

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Комплексная защита информации»

ОТЧЕТ

По дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн»

Практическая работа №5

Выполнили
студенты гр. БИТ-181:
Белый В.Е.,
Шабанов В.С.

Проверил:
доц., канд. физ-мат.н.
Михеев В.В.

Омск 2020

Задание 5. Спроектировать коаксиальную, двухпроводную, симметричную полосковую и микрополосковую линии на заданное Z_c с поперечным размером не более d_{max} при параметрах диэлектрика ε и $tg\delta$. Материал проводников – медь, рабочая частота f . Найти основные характеристики ЛП. Найти затухание по амплитуде и по мощности отрезка спроектированных ЛП длиной l . Произвести сравнительный анализ.

Вариант	Z_c , Ом	ε	$tg\delta, \times 10^{-4}$	d_{max} , мм	l , м	f , МГц	μ
45	45	1.2	0.4	24	34	150	1

Таблица 1: Исходные данные.

Решение:

Спроектируем коаксиальную линию передачи (КЛ):

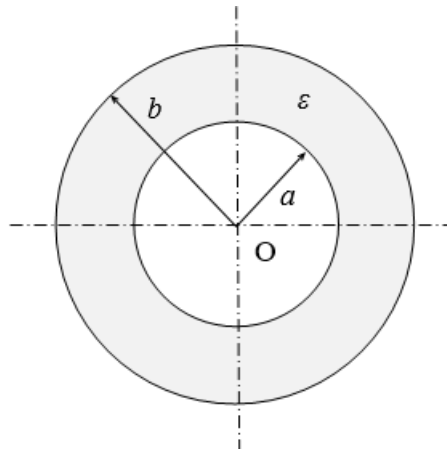


Рис. 1: Поперечное сечение КЛ

Рассчитаем размеры КЛ:

$$Z_c = 60 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \ln \frac{b}{a} \quad (1)$$

$$\ln \frac{b}{a} = \frac{Z_c}{60 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}} = 4,95 \frac{b}{a} = 2.428 \quad (2)$$

$$2b + 1 = d_{max} \quad (3)$$

$$b = \frac{d_{max} - 1}{2} = 3 \text{ мм}; \quad a = \frac{b}{2.427} = 0,021 \text{ мм}; \quad (4)$$

Рассчитаем погонные индуктивность и емкость ЛП:

$$L_0 = \frac{\mu_0 \mu_1}{\pi} \ln \frac{D}{a} = 1.77 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}; \quad (5)$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon_a 2\pi}{\ln \frac{b}{a}} = 6.27 \cdot 10^{-10} \text{ Ф/м} \quad (6)$$

Постоянная фазы:

$$\beta_0 = \omega \sqrt{L_0 C_0} = 106.05 \quad (7)$$

Рассчитаем коэффициенты затухания в проводнике и диэлектрике:

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{\pi f \mu_0 \mu}}{4\pi Z_c \sqrt{\sigma}} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) = 4.121 \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

Т.к $\alpha_{\text{изл}} = 0$, то коэффициент затухания в ЛП:

$$\alpha_{\text{д}} = \frac{\beta_0}{2} \left(\text{tg} \delta_{\text{пол}} + \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_a} \right) = 1,386 \cdot 10^{10} \text{ 1/м}; \quad (9)$$

$$\alpha = \alpha_{\text{пр}} + \alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{изл}} = 0.012 \text{ 1/м}; \quad (10)$$

Рассчитаем затухание по амплитуде и мощности:

$$A = \exp(\alpha z) = 1.032 \quad (11)$$

$$A_{\alpha} = \exp(2\alpha z) = 1,049 \quad (12)$$

Рассчитаем максимальное напряжение и мощность ЛП ($E_{\text{проб}}^2 = 30 \text{ кВ/см}$):

$$P_{\text{max}} = \frac{\pi a^2}{Z_c} \cdot \ln \left(\frac{b}{a} \right) \cdot E_{\text{проб}}^2 = 17 \text{ МВт} \quad (13)$$

$$U_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}} Z_c} = 27,658 \text{ кВ} \quad (14)$$

Спроектируем двухпроводную линию передачи (ДЛ):

