

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ

А. П. Дорохов, П. Л. Токарский

Харьков

Использовать известные способы снижения уровня боковых лепестков [1] в антеннах с электрическим сканированием довольно трудно. Попытка создания специального распределения токов в вибраторах решетки [1, 3] приводит к резкому усложнению схемы питания. Питание неэквидистантных решеток с одинаковыми токами в вибраторах проще, однако в таких антеннах ввиду разных расстояний между вибраторами трудно обеспечить синхронное сканирование диаграмм направленности секций антенны. Поэтому построение антенных решеток с малым уровнем бокового излучения и одинаковыми расстояниями между основной частью излучателей является актуальной задачей.

Уровень боковых лепестков диаграммы направленности многовибраторной равномерно возбужденной антенны можно значительно понизить довольно простым способом. Для этого достаточно в раскрыв антенны ввести дополнительно систему противофазных вибраторов, расположенных и питаемых так, чтобы их поле ослабляло поле антенны в заданных направлениях.

Функции направленности решетки n синфазных излучателей $f^{(n)}(\varphi)$ и системы двух точечных излучателей $f^{(2)}(\varphi)$, согласно [2], имеют вид (рис. 1).

$$f^{(n)}(\varphi) = \frac{\sin\left(\frac{n}{2} kd \sin \varphi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2} kd \sin \varphi\right)}; \quad f^{(2)}(\varphi) = 2 \cos\left(\frac{1}{2} kd' \sin \varphi\right). \quad (1)$$

Здесь d и d' — расстояния между излучателями в антенне и в системе двух точечных излучателей; φ — угол, отсчитываемый от нормали к оси, соединяющей излучатели; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ — длина волны.

Направления i -х боковых максимумов диаграммы направленности и их величина, согласно [2], определяются соответственно формулами

$$\sin \varphi_{mi}^{(n)} = \pm \frac{2i+1}{2} \frac{\lambda}{nd}; \quad \sin \varphi_{mi}^{(2)} = \pm \frac{i\lambda}{d'}; \quad (2)$$

$$f^{(n)}(\varphi_{mi}^{(n)}) = \frac{\pm 1}{\sin\left(\frac{2i+1}{2n}\pi\right)}; \quad f^{(2)}(\varphi_{mi}^{(2)}) = 2, \quad (3)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots$

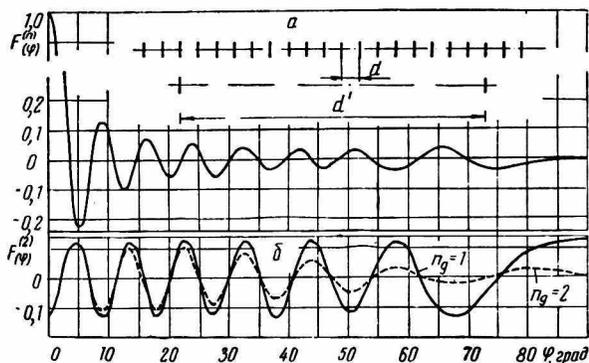


Рис. 1. Диаграммы направленности: эквидистантной решетки (а) и системы $2 n_d$ -излучателей (б).

Для компенсации излучения в i -м боковом лепестке необходимо подобрать расстояние между дополнительными излучателями, при котором бы направления $\varphi_{mi}^{(n)}$ и $\varphi_{mi}^{(2)}$ совпадали. Учитывая это условие, из (2) получаем

$$d' = \frac{2i}{2i+1} nd. \quad (4)$$

Для полной компенсации i -го лепестка необходимо получить равенство полей антенной решетки и системы дополнительных излучателей. Учитывая, что поле в данном направлении пропорционально значению функции направленности и амплитуде тока в излучателях, имеем

$$I^{(2)} = \frac{f_m^{(n)}(\varphi_{mi}^{(n)})}{f_m^{(2)}(\varphi_{mi}^{(2)})} I^{(n)} = \frac{I^{(n)}}{2 \sin\left(\frac{2i+1}{2n}\pi\right)}. \quad (5)$$

Здесь $I^{(2)}$, $I^{(n)}$ — токи в системе двух дополнительных излучателей и антенной решетке.

Максимумы функций $f^{(n)}(\varphi)$ и $f^{(2)}(\varphi)$ появляются с разной периодичностью относительно φ (рис. 1). Поэтому при больших n возможно локальное увеличение уровня боковых лепестков, обусловленное синфазным сложением обеих функций в некоторых направлениях. Направления синфазного сложения функций находим из (2), учитывая, что порядковый

номер совпадающего бокового максимума функции $f^{(2)}(\varphi)$ на $2l - 1$ меньше, чем функции $f^{(n)}(\varphi)$.

$$\varphi_l = \arcsin \frac{(2l + 1)(4l - 1)\lambda}{2nd}, \quad (6)$$

где $l = 1, 2, 3, \dots$

Чтобы избежать локального возрастания боковых максимумов большого порядка, следует вместо одиночного дополнительного противофазного излучателя применить систему n_d излучателей с токами в n_d раз меньшими, чем в случае одиночного излучателя. Чем больше число излучателей n_d дополнительной системы, тем сильнее падает значение ее функции направленности с увеличением φ (рис. 1, $n_d = 2$), и поэтому вклад ее меньше в повышение боковых максимумов большого порядка.

В реальной решетке трудно ввести дополнительные противофазные вибраторы из-за усложнения схемы питания. Удобнее удалять отдельные вибраторы. Например, вместо введения дополнительного вибратора с отрицательным током $I^{(2)} = -2I^{(n)}$ можно удалить два вибратора решетки.

На рис. 2 приведены расчетные 1 и экспериментальные 2 диаграммы направленности в H -плоскости 32-вibratorной синфазной антенны, компенсация боковых лепестков которой проводилась исключением из неё с каждой стороны двух вибраторов (3, 4 и 29, 30), что равнозначно введению четырех противофазных вибраторов с расстоянием между парами $d' = 26d$. Как видно из рисунка, совпадение экспериментальных и расчетных данных удовлетворительное. До компенсации уровень первого бокового максимума был равен $-13,5$ дБ, после компенсации он упал до $-18,5$ дБ. При этом уровень пятого лепестка возрос, но не превысил $-18,6$ дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антенные решетки (под редакцией Л. С. Бененсона). Изд-во «Советское радио», 1966.
2. А. П. Дорохов. Расчет и конструирование антенно-фидерных устройств. Изд-во ХГУ, Харьков, 1960.
3. Ченг, Страйт. Простой метод снижения уровня боковых лепестков. «Зарубежная радиоэлектроника», 1964, № 5.

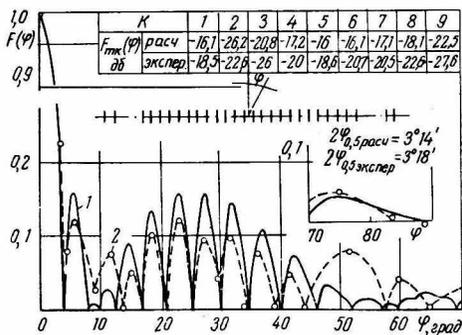


Рис. 2. Диаграммы направленности антенны со сниженным уровнем боковых лепестков: расчетная (1) и экспериментальная (2).