

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA PLOTAGEM DO DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO DE ANTENAS EM TRÊS DIMENSÕES

Guilherme Coelho da Silva Stanisce Corrêa¹, Jair Cândido de Melo², César Celeste Ghizoni³

¹Univap/FEAU, Av. Shishima Hifumi - 2911, guilherme@stanisce.info

²Univap/FEAU, Av. Shishima Hifumi - 2911, jair@univap.br

³Equatorial Sistemas/Diretoria, Parque Tecnológico - Av. Shishima Hifumi - 2911, cghizoni@equatorialsistemas.com.br

Resumo- Este artigo apresenta o desenvolvimento através do programa Matlab, de uma ferramenta que consiste na plotagem dos diagramas de irradiação (em duas e três dimensões) de antenas. Através de linhas de comandos via programação, foi introduzido no programa Matlab uma base de informações técnicas sobre as antenas dipolo e log-periódica, de forma que, após definido os parâmetros básicos pelo usuário (tais como: ganho, diretividade, frequência, tipo da antena, etc.), o programa realiza então, todos os cálculos necessários para que sejam gerados os diagramas de irradiação de potência da onda eletromagnética.

Palavras-chave: antenas, diagrama, plotagem, matlab, irradiação

Área do Conhecimento: III- ENGENHARIAS

Introdução

O estudo sobre antenas é algo bastante complexo e demanda muito tempo de análise; por isto, com o intuito de facilitar esta análise, será apresentado através deste artigo uma ferramenta para plotar em duas e três dimensões o diagrama de irradiação da onda eletromagnética.

Inúmeros programas que projetam antenas e também plotam os diagramas de irradiação dos campos elétrico e magnético em duas dimensões estão disponíveis hoje no mercado (AMANOGAWA, 2008). No entanto, para aplicações práticas, é necessário conhecer, de maneira mais precisa possível, as formas de propagação das ondas eletromagnéticas. A melhor solução para este caso consiste em plotar estas ondas em três dimensões.

Fundamentos de Antenas

Alguns parâmetros básicos definem o comportamento de uma antena. Estes parâmetros serão analisados nesta seção.

A característica que pode ser considerada como a mais importante em uma antena é o comprimento de onda (λ). Existem padrões de comprimento de onda largamente utilizados na prática, sendo o caso da antena de meia onda ($1/2 \lambda$) ou de três-quartos de onda ($3/4 \lambda$).

Uma outra característica importante é a diretividade da antena. Com esta informação é conhecido o padrão de alcance (diretividade) da antena em relação à uma antena padrão (isotrópica). A fórmula para o cálculo da

diretividade de uma antena dipolo (KRAUS, 1950) é descrita a seguir:

$$D(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{l}{\lambda} \pi \cos(\theta)\right) - \cos\left(\frac{l}{\lambda} \pi\right)}{\sin(\theta)} \quad (1)$$

onde: l = comprimento da antena [m];

λ = comprimento de onda [m];

θ = ângulo do feixe da antena [°];

A última característica fundamental de qualquer tipo de antena é o ganho. O ganho é a relação de potência entre a antena em questão e uma isotrópica (ELLIOTT, 2003). A unidade utilizada é dada em decibéis (dB) e sua fórmula está representada abaixo:

$$G_{db} = 20 \cdot \log\left(\frac{D(\theta)}{D(\theta)_{m\acute{a}x}}\right) \quad (2)$$

onde: G_{db} = ganho da antena [dB];

$D(\theta)$ = diretividade da antena;

$D(\theta)_{m\acute{a}x}$ = diretividade máxima da antena;

Diagrama de Irradiação

O diagrama de irradiação de uma antena é uma representação gráfica em duas ou três dimensões do comportamento de uma determinada antena, com a diretividade ($D(\theta)$) sendo representada em função do ganho (representando a potência irradiada).

Além dos fatores citados acima, a relação entre o comprimento da antena e o comprimento de

onda são necessários para o cálculo do diagrama de irradiação.

Neste artigo foi utilizada a situação em que o valor do comprimento da antena é menor do que o comprimento de onda ($l < \lambda$).

Desenvolvimento do Programa

O programa desenvolvido passou por diversas etapas até atingir a etapa de validação. A primeira etapa no desenvolvimento do programa consistiu em conhecer quais eram os parâmetros a serem utilizados nos cálculos.

