

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ПЕЕА

Дослідження багатоелементного хвилеводного напрямленого відгалужувача

Здобувач Зубов Єгор Романович
Науковий керівник проф. Черняков Е.І.

2022

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Актуальність роботи полягає в удосконаленні методу розрахунку багатоелементного напрямленого відгалужувача. Антено-фідерні пристрої, генераторна, приймальна, вимірювальна НВЧ апаратура містять в своєму складі напрямлені відгалужувачі.

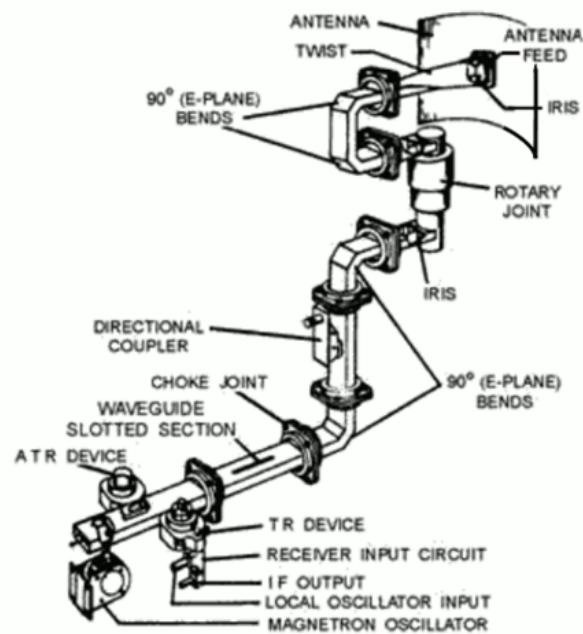
Об'єктом дослідження є процес поширення електромагнітних хвиль через напрямлений відгалужувачу прямокутномухвильоводі.

Метою роботи є розрахунок конструкції багатоелементного напрямленого відгалужувача.

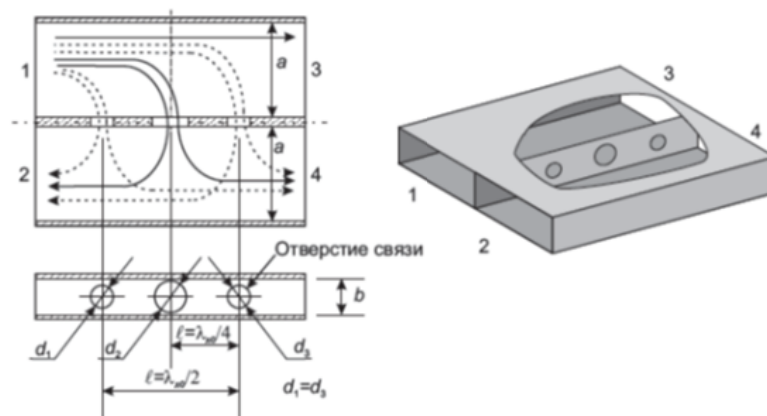
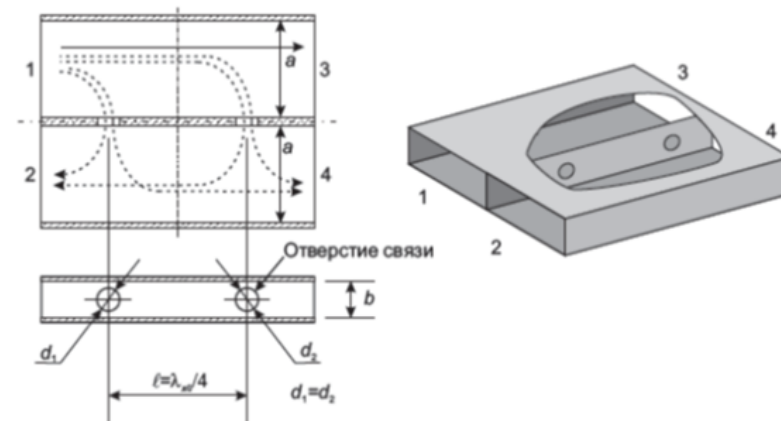
В результаті отримані аналітичні вирази для діаметрів отворів відгалужувача і відстані між ними.

Запропоновано спрощений метод розрахунку діаметрів отворів напрямленого відгалужувача, який полягає в обчисленні радіусу центрального отвору на основі потрібного перехідного згасання, який відрізняється використанням коефіцієнтів бінома Ньютона, таким чином, що радіус центрального отвору ділять на коефіцієнт. Коефіцієнт є кубічний корінь коефіцієнтів бінома Ньютона, де коефіцієнту кожного отвору відповідає свій коефіцієнт бінома Ньютона.

