

*LISTA de exercícios da disciplina SEL413 Telecomunicações. A lista não está completa e mais exercícios serão adicionados no decorrer do semestre. Consulte o site do docente para verificar quais são os exercícios que devem ser entregues de acordo com o calendário de entrega, divulgado na primeira aula.*

## 1. Notação fasorial

- 1.1. Encontrar a notação fasorial dos vetores: (a)  $\vec{V}(t) = 3 \cos(\omega t) \hat{x} + 4 \sin(\omega t) \hat{y} + \cos(\omega t + \pi/2) \hat{z}$ ; (b)  $\vec{E}(t) = [3 \cos(\omega t) + 4 \sin(\omega t)] \hat{x} + 8[\cos(\omega t) - \sin(\omega t)] \hat{z}$ ; (c)  $\vec{A} = 0,5 \cos(kz - \omega t) \hat{x}$ .
- 1.2. Obter a notação fasorial (se possível) das funções: (a)  $V(t) = 6 \cos(\omega t + \pi/4)$ ; (b)  $I(t) = -8 \sin(\omega t)$ ; (c)  $A(t) = 3 \sin(\omega t) - 2 \cos(\omega t)$ .

## 2. Tensão, corrente e impedância

- 2.1. Um resistor de 5 k $\Omega$  e um capacitor  $C$  estão em série e a admitância da associação é  $Y_e$ . Seja  $\omega = 10^7$  rad/s. Determinar  $C$  de tal forma que: (a) a parte condutiva de  $Y_e$  seja 100  $\mu$ S; (b) a susceptância de  $Y_e$  seja 50  $\mu$ S; (c) o ângulo de  $Y_e$  seja  $60^\circ$  (exercício do livro do Hayt, Análise de circuitos em engenharia, cap. 9).
- 2.2. Entre os terminais  $a$  e  $b$  de um circuito há um capacitor  $C$  em série com a associação em paralelo de um resistor de 2 k $\Omega$  com um indutor de 2 mH. Determinar  $C$  de tal forma que a susceptância da admitância de entrada seja zero em 20 kHz (exercício do livro do Hayt, Análise de circuitos em engenharia, cap. 9).
- 2.3. Três correntes que chegam a um nó de circuito são  $i_1(t) = 10 \cos(\omega t - 40^\circ)$ ,  $i_2(t) = 8 \cos(\omega t - 100^\circ)$  e  $i_3(t) = 15 \cos(\omega t + 30^\circ)$  A. Determinar a corrente que deixa o nó por um quarto condutor (exercício do livro do Hayt, Análise de circuitos em engenharia, cap. 9).
- 2.4. A tensão  $v(t) = 20 \cos(2000t + 60^\circ)$  V está aplicada a um elemento de circuito e a corrente resultante é  $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$  A. (a) Determinar  $\omega$ ,  $\varphi$  e  $L$  se o elemento for um indutor e  $I_m = 0,1$  A; (b) Determinar  $\omega$ ,  $\varphi$  e  $C$  se o elemento for um capacitor e  $I_m = 0,1$  A (exercício do livro do Hayt, Análise de circuitos em engenharia, cap. 9).

## 3. Fasor e parâmetros de onda

- 3.1. A estrela  $\alpha$ -centauro dista da Terra aproximadamente 4,33 anos-luz. Um ano-luz é uma unidade de comprimento que corresponde à distância coberta pela luz em um ano. Qual é a distância entre a Terra e a estrela  $\alpha$ -centauro em km?
- 3.2. Determinar as unidades (SI) das seguintes quantidades, relacionadas com uma onda eletromagnética:  $\omega$  (Frequência angular),  $k$  (número de onda),  $f$  (Frequência),  $T$  (período) e  $\lambda$  (comprimento de onda).

- 3.3. Um laser de hélio-neônio emite luz em um comprimento de onda  $6,328 \times 10^{-7} \text{ m}$  no ar. Calcular a Frequência, período e número de onda.
- 3.4. Uma onda senoidal move-se na direção  $+z$  com velocidade  $1,8 \times 10^{10} \text{ cm/s}$ . Um observador localizado em  $z = 5 \text{ cm}$  observa uma tensão máxima de  $80 \text{ mV}$  em  $t = 0,15 \text{ ns}$ ,  $t = 0,35 \text{ ns}$ ,  $t = 0,55 \text{ ns}$ , e assim por diante. Determinar o fasor representando esta onda (exercício 1.7 do livro do Schwarz).
- 3.5. O fasor representando uma onda é dado por  $v(z) = 3(2 - 3j)\exp(j0,6z)$ , na qual  $z$  é dado em  $\text{cm}$ . Determinar: (a) o comprimento de onda; (b) o menor tempo após  $t = 0$  em que tensão é máxima em  $z = 0$  (exercício 1.5 do livro do Schwarz).

