

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

РОЗРАХУНКОВО ГРАФІЧНА РОБОТА

ЧАСТИНА 2

Варіант №19

з дисципліни «Теорія поля»

Виконав:

Студенти 3-го курсу,

групи ДМ-81

Шевчук Давид Вікторович

Перевірив:

Москалюк Володимир Олександрович

Кафедра електронної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського

Завдання:

1. Для коаксіального кабелю з діелектричним заповненням, діаметри провідників D і d , довжиною l , збудженого на частоті f , навантаженого на опір Z_H , розрахувати КСХ, коефіцієнт відбивання і вхідний опір.

Побудувати графіки розподілу струму і напруги вздовж кабелю.

2. Розрахувати місце підключення та величину реактивності (наприклад, довжину шлейфа), необхідної для узгодження лінії з даним навантаженням.

Вхідні дані заваріантом:

№ вар.	9
ε	2,0 (фторопласт)
f , ГГц	2
d , мм	0,85
D , мм	4,6
l , см	60
Z_H , Ом	100

Таблиця 1. Вхідні дані за 19 варіантом.

Мета: засвоєння розрахунків найпростіших параметрів для довгих ліній та засвоєння принципу узгодження навантаження.

Хід роботи:

Оскільки це робота з розрахунку хвиль у довгих лініях зрозуміло, що параметри підібрані відповідно, але завжди варто проводити перевірку на “дурника”. Для такої перевірки потрібно розрахувати довжину хвилі вхідного сигналу:

$$\lambda = \frac{V_\phi}{f}, \quad (1)$$

де V_ϕ - фазова швидкість.

Фазова швидкість залежить від погонних параметрів коаксіального кабелю:

$$V_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}, \quad (2)$$

де L_0 - погонна індуктивність; C_0 - погонна ємність. Цей вираз справедливий, якщо дисперсія відсутня.

Погонні параметри залежать від параметрів матеріалу, з яких виготовлений кабель:

$$L_0 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right); \quad (3)$$

$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (4)$$

де $\mu = 1$ - відносна магнітна проникність; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнітна проникність; ϵ - діелектрична проникність; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - діелектрична стала.

Підставляючи (3) та (4) у формулу (2), а потім у формулу (1) отримуємо:

$$\lambda = \frac{1}{f \cdot \sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}}.$$

Підставимо чисельні значення і отримаємо:

$$\lambda = \frac{1}{2 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{2,0 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}} = 0,106018 \text{ (м)} = 10,6018 \text{ (см)}.$$

Довжина хвилі одного порядку з довжиною кабелю, а отже перевірка на “дурника” пройдена, тому можемо проводити розрахунки далі.

Оскільки КСХ виражається через коефіцієнт відбивання, то в першу чергу знайдемо його. Коефіцієнт відбивання знаходиться за формулою:

$$\dot{\rho} = \frac{\dot{Z}_H - Z_0}{\dot{Z}_H + Z_0}.$$

де $Z_0 = \sqrt{L_0 / C_0}$ - хвильовий опір.

Знайдемо хвильовий опір підставляючи (3) та (4) у вираз для хвильового опору:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2} \cdot \frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \ln^2\left(\frac{D}{d}\right)} = 71,60756 \text{ Ом.}$$

На практиці хвильовий опір коаксіального кабелю береться за стандартні значення 50, 75, 100, 150 або 200 Ом. [1] Тому оберемо опір який найближчий, але не менший за знайдений, тому $Z_0 = 75 \text{ Ом}$. Працювати з розрахованим опором є не логічно, оскільки тоді ця практична РР має мало спільного з реальністю, оскільки ніхто не користується погонними параметрами в реальній роботі.

*Була допущена помилка в розрахунку, в результаті чого опір був округлений до $Z_0 = 100 \text{ Ом}$, але в такому випадку КСХ = 1, а отже система вже знаходиться у режимі узгодження, тому помилка була виправлена.

$$\dot{\rho} = \frac{100 - 75}{100 + 75} = 0,142857.$$

$$\text{Отже КСХ становить: } KCH = \frac{1 + |\dot{\rho}|}{1 - |\dot{\rho}|} = 1,33(3).$$

Розрахуємо останній параметр, який потрібно а саме вхідний опір (опір, яким можна замінити лінії і навантаження):

$$\dot{Z}(x) = Z_0 \cdot \frac{\dot{Z}_H + iZ_0 \operatorname{tg}(kx)}{Z_0 + i\dot{Z}_H \operatorname{tg}(kx)}, \quad (5)$$

де $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - хвильове число. Відстань підключення виберемо рівною довжині