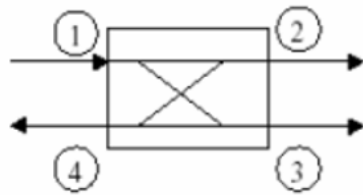
НАПРЯМЛЕНІ ВІДГАЛУЖУВАЧІ ЯК ЧАСТИНА АНТЕННО-ФІДЕРНОГО ТРАКТУ



ХВИЛЕВОДНІ НАПРЯМЛЕНІ ВІДГАЛУЖУВАЧІ

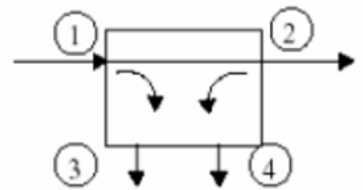


ПАРАМЕТРИ НАПРЯМЛЕНОГО ВІДГАЛУЖУВАЧА



Перехідне згасання

$$C(\text{дБ}) = 10 \log \frac{P_1}{P_3}$$



Напрявленість

$$D(\text{дБ}) = 10 \log \frac{P_3}{P_4}$$

Ізоляція

$$I(\text{дБ}) = 10 \log \frac{P_1}{P_4} = C + D$$

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ НАПРЯМЛЕНИХ ВІДГАЛУЖУВАЧІВ

Перший метод

$$|S_{12}| = \left| h T_{k-1} \left(\frac{\cos \theta}{S} \right) \right| \quad \text{чебишевська}$$

$$\frac{\lambda_{X2}}{\lambda_{X1}} = \frac{\pi - \arccos S}{\arccos S}, \quad S = \frac{1}{\operatorname{ch} \left\{ \frac{1}{k-1} \operatorname{arch} \sqrt{D} \right\}}$$

$$l = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda_{X1} \lambda_{X2}}{\lambda_{X1} + \lambda_{X2}}$$

$$S_{12}^{\alpha} = S_{14}^{\alpha} = C_{\alpha} \quad 10 \lg \frac{1}{C_{\alpha}^2} = 10 \lg \frac{1}{h^2} - 10 \lg \frac{C_{\alpha}^2}{h^2}$$

$$|S_{12}| = \left| h \left(\frac{\cos \theta}{S} \right)^{k-1} \right| \quad \text{біноміальна}$$

$$\frac{C_{\alpha}}{|S_{14}|} = \frac{1}{2^{k-1}} \binom{k-1}{\alpha-1} \quad 10 \lg \frac{1}{C_{\alpha}^2} = 10 \lg \frac{1}{|S_{14}|^2} - 10 \lg \frac{C_{\alpha}^2}{|S_{14}|^2}$$

Другий метод

$$F_n = K f r_n^3$$

$$K f = \frac{-j 2 k_0 A}{3 \eta_0 \mu_0} \left[1 - 2 \left(1 - \left(\frac{f_c}{f} \right)^2 \right) \right]$$

$$Z_{10} = \eta_0 / \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f} \right)^2}$$

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ АБО ГІБРИДНИЙ МЕТОД

Для хвилеводу перерізом 23мм x 10 мм два отвори мають радіуси 4,4 мм, три отвори — 3,6; 4.4; 3,6 мм [. Розрахунок за запропонованою методикою показав збіг із загальновідомим.

Розглянемо чотири отвори, нехай середній отвір все ще має радіус 4,4 мм. Коефіцієнти бінома Ньютона третього ступеня 1; 3; 3; 1, складіть пропорцію

