

Раздел VI. Практические аспекты энергетики

УДК 621.396.6

Е.С. Огурцов, С.Ф. Огурцов

ПЛОСКАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ИЗ N ПАР СКОШЕННЫХ В Е-ПЛОСКОСТИ ВОЛНОВОДОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

В работе рассмотрено строгое решение задачи рассеяния плоской Н-поляризованной волны на плоской антенной решетке из $M \cdot N$ пар скошенных в Е-плоскости волноводов в одну сторону. Представлены новые семейства зависимостей ширины диаграммы обратного рассеяния решетки и смещения максимума диаграммы рассеяния от угла скоса волновода.

Плоская антенная решетка из $M \cdot N$ пар скошенных волноводов; объемные диаграммы обратного рассеяния; Н-поляризованная волна.

E.S. Ogurtsov, S.F. Ogurtsov

FLAT ANTENN ARRAY FROM N PAIRS OBLIQUE IN E-PLANES WAVE GUIDES FOR INFORMATION SYSTEMS OF POWER

The stringent solution of a problem of dissipation flat H-polarized wave on the flat array from $M \cdot N$ pairs skewed in E-planes waveguides in one party in-process surveyed. New families of relations of breadth of the diagram of a backscattering of a lattice and bias of a maximum of the diagram of dissipation from a rake angle of the waveguide are shown.

Flat array from $M \cdot N$ pairs of skewed waveguides; volumetric diagram of a backscattering; H-polarized wave.

Постановка задачи. Введем декартову систему координат $K(x, y, z)$.

Расположим плоскую приемопередающую антенную решетку, состоящую из $M \cdot N$ - пар идентичных скошенных волноводов в одну сторону, соединенных трактами одинаковой электрической длины l с раскрывами $A_{\pm n}$ (рис. 1). На решетку с направления φ_i падает однородная плоская Н-поляризованная волна $(\mathbf{E}^i, \mathbf{H}^i)$ единичной амплитуды

$$H_z^i = e^{ik(x \cos \varphi_i + y \sin \varphi_i)}; E_x^i = \sin \varphi_i e^{ik(x \cos \varphi_i + y \sin \varphi_i)}. \quad (1)$$

Решение задачи. Запишем лемму Лоренца для верхнего полупространства. В качестве вспомогательного источника в соответствии с поляризацией падающей волны выбрана бесконечная синфазную нить магнитного тока $\mathbf{j}^{m,b}$ единичной амплитуды, параллельная оси z .

Лемма Лоренца в верхнем полупространстве V примет вид [4]:

$$\int_{V^M} J_z^{M6} H_z dV - \int_{V^i} J_z^{Mi} H_z^i dV^i = \sum_{n=1}^N \left\{ \int_{A_n} \{E_x^{(n)}(x') H_z^M(p, x') - H_z^{(n)}(x') E_x^M(p, x')\} dx' + \right. \quad (2)$$

$$\left. + \int_{A_{-n}} \{E_x^{(-n)}(x') H_z^M(p, x') - H_z^{(-n)}(x') E_x^M(p, x')\} dx' \right\} - \int_{S_0} H_z(x') E_x^M(p, x') dx',$$

где $p(x, y)$ – точка размещения вспомогательного источника.

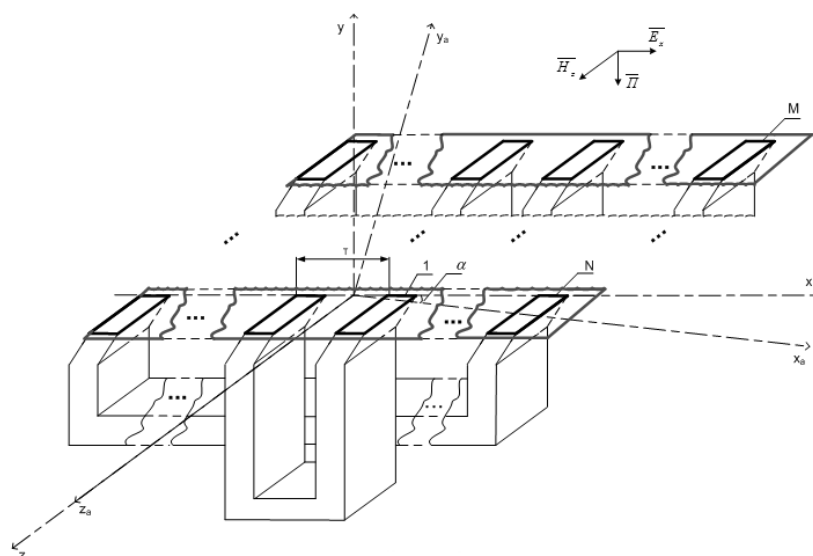


Рис. 1

Из соотношения (2) получим выражение для диаграммы рассеяния $F(\varphi, \theta)$ ($H_z^s(r, \varphi) = F(\varphi) H_0^{(2)}(kr)$) фрагмента $x \in [L_1, L_2]$ плоскости $y = 0$, занимаемого предлагаемой антенной решеткой из $M \cdot N$ пар скошенных волноводов, аналогично [4]:

