

## Література:

1. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 288 с.
2. Ньюэлл А. Солитоны в математике и физике: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 326 с.
3. Давыдов А.С. Солитоны в биоэнергетике. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.
4. Скотт Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. – М.: Сов. радио, 1977. – 368 с.
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. Изд-е третье. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. – 724 с.
6. Ходжкин А. Нервный импульс. – М.: Мир, 1965. – 126 с.

Рудик А.В., Дрючин О.О., Возняк О.М., Семенов А.О.

*Вінницький національний технічний університет*

### ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОЛЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ БАГАТОМОДОВИХ АНТЕН

На сучасному етапі розвитку антенної техніки багатомодові антени використовуються як окремий тип антен, в яких за допомогою штучно створеного багатомодового сигналу на виході антени досягаються певні значення характеристик поля випромінювання, яких неможливо досягти, використовуючи один тип хвилі.

В подібних антенах амплітуди та фази вищих типів хвиль приймають фіксовані в смузі частот наперед задані значення, вибір яких відповідає заданим наперед характеристикам поля випромінювання. На частотах позасмугових випромінювань та на частотах гармонік багатомодовий сигнал виникає в передавальному тракті спонтанно, тому на цих частотах довільна антена перетворюється в багатомодову.

Запишемо вираз для розподілу багатомодового поля на апертурі  $S$  антени. Тангенціальне поле на апертурі антени складається з полів окремих мод апертури

$$\dot{\vec{E}}_{ts} = \sum_{i=1}^N \dot{\vec{E}}_{tsi},$$

де  $\dot{\vec{E}}_{tsi}$  – поля окремих мод апертури,

$i = (\overline{1, N})$ ,  $N$  – кількість мод поля на апертурі.

Кожна мода апертури має свою амплітуду  $U_i$ , фазу  $\alpha_i$  та характеризується векторними функціями розподілу  $f_{ix}(x, y)$ ,  $f_{iy}(x, y)$ . Поле окремої  $i$ -тої моди апертури запишемо у вигляді

$$E_{tsi} = U_i e^{j\alpha_i} (\bar{x}_0 f_{ix}(x, y) + \bar{y}_0 f_{iy}(x, y)),$$

в якій  $\bar{x}_0, \bar{y}_0$  – орти Декартової системи координат.

В загальному випадку

$$\dot{\vec{E}}_{\text{тс}} = \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} (\bar{x}_0 f_{ix}(x, y) + \bar{y}_0 f_{iy}(x, y)) = \bar{x}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} f_{ix}(x, y) + \bar{y}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} f_{iy}(x, y). \quad (1)$$

Поле у вільному просторі в точці спостереження  $A(\theta, \varphi)$  знаходимо за допомогою оператора перерахунку  $\dot{Z}$ , який діє на функцію (1). В якості оператора перерахунку вибираємо лінійний оператор. Для поля в точці  $A(\theta, \varphi)$  отримуємо

$$\begin{aligned} \dot{\vec{E}}_A(\theta, \varphi) &= \dot{Z}(\dot{\vec{E}}_{\text{тс}}) = \dot{Z}(\bar{x}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} f_{ix}(x, y) + \bar{y}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} f_{iy}(x, y)) = \\ &= \bar{\theta}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} \dot{S}_{\theta\theta i}(\theta, \varphi) + \bar{\varphi}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} \dot{S}_{\theta\varphi i}(\theta, \varphi) \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\bar{\theta}_0, \bar{\varphi}_0$  – орти сферичної системи координат,

$\dot{S}_{i\theta}(\theta, \varphi), \dot{S}_{i\varphi}(\theta, \varphi)$  – парціальні діаграми спрямованості  $i$ -тої моди апертури.

З фізичної точки зору парціальна діаграма  $i$ -тої моди описує поле випромінювання цієї моди у вільному просторі за умови, що амплітуда моди на апертурі дорівнює одиниці, а фаза моди – нулю.

Враховуючи, що  $\dot{S}_{i\theta}(\theta, \varphi) = |\dot{S}_{i\theta}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\theta}(\theta, \varphi)}$  і  $\dot{S}_{i\varphi}(\theta, \varphi) = |S_{i\varphi}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\varphi}(\theta, \varphi)}$ , перепишемо співвідношення (2) у вигляді

$$\begin{aligned} \dot{\vec{E}}_A(\theta, \varphi) &= \bar{\theta}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} |\dot{S}_{i\theta}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\theta}(\theta, \varphi)} + \bar{\varphi}_0 \sum_{i=1}^N U_i e^{j\alpha_i} |S_{i\varphi}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\varphi}(\theta, \varphi)} \\ &= \bar{\theta}_0 \sum_{i=1}^N \dot{E}_{\theta i}(\theta, \varphi) + \bar{\varphi}_0 \sum_{i=1}^N \dot{E}_{\varphi i}(\theta, \varphi), \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\dot{E}_{\theta i}(\theta, \varphi) = U_i e^{j\alpha_i} |\dot{S}_{i\theta}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\theta}(\theta, \varphi)}$ ,  $\dot{E}_{\varphi i}(\theta, \varphi) = U_i e^{j\alpha_i} |S_{i\varphi}(\theta, \varphi)| e^{j\beta_{i\varphi}(\theta, \varphi)}$ .

