

Lista de Exercícios no. 4

- 1) Qual o comprimento de uma linha sem perdas curto-circuitada na sua extremidade e cuja admitância de entrada é $Y_{en} = j 10^{-2} \text{ S}$? Admitir $Z_0 = 50 \Omega$ e comprimento de onda $\lambda = 1 \text{ m}$. ($L = (0,3238 + n) \text{ m}$)
- 2) Uma linha de transmissão qualquer, de comprimento L , e impedância característica Z_0 , está terminada por uma impedância Z_L . Indicando-se por V_1 e I_1 a tensão e a corrente na entrada da linha, e por V_2 e I_2 a tensão e a corrente no final da linha, determinar a expressão para a tensão e a corrente no início da linha (V_1, I_1) em função de V_2, I_2, Z_0, L e γ (constante de propagação).

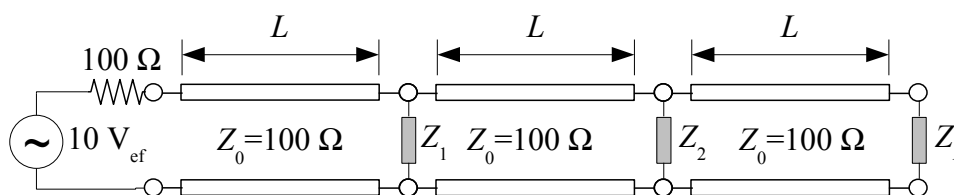
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma L) & Z_0 \sinh(\gamma L) \\ \frac{\sinh(\gamma L)}{Z_0} & \cosh(\gamma L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Ábaco de Smith

- 3) Uma linha de impedância característica $Z_0 = 75 \Omega$ é terminada por uma impedância Z_L . Determinar, **utilizando o ábaco de Smith**, o coeficiente de reflexão da carga, Γ_L , e o COE na linha para os valores seguintes:
 - a) $Z_L = 225 \Omega$;
 - b) $Z_L = 75 \Omega$;
 - c) $Z_L = 15 \Omega$;
 - d) $Z_L = j 45 \Omega$;
 - e) $Z_L = j 225 \Omega$;
 - f) $Z_L = (45 + j 120) \Omega$;
- 4) Na extremidade de uma linha de transmissão, sem perdas e de impedância característica 75Ω , coloca-se uma carga $Z_L = (75 + j 75) \Omega$. Calcular a impedância de entrada da linha para os comprimentos seguintes:
 - a) $L = \lambda/8$;
 - b) $L = \lambda/4$;
 - c) $L = 0,45 \lambda$;
 - d) $L = \lambda/2$;
 - e) $L = \lambda$;
 - f) a que distância da carga a impedância de entrada será real ? ($0,088 \lambda + n \lambda/4$)
- 5) No final de uma linha de transmissão sem perdas com $Z_0 = 125 \Omega$, é colocada uma carga $Z_L = (50 + j 162,5) \Omega$.
 - a) Calcular o coeficiente de reflexão no final da linha (módulo e fase); ($0,75 \angle 72^\circ$)
 - b) Calcular o COE ao longo da linha. (7.0)
- 6) Uma linha de transmissão possuindo ar como dielétrico, de impedância característica 50Ω , e de comprimento $L = 34 \text{ cm}$, é terminada por uma resistência $R_L = 12,5 \Omega$. Determinar, na frequência de 150 MHz , a impedância e a admitância de entrada da linha. ($45 + j 71) \Omega$; ($6,4 - j 10) \text{ mS}$)

