

2. Большая фазируемая антенна, размещенная в воздухе ($\kappa_2 = \kappa_0$) над полупроводящей средой с $\epsilon_1 = 4 - i2$. Расчет проведен по (22) для $\kappa_{y0} = 0$ и различных κ_{x0} . Результаты расчета показаны на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в работе соотношения и рассмотренные примеры свидетельствуют о плодотворности подхода, основанного на использовании ДН, продолженной аналитически в область мнимых углов, при расчете характеристик антенн. Важно, что при этом имеет место физическая наглядность основных соотношений, позволяющая строить их без затруднений практически для любых случаев.

Особенно удобен описанный метод для анализа больших антенн, находящих себе все большее применение в современной науке и технике. В частности, применение его позволило с хорошей точностью определить эффективную площадь ряда радиотелескопов декаметрового диапазона волн и других антенных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rhodes D. R. On a Fundamental Principle in the Theory of Planar Antennas. — «Proc. IEEE», 1964, v. 52, N 9, p. 1013—1021.
2. Содин Л. Г. Параметры антенн, размещенных над полупроводящей плоской поверхностью раздела. — «Известия вузов», «Радиофизика», 1968, XI, № 1, с. 101—109.
3. Крымкин В. В. Полуволновый вибратор над реальной землей. — «Известия вузов», «Радиофизика», 1971, № 2, с. 302—308.
4. Брауде Б. В. Метод расчета полного активного сопротивления антенн с учетом конечной проводимости земли. — «Радиотехника», 1946, 1, № 5, с. 61—72.
5. Кульцеп В. П. Кпд и входное сопротивление плоского излучателя, размещенного вблизи границы раздела. «Антенны». Сборник статей под ред. А. А. Пистолькорса, 1972, № 15, с. 57—68.
6. Sivaprasad K., King P. W. P. A Study of Arrays of Dipoles in a Semi. — «IEEE Trans.», AP-11, 1963, N 3, p. 241—256.
7. Лавров Г. А., Князев А. С. Приземные и подземные антенны. М., «Советское радио», 1965. 472 с.

*Поступила в редакцию 29/V 1973 г.
после переработки 2/V 1974 г.*

УДК 621.317.799(088.8)

М. А. вилькоцкий, и. т. кравченко

Измерение коэффициента усиления антенн произвольной поляризации зеркальным методом

В статье рассматриваются две модификации зеркального метода измерения коэффициента усиления антенн линейной поляризации, позволяющие применить указанный метод для измерения коэффициента усиления антенн произвольной поляризации.

В настоящее время одним из наиболее распространенных методов измерения коэффициента усиления (КУ) антенн линейной по-

ляризации является метод зеркальных изображений [1]. Однако его применение для измерения КУ антенн, имеющих эллиптическую поляризацию поля излучения, встречает затруднение в связи с тем, что при отражении от плоского металлического экрана направление вращения электрического вектора меняется на обратное. Предложенный в работе [2] метод измерения КУ антенн круговой поляризации пригоден лишь для ограниченного типа антенн, круговая поляризация поля излучения которых обеспечивается кругополяризованной фазирующей секцией. Кроме того, недостатком такого метода является необходимость измерения параметров поляризационного эллипса, что ведет к дополнительным погрешностям. В данной работе анализируются две модификации зеркального метода, позволяющие устранить указанные затруднения, одна из которых заключается в применении двугранного уголкового отражателя, другая — в применении поляризационного экрана.

Структурная схема установки для измерения коэффициента усиления при использовании двугранного отражателя приведена на рис. 1. Она состоит из генератора 1, развязывающего устройства 2, рефлектометра 3, волнового трансформатора 4, исследуемой антенны 5, уголкового отражателя с углом при вершине 90° 6 и индикатора 7.

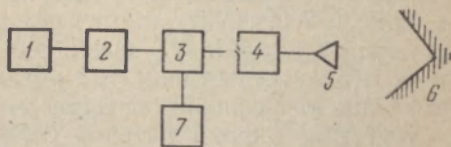


Рис. 1

До проведения измерений антенна согласуется с линией питания волновым трансформатором, затем в поле излучения антенны вносится уголкового отражатель и регистрируется коэффициент отражения в линии питания с помощью рефлектометра. Уголкового экран устанавливается в дальней зоне, чтобы направление максимального излучения антенны совпадало с линией пересечения плоскости, делящей угол при вершине пополам, и перпендикулярной ей плоскостью.

Поскольку зеркальное изображение антенны эллиптической поляризации, находящееся в плоскости симметрии уголкового экрана, получается идентичным оригиналу, принятая мощность [3]

$$P_2 = \left(\frac{\lambda}{8\pi R} \right)^2 P_1 G^2 \hat{f}, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 — мощности излучения и приема соответственно; λ и R — длины волны и расстояние между антенной и ребром двугранного уголкового экрана; G — коэффициент усиления антенны; \hat{f} — поляризационная эффективность, в нашем случае

$$\hat{f} = \frac{(1+r^2)^2 + 4r^2 + (1-r^2)^2 \cos 4\psi}{2(1+r^2)^2}, \quad (2)$$

где r — коэффициент поляризации поля; ψ — угол между большой осью поляризационного эллипса и ребром двугранного угла.

Из выражения (1) получим расчетную формулу для коэффициента усиления

$$G = \frac{8\pi R}{\lambda_f} \Gamma,$$

где $\Gamma = \sqrt{P_2/P_1}$ — коэффициент отражения в линии питания.

