

Estudo do Efeito Pelicular em Antenas Dipolo

Tiago Hayato Otani, Kenny Roger Auad Pacheco, Abílio de Amorim Jr. e José Felipe Almeida

Resumo— Neste projeto é verificado o comportamento do efeito pelicular em uma antena dipolo planar. Uma antena dipolo plana é confeccionada e sua medição é feita em comparação com uma outra antena de mesma geometria a qual contém um *slot* em seu interior. A faixa de operação é medida em 2,0 GHz.

Palavras-Chave—Antena dipolo planar, antena *slot*, efeito pelicular.

Abstract—In this project the pelicular effect behavior is verified in a planar dipole antenna. A planar antenna is confectioned and its measurement is made in comparison with one another antenna of same geometry which contains one slot in its interior. The operation band is measured in 2,0 GHz.

Index Terms — Planar dipole spiral antenna, pelicular effect, slot antenna.

I. INTRODUÇÃO

A manifestação ondulatória da corrente e da tensão em condutores produz um efeito diferente da condução que ocorre quando a corrente é contínua [1]. Na condução contínua, em metais, os elétrons se movimentam por toda a rede cristalina do condutor. Na condução alternada esses portadores de corrente tendem a se afastar da parte central do condutor, tanto mais quanto mais alta for a frequência das oscilações. Em altas frequências as correntes tendem a acontecer na superfície dos condutores, penetrando tanto menos em seu interior quanto mais alta seja a frequência. Devido a isso, algumas linhas de transmissão, tais como em forma de malhas, linhas de fita ou de fios múltiplos, são construídas com a finalidade de aumentar sua superfície útil. Observando-se esse efeito, alguns tipos de antenas também seguem esse mesmo comportamento.

Alguns parâmetros das antenas planares são influenciados pela sua área construída [2-5]. Em consequência disto, é possível obter uma faixa de frequência com maior largura de banda, como é o caso apresentado em [2]. Todavia, no caso das antenas dipolo, uma metodologia diferente nessa verificação pode ser usada com relação ao preenchimento de sua superfície ativa e, a partir disso, estudar o seu desempenho.

Este trabalho tem a finalidade de verificar o comportamento do efeito pelicular em uma antena dipolo planar. Com essa abordagem, uma antena dipolo plana será confeccionada e sua medição será feita em comparação com uma outra antena, também medida, a qual contém um *slot* em seu interior. A este *slot* se considera que parte do interior da antena é substituída pelo ar, ficando apenas seu contorno metálico e mantendo a mesma área efetiva para as duas antenas. Nessas condições, a faixa de operação é em alta frequência (2,0 GHz). Assim, a Seção II trata de um estudo

sobre o efeito pelicular; e, na Seção III, é apresentado o resultado deste estudo em termos da comparação entre duas antenas dipolo planar.

II. EFEITO PELICULAR

No caso do movimento de cargas em metais, uma atenção especial deve ser dada à relação entre tensão e corrente. É a diferença de potencial elétrico, ou queda de tensão, entre dois pontos que permite que haja um movimento de cargas. Uma vez em movimento, as cargas são levadas a encontrar diversos obstáculos, como por exemplo, as resistências da rede atômica a qual lhes impõem um limite máximo à velocidade e dissipa parte de sua energia. Esse comportamento de restrição é descrito pela lei de Ohm [6]. Entretanto, a propagação em bons condutores se dá por uma onda plana uniforme, nele estabelecida. Devido a alta condutividade em metais, pode-se pensar em uma onda eletromagnética em vez de tensão eficaz. Da mesma forma, a corrente de condução pode ser relacionada ao campo, ali presente, por:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (1)$$

Na equação (1) as grandezas \mathbf{J} , σ e de \mathbf{E} , representam, respectivamente, o vetor densidade de corrente elétrica, a condutividade e o vetor campo elétrico.

Considere-se um campo elétrico que se propaga na direção y de uma superfície metálica. Para analisar o comportamento desse campo, é necessário, inicialmente, que se faça uma abordagem completa do problema descrito pelas leis de Ampère e de Faraday [6] – equações (2) e (3), no domínio da frequência, respectivamente. Isto é proposto através das seguintes equações de Maxwell [6]:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + j \omega \epsilon \mathbf{E} = (\sigma + j \omega \epsilon) \mathbf{E}; \quad (2)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -j \omega \mu \mathbf{H}. \quad (3)$$

A partir disso, fazendo-se novamente rotacional na equação (3), tem-se que

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -j \omega \mu \nabla \times \mathbf{H}. \quad (4)$$

Na qual, no local do rotacional de \mathbf{H} é feita a substituição pela equação (2), ou seja,

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = -(\sigma + j \omega \epsilon) j \omega \mu \mathbf{E}. \quad (5)$$

Ou ainda,

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \gamma^2 \mathbf{E}, \quad (6)$$

sendo que $\gamma = (j1+1)\sqrt{\pi f \omega \mu \sigma}$ é a expressão geral da constante de propagação e f é a frequência de propagação do campo eletromagnético.

Verificando as condições de contorno do problema, pode-se resolver a equação (6) visando somente variações da

componente E_y na direção x . A solução mais genérica é, portanto,

$$E_y = E_o e^{-x\sqrt{\pi f \mu \sigma}} e^{j(\omega t - x\sqrt{\pi f \mu \sigma})}, \quad (7)$$

Na qual E_o é a intensidade do campo elétrico inicial. Deve-se observar que a forma da componente J_y do vetor densidade de corrente \mathbf{J} , na equação (1), é a mesma que a de E_y , portanto, tem-se que $J_y = \sigma E_y$.