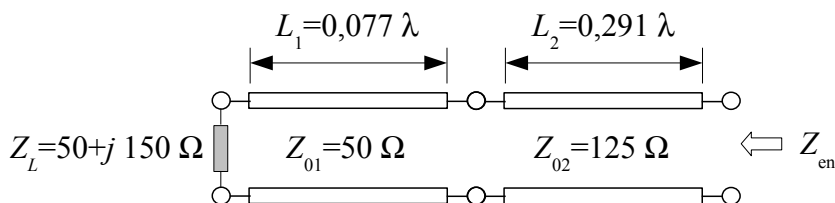
- 7) Uma linha de transmissão sem perdas e de impedância característica 50Ω é terminada por uma impedância desconhecida. A distância que separa dois mínimos consecutivos de tensão é 8 cm e o COE é 2. O primeiro mínimo de tensão está situado a 1,5 cm da carga. Determinar o valor da carga. ($32,5 - j 22,5 \Omega$)
- 8) Uma linha de transmissão sem perdas, tendo ar como dielétrico, fornece 600 W a uma carga. Verifica-se que a tensão entre os condutores varia ao longo da linha, atingindo um máximo de 300 V_{ef} e um mínimo de 100 V_{ef}, em pontos distanciados entre si de 30 cm. Determine:
- a frequência;
 - o módulo do coeficiente de reflexão;
 - as impedâncias máxima e mínima ao longo da linha;
 - a impedância característica;
 - a máxima defasagem entre tensão e corrente ao longo da linha, e as posições em que ocorrem
- R.: 250 MHz; 0,5; 150Ω ; $16,7 \Omega$; 50Ω ; $\pm 53^\circ$, para fase de $\Gamma = \pm 90^\circ$
- 9) Uma linha de transmissão sem perdas de impedância característica $Z_0 = 50 \Omega$ é terminada por uma impedância Z_L e alimentada por um gerador que fornece uma potência incidente $P_i = 500$ mW.
- Sabendo-se que o COE é 1,4, qual seria a potência transmitida à carga? (486 mW).
 - Qual o valor máximo da impedância ao longo da linha? (70Ω)
 - Quais os valores máximos e mínimos da tensão e da corrente ao longo da linha? (5,833 V_{ef}; 4,167 V_{ef})

10) Dada a associação seguinte



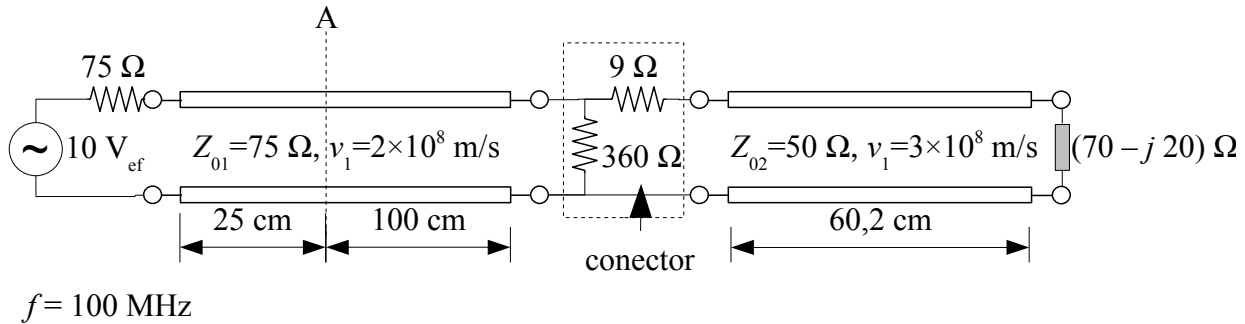
$$Z_1 = j 87 \Omega; Z_2 = 500 \Omega; Z_L = 65 + j 100 \Omega; L = 0,132 \lambda$$

- calcular a impedância de entrada; ($143 + j 15 \Omega$)
 - qual a potência fornecida à entrada da linha ? (241 mW)
- 11) Calcular a impedância de entrada na situação descrita no desenho abaixo:



As linhas são ideais (sem perdas). ($41,3 + j 102,5 \Omega$)

12) Duas linhas de transmissão, sem perdas, de velocidades de propagação e impedâncias características diferentes são interligadas através de uma conexão com perdas como mostra a figura abaixo.



Sendo a frequência de operação 100 MHz, determine:

- o coeficiente de reflexão (módulo e fase) e a impedância de entrada da linha de 50 Ω ; (-0,235; 31 Ω)
- o coeficiente de reflexão (módulo e fase) no ponto A da linha de 75 Ω ; (-0,351)

Supondo, para os itens seguintes, que a impedância de entrada da linha de 50 Ω seja de 31 Ω , determine:

- a impedância da carga que resultou nessa impedância de entrada de 31 Ω ;
- a impedância de entrada da linha de 75 Ω e a potência fornecida pelo gerador à linha. (58,5 + j 46,9) Ω ; 0,29 W
- o valor da tensão eficaz na saída da linha de 75 Ω ; (3,24 V)
- a potência fornecida à carga determinada no item (c). (0,2 W)

Perdas em L.T.