У співвідношенні (3)  $\dot{E}_{\theta i}(\theta, \varphi), \dot{E}_{\varphi i}(\theta, \varphi)$  є ортогональні компоненти поля випромінювання в точці спостереження  $A(\theta, \varphi)$ . З співвідношення (3) видно, що амплітуда ортогональних компонентів розраховується за допомогою виразів

$$E_{\theta i} = U_i |S_{i\theta}(\theta, \varphi)|, \quad E_{\varphi i} = U_i |S_{i\varphi}(\theta, \varphi)|,$$

а фази ортогональних компонент дорівнюють

$$\gamma_{i\theta} = \alpha_i + \beta_{i\theta}(\theta, \varphi), \quad \gamma_{i\varphi} = \alpha_i + \beta_{i\varphi}(\theta, \varphi).$$

Ввівши позначення  $E_{\theta i} = a_i$ ,  $E_{\varphi i} = b_i$ , співвідношення (3) приймає більш зручний для аналізу вигляд

$$\dot{\vec{E}}_A(\theta, \varphi) = \bar{\theta}_0 \sum_{i=1}^N a_i e^{j\gamma_{i\theta}(\theta, \varphi)} + \bar{\varphi}_0 \sum_{i=1}^N b_i e^{j\gamma_{i\varphi}(\theta, \varphi)}.$$

Слід зауважити, що поляризація поля в точці спостереження  $A(\theta, \varphi)$  у випадку раптової зміни  $U_1$  та  $\alpha_1$  може змінюватись від лінійної до еліптичної. У випадку еліптичної поляризації збільшується реактивна енергія антени, коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) тракту, що живить антену, а також зменшується його ККД.

Важливим етапом дослідження структури поля випромінювання багатомодових антен є дослідження залежності структури поля випромінювання від радіуса кореляції похибок структури поля за апертурою антени. У випадку, коли радіус кореляції набагато більший за максимальний геометричний розмір апертури, структура поля за апертурою наближається до синфазної.

У тих випадках, коли радіус кореляції дорівнює або менший максимального геометричного розміру антени, необхідно враховувати взаємне перетворення типів хвиль на поверхні апертури. В цьому випадку, на відміну від вище викладеного, процес випромінювання поля з багатомодової апертури не можна вважати марківським або використовувати теорію марківських процесів з обґрунтуванням можливості застосування цієї теорії.

З вкладеного вище видно, що характеристики випромінювання багатомодових антен сильно залежать від параметрів багатомодового поля на апертурі антени. За допомогою співвідношень (3) та (4) можна проаналізувати характеристики поля випромінювання для довільних законів розподілу  $U_1$  та  $\alpha_1$  та різних значень  $N$ .

**Рудик А.В., Дрючин О.О., Возняк О.М.**

*Вінницький національний технічний університет*

### **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ МІКРОПЕРЕМІЩЕНЬ**

Пристрій, запропонований в роботі, відноситься до апаратури вимірювання лінійних розмірів і мікропереміщень та може використовуватися для визначення відстані до об'єкта контролю за допомогою оптичного випромінювання в прецизійному приладобудуванні та машинобудуванні.

Недоліками відомих пристроїв для вимірювання мікропереміщень є значна споживана потужність, недостатня точність та значна трудомісткість проведення вимірювань, що не дозволяє автоматизувати процес вимірювання.

На рис.1 наведена структурна схема запропонованого пристрою.

Пристрій для вимірювання мікропереміщень та лінійних розмірів складається з лазера 1, акустооптичного модулятора (АОМ) 2, генератора радіодіапазону 3, першого 4 та другого 5 відбивальних дзеркал, напівпрозорого дзеркала 6, лінзи 7, фотоприймача 8, діафрагми 9 та цифрового фазометра 10.

Пристрій працює таким чином. Випромінювання лазера 1 під відповідним кутом Бреґга спрямовується на АОМ 2. На модуляційний вхід АОМ подається гармонічна напруга збудження від генератора 3 ( $1 \div 100$  МГц). В результаті взаємодії лазерного випромінювання з частотою  $f_0$  та акустичної хвилі з частотою  $F$  на виході АОМ 2 за рахунок дифракції випромінювання лазера з'являються диф-