Como o estudo de antenas é muito abrangente, determinar qual fórmula utilizar no cálculo da diretividade foi o primeiro problema encontrado. Ao fim desta etapa, foi possível determinar os parâmetros e fórmulas que seriam utilizadas pelo programa.

A fase seguinte consistiu em realizar os cálculos da intensidade de irradiação para que fosse possível visualizar o resultado em um diagrama polar de duas dimensões, como mostrado na Figura 1.

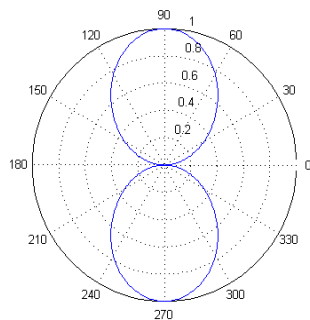


Figura 1 – Diagrama de irradiação da antena dipolo com comprimento de onda 0.75λ e comprimento da antena de $0.5m$.

Uma vez realizada a plotagem em duas dimensões, foi necessário calcular o ganho e plotar com este novo dado, conforme mostrado na Figura 2.

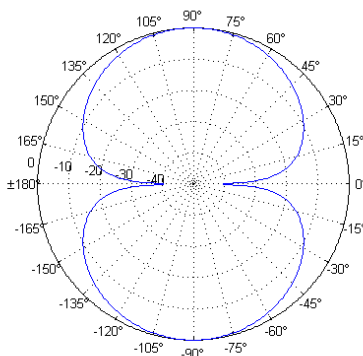


Figura 2 – Diagrama de irradiação da potência em dB da antena dipolo com comprimento de onda 0.75λ e comprimento da antena de $0.5m$.

Para validar o modelo de plotagem em duas dimensões, os programas Antenas (ANTENAS, 2000) e CST Studio (CST Studio, 2008) foram utilizados e os resultados comparados. Uma vez validada a plotagem em duas dimensões, o próximo passo foi fazer os cálculos para três dimensões.

O primeiro passo para fazer a plotagem em três dimensões foi gerar uma malha dos pontos utilizando a função *meshgrid* (CHAPMAN, 2003) para os vetores previamente calculados.

Após este passo, foi necessário transformar a malha de coordenadas esféricas utilizadas na plotagem em duas dimensões para coordenadas cartesianas, multiplicando o valor da intensidade de irradiação (D) pelos ângulos φ e θ . Para realizar esta transformação, utilizou-se a função *sph2cart* (CHAPMAN, 2003).

$$\begin{aligned} x &= D \cdot \cos(\theta) \cdot \text{sen}(\varphi) \\ y &= D \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \text{sen}(\varphi) \\ z &= D \cdot \cos(\varphi) \end{aligned} \quad (3)$$

O resultado desta transformação pode ser visto na Figura 3, que consiste na plotagem em três dimensões de uma antena dipolo vista em corte.

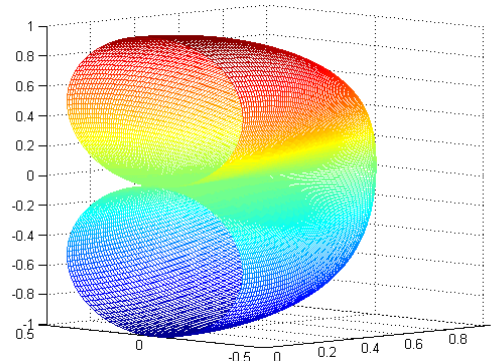


Figura 3 – Diagrama de irradiação da antena dipolo com comprimento de onda 0.75λ e comprimento da antena de $0.5m$ em 3 dimensões.

No entanto, esta abordagem estava errada devido à forma gerada na malha de pontos pela conversão de coordenadas esféricas em cartesianas. Este problema foi solucionado utilizando a fórmula da diretividade (Fórmula 1) decomposta em coordenadas cartesianas. Para utilizar a fórmula no programa, utilizou-se a função *inline* no Matlab. Porém, esta função em conjunto com a função *ezmesh* (utilizada para gerar gráficos em três dimensões) não permite utilizar mais que três variáveis numa mesma fórmula.

Para contornar este problema, as variáveis k e ρ_i foram calculadas e seus resultados foram

passados para a fórmula da diretividade (Fórmula 1).