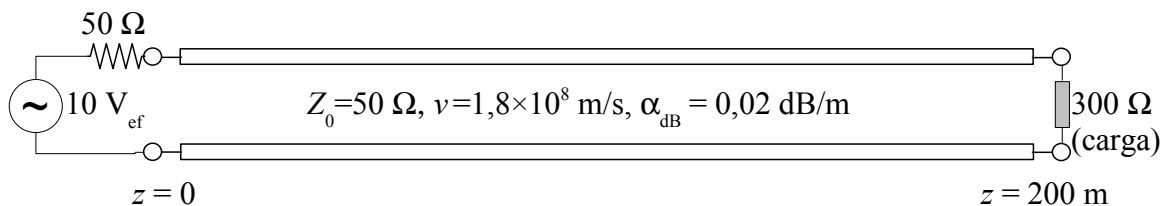
13) Uma linha de transmissão com pequenas perdas tem uma impedância característica igual a 100 Ω . Seu comprimento é $2,4 \lambda$. O COE ao nível da carga é 4, e na entrada da linha é 3. A distância da carga ao primeiro mínimo é $0,1 \lambda$. Pede-se:

- a atenuação total da linha; (0,792 dB + 0,689 dB)
- a impedância da carga; (37 - j 65,9) Ω
- a impedância de entrada. (170 - j 133,3) Ω

14) Uma linha de transmissão, de impedância característica 50 Ω , tem uma taxa de onda estacionária igual a 2, medida próximo à carga. Sabe-se que ocorre um mínimo de corrente a $0,35 \lambda$ da carga. A linha possui comprimento total de $9,5 \lambda$ e atenuação de 0,1 dB/ λ . Calcule:

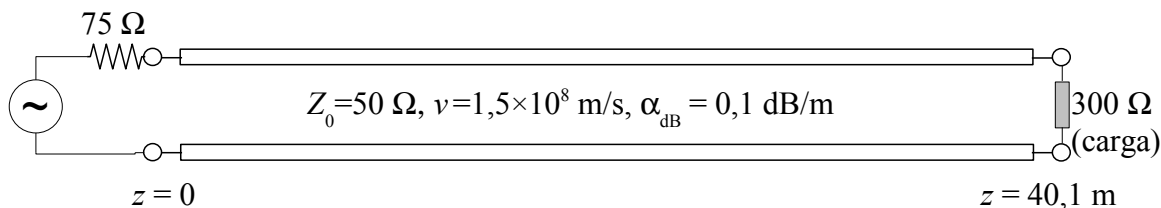
- a impedância da carga; (33,6 - j 24,2) Ω
- a impedância de entrada; (37,4 - j 20,7) Ω
- a atenuação total da linha. (1,14 dB)

- 15)** Uma linha apresenta, na frequência de 360 MHz, atenuação dada por $\alpha_{dB}=0,02$ dB/m, com $Z_0=50\ \Omega$ e $v=1,8\times 10^8$ m/s, tendo 200 m de comprimento, como mostra a figura.



$$f = 360 \text{ MHz}$$

- Determine os coeficientes de reflexão (módulo e fase) na carga e na entrada da linha, e os respectivos valores da TOE (COE). (0,714; 0,2844; 6; 1,8)
 - Calcule a impedância vista na entrada da linha, e o valor da potência fornecida à entrada da linha. (90 Ω , 0,46 W)
 - Determine a atenuação total da linha, em dB, e calcule a potência na carga. (6,73 dB; 0,1 W)
 - Faça um gráfico, cotado, do valor eficaz da tensão próximo ao gerador e próximo à carga.
 - Explique, qualitativamente, como mudarão os valores do coeficiente de reflexão e da impedância na entrada da linha se a frequência do gerador for aumentada de cerca de 0,1%. E quanto à atenuação e à potência dissipada na carga? Calcule esses novos valores para $f = 360,36$ MHz e verifique se suas hipóteses estavam corretas.
- 16)** Uma linha apresenta atenuação dada por $\alpha = 0,1$ dB/m, com $Z_0=50\Omega$ e $v=1,5\times 10^8$ m/s, tendo 40,1 m de comprimento, como mostra a figura.



