UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA

SEMESTRE 2024.1

Trabalho 01 - Guias e Ondas

ALUNO: João Vitor de Oliveira Fraga

MATRÍCULA: 537377

CURSO: Engenharia de Telecomunicações

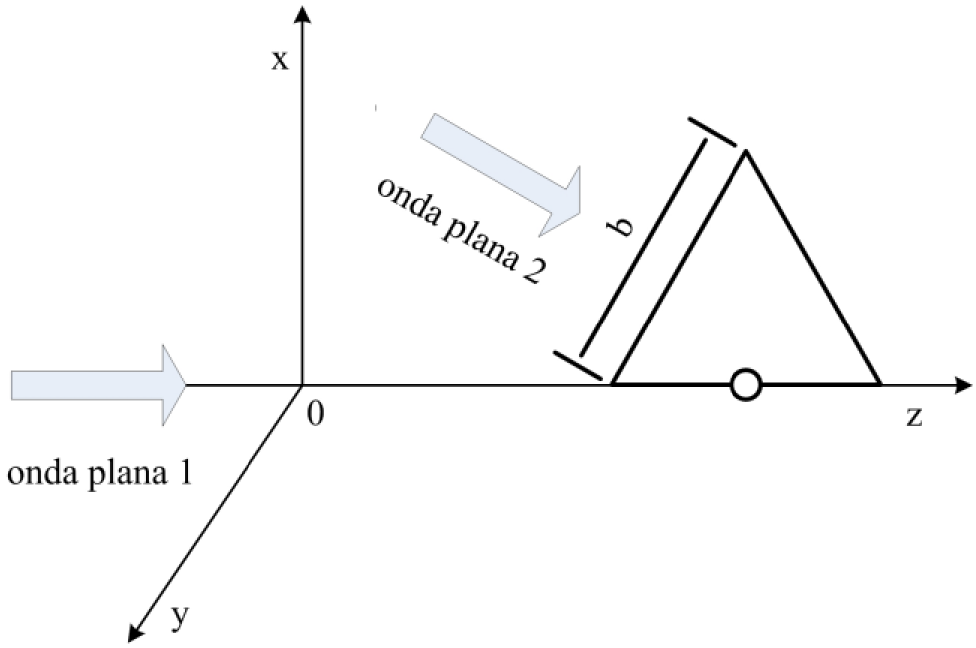
PROFESSOR: Sergio Antenor de Carvalho

DISCIPLINA: Guias e Ondas

QUESTÃO Nº 1

Projete a antena triangular equilátera mostrada na figura para a recepção ótima de uma onda plana $E = E_0\hat{a}_x e^{-jk_0z} V/m$ na frequência f. Faça um gráfico da fem induzida em função da frequência mostrando a faixa em que a fem cai para $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de seu valor máximo. Repita a análise considerando que a onda propaga na direção perpendicular ao lado assinalado b e polarização paralela ao lado. Calcule a razão perímetro/λ.

Figura 1: Antena triangular equilátera



Fonte: Sergio Antenor.

Resposta: Considerando que o valor dada para mim da frequência foi $f = 850MHz$, referente ao dado para o décimo segundo aluno, temos que:

$$fem = \int_0^{\frac{\sqrt{3}b}{2}} |E_0| \cos(\omega t - kz_1)\, dx + \int_{\frac{\sqrt{3}b}{2}}^{0} |E_0| \cos(\omega t - kz_2)\, dx$$

Conseguimos ver que nessa integral nenhum valor depende de x, então temos que:

$$fem = \frac{\sqrt{3}b}{2} |E_0| \left[\cos(\omega t - kz_1) - \cos(\omega t - kz_2)\right]$$

Pela geometria dada na questão é possível observar que $z_2 = z_1 + b$, além disso as váriaveis dentro do cosseno podem ser substituidas por $\phi = \omega t - kz_1$. Após essas alterações chegamos ao seguinte resultado:

$$fem = \frac{\sqrt{3}b}{2} |E_0| [\cos(\phi) - \cos(\phi - kb)]$$

Após realizar substituições trigonométricas obtemos então:

$$fem = \frac{\sqrt{3}b}{2} |E_0| \left[-sen(\phi - k\frac{b}{2}) sen(k\frac{b}{2}) \right]$$

De acordo com a equação apresentada, o primeiro termo senoidal determina as flutuações temporais do sinal, enquanto o segundo termo senoidal é crucial para atingir a amplitude máxima do sinal. No modelo discutido, a amplitude máxima é obtida quando o valor do segundo seno atinge $+1$. Logo: $sen(k\frac{b}{2}) = +1$. Isso só ocorre quando:

$$k\frac{b}{2} = (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

Após considerar uma série de etapas arbitrárias e partindo do pressuposto que $n = 0$, e considerando que a onda se propaga à mesma velocidade que no vácuo, usando ainda o valor de f fornecido na questão, chegamos ao seguinte resultado:

$$b = \frac{c}{2f} \approx \frac{3x10^8}{2x850MHz} \approx 0.17647058823$$

Então, o tamanho ideal da lateral da antena para m´aximo aproveitamento da Fem seria cerca de 0.17647058823m.

