

REDE DE ALIMENTAÇÃO POR MICROFITA PARA COMUNICAÇÕES EM NANOSSATÉLITES 8U EM 401 MHz

Amarilton Lopes Magalhães¹, Jorge Fredericson de Macedo Costa e Silva¹, Daniel Xavier Gouveia¹, Antônio Sergio Bezerra Sombra².

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) / e-mail: {amariltonn, dxgouveia, jorge.fredericson}@gmail.com, ² Universidade Federal do Ceará (UFC), e-mail: asbsombra@gmail.com.

Resumo – Este trabalho descreve os resultados de simulação numérica para um circuito de alimentação de microfita sequencialmente rotacionada de quatro portas concebida em substrato de baixo custo com dimensões 20x20 cm² para posterior utilização em um arranjo 2x2 de antenas ressoadoras dielétricas circularmente polarizado à direita com frequência de operação em torno de 401 MHz (UHF). A rede de alimentação foi projetada seguindo as dimensões máximas de um nanossatélite cúbico de formato 8U. Para atender à condição de polarização circular à direita (RHCP), a rede de alimentação foi projetada de forma que proporcionasse defasagem progressiva para as suas quatro portas de saída.

Palavras-chave: rede de alimentação por microfita; rotação sequenciada; polarização circular; nanossatélites; arranjo de antenas.

INTRODUÇÃO

A técnica de rotação sequenciada da alimentação [1] foi introduzida para aprimorar a largura de banda de polarização circular de antenas linearmente ou circularmente polarizadas, proporcionando arranjos circularmente polarizados independente da polarização do elemento. Está técnica demonstrou boa performance em inúmeros trabalhos [2],[3],[4],[5],[6],[7].

No Brasil, utiliza-se frequências em torno de 401,62 MHz e 401,65 MHz por satélites para coleta de dados ambientais em *up-link*, obtidos através de diversas plataformas de coleta. Considerando que os satélites aproximam-se do fim das suas vidas úteis e visando a continuidade do sistema de coleta de dados com avanços tecnológicos e redução de custos, estabeleceu-se a missão de desenvolver uma constelação de nanossatélites do tipo 8U, os quais apresentam estrutura equivalente a um cubo de arestas com de 20 cm de aresta [8],[9]. A implementação de arranjos de antena nesta aplicação é de grande importância, uma vez que podem proporcionar aumento significativo no ganho do conjunto de antenas. Além do ganho, deve-se implementar uma técnica que proporcione polarização circular com boa largura de banda.

Este trabalho descreve a simulação numérica de uma rede de alimentação por microfita sequencialmente rotacionada visando um posterior estudo de um arranjo planar 2x2 de antenas ressoadoras dielétricas com polarização circular à direita (RHCP, do inglês *Right-Hand Circular Polarization*) e frequência de operação em 401 MHz. Para alcançar a polarização do tipo RHCP no arranjo, deve-se garantir uma defasagem progressiva na alimentação de cada porta da rede. A defasagem progressiva no circuito de microfita para 4 portas pode ser obtida com o uso de um elemento defasador de 180° com três portas, sendo uma porta de entrada e duas portas de saída, cada uma conectada a outro elemento defasador de 90°. Para cumprir o requisito estrutural para nanossatélites do tipo 8U, adotou-se um substrato dielétrico de base quadrada com 20 cm de lado.

DESENVOLVIMENTO

O modelo numérico da rede de alimentação por microfita com rotação sequenciada é mostrada na Fig. 1. A rede é composta por linhas de microfita de 50 Ω , transformadores de um quarto do comprimento de onda guiado e junções do tipo "T" impressos sobre um substrato dielétrico de baixo custo, com dimensões 20 x 20 cm, altura de 1,6 mm, espessura do condutor de 18µm e permissividade relativa igual a 4,4. O circuito de microfita está ligado à alimentação principal através de um conector SMA também de 50 Ω . Na Fig. 1b, a camada superior é o plano de terra, estando o circuito de microfita no lado inferior do substrato.

A concepção deste circuito pode ser realizada utilizando-se dois acopladores híbridos de 90° e um de 180°. Entretanto, tendo em vista o pouco espaço disponível e a permissividade relativamente baixa do substrato, esta solução tornaria o projeto mais complexo e fisicamente limitado. Logo, optou-se pela utilização de três divisores de potência do tipo "T". Cada junção T possui na entrada uma linha de 50 Ω , e na saída, duas linhas em paralelo com a mesma impedância característica para igual divisão de potência. Com isso, a impedância percebida no centro da junção seria igual a 25 Ω . Portanto, deve-se acrescentar um



transformador de um quarto do comprimento de onda entre a linha de entrada e a junção para que exista casamento de impedância.

A impedância característica Z_{T4} dos 3 transformadores de um quarto do comprimento de onda guiado são calculados por $Z_{T4} = \sqrt{Z_0 Z_L}$ [10], onde $Z_0 = 50 \ \Omega$ e $Z_L = 25 \ \Omega$. Portanto, o valor da impedância característica do transformador é igual a 35,35 Ω e o seu comprimento igual a 100,64 mm. Tanto as portas 1 e 4 quanto as 2 e 3 deverão apresentar defasagem de 90°, o que equivale a uma diferença de comprimento físico de 100,64 mm. Ao mesmo tempo, os pares de portas {1,4} e {2,3} devem apresentar defasagem de 180°, o que fisicamente equivale a 204,58 mm.



Figura 1 – Rede de alimentação por microfita de 4 portas com defasagem progressiva. (a) Vista superior com esquema de defasadores e portas. (b) Vista em perspectiva.