$$f = 600 \text{ MHz}$$

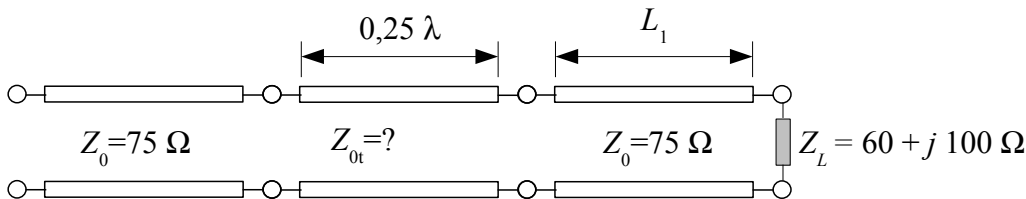
- Determine os coeficientes de reflexão na carga e na entrada da linha, e os respectivos valores da TOE (COE).
- Calcule a impedância vista na entrada da linha.
- Determine a atenuação total da linha, em dB, e calcule a potência na carga, com 20 W na entrada.
- Justifique a afirmação: “uma linha com perdas, muito longa, apresenta impedância de entrada próxima a Z_0 , qualquer que seja a carga”.
- Por que a atenuação na linha é maior quando há reflexão?

Casamento de impedâncias

- 17)** A uma linha de transmissão sem perdas e de impedância característica igual a $50\ \Omega$ é conectada uma carga $Z_L = (20 - j 20)\ \Omega$. Deseja-se efetuar o casamento de impedância com o emprego de toco em curto ($Z_0 = 50\ \Omega$) a uma distância L_1 da carga. Determinar o menor comprimento para o toco (L_t) assim como sua distância (L_1) à carga. ($L_1=0,485\ \lambda$; $L_t=0,115\ \lambda$)

- 18)** Determinar os comprimentos de dois tocos para eliminar a onda estacionária sobre uma L.T. sem perdas com $Z_0=300 \Omega$. A distância entre os tocos deve ser de $\lambda/8$ e o primeiro toco deve estar localizado à distância de $\lambda/4$ da carga $Z_L=(100-j50) \Omega$. Admitir tocos em curto-circuito. ($L_{t1}=0,314 \lambda$; $L_{t2}=0,108 \lambda$)

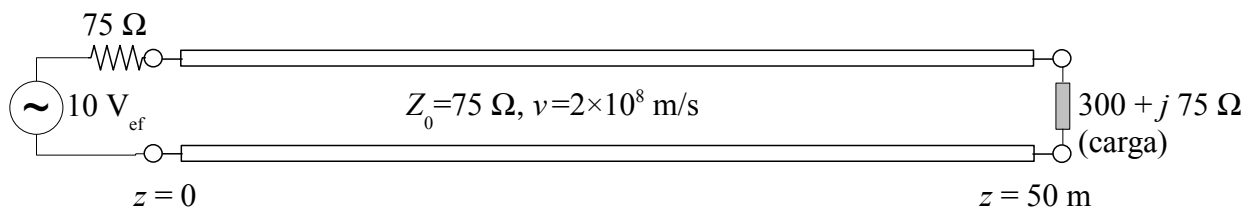
- 19)** Determinar, aproximadamente, a faixa de frequência em que o casamento por transformador de $\lambda/4$ admite $\text{COE} \leq 1,5$, no caso esquematizado (usar o menor L_1 possível):



frequência central = 300 MHz; todas as linhas têm ar como dielétrico.

Sugestão: fazer por tentativa, ou seja, calcular o COE para algumas frequências acima e abaixo de 300 MHz usando a carta de Smith ou fazer para várias frequências usando MATLAB.

- 20)** Considere a linha de transmissão, sem perdas, mostrada abaixo, com $Z_0=75 \Omega$ e $v=2 \times 10^8 \text{ m/s}$, tendo um comprimento de 50 m e estando excitada por um gerador senoidal operando na frequência de 300 MHz.



