

特性インピーダンス (演習問題)

v2.5 Feb.2020

凡例: ♣◇ 教科書 ♡ 演習書 ♠ 他文献

番号: _____ 氏名: _____

1. 内半径 a , 外半径 b の同軸線路の単位長さあたりのキャパシタンス C [F/m] とインダクタンス L [H/m] を, ガウスの法則およびアンペアの法則から求め, 特性インピーダンス $Z_0 = \sqrt{L/C}$ [Ω] ただし, 同軸線路内部は ϵ, μ の媒質で満たされているものとする。また, 波動インピーダンス Z_w および, 固有インピーダンス η と比較せよ。^{*1}
2. 同軸線路の特性インピーダンスは, 単位長さあたりの C [F/m] と L [H/m] の値を使って次式 (1) で与えられる。ただし, a は内導体の半径, b は外導体の内半径であり, $b/a = 3.6$ とする。比誘電率 $\epsilon_r = 1.0$ (空気) および, $\epsilon_r = 2.2$ (ポリエチレン) の場合の特性インピーダンスを求めよ。ただし, $\eta_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi \simeq 377 \Omega$ とする。^{*2}

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{b}{a} \quad (1)$$

3. 幅 W [m], 電極間距離 d [m] からなる平行平板の単位長さあたりの C と L を求め, 特性インピーダンス Z_0 を導出せよ。また, 特性インピーダンス Z_0 が固有インピーダンス η に等しくなるのはどのような構造か。^{*3}
4. 半径 a [m] で導体中心間隔 d [m] の平行 2 線の単位長さあたりの C と L を求め, 特性インピーダンス Z_0 を導出せよ。^{*4}
5. 伝送線路の種類を 5 つ挙げ, 線路断面の電気力線と磁力線の様子を図示せよ。^{*5}
6. 固有インピーダンス, 波動インピーダンス, 特性インピーダンスの違いを説明せよ。^{*6}
7. ♠ 位相速度を $v_p = 1/\sqrt{LC}$ とするとき, 無損失線路の特性インピーダンス Z_0 は C または L のみから求まることを示せ。^{*7}

★ 公式集

同軸線路の特性インピーダンス

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{b}{a} = \frac{59.9586}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{b}{a} = \frac{138.061}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \frac{b}{a} \quad (2)$$

^{*1} 答え: $Z_0 = \frac{V}{I} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{b}{a}$, $Z_w = \frac{E_t}{H_t} = \frac{2\pi}{\ln \frac{b}{a}} \frac{V}{I} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \eta$

^{*2} 答え: 76.8 Ω , 51.8 Ω

^{*3} 答え: $\frac{\epsilon_0 \epsilon_r W}{d}$ [F/m], $\mu_0 \frac{d}{W}$ [H/m], $\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{d}{W}$ [Ω], $W = d$ の正方形

^{*4} 答え: $\pi \epsilon_0 / \ln \frac{d}{a}$ [F/m], $\frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d}{a}$ [H/m], $\frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \ln \frac{d}{a}$ [Ω]

^{*5} 答え: 略

^{*6} 答え: 略

^{*7} 答え: $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \frac{1}{v_p C}$, または, $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{L}{\sqrt{LC}} = v_p L$, 即ち, 位相速度 v_p が分かれば, C か L どちらか一方の計算のみで特性インピーダンス Z_0 を求めることができる。