

СИНТЕЗ ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ОПТИМАЛЬНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

А.М ПАШАЕВ., А.Р.ГАСАНОВ, ДЖ.Г ДЖАФАРОВ.

*Институт Физики НАН Азербайджана
AZ 114, Баку, пр. Г. Джавида 33*

Рассматривается методика синтеза синфазной волноводно-щелевой антенной решетки с оптимальной диаграммой направленности, где требуемые ослабления боковых лепестков и ширина главного лепестка обеспечиваются путем соответствующего смещения щелей в стенке волновода

Высокая технологичность, лучшие массогабаритные показатели и другие конструктивные достоинства (отсутствие выступающих частей; простота возбуждения щелей и т.д.), а также возможности получения большего коэффициента усиления, формирования диаграммы направленности (ДН) специальной формы и электрическое управление ею обуславливают применение волноводно-щелевых антенных решеток (ВЩАР) в качестве эффективного излучающего устройства современных радиотехнических систем различного назначения, например, в летательных аппаратах. При этом ВЩАР имеет хорошие конструктивные возможности для практической реализации оптимальной ДН путем изменения амплитудного распределения поверхностных возбуждающих токов.

Синтезу ВЩАР с ДН специальной формы посвящено множество работ. Например, в работе [1] рассматривается вопрос синтеза резонансных ВЩАР со сложной структурой возбуждения на основе уравнений магнитодвижущих сил. Однако, приведенные в известных работах расчетные соотношения отличаются высокой степенью сложности и создают немало трудностей при проектировании ВЩАР со специальной ДН.

Целью настоящей работы является разработка методики синтеза конструкции синфазной ВЩАР с оптимальной ДН путем подбора амплитуд возбуждающих токов, соответствующим размещением щелей в широкой стенке прямоугольного волновода.

Поставленная задача решается применением методики Дольфа-Чебышева к синтезу ВЩАР.

Предположим, что имеется синфазная резонансная ВЩАР с N продольными щелями в широкой стенке возбуждающего волновода с волной типа H_{10} (Рис.1а). Возбуждающая волноводная секция шириной a и высотой b с обоих торцов закорачивается металлической пластиной или поршнем, что создает режим стоячей волны в волноводе. При этом питание подводится к середине волновода (точки $B - B'$) с помощью H ответвителя (Рис.1б), что обеспечивает более высокий к.п.д. антенны [2]. В этих условиях синфазное возбуждение щелей, расположенных по одну сторону средней линии, обеспечивается тем, что расстояние между ними выбирается равным длине волны в волноводе λ_g . Синфазное возбуждение щелей, расположенных по обе стороны от средней линии, обеспечивается тем, что расстояние между соседними щелями выбирается равным $0,5\lambda_g$. Это создает сдвиг фаз в 180° . Дополнительный сдвиг фаз в 180° создается благодаря тому, что поперечные токи имеют противоположные направления по обеим сторонам от средней линии.

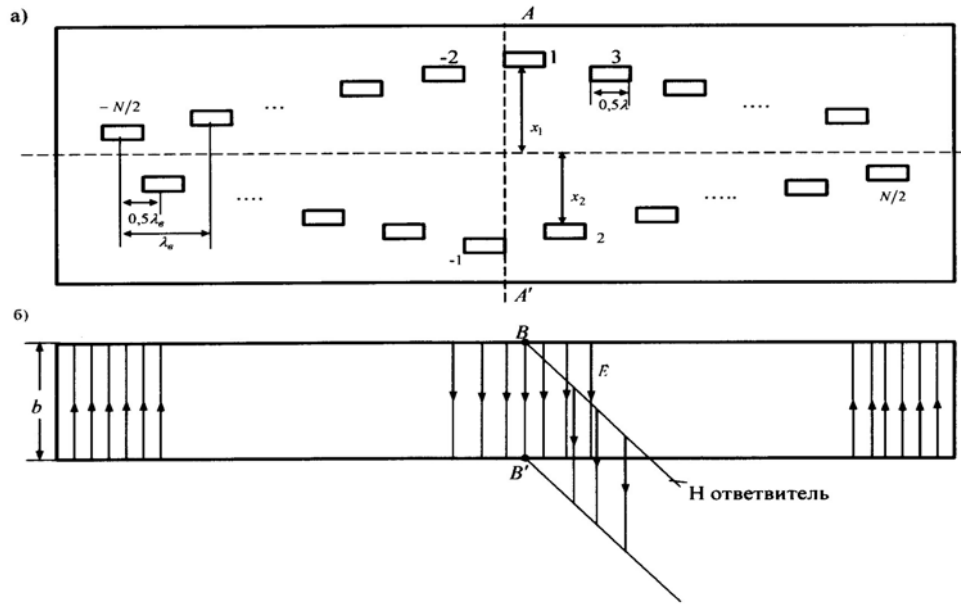


Рис.1.