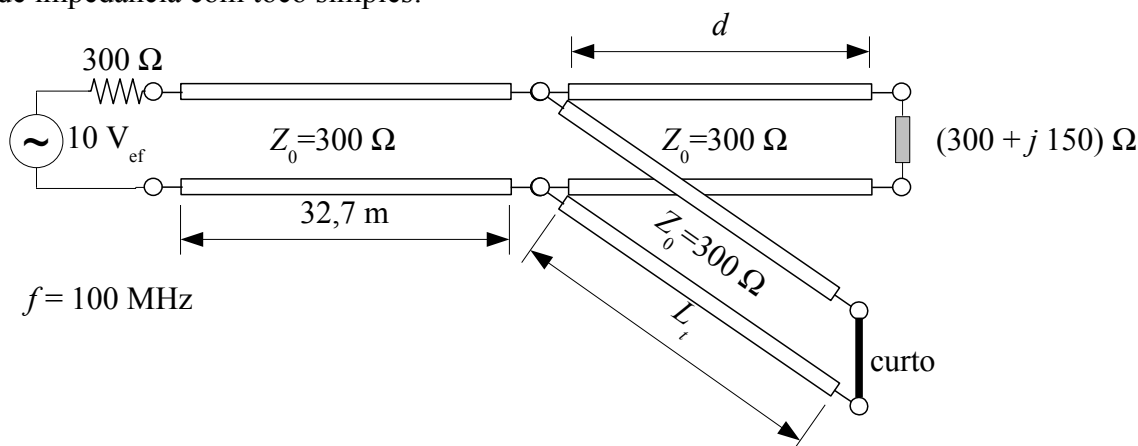
$$f = 300 \text{ MHz}$$

- Determine a posição na linha de transmissão, mais próxima à carga, onde a impedância é puramente resistiva. Qual é essa impedância? (49,9934 m; 320Ω)
- Calcule o tamanho (em metros) e a impedância característica (Z_0') de um trecho de linha de transmissão, com mesmo dielétrico da linha acima, a ser inserido na posição determinada no item (a) de forma a efetuar o casamento por transformador série. (16,67 cm; $154,9 \Omega$)

Se ao invés do casamento por transformador série, optar-se pelo casamento com toco simples, em paralelo, pede-se:

- determine a posição na linha onde a admitância normalizada tem parte real igual a 1. Qual o valor dessa admitância? (49,8746 m; $13,3253+21,0755j \text{ mS}$)
- Determine o tamanho, em comprimentos de onda, de um toco em curto, com $Z_0=50 \Omega$, a ser colocado nessa posição para efetuar o casamento. ($0,1208 \lambda$)
- Se o toco tem ar como dielétrico, calcule o seu comprimento em metros. ($0,1208 \text{ m}$)
- Nas condições do item (d) (carga casada), qual a potência fornecida pelo gerador à entrada da linha? ($0,333 \text{ W}$)
- Ainda nas condições do item (d) (carga casada), determine o valor eficaz da corrente na carga. ($33,3 \text{ mA}$)

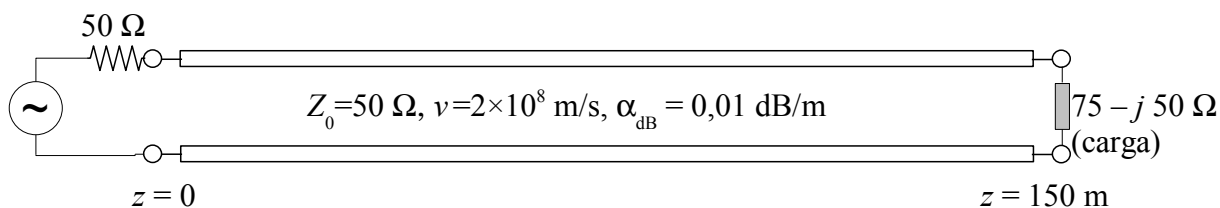
21) Considere a linha de transmissão sem perdas mostrada na figura abaixo, onde todos os trechos tem ar como dielétrico, e impedância característica $Z_0 = 300 \Omega$, e para a qual se pretende efetuar o casamento de impedância com teco simples:



- Determine o menor valor de d para o qual a admitância, vista em direção à carga, tem parte real igual a $1/Z_0$;
- Determine o valor do componente (capacitor em F ou indutor em H) que, se colocado à distância d da carga, casaria a sua impedância com a da linha;
- Calcule o comprimento mínimo L_i de uma linha em curto (toco), colocada à distância d da carga, para casá-la com a linha;
- Determine o valor eficaz da tensão na entrada da linha e na carga, após o casamento;
- Desenhe o gráfico da tensão eficaz ao longo do trecho de linha entre o toco e a carga.