Com o problema do número de variáveis solucionado, o programa pode calcular nas direções x, y e z a diretividade da antena. O resultado deste cálculo pode ser visto na figura abaixo:

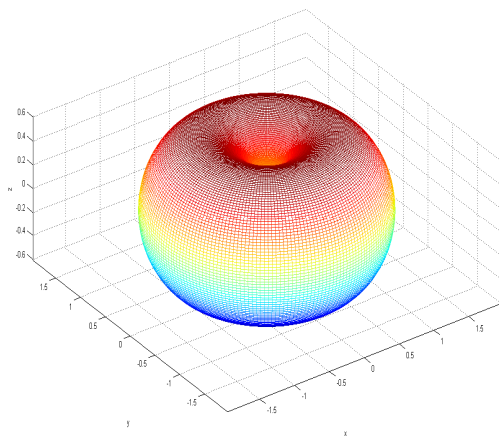


Figura 4 – Diagrama de irradiação da antena dipolo com comprimento de onda 0.75λ e comprimento da antena de $0.5m$ em 3 dimensões.

Algumas das funções usadas no desenvolvimento do programa, tiveram como referência bibliografias específicas de cálculos de antenas no ambiente Matlab (ORFANIDIS, 2008). Estas funções criadas pelo referido autor foram determinantes para o desenvolvimento deste programa.

Até esta etapa, todos os cálculos foram escritos no Matlab como *scripts*, sendo necessário para a fase seguinte convertê-los em funções, para que o código-fonte fosse melhor estruturado.

O programa além de fazer a plotagem do diagrama de irradiação, realiza cálculos dos parâmetros básicos de uma antena. É possível obter o ângulo de meia potência, o ganho e o valor da corrente máxima que a antena suporta.

A última fase deste programa consistiu no desenvolvimento de uma interface gráfica para que o mesmo tenha sua utilização mais amigável. Em seu estado inicial, todos os parâmetros eram passados para o programa via terminal de comandos, o que não seria nada prático para o uso do dia-a-dia.

Conclusão

Esta ferramenta foi desenvolvida com o objetivo de ser utilizada por técnicos e engenheiros para facilitar a análise da irradiação de antena, possibilitando seu uso tanto no desenvolvimento, quanto na sua validação e testes.

Com informações sobre o comprimento físico da antena e o de onda, foi possível fazer a plotagem em duas dimensões do diagrama de irradiação da antena dipolo. Para validar este modelo, os resultados gerados foram comparados com os programas Antenas (ANTENAS, 2000) e CST Studio (CST Studio, 2008), cujos valores coincidiram.

No início da plotagem em três dimensões, os resultados preliminares mostraram o diagrama somente em linhas, sendo que o resultado desejável era que a partir destas fosse gerada uma malha como apresentada na Figura 3. Para que fosse gerada esta malha, foi necessário utilizar a função *meshgrid*, e então decompor suas coordenadas esféricas em coordenadas cartesianas utilizando a função *sph2cart*.

Como esta abordagem ainda não estava correta, foi necessário re-escrever o programa para que fosse calculado a diretividade (Fórmula 1) utilizando a função *inline*.

O formato do diagrama de irradiação em três dimensões de uma antena dipolo sempre consistirá num formato de um toróide. No entanto, dependendo da relação entre o comprimento de onda (λ) e o comprimento da antena (l), o contorno deste toróide sofrerá alterações.

Os resultados gerados pelo programa diferem um pouco dos resultados práticos devido aos fatores que não foram levados em consideração, como a permeabilidade do meio de transmissão e o diâmetro da antena.

Referências

- AMANOOGAWA - Amanogawa.com Interactive Software for Education. <http://www.amanogawa.com/> Acesso em 12 mar 2008.
- ANTENAS - Ambiente Computacional – Departamento de Engenharia Elétrica - UFPA <http://www.ufpa.br/dee/lea/antenas.htm> Acesso em 18 maio 2008.
- CHAPMAN, Stephen J. Programação em Matlab para Engenheiros, Thomson, São Paulo, 2003.
- CST Studio – 3D EM Field Simulator – Computer Simulation Technology – <http://www.cst.com> Acesso em 26 julho 2008.
- ELLIOTT, Robert S. Antenna Theory and Design. IEEE Press, Nova Jersey, 2003.
- KRAUS, John D., Antennas, McGraw-Hill, Nova Iorque, 1950.



-ORFANIDIS, Sophocles J. Electromagnetic Waves and Antennas. Rutgers University, Piscataway, 2008.

-RIOS, Luiz Gonzaga; PERRI, Eduardo Barbosa. Engenharia de Antenas. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2002.