$$\frac{r_{\text{центр}}^3 - 3}{x^3 - 1}$$

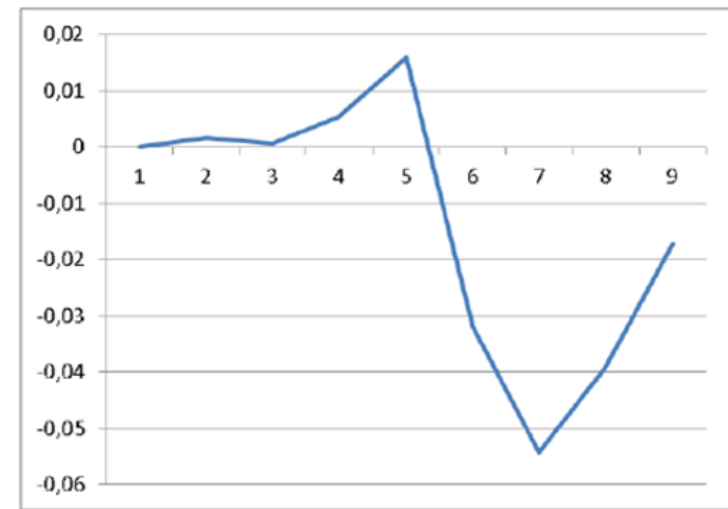
тому периферійні отвори мають радіуси

$$r_{\text{периф}} = x = r_{\text{центр}} / \sqrt[3]{3} = 3,07$$

Подібно до бінома четвертого ступеня коефіцієнти 1, 4, 6, 4, 1, тоді радіуси отворів 2,44; 3,85; 4.4; 3,85; 2.44.

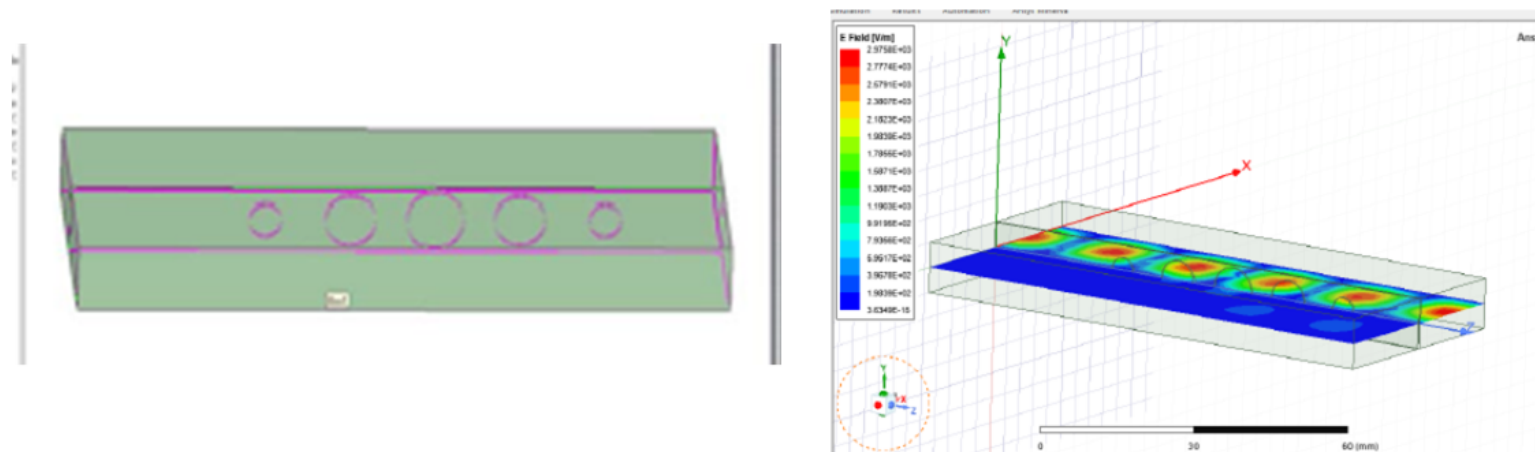
НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ РАДІУСІВ ОТВОРІВ ВІДГАЛУЖУВАЧА

| номер | Біноміал коеф | Кубічний корінь з біном коеф | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------------------|------|------|-----------|
| | Радіус отвору мм | | | | |
| З обчислень з [3], стор.607 | Радіус отвору, мм | | | | |
| ченість | Невизна- | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0,25 | 0,25 | 0 |
| 2 | 16 | 2,51 | 0,64 | 0,64 | 0,001599 |
| 3 | 120 | 4,93 | 1,26 | 1,27 | 0,000633 |
| 4 | 560 | 8,24 | 2,11 | 2,13 | 0,005341 |
| 5 | 1820 | 12,20 | 3,13 | 3,12 | 0,015788 |
| 6 | 4367 | 16,34 | 4,20 | 4,23 | -0,031921 |
| 7 | 8008 | 20,00 | 5,14 | 5,16 | -0,05429 |
| 8 | 11440 | 22,53 | 5,79 | 5,83 | -0,03916 |
| 9 | 12870 | 23,43 | 6,02 | 6,04 | -0,01728 |



