

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ КРОСПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УСЕЧЕННЫХ ПАРАБОЛОИДОВ ВРАЩЕНИЯ

Е. А. Литвиненко, В. Ф. Павлов

Харьков

Современная радиолокация часто нуждается в поляризационных характеристиках принимаемых сигналов. Поляризационную информацию используют при неблагоприятных метеорологических условиях для подавления отражений от дождя, снега и т. д.

Однако известно [1], что любая антенна с расчетным эллиптически поляризованным излучением по крайней мере в одном направлении излучает поле линейной поляризации, т. е. поляризационные свойства ее в пространстве не постоянны. Следовательно, для получения достоверной информации необходимо знать поляризационную структуру излучения.

Знание данной структуры необходимо для создания антенных систем с компенсацией фона. В [2] описаны нежелательные эффекты, которые возникают в таких системах при существенной по величине кроссполяризационной компоненты в круговом излучении.

Фон по кроссполяризационной компоненте в сумме с фоном по основной поляризации оказывают неблагоприятное биологическое действие на организм человека, находящегося при обслуживании антенной системы вне области главного лепестка диаграммы направленности. Следовательно, оценка кроссполяризационного излучения играет существенную роль для достижения безопасных условий труда.

Для антенн в виде усеченных параболоидов вращения существуют методы расчета комплексных диаграмм направленности [3, 4], которые позволяют судить о поляризационной структуре. Но они громоздки и неудобны. В настоящей статье предлагается более простой метод оценки кроссполяризационного излучения усеченных параболоидов вращения, которым можно пользоваться не прибегая к помощи ЭВМ.

Рассмотрим антенну в виде усеченного параболоида вращения с поверхностью раскрыва S_0 и фокусным расстоянием f . Вводим в рассмотрение фиктивный параболоид вращения, фокусное расстояние которого также равно f , а диаметр раскрыва равен наибольшему размеру раскрыва усеченного параболоида.

Поместим начало декартовой системы координат в центр раскрыва фиктивного параболоида, ось z совместим с главной оптической осью (рис. 1). Дополнительно к декартовой системе координат введем сферическую ψ, φ_s, ρ с центром в фокусе.

Если облучателем является вибратор, ориентированный параллельно оси x , то для введенного в рассмотрение параболоида

вращения получим составляющие вектора электрического поля по осям декартовой системы в раскрыве зеркала [5]:

$$E_{1x} = (\cos \psi \cos^2 \varphi_s + \sin^2 \varphi_s) F(\psi, \varphi_s) \times \\ \times \frac{e^{-ik(j+z_0)}}{2\rho} \left[\left(\frac{\nu_0}{\epsilon_0} \right)^{1/2} \frac{PD_m}{\pi} \right]^{1/2}; \quad (1)$$

$$E_{1y} = \frac{1}{2} (1 - \cos \psi) \sin 2\varphi_s F(\psi, \varphi_s) \times \\ \times \frac{e^{-ik(j+z_0)}}{2s} \left[\left(\frac{\nu_0}{\epsilon_0} \right)^{1/2} \frac{PD_m}{\pi} \right]^{1/2}, \quad (2)$$

где E_{1x} — напряженность электрического поля основной поляризации;

E_{1y} — напряженность электрического поля кроссполяризованного излучения;

$F(\psi, \varphi_s)$ — диаграмма направленности облучателя;

k — волновое число ($k = \frac{2\pi}{\lambda}$);

f — фокусное расстояние параболоида;

z_0 — глубина параболоида;

P — мощность излучения;

D_m — максимальное значение коэффициента направленного действия;

$\left(\frac{\nu_0}{\epsilon_0} \right)^{1/2}$ — волновое сопротивление пространства.

Дифференциальное уравнение электрических силовых линий в раскрыве имеет вид

$$\frac{dy}{dx} = \frac{E_{1y}}{E_{1x}}. \quad (3)$$

Используя (3), можно получить картину электрических силовых линий в раскрыве.

Если пренебречь дифракционными явлениями, то, исключая из рассмотрения участки, дополняющие первоначальный параболоид до неусеченного, получим картину электрических силовых линий в раскрыве усеченного параболоида вращения.

Исходя из эквивалентности распределения поля в раскрыве в соответствующих плоскостях для усеченного параболоида и параболоида вращения, можно говорить об эквивалентности диаграмм направленности в этих плоскостях.

Так как для усеченного параболоида вращения в случае пренебрежения дифракционными явлениями уравнения (1) и (2) остаются справедливыми, то из анализа уравнения (2) следует,

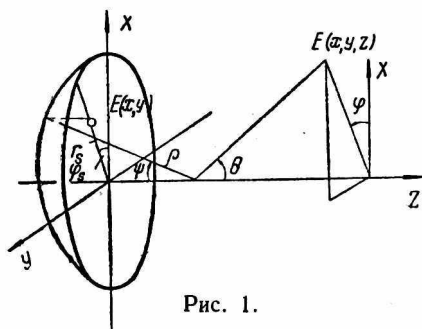


Рис. 1.

