

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J.S. Moreira

Lista 1 - Entregar até o dia 19 de agosto de 2005.

0 - Estudar o Capítulo 7 do livro do Cheng (David K. Cheng, *Field and Wave Electromagnetics*, 2nd Ed., Addison-Wesley, NY, 1989).

1 - Problema 7.16 do livro do Cheng.

2 - Problema 7.19 do livro do Cheng.

3 - Problema 7.23 do livro do Cheng.

4 - Problema 7.30 do livro do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J.S. Moreira

Lista 2 - Entregar até o dia 26 de agosto de 2005.

0 - Estudar o Capítulo 7 e as Seções 8.1–8.5 do livro do Cheng.

1 - Das eqs. de Maxwell e utilizando o conceito de permissividade complexa para meios lineares, homogêneos e isotrópicos, prove que:

$$\frac{1}{2} \nabla \cdot (\vec{E} \times \vec{H}^*) = -\frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{J}_f^* - \frac{j\omega\mu}{2} |\vec{H}|^2 + \frac{j\omega}{2} \left(\varepsilon' + j\varepsilon'' + j\frac{\sigma}{\omega} \right) |\vec{E}|^2$$

2 - Uma onda plana uniforme propaga-se no vácuo, indo de $\vec{r} = \hat{x} - 2\hat{y} + 3\hat{z}$ até $\vec{r} = 2\hat{x} + 2\hat{y} + 4\hat{z}$. O fasor campo elétrico $\vec{E} = (2\hat{x} + A\hat{y}) \exp(-j\vec{k} \cdot \vec{r})$ V/m. Sendo $f = 900$ MHz, determine:

- a) o vetor $\vec{k}$ em rad/m;
- b) a constante A em V/m;
- c) a expressão de $\vec{H}$ em A/m;
- d) a densidade de potência em W/m². Note que densidade de potência é uma grandeza escalar.

3 - Uma onda plana uniforme propaga-se em um meio dispersivo, onde $\varepsilon_r = 3$, $\mu = \mu_o$ e $\sigma = 1$ S/m. Assuma que a direção de propagação $\hat{k} = \hat{z}$ e que $\vec{E} = 10\hat{x}$ V/m na origem. Sendo $f = 10$ GHz, determine:

- a) a impedância característica do meio;
- b) o vetor de propagação $\vec{k}$;
- c) a representação fasorial de $\vec{E}$ e $\vec{H}$;
- d) a densidade de potência média (W/m²) em $z = 0$ e em $z = 1$ m.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J.S. Moreira

Lista 3 - Entregar até o dia 2 de setembro de 2005.

0 - Estudar os Capítulos 7 e 8 do livro do Cheng.

1 - Problema 8.8 do Cheng.

2 - Problema 8.9 do Cheng. Neste caso, assuma μ real e ε complexo dado por $\varepsilon - j\sigma/\omega$ (ou seja, $\varepsilon' = \varepsilon$ e $\varepsilon'' = 0$). O truque é obter duas equações para obter as componentes de $k = \beta - j\alpha = \omega\sqrt{\mu(\varepsilon - j\sigma/\omega)}$. Tente k^2 e $|k|^2 = kk^*$.

3 - Problema 8.11 do Cheng.

4 - Problema 8.16 do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 4 - Entregar até o dia 16 de setembro de 2005.

0 - Estudar Capítulos 7 e 8 do livro do Cheng.

1 - Seja uma onda plana uniforme incidente sobre a interface plana entre dois meios dielétricos ideais (ou seja, sem perdas). A incidência é interna e o ângulo de incidência é maior do que o crítico. Utilizando a notação apresentada em aula, determine a expressão do vetor de Poynting complexo (em função das características dos meios, frequência e ângulo de incidência, **para as duas polarizações**) da onda plana transmitida e **discuta** os resultados. Como a onda não é uniforme, use a expressão $\vec{S} = (\vec{E} \times \vec{H}^*)/2$.

2 - Problema 8.28 do livro do Cheng.

3 - Problema 8.35 do livro do Cheng.

4 - Problema 8.40 do livro do Cheng. Neste caso, despreze as múltiplas reflexões no interior do prisma. Note também que nem toda a potência incidente é transmitida para o interior do prisma.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 5 - Entregar até o dia 23 de setembro de 2005.

- 0 - Estudar os Capítulos 7 e 8 do livro do Cheng.
- 1 - Problema 8.17 do livro do Cheng.
- 2 - Problema 8.20 do livro do Cheng.
- 3 - Problema 8.22 do livro do Cheng.
- 4 - Problema 8.27 do livro do Cheng.
- 5 - Problema 8.41 do livro do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J.S. Moreira

Lista 6 - Entregar até o dia 7 de outubro de 2005.

0 - Estudar Capítulo 8 e Seções 9.1–9.4 do livro do Cheng.

1 - Problema 9.1 do Cheng.

2 - Problema 9.2 do Cheng. Note que isto foi apresentado em aula sem maiores demonstrações matemáticas. Realize-as agora.

3 - Problema 9.7 do Cheng. Simplesmente uma série de Taylor indo até o terceiro termo.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 7 - Entregar até o dia 14 de outubro de 2005.

0 - Estudar Seções 9.1–9.4 do livro do Cheng.