#### 4. Linha de transmissão

- 4.1. Uma linha de transmissão de impedância característica  $Z_0 = 50 \Omega$  é terminada por uma impedância de carga  $Z_L = (50 - j75)\Omega$ . Determinar o coeficiente de reflexão a uma distância  $0,25\lambda$  da carga.
- 4.2. Uma linha de transmissão sem perdas com impedância característica  $Z_0 = 300 \Omega$  é ligada a uma carga  $200 \Omega$ . A Frequência é  $300 \text{ MHz}$ . Calcular a impedância de entrada da linha para comprimentos  $12 \text{ cm}$ ;  $20 \text{ cm}$ ;  $30 \text{ cm}$  e  $50 \text{ cm}$ .
- 4.3. Uma carga  $Z_L = (200 + j40)\Omega$  é ligada a uma linha sem perdas de comprimento  $1,25\lambda$  e  $Z_0 = 150 \Omega$ . Determinar a admitância na entrada da linha.
- 4.4. Determinar a impedância de carga de uma linha de transmissão sem perdas se a impedância característica é  $Z_0 = 100 \Omega$ , o comprimento da linha é  $0,15\lambda$  e a impedância vista na entrada é  $Z_e = (18 - j30)\Omega$ .
- 4.5. A tensão em uma linha de transmissão sem perdas terminada por carga desconhecida é medida em várias posições. O maior valor da amplitude é  $1,3 \text{ V}$  e a menor é  $0,9 \text{ V}$ . Determinar o módulo do coeficiente de reflexão.

#### 5. Ondas: Campos Elétrico e Magnético

- 5.1. Uma onda plana de frequência  $\omega$  propaga-se no vácuo na direção do vetor unitário  $A\hat{x} + B\hat{y}$ , na qual  $A = 0,65$  e  $B = 0,76$ . O campo elétrico está na direção  $z$ , a amplitude é  $\bar{E}_0$  e o ângulo de fase na origem é zero. Determinar o fasor  $\bar{E}_z$ .
- 5.2. Uma onda plana uniforme propagando-se no ar incide sobre um material dielétrico formando um ângulo de  $45^\circ$  com a normal à interface. A onda transmitida forma um ângulo de  $30^\circ$  com a normal. A Frequência é  $300 \text{ MHz}$  e a polarização é paralela ao plano de incidência. Determinar: (a) A constante dielétrica relativa do meio 2; (b) O coeficiente de reflexão.

- 5.3. Determinar a polarização (linear, circular ou elíptica, mão esquerda ou mão direita) dos seguintes campos: (a)  $\vec{E} = (j\hat{x} + \hat{y})\exp(-jkz)$  e (b)  $\vec{E} = [(1+j)\hat{y} + (1-j)\hat{z}]\exp(-jkx)$ .
- 5.4. Determinar o fasor que representa o campo elétrico  $\vec{E}(x, y, z, t) = [Ax^2 \cos(\omega t + 30^\circ)]\hat{y} - [Bz \sin \omega t]\hat{x}$ , na qual  $A$  e  $B$  são constantes.
- 5.5. Um campo elétrico senoidal é descrito pelo fasor  $\vec{E} = A_0 e^{jkx}\hat{x} + B_0 e^{j\varphi} e^{-jkx}\hat{y}$ , na qual  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $k$  e  $\omega$  são constantes reais dadas. (a) Determinar o vetor  $\vec{E}$  em função do tempo; (b) Esboçar o vetor  $\vec{E}$  no plano  $x$ - $y$  nos instantes  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  e  $t_5$ , de tal forma que  $\omega t_1 = 0$ ,  $\omega t_2 = \frac{\pi}{2}$ ,  $\omega t_3 = \pi$ ,  $\omega t_4 = \frac{3\pi}{2}$ ,  $\omega t_5 = 2\pi$ .

## 6. Fibra Óptica

- 6.1. Explicar as diferenças entre fibras multimodo e monomodo.
- 6.2. Explicar as diferenças entre perfis de índice de refração degrau e gradual de fibras ópticas.