С

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ANSYS HFSS



Напрямлений відгалужувач з п'ятьма отворами зв'язку

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА А

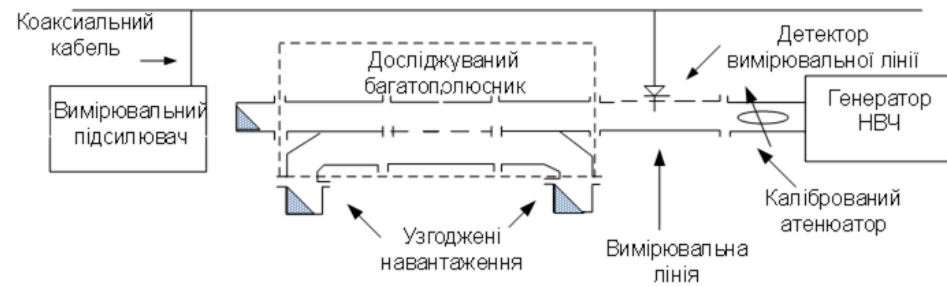


Схема для вимірювання КСХН

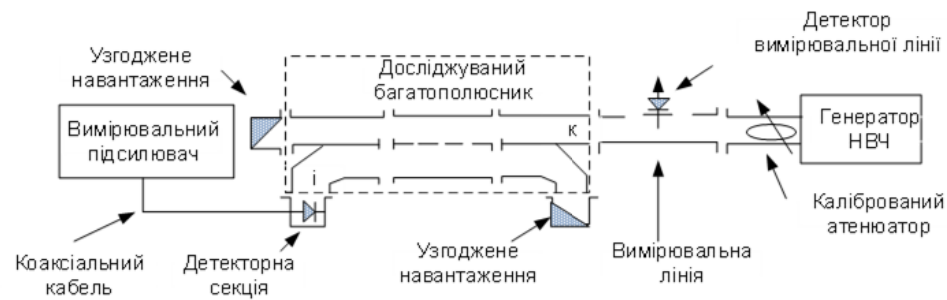
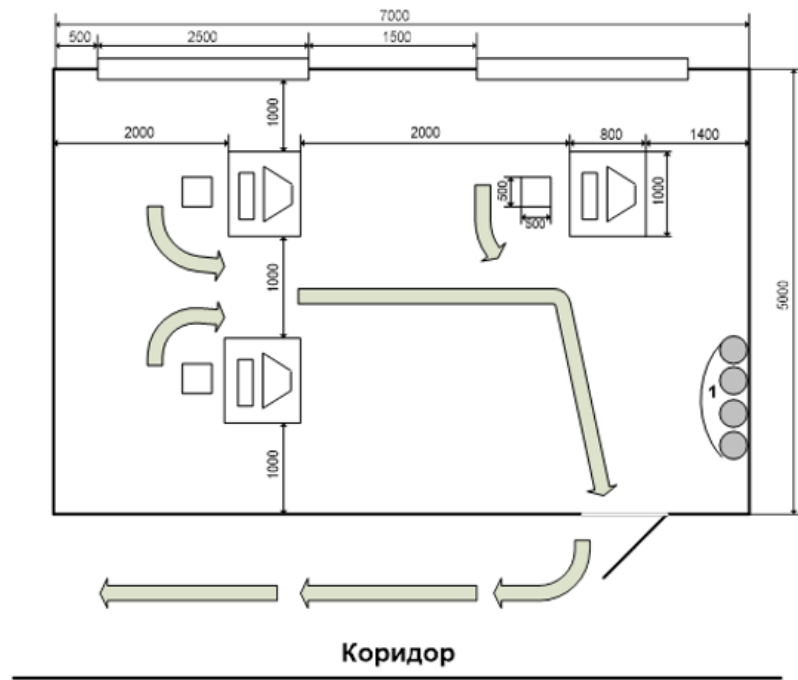


Схема для вимірювання коефіцієнта згасання

ОХОРОНА ПРАЦІ



ВИСНОВКИ

Параметри напрямлених відгалужувачів було розраховано та перевірено шляхом моделювання в HFSS. Протиріччя між результатами попередніх розрахунків і моделюванням є проблемою даного дослідження. Запропоновано спрощений метод розрахунку радіусів отворів спрямованого зв'язку, який полягає в обчисленні радіусів центральних отворів на основі параметра необхідного зв'язку, який відрізняється за допомогою біноміального коефіцієнта Ньютона, тому радіус струму отвір розраховується як радіус центрального отвору, поділений на коефіцієнт. Коефіцієнт є кубічним коренем із відношення чисел біноміального полінома, де числа полінома відповідають центральному та поточному отвору. Кубічний корінь із числа – це значення, яке при множенні на себе втричі або втричі дає початковезначення.