Inicialmente, projetou-se os defasadores de 90° e 180° no *software* Ansoft HFSS de forma isolada. Após os resultados iniciais em ambos os casos, foram necessários pequenos ajustes no comprimento de alguns trechos. Após finalizada a simulação dos defasadores, os mesmos foram integrados na forma geral do circuito de alimentação, como mostrado na Fig. 1. Os resultados finais são mostrados na Fig. 2.



Figura 2 – Resultados da rede de alimentação por microfita de 4 portas com defasagem progressiva. (a) Ângulo dos parâmetros S. (b) Parâmetros S e dB. (c) Impedâncias características das quatro portas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da simulação inicial com o defasador de 180° indicaram diferença de fase entre as portas de 180,02° em 401 MHz, com $S_{10} = -3,39$ dB, $S_{20} = -3,7$ dB e impedâncias características $Z_1 = 50,05 \ \Omega \ e \ Z_2 = 50,04 \ \Omega$. Em seguida, as simulações com o defasador de 90° indicaram diferença de fase entre as portas de 90,04°, com $S_{10} = -3,17$ dB, $S_{20} = -3,41$ dB e impedância característica de 50,03 Ω nas duas portas. Logo após a simulaçõe com os defasadores de 180° e 90° separados, os dois foram reunidos em uma única rede de quatro portas, conforme a Fig. 1. Os resultados da rede de alimentação de 4 portas indicaram boa quadratura de fase entre as portas em 401 MHz e defasagem progressiva no sentido $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$, com $\angle(S_{10}) = 100,39^\circ$, $\angle(S_{20}) = -169,69^\circ$, $\angle(S_{30}) = -79,62^\circ \ e \ \angle(S_{40}) = 10,28^\circ$. As diferenças de fase entre as portas são $\angle(S_{40} - S_{30}) = 89,9^\circ$, $\angle(S_{10} - S_{40}) = 90,11^\circ$, $\angle(S_{20} - S_{10}) = 89,92^\circ \ e \ \angle(S_{30} - S_{20}) = 90,07^\circ$. Os valores de impedância características nas portas são $Z_1 = 50,02 \ \Omega$, $Z_2 = 50,03 \ \Omega$, $Z_3 = 50,04 \ \Omega \in Z_4 = 50,04 \ \Omega$. Os parâmetros S em dB indicam boa divisão de potência

 $Z_2 = 50,03 \Omega$, $Z_3 = 50,04 \Omega$ e $Z_4 = 50,04 \Omega$. Os parâmetros S em dB indicam boa divisão de potência entre as quatro portas, com $S_{10} = -6,51 \text{ dB}$, $S_{20} = -7,25 \text{ dB}$, $S_{30} = -6,85 \text{ dB}$ e $S_{40} = -6,79 \text{ dB}$. Houve variação nos parâmetros S de máximo -1,25 dB, o que representa perdas por inserção no sistema. Conclui-



se que a rede de alimentação proposta representa uma alternativa de baixo custo para o desenvolvimento de arranjos de antenas 2x2, como, por exemplo, arranjos de antenas ressoadoras dielétricas, para utilização em nanossatélites meteorológicos de formato 8U.

REFERÊNCIAS

- J. HUANG, "A technique for an array to generate circular polarisation with linearly polarised elements," IEEE Trans., 1986, [1] Vol. AP34, pp. 1113-1124.
- S-L. S. YANG and R. CHAIR and A. A. KISHK and K. F. LEE and K. M. LUK, "Study on sequential feeding networks for [2] subarrays of circularly polarized elliptical dielectric resonator antenna," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, v. 55, n. 2, p. 321-333, 2007.
- T. TESHIROGI and M. TANAKA and W. CHUJO, "Wideband circularly polarised array antenna with sequential rotations and [3] phase shifts of elements," Proc. Int. Symposium on Antennas and Propagation, Japan, 1985, pp. 117-120.
- A. CHEN and C. YANG and Z. CHEN and Y. ZHANG and Y. HE, "Design of multilevel sequential rotation feeding networks [4] used for circularly polarized microstrip antenna arrays," International Journal of Antennas and Propagation, v. 2012, 2012.
- [5] S. KARAMZADEH and B. VIRDEE and V. RAFII and M. KARTAL, "Circularly polarized slot antenna array with sequentially rotated feed network for broadband application," International Journal of RF and Microwave Computer- Aided Engineering, v. 25, n. 4, p. 358-363, 2015.
- [6] T. SEDGEECHONGARALOUYE-YEKAN and M. NASER-MOGHADASI and R. A. SADEGHZADEH, "Broadband Circularly Polarized 2×2 Antenna Array with Sequentially Rotated Feed Network for C-Band Application," Wireless Personal Communications, v. 91, n. 2, p. 653-660, 2016.
- [7] B-F. ZONG and G. M. WANG and H. Y. ZENG and Y. W. WANG and D. WANG, "SCRLH-TL Based Sequential Rotation Feed Network for Broadband Circularly Polarized Antenna Array. Radioengineering, v. 25, n. 1, p. 81, 2016.
- [8] M. J. M. CARVALHO and J. S. dos S. LIMA and JOTHA, L. dos S. and AQUINO, P. S. de, "Conasat-constelação de nano satélites para coleta de dados ambientais," INPE, XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal, Brasil, 2013. p. 13-18.
- W. YAMAGUTI and V. ORLANDO and S. de P. PEREIRA, "O sistema brasileiro de coleta de dados ambientais: Status e [9] planos futuros," INPE, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal, Brasil, 2009. p. 1633–1640. [10] D. M. POZAR, "Microwave engineering," John Wiley & Sons, 2012.