

Caracterização de Propriedades Magnéticas de Ferritas em Alta Frequência

DIAS, P. A. G.¹, SILVA NETO, L. P., ROSSI, J. O., BARROSO, J. J.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

¹Aluna de mestrado do curso de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais

patricia.dias@lit.inpe.br

Resumo. A principal ideia neste trabalho consiste em medir a permeabilidade complexa de materiais magnéticos do tipo ferrita, os quais têm sido usados extensamente como meios magnéticos em dispositivos como: linhas de transmissão não lineares, indutores, cavidades ressonantes, etc. Foram realizadas medições de resistência e reatância e através destas foi possível obter a impedância e a tangente de perdas de ferritas comerciais. Estes são parâmetros essenciais para avaliar componentes a serem usados em aplicações de alta frequência em sistemas espaciais. Além disso, uma propriedade adicional muito importante que o fabricante não revela, a permeabilidade complexa, foi acrescentada e analisada.

Palavras-chave: Permeabilidade Magnética; Ferrita; Tangente de Perdas.

1. Introdução

Para que um equipamento seja confiável é necessário que seja feita uma análise minuciosa das características dos componentes utilizados. Os materiais mais utilizados em aplicações de micro-ondas são compostos ferromagnéticos como o YIG (granada de ítrio e ferro) e as ferritas, compostas de óxidos de ferro entre outros elementos [Pozar 2005]. Muitos dos componentes utilizados em satélites são indutores com núcleo ferromagnético e o objetivo deste trabalho é realizar medições de permeabilidade magnética de ferritas, pois é um parâmetro importante devido às perdas no meio magnético que limitam a frequência de operação dos componentes.

2. Metodologia

Como a amostra a ser medida é em um material sólido e pequeno (com fator geométrico $k=0,5 \text{ mm}^{-1}$), o método mais adequado é a medição através de um cabo coaxial de 50Ω que faz a conexão entre a placa onde será soldada a ferrita e o analisador de rede, onde se mede o parâmetro S_{11} de reflexão. Com isto, obtêm-se parâmetros importantes como: resistência e reatância, dadas por (1). Em seguida, através destas é possível calcular a tangente de perdas e a permeabilidade magnética como podemos ver em (2) e (3). A impedância total da ferrita é definida por: $Z = R_S + jX_L$. Porém, pode ser calculada através da medição do coeficiente de reflexão de entrada S_{11} a partir de $Z = 50 \left(\frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \right)$.

Igualando-se as fórmulas tem-se: $R_S + jX_L = 50 \left(\frac{1+S_{11}}{1-S_{11}} \right)$ [Silva Neto et al. 2013].

Para determinar a resistência série e a reatância indutiva, igualam-se R_S e X_L como:

$$R_S = 50 \left(\frac{1-(S'_{11})^2-(S''_{11})^2}{(1+S'_{11})^2+(S''_{11})^2} \right); X_L = 50 \left(\frac{-2S''_{11}}{(1+S'_{11})^2+(S''_{11})^2} \right) \quad (1)$$

De posse destes dados, obtêm-se a tangente de perdas:

$$\text{tang } \delta = \frac{R_S}{X_L} \quad (2)$$

E finalmente, por meio da reatância indutiva e da tangente de perdas, chega-se aos valores da permeabilidade real e imaginária:

$$\mu'_r = \frac{L_S}{L_0} = \frac{L_S}{\mu_0 k} = \frac{X_L}{2\pi f \mu_0 k} ; \mu''_r = \text{tang } \delta \cdot \mu'_r \quad (3)$$

3. Resultados e Discussão

A caracterização como mostrada nas figuras 1 e 2, foi realizada na escala de frequência entre 10 MHz e 1 GHz. Foram utilizadas duas ferritas comerciais, uma da Fair-Rite (S#1) e outra da Murata (S#2).

Tabela 1. Características das amostras.

Ferrita	Impedância (Ω) 100 MHz	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Profundidade (mm)
S#1	30	1,6	0,8	0,8
S#2	26	1,6	0,8	0,6

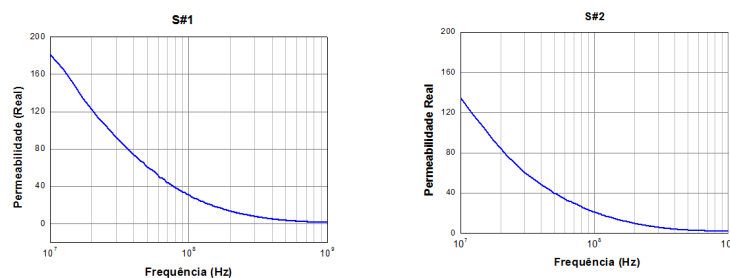


Figura 1. Permeabilidade real das amostras.

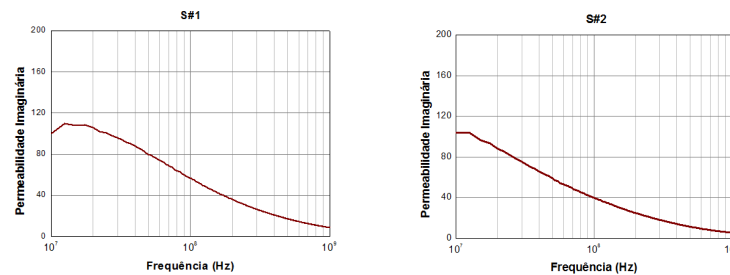


Figura 2. Permeabilidade imaginária das amostras.

4. Conclusão

Para completar os parâmetros dos manuais, foi calculada a tangente de perdas e a permeabilidade real e imaginária de cada amostra. Os resultados foram satisfatórios e ficaram na faixa de tolerância de $\pm 25\%$ de acordo com fabricante. Como esperado, a partir de 10 MHz a permeabilidade decresce conforme a frequência aumenta.

Referências

Pozar, D. M. (2005). Microwave Engineering, Amherst, John Wiley & Sons.

Silva Neto, L. P. et al. (2013). "Frequency characterization of ferrite beads in the microwave range for nonlinear applications", in Proc. of the 9th International Conference on Powder Technology (PTECH), Campos do Jordão, SP, Brazil.