Miscelânea

22) Considere o sistema de transmissão esquematizado:



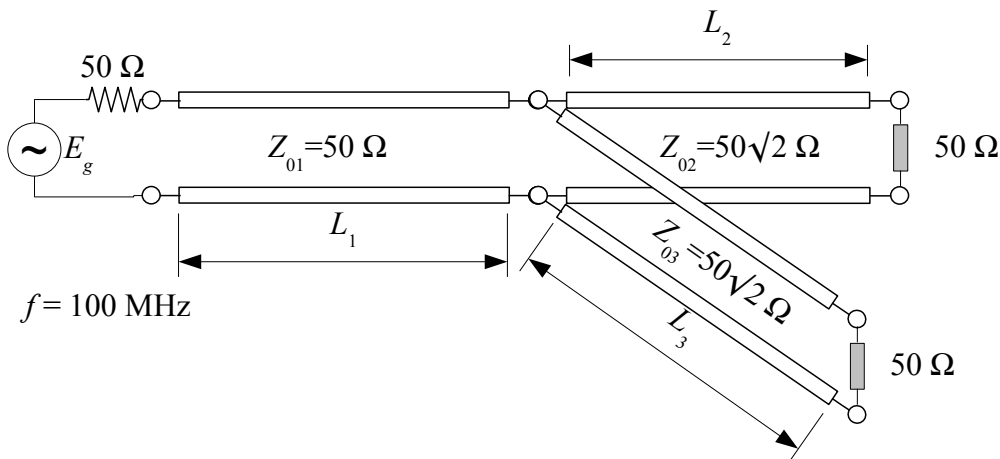
$$f = 1 \text{ GHz}$$

Lembrete: potência disponível de um gerador é a máxima potência que ele pode fornecer.

Calcular:

- a atenuação total da linha;
- eficiência do sistema de transmissão ($\eta = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{disponível}}} \times 100\%$);
- projetar um casador por toco simples em curto-circuito para ser colocado o mais próximo possível da carga;
- desprezando-se as perdas do toco e do trecho entre a carga e o toco, repetir os itens a e b;
- projetar um casador por transformador de $\lambda/4$ para ser colocado o mais próximo possível do gerador;
- desprezando-se a perda do transformador de $\lambda/4$, repetir os itens a e b;
- qual dos dois esquemas de casamento você usaria? Por quê?

23) Três linhas de transmissão, sem perdas, são interconectadas conforme a figura abaixo:

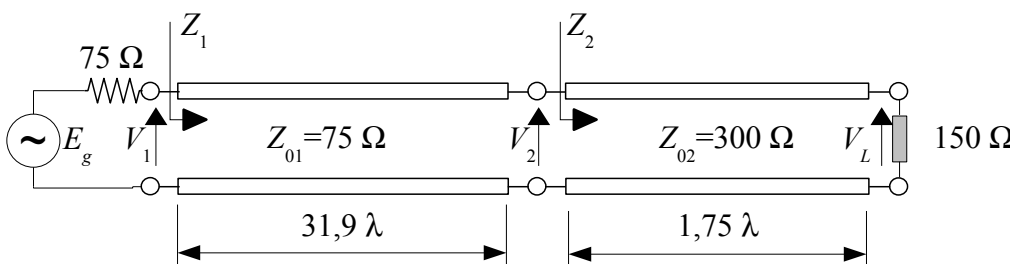


$$L_1 = L_2 = L_3$$

Sendo o gerador senoidal de amplitude 10 V e frequência tal que $L_2 = \lambda/4$, determine:

- a impedância na entrada da linha 2;
- os coeficientes de reflexão na entrada e na saída da linha 1;
- a potência fornecida pelo gerador e as potências dissipadas nas cargas conectadas às saídas das linhas 2 e 3.
- a f.e.m. e a impedância interna do gerador de Thevenin equivalente visto pela linha 2 na sua entrada;
- a potência fornecida por esse gerador à linha 2 se a carga de 50Ω , na saída dessa linha, for substituída por uma carga de 150Ω .