$$F(\varphi, q) = -\frac{k}{4} \sum_{n=1}^N \left\{ \int_{A_n} \{E_x^{(n)}(q) - H_z^{(n)}(q) \sin \varphi\} e^{ikx' \cos \varphi} dq + \right. \quad (3)$$

$$\left. + \int_{A_{-n}} \{E_x^{(-n)}(q) - H_z^{(-n)}(q) \sin \varphi\} e^{ikx' \cos \varphi} dq \right\} - \sin \varphi \int_{S_0} H_z(q) e^{ikx' \cos \varphi} dq,$$

где

$$H_z^i(p, x') \approx -\frac{k}{4} H_0^{(2)}(kr) e^{ikx' \cos \varphi}; E_x^i(p, q) \approx -\frac{k}{4} H_0^{(2)}(kr) \sin \varphi e^{ikq \cos \varphi}; r = \sqrt{x^2 + y^2};$$

$E_x^{(n)}(q); H_z^{(n)}(q)$ – неизвестные касательные составляющие в раскрывах излучателей.

Для определения касательных составляющих векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} в соотношении (3) использована лемма Лоренца в интегральной форме (2).

Далее запишем лемму Лоренца для каждого из волноводов V_n ($n = 1 \dots N$), соединяющих апертуры $A_{\pm n}$ излучателей решетки:

$$H_z^{(n)}(p) = - \int_{A_{-n}} E_x^{(-n)}(q) H_{z2}^i(p, q) dq - \int_{A_n} E_x^{(n)}(q) H_{z2}^i(p, q) dq, \quad p \in A_{\pm n} (y' = 0). \quad (4)$$

При вычислении вспомогательного поля в V_n ($n = 1 \dots N$) учитывалось, что в реальных устройствах область тракта, соединяющего апертуры пары решетки (рис. 1), физически представляет трапециевидальный резонатор. Известно поле прямоугольного резонатора [4]. С помощью преобразования координат найдем поле прямоугольного резонатора в форме четырехугольника согласно разработанной ранее методике, представленной в [2,5]. Переход из системы $K(x_\theta, y_\theta, z_\theta)$ в систему и обратно осуществляется с помощью преобразований [2]. Получим поле четырехугольного резонатора с непрямыми углами:

$$H_{z2}^i(p, q) = \frac{ik}{2d} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\varepsilon_n}{k_n} e^{ik_n x \sin \alpha} \cos \gamma_n x' \cos \gamma_n x \left[i e^{ik_n y} + e^{-ik_n l} \frac{\cos k_n y}{\sin k_n l} + \frac{\cos k_n (y+l)}{\sin k_n l} \right]. \quad (5)$$

Учитывая равенство касательных составляющих искомым векторов напряженностей электрического и магнитного полей в раскрывах волноводов V_n ($n = 1 \dots N$) из (4) и (5), получим интегральные уравнения относительно $E_x^{(\pm n)}(q)$. Определив из решения этого уравнения закон распределения $E_x(p)$ в апертурах $A_{\pm n}$ излучателей, находим диаграммы рассеяния $F(\theta, \varphi)$.

Результаты численных экспериментальных исследований. На рис. 2 представлено сечение диаграммы обратного рассеяния (ДОР) антенной решетки из скошенных волноводов по углу φ при $N=14$, $\alpha = 55^\circ$.

На рис. 3 представлено сечение диаграммы обратного рассеяния (ДОР) по антенной решетке из скошенных волноводов углом θ .

Обработка результатов. В работе была разработана методика статистической обработки объемных диаграмм рассеяния, согласно методике приведено семейство графиков на рис. 4.

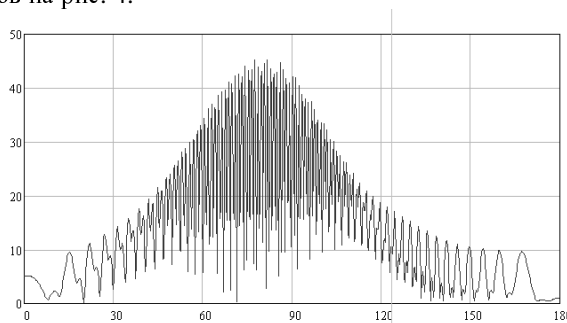


Рис. 2. Сечение диаграммы обратного рассеяния антенной решетки из N пар скошенных волноводов по углу φ при $N=14$, $\alpha = 55^\circ$