## 7. Decibel

- 7.1. Determinar as potências em watt de: (a) 0 dBm; (b) -10 dBm; (c) -70 dBm; (d) 1 dBm; (e) 90 dBm.
- 7.2. Determinar as relações adimensionais de: (a) 0 dB; (b) 1 dB; (c) 3 dB; (d) 25 dB; (e) 100 dB.
- 7.3. Realizar as operações: (a) 4 dBm+10 dB; (b) 4 dBm-10 dB; (c) -14 dBm-20 dB; (d) 4 dBm+4 dBm; (e) 4 dBm-10 dBm. Respostas em dBm.

## 8. Ganho de Amplificador e Ruído

- 8.1. Dois amplificadores estão conectados em cascata. O ganho do 1º amplificador é 25 dB e o do 2º, 20 vezes. Determinar o ganho da associação em dB.
- 8.2. Dois amplificadores estão conectados em cascata. O ganho do 1º amplificador é 25 dB e o do 2º, 20 dB. A potência de entrada no 1º amplificador é 10 mW. Determinar a potência na saída do 2º amplificador e dBm.
- 8.3. Dois amplificadores estão conectados em cascata. O primeiro amplificador possui figura de ruído de 12 dB e ganho de potência de 18 dB. O segundo amplificador possui figura de ruído de 5 dB e ganho de potência de 13 dB. (a) A figura de ruído da associação de amplificadores; (b) se a potência de sinal na entrada do primeiro amplificador é  $P_1 = 15$  dBm, calcular a potência na saída do segundo amplificador, em watt.

- 8.4. Um amplificador de microondas opera em 10 GHz com largura de faixa  $BW=1$  MHz e ganho de potência  $G_p=12$  dB. A temperatura do sistema é  $T_s=25^\circ$  C e a contribuição de ruído do amplificador na saída é  $P_{N,amp}=2\times 10^{-3}$  pW. Calcular: (a) A relação sinal-ruído na entrada ( $SNR_i$ ), em dB; (b) a relação sinal-ruído na saída ( $SNR_o$ ), em dB; (c) a figura de ruído do amplificador, em dB.
- 8.5. A temperatura de ruído de um amplificador é  $T_e=200$  K e o ganho de potência é 25 dB. O ruído na entrada do amplificador é produzido por um resistor  $R$  em temperatura ambiente ( $T_0=290$  K). Se a potência de sinal na entrada é  $S_e=0,1$  mW, calcular: a) a relação sinal-ruído na entrada; b) a relação sinal-ruído na saída; c) a figura de ruído do amplificador.

## 9. Antena

- 9.1. Calcular o ganho  $G$ , o ângulo de  $\frac{1}{2}$  potência HPBW e o ângulo de 1o. nulo FNBW para uma antena parabólica de  $D=4$  m operando em  $\lambda=2$  cm (15 GHz).
- 9.2. Uma antena isotrópica transmite 120 W de potência de sinal. A 1,5 km de distância uma antena cuja área física é  $6$  m<sup>2</sup> forma ângulo de  $35^\circ$  com a frente de onda. Calcular a potência recebida.

## 10. Enlace Terra-satélite

- 10.1. Um enlace de rádio é formado por estação terrestre e satélite de baixa órbita. As duas estações utilizam antena parabólica. A frequência de operação é 18 GHz e a órbita do satélite está distante 1500 km da superfície da Terra. A eficiência de radiação da antena do satélite é 80 %, a diretividade é 22 dBi e a potência média transmitida para a Terra é 1 W. O diâmetro da antena receptora na Terra é 4 m e a eficiência de radiação é 100 %. Calcular: (a) o ganho da antena do satélite, em dB; (b) o ganho da antena terrestre, em dB; (c) a potência recebida pela antena da estação terrestre, em dBm.
- 10.2. O receptor de uma rede local sem fio é formado por um filtro passa-baixas com largura de faixa 200 MHz, frequência central 2,4 GHz e perda por inserção  $L=1,5$  dB. Logo após o filtro há um amplificador de ganho 13 dB e figura de ruído 2,5 dB. O estágio seguinte é também um amplificador de ganho 17 dB e figura de ruído 2 dB. O sistema está à temperatura ambiente. (a) determinar a figura de ruído global do receptor; (b) determinar a relação sinal-ruído na entrada se a potência de sinal na entrada é -65 dBm; (c) os dispositivos podem ser rearranjados para proporcionar uma figura de ruído menor?