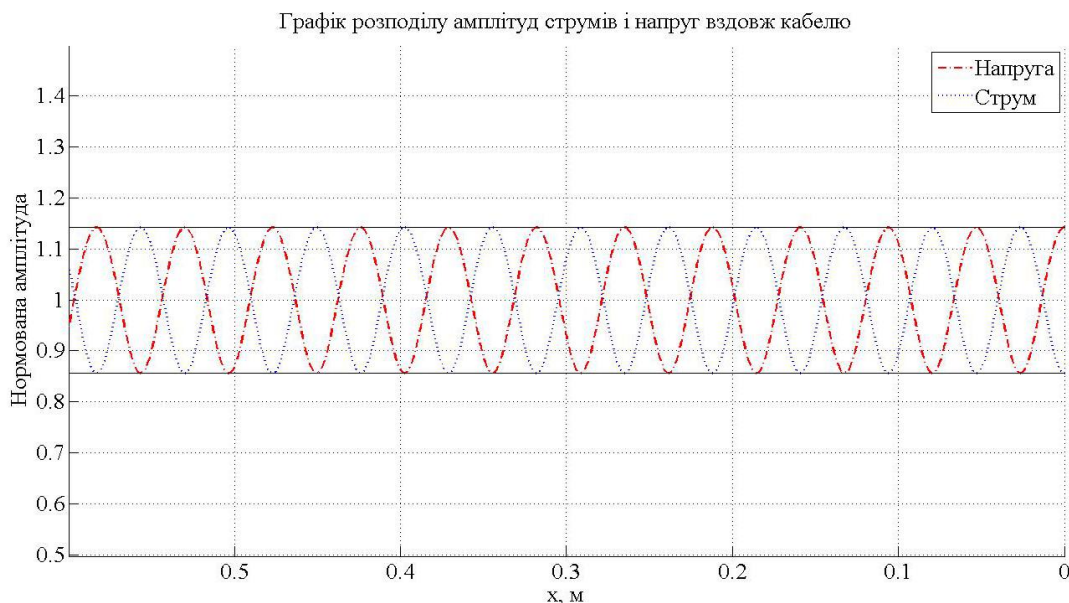
хвилі, яку ми розраховували в перевірці вхідних даних. Отримаємо, що:

$$\dot{Z}(x) = 64,4350 - 17,0616i.$$

Для побудови графіків розподілу струму і напруги вздовж кабелю потрібно скористатися формулами для дійсних амплітуд:

$$V_m(x) = V_m^+ |1 + \dot{\rho} e^{-j2kx}|,$$

$$I_m(x) = I_m^+ |1 - \dot{\rho} e^{-j2kx}|.$$

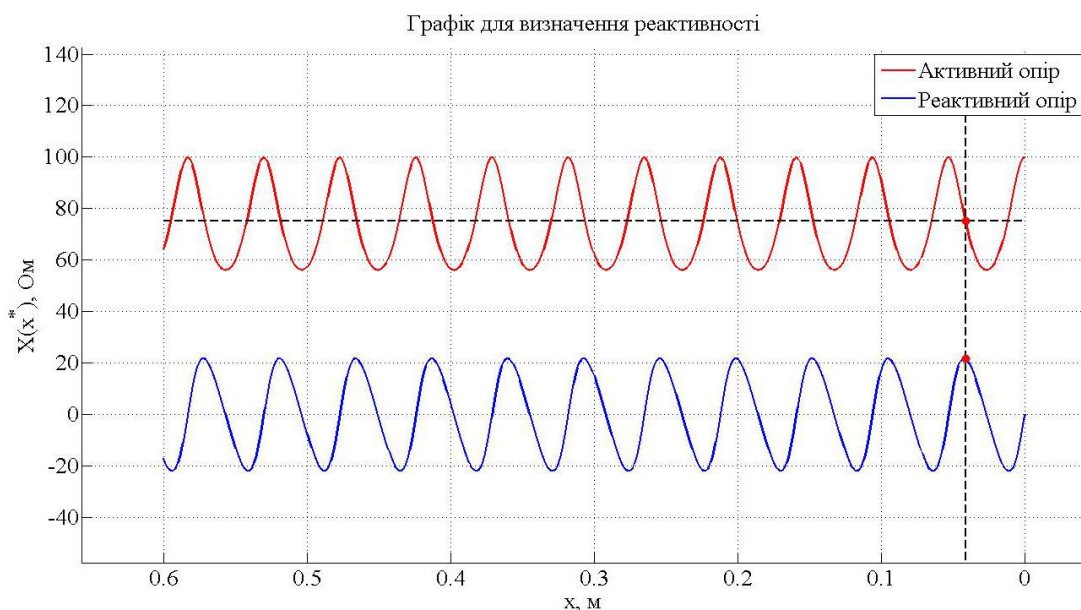


Графік 1. Графік розподілу струму та напруги вздовж кабелю.

2. Розрахуємо місце підключення та величину реактивності узгоджувального пристрою.

Для того щоб розрахувати необхідні величини нам потрібно знайти на лінії таку точку x^* , в якій активна складова опору рівна хвильовому опору: $Z(x^*) = Z_0 \pm iX(x^*)$. Цю точку можна знайти прирівнявши реальну частину рівняння (5) до значення хвильового опору:

$$Z_0 = \operatorname{Re} \left(Z_0 \cdot \frac{\dot{Z}_H + iZ_0 \operatorname{tg}(kx)}{Z_0 + i\dot{Z}_H \operatorname{tg}(kx)} \right),$$



Отримаємо, що для узгодження даної лінії потрібно підключити опір в $-21,65 \text{ Ом}$ на віддалі $4,1 \text{ см}$. Якщо підключити узгоджувальний пристрій (УП) на такій віддалі і з таким номіналом отримаємо систему, де між навантаженням і УП встановиться режим біжучої хвилі.

Висновки:

В даній роботі:

1. Навчилися не довіряти самі собі, через банальні арифметичні помилки через які виконання роботи було недоцільним. (помилка з опором).
2. Стандартизованість опорів коаксіальних кабелів допомагає в розрахунках та спрощує їхню експлуатацію.
3. Графічний метод для знаходження опору УП та його місця підключення є набагато зручнішим чим чисельний.

Посилання:

1) НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ „ТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА НВЧ” ОСНОВИ ТЕОРІЇ МІКРОХВИЛЬОВИХ КІЛ - О.О.Дробахін, В.В.Гнатушенко, В.Д.Рябчій, Д.Ю.Салтиков; Міністерство освіти і науки України Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара; Дніпропетровськ РВВ ДНУ 2011р.