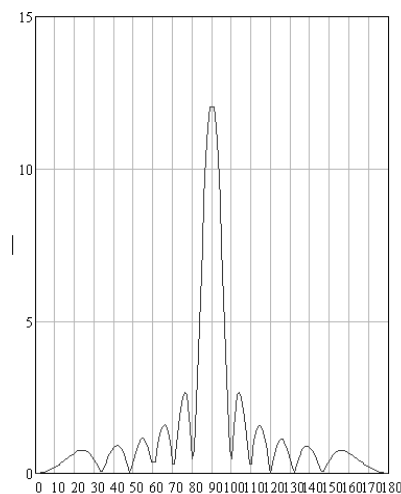


Рис. 3. Сечение диаграммы обратного рассеяния антенной решетки из $M \cdot N$ пар скошенных волноводов по углу θ при $M = 12$

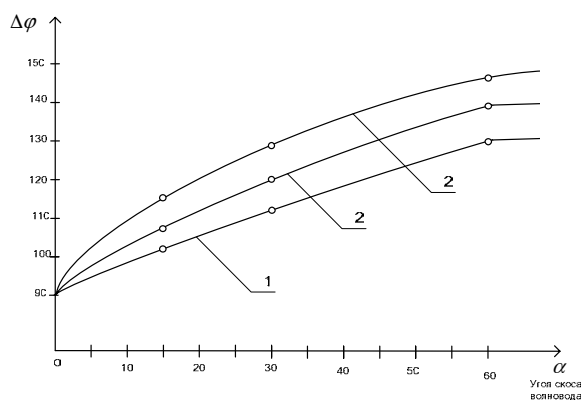


Рис. 4. Зависимости ширины диаграммы обратного рассеяния антенной решетки из $M \cdot N$ пар скошенных волноводов по уровню $0.1 \cdot F_{\max}$ $\Delta\varphi = f(0.1 \cdot F_{\max}, N)$ для различных значений N

Выводы. В работе решена задача рассеяния плоской Н-поляризованной волны на основе интегральных уравнений согласно лемме Лоренца в виде объемной модели. Представлена новая методика: 1 – получены соотношения, определяющие объемные диаграммы направленности и рассеяния; 2 – на основе соотношений выполнены численные экспериментальные исследования; 3 – выполнена алгоритмизация полученных интегральных уравнений задачи; 4 – разработана методика статистической обработки диаграмм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели. – М.: Сов. радио, 1975.
2. Огурцов Е.С. Двумерная антенная решетка с импедансным фланцем из скошенных волноводов в меридиональной плоскости для случая Н-поляризованной волны // Сборник трудов 8 Межвузовской научно-практической конференции. – 2009. – М.: МГОУ, 2009.

3. *Огурцов Е.С.* Исследование диаграмм рассеяния и направленности азимутальной антенной решетки из скошенных волноводов в меридиональной плоскости, для случая Н-поляризованной волны // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 11 (88). – С. 34-35.
4. *Привалова Т.Ю., Юханов Ю.В.* Рассеяние плоской волны на двумерной модели решетки Ван-Атта // Антенны. – 2007. – № 5. – М.: МАИК, 2007.
5. *Юханов Ю.В., Огурцов Е.С.* Исследование характеристик скошенной плоскопараллельной волноводной антенны, диаграмм рассеяния и диаграмм направленности, для случая Н-поляризованной волны // Вестник МГОУ. – 2008. – № 1. – М.: МГОУ, 2008.

Огурцов Евгений Сергеевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.
E-mail: evg8787@mail.ru.
347922, г. Таганрог, ул. Петровская, 17.
Тел.: 79615010470.

Ogurtsov Evgeny Sergeevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.
E-mail: evg8787@mail.ru.
17, Petrovskaya street, Taganrog, 347922, Russia.
Phone: 79615010470.

Огурцов Сергей Федорович

Московский государственный открытый университет филиал в городе Кропоткине.
E-mail: evg8787@mail.ru.
352386, г. Кропоткин, ул. Прохладная, 53.
Тел.: 79615010470.

Ogurtsov Sergey Fedorovich

Moscow state open university branch in Kropotkin.
E-mail: evg8787@mail.ru.
53, Cool street, Kropotkin, 352386, Russia.
Тел.: 79615010470.

УДК 621.372

В.А. Ляшев

**ПРОБЛЕМА ТОЧНОСТИ В РАЗДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ
С ЗАДЕРЖКАМИ**

В данной работе уделяется внимание вопросам согласованности разделенных частей, условиям применимости метода совместных релаксаций в таких системах, а также предлагается способ оценки погрешности метода.

Система с задержкой; релаксация; оценка погрешности.

V.A. Lyashev

ACCURACY ISSUE IN DELAYED FEED-BACK DECOMPOSITION SYSTEMS

In the paper we are observing consistency issues for partitioned system after delayed feed-back decomposition, a way to implement the concurrent relaxation techniques, and the definition of local delayed differential equations error.

A system with delay; relaxation; error estimate.