Конструктивная схема ВЩАР с оптимальной ДН.

Амплитуда возбуждающего щель с номером p поверхностного тока A_p определяется выражением [2]

$$A_p = \sum_{q=p}^n (-1)^{(n-q)} k^{2q-1} \frac{(2n-1)(q+n-2)!}{(q-p)!(q+p-1)!(n-q)!}, \quad (1)$$

где $n = 0,5N$ - число щелей (Рис.1б) в одну сторону от точки питания $B - B'$; k - коэффициент масштабирования.

Уравнение, устанавливающее связь между амплитудой возбуждающего тока A_p и величиной смещения p -й щели x_p на широкой стенке волновода по отношению к средней линии, может быть получено следующим образом.

Нормированная эквивалентная проводимость резонансной щели [3] определяется выражением:

$$g_p \approx 2,09 \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{\lambda_g}{\lambda} \cos^2 \left(\frac{\pi\lambda}{2\lambda_g} \right) \sin^2 \left(\frac{\pi x_p}{a} \right), \quad (2)$$

где λ - рабочая длина волны в свободном пространстве.

При хорошем согласовании нормированная эквивалентная проводимость резонансной щели [3] может быть определена также посредством функции амплитудного распределения:

$$g_p \approx A_p^2 / \sum_{p=1}^n A_p^2. \quad (3)$$

Приравнивая правые стороны соотношений (2) и (3), находим выражение, устанавливающее связь между амплитудой тока A_p и величиной смещения p -й щели x_p в широкой стенке волновода по отношению к средней линии:

$$x_p = \frac{a}{\pi} \arcsin \left[\frac{1}{\cos \left(\frac{\pi \lambda}{2 \lambda_g} \right)} \sqrt{\frac{b \lambda}{2,09 a \lambda_g} \cdot \frac{A_p}{\sum_{p=1}^n A_p^2}} \right]. \quad (4)$$

Из (1) следует, что амплитуда возбуждающего p -ю щель тока A_p при известном числе щелей N определяется величиной коэффициента масштабирования k , определяющего форму ДН. Следовательно, по заданной форме ДН (по уровню боковых лепестков или по ширине главного лепестка) можно вычислить значение k , а затем определить положение щели в стенке волновода.

В случае оптимизации ДН по уровню боковых лепестков ξ необходимый коэффициент масштабирования следует вычислить из выражения

$$k = ch \left(\frac{1}{N-1} \operatorname{arch} \frac{1}{\xi} \right). \quad (5)$$

Если оптимизация ДН осуществляется по ширине главного лепестка $2\theta_0$ то, необходимый коэффициент масштабирования определяется из уравнения

$$k = \cos \left(0,5 \pi / N \right) / \cos \left(\frac{\pi d \sin \theta_0}{\lambda} \right). \quad (6)$$

Затем по известной величине коэффициента масштабирования вычисляются амплитуды возбуждающих токов и смещения щелей.

Нормированная характеристика направленности [3], синтезированной ВЦАР, в обоих случаях вычисляется по формуле:

$$F(\theta) = F_1(\theta) \cdot F_N(\theta), \quad (7)$$

где $F_1(\theta) = [\cos(0,5\pi \sin \theta)] / \cos \theta \quad (8)$

-характеристика направленности одной полуволновой щели,

$$F_N(\theta) = T_{N-1}(ku) = \sum_{p=1}^n A_p T_{2p-1}(u) \quad (9)$$

-множитель АР, $u = \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right)$, $T_{N-1}(ku)$ - полином Чебышева $N-1$ -го порядка. В численном анализе полученных результатов для вычисления полинома Чебышева была использована следующая образующая функция:

$$T_{N-1}(ku) = 0,5 \left\{ \left[ku + \sqrt{(ku)^2 - 1} \right]^{N-1} + \left[ku - \sqrt{(ku)^2 - 1} \right]^{N-1} \right\}. \quad (10)$$