что максимумы кроссполяризованного излучения находятся под углом 45° к основным плоскостям E и H . Последнее подтверждается экспериментом.

Уровень кроссполяризованного излучения зависит также и от угла ψ , иначе от размера раскрыва и фокусного расстояния. При определении максимального значения, т. е. $\varphi_s = 45^\circ$, характерным размером, влияющим на уровень перекрестного излучения, является размер раскрыва под углом 45° к основным плоскостям E и H . Так как это излучение оценивается его максимальным значением, размер раскрыва под углом 45° к основным плоскостям будем в дальнейшем называть характерным размером кроссполяризованного излучения и обозначим D_k :

$$D_k = \sqrt{2}l_{\min}, \quad (4)$$

где l_{\min} — минимальный размер прямоугольного раскрыва.

Итак, кроссполяризованное излучение усеченного параболоида вращения можно определить путем расчета этого излучения для параболоида вращения с тем же фокусным расстоянием и с диаметром раскрыва, равным D_k .

Осесимметричные зеркальные антенны с вибраторными излучателями хорошо изучены, поэтому целесообразно останавливаться на методах их расчета.

В случае облучения осесимметричных зеркальных антенн волноводными первичными источниками в [6] было показано, что в пределах угла, откладываемого от главной оптической оси и равного одному радиану, диаграмма кроссполяризованного излучения в плоскости ее максимального значения связана с диаграммами в плоскостях E и H следующим образом:

$$F_\xi\left(\theta, \frac{\pi}{4}\right) = \frac{F(\theta, 0) - F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right)}{2}, \quad (5)$$

где $F_\xi\left(\theta, \frac{\pi}{4}\right)$ — диаграмма направленности по кроссполяризованной компоненте в плоскости $\varphi = \frac{\pi}{4}$;

$F(\theta, 0)$ — диаграмма направленности по основной поляризации в плоскости E ;

$F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right)$ — диаграмма направленности по основной поляризации в плоскости H .

Результаты, полученные при использовании выражения (5), хорошо согласуются с экспериментом.

На рис. 2 представлены диаграммы направленности по кроссполяризованной компоненте для усеченного параболоида с размерами раскрыва 120λ и 30λ , фокусное расстояние $f \approx 36\lambda$. Облучателем служит рупор. К краям уровень облучения спадает на 15 дБ. Экспериментальные кривые 1 и теоретические 2 взяты

из [4]. Теоретические кривые получены методом расчета по отдельным участкам; весь рефлектор был разбит на 30 частей.

Теоретический расчет, иллюстрированный кривой 3, проводился по методу замены усеченного параболоида неусеченным с тем же фокусным расстоянием и с размером раскрыва, равным D_k . Расчетная диаграмма 3 получается шире экспериментальной и она сдвинута в пространстве, так как при расчете не принималась во внимание деполаризация в направлении главного максимума.

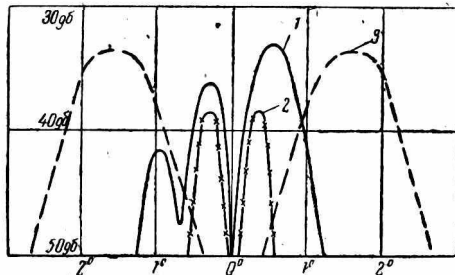


Рис. 2.

Ввиду сложности снятия диаграммы кроссполаризационного излучения в обычных условиях сравнивались расчетные и оценочные экспериментальные данные. Результаты сравнения говорят в пользу расчета по методу замены усеченного параболоида неусеченным.

Ввиду сложности снятия диаграммы кроссполаризационного излучения в обычных условиях сравнивались расчетные и оценочные экспериментальные данные. Результаты сравнения говорят в пользу расчета по методу замены усеченного параболоида неусеченным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Б. Коренберг. О некоторых общих свойствах характеристик направленных антенн. «Радиотехника», 14, 9, 1956.
2. I. F. Ramsay, J. P. Thompson, W. D. White. IRE Internat. Convent. Rec., 1962, p. 10, 1. 13.
3. Р. Кюн. Микроволновые антенны (пер. с нем.). Изд-во «Судостроение», Л., 1967.
4. E. Raburn Louis. The Calculation of Reflector Antenna Polarized, IRE Trans, 1960, AP—8.1.
5. Ю. В. Шубарин. Антенны сверхвысоких частот. Изд-во ХГУ, Харьков. 1960.
6. Б. Е. Кинбер. Пространственная структура диаграммы и поляризации излучения осесимметричных зеркальных антенн. «Радиотехника и электроника», т. 5, вып. 5, 1960.