüências de 1, 3 e 6 GHz, para antena espiral em fenda com cavidade sem perdas.	54
Figura 4.9 - Diagramas de radiação da antena espiral sobre cavidade sem perdas	55
Figura 4.10 - Ganho sobre a freqüência da antena espiral sobre cavidade com perdas	56
Figura 4.11 – Relação Axial / Freqüência, da antena sobre cavidade cilíndrica com perdas	57
Figura 4.12 - Diagrama de Módulo e Fase da Corrente magnéticas sobre a espira , nas freqüências de 1, 3 e 6 GHz, para antena espiral em fenda com cavidade sem perdas	58
Figura 4.13 - Diagramas de radiação da antena espiral sobre cavidade com perdas	59
Figura B1 Região de integração da integral dada em B.1	63
Figura C1 Geometria da região de integração, S_i	70