Note-se, na equação (7), que o termo exponencial negativo representa um decréscimo nas quantidades envolvidas. Esta diminuição, tanto do valor da densidade de corrente de condução quanto do valor do campo elétrico, está associada com a penetração da onda eletromagnética na direção x . Quando $x = 0$, ou seja nas bordas, o valor da exponencial negativa é a unidade e a onda se propaga na forma harmônica: $J_y = \sigma E_o \cos \omega t$.

Todavia, para $x = 1/\sqrt{\pi f \mu \sigma}$, o decréscimo é na ordem de $e^{-1} = 0,368$, ou seja, aproximadamente 37%. Assim, esta distância é o fator de profundidade de penetração ou profundidade pelicular (δ).

De maneira similar ao que foi apresentado para a direção x , pode-se demonstrar que esse mesmo desenvolvimento é válido para a direção z . Quando o cobre é usado como condutor – para o qual $\sigma = 5,8 \times 10^7$ Siemens – em termos da frequência, tem-se

$$\delta = \frac{0,0661}{\sqrt{f}} \quad (8)$$

III. MODELO UTILIZADO E RESULTADOS OBTIDOS

A abordagem feita na Seção II será agora empregada para a análise do modelo da antenna proposta neste trabalho. A frequência estabelecida para a operação das antenas da Fig.1, (a) e (b), é de 2,0 GHz. Com este valor a equação (8) prediz que $\delta = 1,51 \times 10^{-3}$ mm. Note-se que a forma da antenna da Fig.1.(a) foi modificada para ter a configuração mostrada na Fig.1.(b).



Fig. 1. (a) Antena dipolo planar e (b) Antena dipolo confeccionada com Slot.

O material utilizado no corte das antenas, Fig.1. (a) e (b), é uma placa de circuito impresso, face única, e que pode ser facilmente encontrada em casas especializadas. A Fig. 1(b), representa a configuração original da antenna da Fig. 1 (a). Observa-se que a segunda antenna foi modificada para operar apenas com um contorno metálico. Com essa forma, foram mantidas, em ambas, a mesma área efetiva. O valor de comprimento e de largura são, respectivamente, 95 mm e 19

mm. Com a modificação, a largura da fita metálica da segunda antenna (Fig. 1(b)) foi dimensionada em 2,0 mm. O distanciamento entre cada plano do dipolo foi mantido em $0,2 \lambda$. O espaçamento entre a antenna e seu plano terra – verificado experimentalmente – vale 104 mm, para manter o casamento de impedância com uma linha de 50 Ω . O analisador de medidas de perdas de retorno foi o *SiteMaster*, calibrado para a faixa 0,4 – 2,5 GHz. A Figura 2, traz as comparações para as perdas de retorno das duas antenas analisadas.

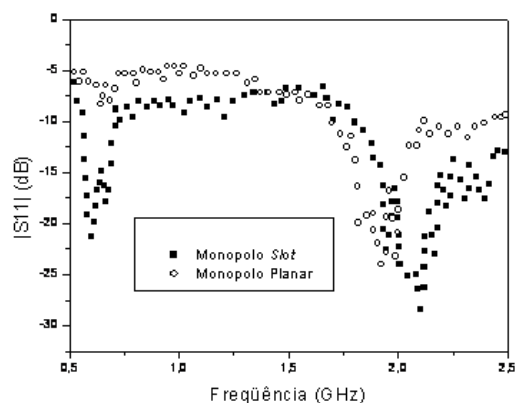


Fig. 2. Medidas de perdas de retorno para as antenas da Fig.1 (a) e (b).

IV. CONCLUSÕES

Os resultados mostrados neste trabalho se referenciam a influência devido ao fator pelicular ou profundidade de penetração de ondas eletromagnéticas em metais. Partindo desta análise, verificou-se o comportamento desse efeito sobre antenas do tipo dipolo caracterizada por uma superfície plana como elemento irradiador. Com essa forma, foram projetadas e confeccionadas duas antenas dipolo planar: uma configurada por duas lâminas metálicas, as quais compõem o dipolo, e uma outra contendo apenas o contorno como superfície condutora para manter a mesma geometria. Nos casos analisados foi mostrado que não houve uma diferença considerável de medidas das duas antenas. O que indica a existência de uma corrente de igual contribuição ao processo de irradiação de cada elemento com e sem slot.

V. REFERÊNCIAS

- [1] J. F. Almeida, *Física Aplicada*, Belém: e-papers, (em fase de editoração (2007)).
- [2] Y. Rikuta and R. Kohno, "Planar Monopole Antenna with Dual Frequency for UWB System", *IEEE Antennas and Propag. Magazine*, 2003.
- [3] T. Taniguchi and T. Kobayashi, "An Omni directional and Low-VSWR Antenna for Ultra-Wideband Wireless Systems", *Radio and Wireless Cont.* pp.145-148, Aug. 2002.
- [4] N. P. Agrawal, G. Kumar and K. P. Ray, "Wide-Band Planar Monopole Antennas", *IEEE Antennas Propagat.*, vol.46, no.2, pp.294-295, Feb. 1998.
- [5] H. Schantz, *The Art and Science of Ultrawideband Antennas*, Boston, Artech House, 2005.
- [6] J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics*, New York: Wiley, 1999.