O perímetro sendo igual $\Delta = 3b$, sendo assim:

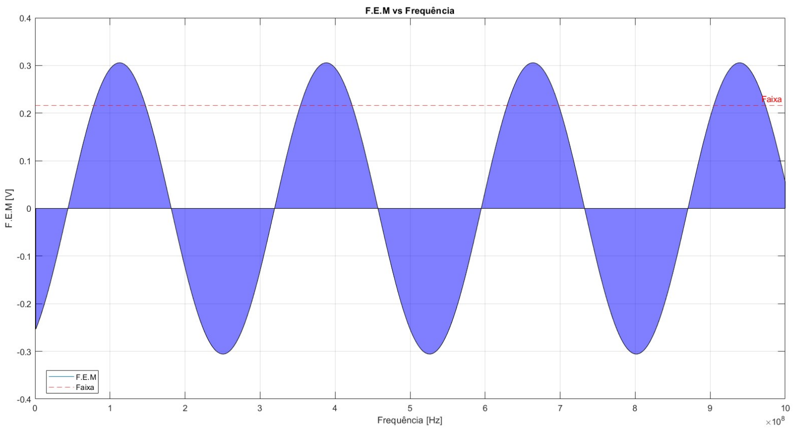
$$3b = (2n+1)\frac{3\lambda}{2}$$

Logo, o que a questão pede é a relação perímetro/λ, que quando ajeitamos a equação anterior conseguimos obter a partir de:

$$\frac{\Delta}{\lambda} = (2n+1)\frac{3}{2}$$

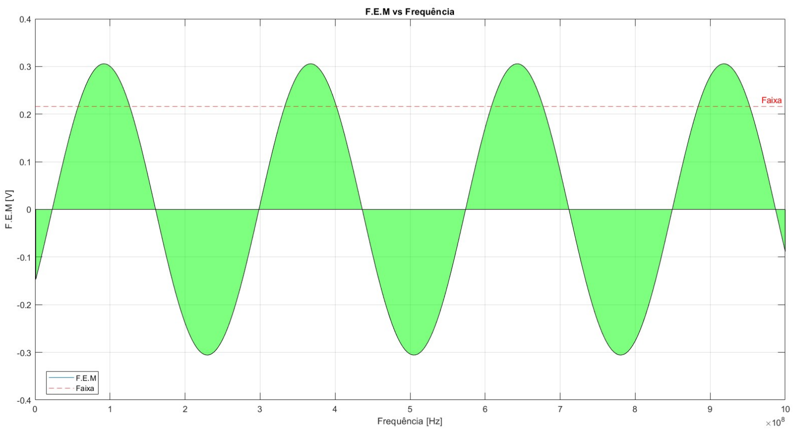
A partir dessa análise e fazendo o código disponibilizado no final do relatório, conseguimos:

Figura 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

Obtendo esses resultados conseguimos então inferir que os gráficos mostram como a força eletromotriz (fem) induzida muda com a frequência. O gráfico verde representa uma condição de propagação diferente da do gráfico azul. A linha pontilhada vermelha nos gráficos marca o ponto onde a fem é reduzida para $\frac{1}{\sqrt{2}}$ do seu pico, indicando a largura de banda efetiva da antena. Uma largura de banda mais ampla é melhor, pois significa que a antena pode lidar com uma variedade maior de frequências. As diferenças entre os gráficos sugerem que o design da antena pode precisar de ajustes para melhorar sua eficiência. A relação perímetro/comprimento de onda (λ) é importante para o design, influenciando como a antena interage com as ondas de diferentes frequências.

Código

Segue código em MatLab feito para resolver a questão:

```
% Primeira parte
% Definindo os parametros a ser usado
discretization = 1000;
c =  physconst('lightspeed'); %Váriavel da Velocidade da Luz

f = linspace(1e6, 1e9, discretization); % Intervalo de frequência
e0 = 1; % Amplitude
b = 0.17647058823; % Comprimento da antena a partir da relação b=c/2f
z1 = 1;
t_seconds = 200;

% Cálculos necessários para encontrar a f.e.m induzida
lamb = c ./ f; % Comprimento de onda
k = 2*pi ./ lamb; % Número de onda
frequencia_ang = 2*pi*f; %Frequência Angular
phi = (frequencia_ang .* t_seconds) - (k - z1);

% Cálculo da f.e.m induzida
fem = (sqrt(3) * b) * e0 * (-sin(phi - (k .* b) / 2));

% Cálculo do valor máximo que a f.e.m atinge
max_fem = max(abs(fem));

% Cálculo do valor de limiar para 1/sqrt(2) do valor máximo
threshold = max_fem / sqrt(2);

% Gráfico
plot(f, fem);
hold on;
yline(threshold, 'r--', 'Faixa');
fill([f, fliplr(f)], [fem, zeros(size(fem))], 'b', 'FaceAlpha', 0.5);
hold off;
xlabel('Frequência [Hz]');
ylabel('F.E.M [V]');
```

```
title('F.E.M vs Frequência');
legend('F.E.M', 'Faixa', 'Location', 'best');
grid on
%%
% Atualização a fase
phi = frequencia_ang .* t_seconds - (k .* z1) + pi/6;

% Recalculando todos os valores necessários
fem = (sqrt(3) * b) * e0 * (-sin(phi - (k .* b) / 2));
max_fem = max(abs(fem));
threshold = max_fem / sqrt(2);

% Achando a banda de frequência onde a f.e.m fica inferior ao limiar
below_threshold = f(fem < threshold);

% Gráfico
plot(f, fem);
hold on;
yline(threshold, 'r--', 'Faixa');
fill([f, fliplr(f)], [fem, zeros(size(fem))], 'g', 'FaceAlpha', 0.5);
hold off;
xlabel('Frequência [Hz]');
ylabel('F.E.M [V]');
title('F.E.M vs Frequência');
legend('F.E.M', 'Faixa', 'Location', 'best');
grid on
```