

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛН ВЫСШИХ ТИПОВ В АНТЕННЕ ОБРАТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. П. Дорохов, В. С. Марчук

Харьков

В последнее время появился ряд сообщений [1—3] о так называемой укороченной антенне обратного излучения (у. а. о. и.). При одинаковой длине усиление таких антенн больше, чем вибраторных. Механизм излучения у. а. о. и. изучен недостаточно [4—7]. В [4] высказано предположение, используемое другими авторами, о многократном переотражении энергии между двумя металлическими плоскостями различного размера. Улучшение к. п. д. и функции направленности а. о. и. при добавлении к большему отражателю бортика объясняется уменьшением плотности тока, затекающего на внешнюю поверхность большего отражателя [1]. Из-за отсутствия точного объяснения механизма формирования поля излучения в у. а. о. и. до настоящего времени затруднялась их оптимизация.

В статье описываются результаты исследования механизма формирования поля излучения у. а. о. и. и условий получения максимального коэффициента усиления. Исследования проводились при помощи макета (рис. 1, а), состоящего из двух дисков 2 и 6, разделенных диэлектрической шайбой 5 ($h = 0,22\lambda_0$, $\epsilon' = 2,05$). К нижнему диску присоединялся проводящий цилиндр 1, назван-

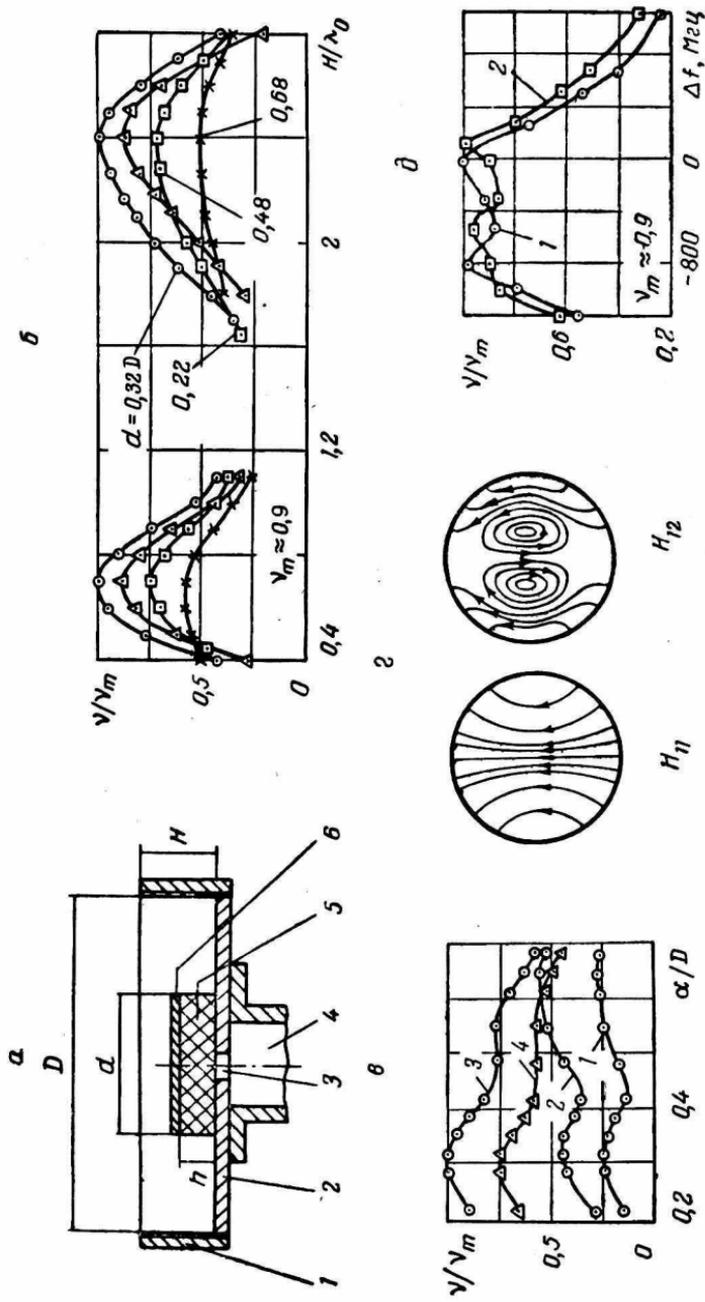


Рис. 1. Антенна обратного излучения:

a — макет; b — зависимость к. и. п. р. от H/λ_0 ; c — зависимость к. и. п. р. от d/D ; d — основные типы волн; δ — зависимость к. и. п. р. от Δf .

ный бортиком [1], высота которого H регулировалась. Полость между дисками возбуждалась волноводом 4 через отверстие связи 3.