Поскольку максимальное значение поляризационной эффективности, равное единице, как это следует из выражения (2), достигается при $\psi = n\pi/2$, где $n=0; 1; 2; 3 \dots$, для вычисления коэффициента отражения Γ , полученного при повороте экрана или антенны вокруг направления максимального излучения.

Другая модификация метода зеркальных изображений заключается в замене плоского металлического экрана экраном из тонких проволок, размещенных параллельно друг другу на расстоянии, меньшем $\lambda/2$. Структурная схема установки для ее практической реализации аналогична вышеприведенной с тем отличием, что вместо уголкового отражателя установлен поляризационный экран. Коэффициент усиления антенны измеряется следующим образом. В отсутствие экрана антенна согласуется волновым трансформатором с линией питания. Затем в поле излучения антенны вносится поляризационный экран. При помощи поворота антенны или экрана вокруг направления максимального излучения рефлектометром регистрируется минимальный коэффициент отражения в линии питания:

$$\Gamma_1 = \frac{\lambda}{8\pi R} G_1, \quad (3)$$

где G_1 — КУ антенны на малой оси поляризационного эллипса. Аналогично регистрируется максимальный коэффициент отражения

$$\Gamma_2 = \frac{\lambda}{8\pi R} G_2, \quad (4)$$

где G_2 — КУ антенны по большой оси поляризационного эллипса. Пользуясь выражениями (3) и (4), легко вычислить КУ антенны:

$$G_1 + G_2 = \frac{8\pi R}{\lambda} (\Gamma_1 + \Gamma_2). \quad (5)$$

Указанная картина имеет место при отсутствии переотражений между исследуемой антенной и поляризационным или уголковым экранами и практически не может быть реализована ввиду того, что коэффициент использования площади антенны не достигает единицы. В связи с этим для уменьшения погрешности можно вычислить КУ по среднему арифметическому минимального и максимального значений Γ при изменении расстояния между антенной и отражателем.

Для сравнения обоих методов необходимо учитывать, во-первых, что изготовление поляризационного экрана гораздо проще, чем уголкового отражателя, и может быть выполнено с большей точностью. Во-вторых, при выполнении измерений КУ с помощью

уголкового отражателя необходимо применение вращающегося сочленения в связи с тем, что осуществить вращение уголкового экрана значительных размеров очень сложно. При использовании второй модификации эта трудность легко устраняется.

Для экспериментальной проверки методов были изготовлены два экрана: уголкового с площадью боковой грани $1 \times 0,7 \text{ м}^2$ из алюминиевого листа толщиной 3 мм и поляризационный, представляющий собой лист пенополистирола площадью $1 \times 1 \text{ м}^2$ с впрессованными в его поверхность проволоками диаметром 0,3 мм и расстоянием между ними 8 мм. Исследования проводились на частоте 9,5 ГГц. Расстояние от антенны до отражателя выбиралось из условия соблюдения дальней зоны между антенной и ее изображением.

Вращалась исследуемая антенна вместе со всей свч измерительной частью прибора (рефлектометром, трансформатором, развязывающим устройством) вокруг оси антенны. Поляризационный экран вращался вокруг оси, укрепленной на диэлектрической стойке, обладающей малым коэффициентом отражения.

В качестве исследуемых антенн использовались три рупорные антенны с площадью раскрытия $13,5 \times 9,5 \text{ см}^2$ и $6 \times 4 \text{ см}^2$ линейной поляризации и $12 \times 11 \text{ см}^2$ эллиптической поляризации с коэффициентом поляризации $r=1$ и $r=0,7$. Для антенн линейной поляризации при расстояниях между антенной и экраном, равных соответственно 120 см и 30 см, получены значения КУ, равные 78 и 13,6. Для антенны эллиптической поляризации при расстоянии между антенной и экраном, равном 100 см, получены значения КУ, равные 75 и 80 соответственно для $r=1$ и $r=0,7$.

Сравнения результатов эксперимента с теоретическими данными, а также с результатами измерений, проведенных другими методами, показали, что погрешность измерений не превышает погрешности известного метода зеркальных изображений для антенн линейной поляризации.

Таким образом, методом зеркального изображения можно пользоваться при измерении КУ антенн произвольной поляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрадин А. З., Рыжков Е. В. Измерения параметров антенно-фидерных устройств. М., «Связь», 1972. 352 с.
2. Шубарин Ю. В., Волошин В. А. Метод измерения коэффициента усиления антенн круговой поляризации. — «Радиотехника и электроника», 1966, т. 11, с. 1870—1872.
3. Антенны эллиптической поляризации. Сборник статей под ред. Шпунтова А. И. М., ИИЛ, 1961.

*Поступила в редакцию 28/XI 1972 г.;
после переработки — 12/XI 1973 г.*

УДК 621.396.67

Л. Д. БАХРАХ, М. И. ГРИГОРЬЕВА, Я. И. МАТВЕЕНКО

К вопросу настройки остронаправленных антенн по Солнцу

Рассмотрена настройка больших полноповоротных антенн по Солнцу. Показано преимущество этого метода. Настраивается антенна по изменению ширины ДН по уровням 0,1 и 0,5 $P_{\text{макс}}$. Ширина ДН антенны оценивается по записи прохождения Солнца через ДН. Приведены