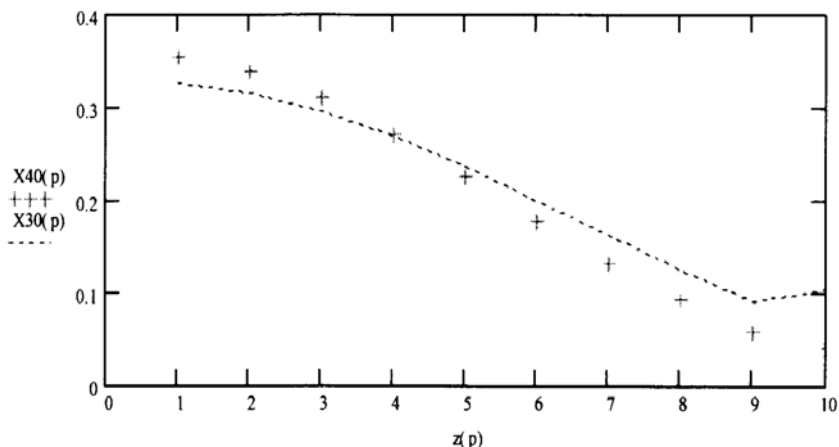


Рис.2. Конструкция синфазной резонансной ВЦАР с оптимальной ДН, для значений $\xi = -30\text{дБ}$ и $\xi = -40\text{дБ}$ уровня боковых лепестков

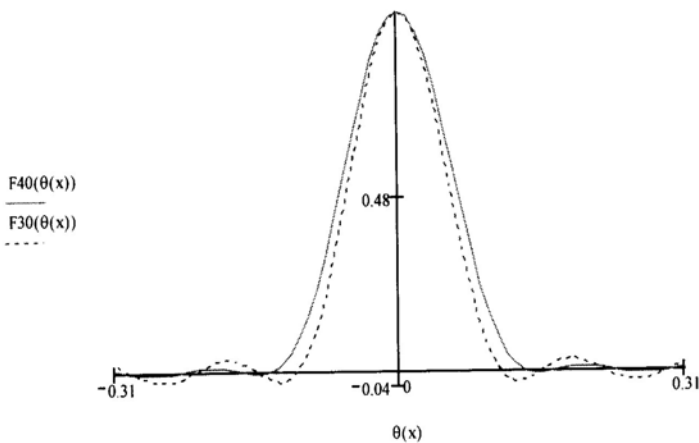


Рис.3.

Оптимальные ДН синфазной резонансной ВЦАР, для значений $\xi = -30\text{дБ}$ и $\xi = -40\text{дБ}$ уровня боковых лепестков.

По предложенной методике была оптимизирована конструкция синфазной резонансной ВЦАР, содержащей 20 продольных щелей (Рис.2), для двух значений уровня боковых лепестков: $\xi = -30\text{дБ}$ и $\xi = -40\text{дБ}$. Соответствующие ДН ВЦАР изображены на Рис.3. Из Рис.2 следует, что с уменьшением уровня боковых лепестков контраст смещения щелей возрастает. Уменьшение уровня боковых лепестков сопровождается расширением главного лепестка ДН ВЦАР (Рис.3). Следовательно, при оптимизации конструкции ВЦАР решаются противоречивые требования к форме ее ДН.

1. С. В.Киселев, В.А.Крицын, *Радиотехника и электроника*, **38** вып. 2 (1993) СТР
2. Г.Б. Белоцерковский, *Основы радиотехники и антенны, Ч.2. Антенны-М.: Радио и связь*, (1983).
3. *Антенные устройства СВЧ*, Под ред. Д.И. Воскресенского,-М.: Радио и связь, (1981).

OPTİMAL İSTİQAMƏTLƏNMƏ DİAQRAMINA MALİK DALĞAÖTÜRƏN-YARIQ ANTENNA QƏFƏSİNİN SİNTEZİ

A.M. PAŞAYEV, A.R.HƏSƏNOV, C.Q.CƏFƏROV

Optimal istiqamətlənmə diaqramına malik sinfaz dalğaötürən-yarıq antenna qəfəsinin sintezi metodikasına baxılır, burada yan ləçəklərin səviyyəsi və əsas ləçəyin eni dalğaötürənin divarında yarıqların uyğun sürüşdürülməsi yolu ilə təmin edilir.

Synthesis the waveguide slot lattice antenna with the optimum diagram of an orientation

A.M. Pashayev, A.R. Hasanov, C.Q. Cafarov

The method of synthesis of the inphase waveguide slot lattice antenna with the optimum diagram of an orientation is considered, where the required easing of lateral petals and width of the main petal are provided by the appropriate displacement of cracks in a wall of a waveguide.