Коэффициент усиления измерялся методом сравнения. На всех исследуемых частотах излучатель согласовывался с питающим волноводом при помощи трансформатора сопротивлений до к. с. в. $\leq 1,1$. Коэффициент использования площади раскрыва (к. и. п. р.) рассчитывался, согласно [9], по формуле

$$\nu = \frac{\lambda^2}{4\pi S_p} \cdot G,$$

где λ — рабочая длина волны; S_p — площадь раскрыва. К. п. д. принят равным единице. Диаграммы направленности снимались на установке с самописцем.

При изменении высоты H цилиндра измерялись к. и. п. р. ν (рис. 1, б) и коэффициент усиления G , причем наблюдалась периодическая их зависимость от H . Периодичность ν и G объясняется тем, что внутри цилиндра распространяются колебания разных типов, для которых одинаковые условия сложения повторяются при прохождении некоторого расстояния ΔH . Указанные колебания возникают на неоднородностях, главным образом на малом диске и отверстии связи. При данном диаметре цилиндра ($D = 1,8\lambda_0$), в нем могут распространяться колебания следующих типов: H_{11} , E_{01} , H_{21} , H_{01} , E_{11} , H_{31} , E_{21} , H_{41} , H_{12} , E_{02} .

Для выяснения существующих в цилиндре колебаний были рассчитаны значения ΔH для всех комбинаций волн указанных типов, начиная с варианта, когда в цилиндре распространяются колебания только двух типов.

В случае двух колебаний на отрезке ΔH образуется сдвиг фазы между ними, равный $2k\pi$. Минимальную длину отрезка ΔH получим при $k = 1$:

$$\Delta H_{\min} = \frac{\lambda_{b_1} \lambda_{b_2}}{(\lambda_{b_2} - \lambda_{b_1})}, \quad (1)$$

где $\lambda_{b_1, 2}$ — длины волн в волноводе соответственно первого и второго колебаний.

Анализируя, видим, что только при комбинации волн типа H_{11} и H_{12} , рассчитанное по (1) значение ΔH ($1,75\lambda_0$) незначительно разошлось с экспериментальным ($\Delta H = 1,71\lambda_0$, рис. 1, б).

Наличие волн типа H_{11} и H_{12} подтвердилось при измерении распределения напряженности поля в раскрыве антенны. В плоскостях E и H вдоль диаметра наблюдались две пучности напряженности электрического поля, а при увеличении диаметра малого диска появлялась третья пучность напряженности поля в центральной области раскрыва, что соответствовало распределению суммарного поля волн типа H_{11} и H_{12} , если они противофазны и имеют соответствующие соотношения амплитуд.

Влияние колебаний других типов в описанных измерениях не было замечено, очевидно, из-за незначительной их интенсивности.

В приведенной конструкции наиболее благоприятны условия возбуждения колебаний типа H_{11} и H_{12} , так как в питающем круглом волноводе распространялась волна типа H_{11} , а отверстие связи 3 и малый диск 6 (рис. 1, а) расположены соосно с волноводом 4 и цилиндром 1.

Как следует из рисунка 1, з, если на поле волны H_{11} накладывается поле противофазной волны H_{12} , то в центральной области раскрыва поля вычитаются, а ближе к его краям — складываются, что приводит к более равномерному возбуждению раскрыва, увеличению к. и. п. р. γ и коэффициента усиления G .