1 - Problema 9.9 do Cheng. Note que, de acordo com a notação do livro,

$$k = \beta - j\alpha = \sqrt{-(R + j\omega L)(G + j\omega C)}.$$

Se $R \neq 0$, tal grandeza não é igual a $\omega\sqrt{\mu(\varepsilon' - j\varepsilon'' - j\sigma/\omega)}$, onde os parâmetros ao lado referem-se ao meio dielétrico da linha. Quanto ao enunciado, tais medidas são possíveis numa bancada, permitindo uma obtenção prática dos parâmetros da linha (veja Problema 9.19 do Cheng).

2 - Problema 9.10 do Cheng.

3 - Problema 9.13 do Cheng. Note que, sendo $\gamma = jk = \alpha + j\beta$,

$$\begin{aligned}\tanh(\gamma\ell/2) &= \tanh(jk\ell/2) = j \tanh(k\ell/2) = j \tanh[(\beta - j\alpha)\ell/2] \\ &= j \frac{\sin(\beta\ell/2) \cos(-j\alpha\ell/2) + \cos(\beta\ell/2) \sin(-j\alpha\ell/2)}{\cos(\beta\ell/2) \cos(-j\alpha\ell/2) - \sin(\beta\ell/2) \sin(-j\alpha\ell/2)} \\ &= j \frac{\sin(\beta\ell/2) \cosh(\alpha\ell/2) - j \cos(\beta\ell/2) \sinh(\alpha\ell/2)}{\cos(\beta\ell/2) \cosh(\alpha\ell/2) + j \sin(\beta\ell/2) \sinh(\alpha\ell/2)} \\ &= \frac{\tanh(\alpha\ell/2) + j \tanh(\beta\ell/2)}{1 + j \tanh(\beta\ell/2) \tanh(\alpha\ell/2)}.\end{aligned}$$

Ou então, use aquela calculadora espetacular...

4 - Problema 9.19 do Cheng. Note o que foi feito no Problema 9.9. Se necessário, deixe em função de ω .

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 8 - Entregar até o dia 28 de outubro de 2005.

0 - Estudar Seções 9.1–9.4 do livro do Cheng.

1 - Problema 9.23 do Cheng. Em todos os itens, são pedidos valores para $\text{TOE}=3$.

2 - Problema 9.24 do Cheng.

3 - Problema 9.26 do Cheng. Basta fazer com que impedância $Z(\ell')$ no final da linha intermediária case com os $R_o = 50\Omega$ da linha definitiva.

4 - Problema 9.27 do Cheng. Observe o Problema 9.29.

5 - Problema 9.31 do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 9 - Entregar até o dia 4 de novembro de 2005.

0 - Estudar Seções 9.1–9.4, 9.6 e 9.7 do livro do Cheng. A carta de Smith encontra-se disponível em www.cpdee.ufmg.br/~fernando/material.html. Use uma carta por problema.

1 - Problemas 9.42 e 9.43 do Cheng.

2 - Problema 9.45 do Cheng.

3 - Problema 9.46 do Cheng.

4 - Problema 9.47 do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 10 - Entregar até o dia 11 de novembro de 2005.

0 - Estudar Seções 9.1–9.4, 9.6 e 9.7 do livro do Cheng.

1 - Uma LT possui as seguintes características: $C = 80 \text{ pF/m}$, $L = 0,2 \mu\text{H/m}$, $R = 2 \times 10^{-5} \Omega/\text{m}$ e $G = 10^{-5} \text{ S/m}$. A frequência de operação é 850 MHz. Assumindo que os valores acima variam muito pouco com a frequência, determine:

- a) a impedância característica Z_o ;
- b) a constante de propagação k ;
- c) a velocidade de fase;
- d) a velocidade de grupo;
- e) as perdas em dB/Km.

2 - Seja um gerador ligado a uma carga Z_L através de uma LT de comprimento ℓ . A LT possui as características indicadas no problema anterior e a frequência continua sendo 850 MHz. Seja também $V_g = 1 \text{ V}$ (valor de pico), $Z_g = Z_L = 50 \Omega$ e $\ell = 1 \text{ m}$. Determine a potência entregue à Z_L .

3 - Seja um gerador ligado a uma carga Z_L através de uma LT de comprimento ℓ , de forma que $V_g = 1 \text{ V}$ (valor de pico), $Z_g = 75 \Omega$, $Z_o = 50 \Omega$ e $\ell = 1,7 \lambda$. Determine Z_L de modo a maximizar a potência transferida para a carga nas condições impostas acima. Dica: use a carta de Smith; mas explique com clareza o raciocínio utilizado.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 11 - Entregar até o dia 25 de novembro de 2005.

0 - Estudar as Seções 10.1–10.4 do Cheng.

1 - Problema 10.1 do Cheng.

2 - Problemas 10.4 e 10.5 do Cheng.

3 - Problema 10.16 do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 12 - Entregar até o dia 2 de dezembro de 2005.

0 - Estudar as Seções 10.1–10.4 do Cheng.

1 - Problema 10.7 do Cheng.

2 - Problema 10.11 do Cheng.

3 - Problema 10.17 do Cheng.

4 - Problema 10.18 do Cheng.

Teoria da Irradiação e Ondas Guiadas

Prof. Fernando J. S. Moreira

Lista 13 (última) - Entregar até o dia 16 de dezembro de 2005.

0 - Estudar as Seções 10.1–10.4 e 10.7 do Cheng.

1 - Problema 10.38 do Cheng.

2 - Problema 10.40 do Cheng. Assuma paredes condutoras perfeitas.