24) A figura abaixo mostra dois trechos de linha de transmissão, em série, ligando o gerador de impedância interna 75Ω e f.e.m. E_g , a uma carga de 150Ω . A primeira linha, de comprimento $31,9 \lambda$, tem impedância característica 75Ω , e a segunda, de comprimento $1,75 \lambda$, tem impedância característica 300Ω .



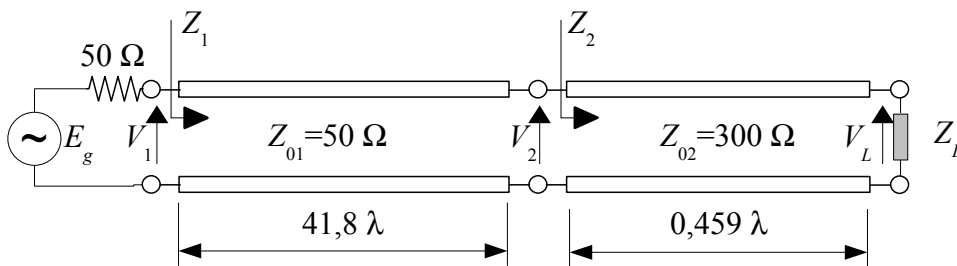
Supondo-se inicialmente linhas sem perdas:

- determine as impedâncias Z_1 e Z_2 vistas nas entradas dos trechos de linha, conforme indicado na figura;
- sendo $E_g = 5 \text{ V}_{\text{ef}}$, determine o valor eficaz de V_L e calcule a potência dissipada na carga de 150Ω ;
- determine a posição (na linha 1, mais próxima à linha 2) e o comprimento (menor possível) de um toco em aberto para eliminar reflexões na linha 1 ($Z_0 = 75 \Omega$);
- nas condições do item (c) (com o toco), calcule o novo valor da potência na entrada da linha 1, ainda para $E_g = 5 \text{ V}_{\text{ef}}$.

Supondo-se, agora, que a linha 1 tenha perdas, com $\alpha = 0,1 \text{ dB}/\lambda$ (linha 2 sem perdas):

- determine a atenuação total das linhas, com o toco do item (c) conectado ao sistema, e o valor da potência dissipada na carga de 150Ω .

- 25)** A figura abaixo mostra dois trechos de linha de transmissão, em série, ligando o gerador de impedância interna 50Ω e f.e.m. E_g , a uma carga Z_L . A primeira linha, de comprimento $41,8 \lambda$, tem impedância característica 50Ω , e a segunda, de comprimento $0,459 \lambda$, tem impedância característica 300Ω .



Supondo-se desprezíveis as perdas na linha 2, e sabendo-se que a impedância vista em sua entrada é $Z_2 = 143 \Omega$, pede-se:

- determine a impedância da carga, Z_L , e o valor do coeficiente de reflexão (módulo e fase) na carga;
- sendo $V_2 = 5 V_{ef}$, determine o valor eficaz da tensão na carga, bem como a potência por ela dissipada;
- trace o gráfico cotado do valor eficaz da corrente ao longo da linha 2;
- determine o valor do coeficiente de reflexão no final da linha 1;

Sabendo-se que a linha 1 tem perdas, com $\alpha = 0,1 \text{ dB}/\lambda$ (linha 2 com perdas desprezíveis):

- determine o valor do coeficiente de reflexão (módulo e fase) na entrada da linha 1, e o valor da impedância nesse ponto;
- determine a atenuação total da linha e o valor da potência fornecida pelo gerador às linhas (com $V_2 = 5 V_{ef}$, como no item b);
- calcule o menor tamanho, e o valor da impedância característica de um trecho de linha de transmissão, a ser colocado na junção entre as linhas, para efetuar o casamento série. Após a colocação desse trecho de linha de transmissão, qual o novo valor da atenuação total das linhas?