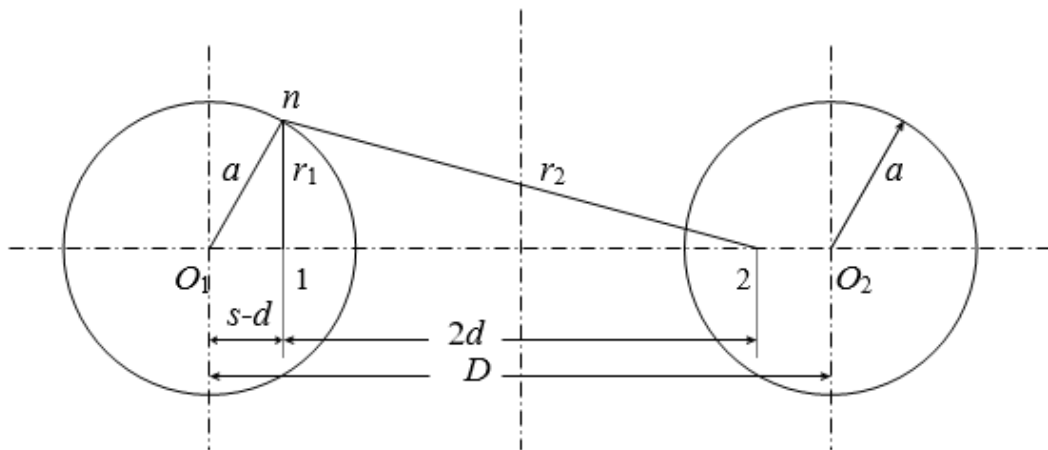


Рис. 2: Поперечное сечение двухпроводной линии

Рассчитаем размеры линии:

$$\begin{cases} 120 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \ln \left(\frac{0,5D}{a} + \sqrt{\left(\frac{0,5D}{a}\right)^2 - 1} \right) = Z_c \\ 2a + D = d_{max} \end{cases}$$

$$a = 5,754 \text{ мм}; D = 12,492 \text{ мм};$$

Рассчитаем постоянную фазы:

$$\beta_0 = \omega \sqrt{L_0 C_0} = 5,054 \quad (15)$$

Рассчитаем коэффициенты затухания в проводнике и диэлектрике:

$$\alpha_{пр} = \frac{\sqrt{\pi f \mu_0}}{4\pi Z_c} \cdot \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\sigma}} \cdot \frac{D}{\sqrt{D^2 - 4a^2}} = 1,472 \cdot 10^{-5} \text{ 1/м}; \quad (16)$$

$$\alpha_d = \frac{\beta_0}{2} \left(tg \delta_{пол} + \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_\alpha} \right) = 5,753 \cdot 10^5 \text{ 1/м}; \quad (17)$$

Т.к $\alpha_{изл} = 0$, то коэффициент затухания в ДЛ:

$$\alpha = \alpha_{пр} + \alpha_d + \alpha_{изл} = 5,753 \cdot 10^5 \text{ 1/м}; \quad (18)$$

По условию проводник изготовлен из меди, тогда $\mu = 1$ и погонная индуктивность двухпроводной линии:

$$L_0 = \frac{\mu_0}{\pi} \left(\ln \frac{D}{a} + \frac{1}{4} \right) = 3,538 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}; \quad (19)$$

Воспользуемся теоремой Аполония для определения положения электрических осей относительно геометрических (рис. 2):

$$\begin{cases} (s-d)(s+d) = a^2 \\ 2s = D \end{cases}$$

$$d = 2,43 \text{ мм}; s = 6,246 \text{ мм};$$

Т.к расстояние D сравнимо с радиусом проводника a электрические оси проводов должны быть смещены относительно геометрических осей на некоторое расстояние $(s-d)$ и тогда погонная емкость двухпроводной линии:

$$C_0 = \frac{\pi \varepsilon \varepsilon_0}{\ln \left(\frac{D-(s-d)}{a} \right)} = 8,128 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}; \quad (20)$$

Рассчитаем максимальное напряжение и мощность ДЛ ($E_{\text{проб}}^2 = 30 \text{ кВ/см}$):

$$U_{\max} = a\sqrt{2} \sqrt{\frac{D-2a}{D+2a} \ln \frac{D}{a}} E_{\text{проб}} = 3,83 \cdot 10^6 \text{ В}; \quad (21)$$

$$P_{\max} = \frac{U_{\max}^2}{Z_c} = 3,259 \cdot 10^{11} \text{ Вт}; \quad (22)$$

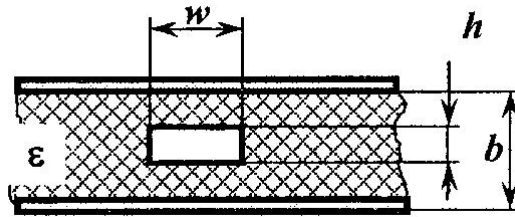


Рис. 3: Сечение СПЛ

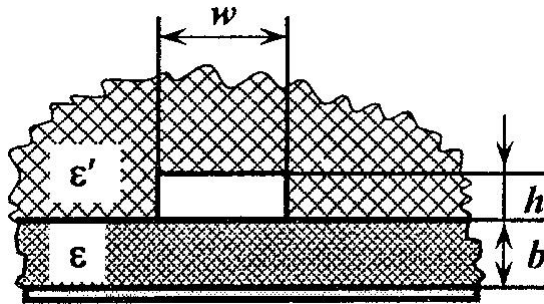


Рис. 4: Сечение МПЛ