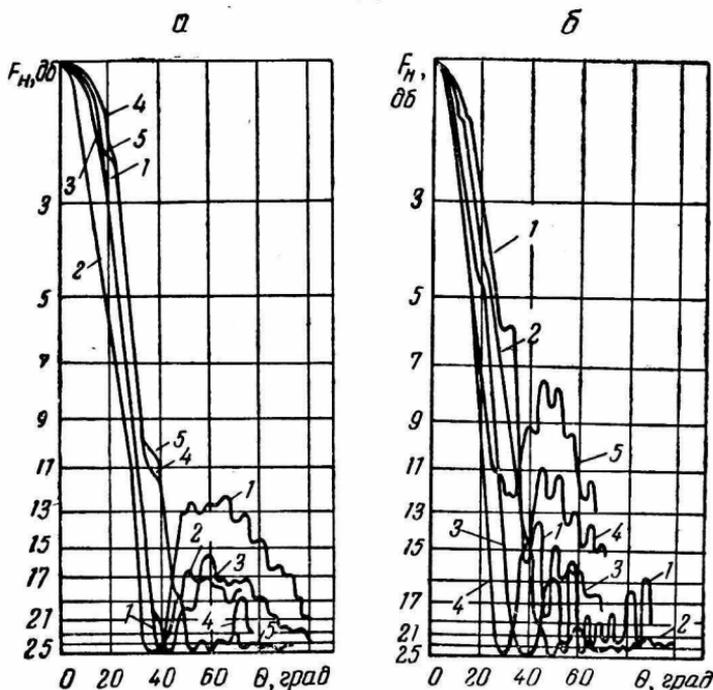


Рис. 2. Диаграммы направленности антенны в плоскости H :
 а — при $d/D = 0,22; 0,32; 0,42; 0,55; 0,68$ ($H = 0,69 \lambda_0; D = 1,8 \lambda_0$);
 б — при $\Delta f = -1,2; -0,5; 0,1; 0,7; 1,1$ Гц ($d = 0,32D, D = 1,8 \lambda_0$).

В [8] показано, что степень равномерности возбуждения раскрыва зависит от соотношения амплитуд волн указанных типов, которое, в свою очередь, определяется соотношением диаметров малого и большого дисков $\frac{d}{D}$. Результаты проверки указанной зависимости приведены на рисунке 1, в. Имеется оптимальное соотношение $\frac{d}{D} = 0,32$, при котором к. и. п. р. γ максимален. Кривые рисунка 1, в сняты при высотах цилиндра, соответственно равных $0; 0,4 \lambda_0; 0,69 \lambda_0$ и $0,9 \lambda_0$. Характер зависимости γ от

$\frac{d}{D}$ при всех значениях H одинаков. Максимальная величина ν достигается при всех значениях $\frac{d}{D}$ в случае одной и той же высоты $H = 0,69\lambda_0$ (рис. 1, б).

Зависимость ν от $\frac{d}{D}$ коррелируется с изменениями функции направленности антенны (рис. 2, а). В случае максимального ν (при $H = 0,69\lambda_0$, $d = 0,32D$) диаграмма направленности в плоскости H самая узкая, уровень боковых лепестков менее 16 дБ. В плоскости E в этом же случае минимальный уровень боковых лепестков $\xi < 7$ дБ.

Исследованы частотные зависимости характеристик излучения антенны с оптимальной высотой цилиндра $\frac{H}{\lambda_0} = 0,69$ в полосе 25,5%, $f_0 = 9$ Гц. Коэффициент ν имеет два максимума (рис. 1, д). Кривые рисунка 1, д сняты при отношениях диаметров $\frac{d}{D}$, соответственно равных 0,32 и 0,42. С изменением $\frac{d}{D}$ оптимальные частоты сдвигаются. В исследованной полосе частот уровень бокового излучения в H -плоскости изменяется от $-7,5$ до -22 дБ (рис. 2, б), в E -плоскости — от -6 до $-8,2$ дБ.

ВЫВОДЫ

1. В укороченной антенне обратного излучения следует учитывать волны высших типов, распространяющиеся в проводящем цилиндре, образованном бортиком на нижнем диске.

2. В проводящем цилиндре наиболее интенсивны волны двух типов H_{11} и H_{12} , соотношение амплитуд которых зависит от соотношения диаметров малого диска и цилиндра. Колебания типов H_{11} и H_{12} можно фазировать, изменяя высоту цилиндра.

3. Коэффициент использования площади раскрыва критичен к высоте цилиндра, но слабо зависит от диаметра малого диска и длины волны. При неудачном выборе высоты цилиндра может значительно понизиться коэффициент усиления антенны и сильно возрасти уровень бокового излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Ehrenspeck. The short backfire antenna. Proc. IEEE, 1965, т. 53, №8, p. 1138—1140.
2. H. Ehrenspeck. «Backfire»-Antennen. Nachrichtentechn. Z., 1969, № 5, S. 286—292.
3. Ehrenspeck. H. Short-Backfire-Antennen als UHF-Fernsehantennen. Funk-Technik, 1971, № 16, S. 598—602.
4. H. Ehrenspeck. The backfire antenna. Пат. США, кл. 343—819, № 3, 122 745, II, 05, 1959, 1 p.
5. F. Zucker. The backfire antenna: a qualitative approach to its design. Proc. IEEE, 1965, т. 53, № 7, p. 746—747.
6. K. Chen, D. Nyquist, J. Lin. Radiation fields of the short backfire antenna. IEEE Trans. Antennas. Propagat., 1968, AP—16, № 5, p. 596—597.

7. M. Hong, D. Nyquist, K. Chen. Radiation fields of Open-Cavity Radiators and a Backfire Antenna. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1970, AP—18, № 6, p. 813—815.

8. А. П. Дорохов, В. С. Марчук. Влияние колебаний высших типов на к. н. д. апертурных антенн (см. статью настоящего сборника).

9. Г. З. Айзенберг. Антенны ультракоротких волн. Связьиздат, 1957, 699 с.