

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕНН НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОГОЛОГРАММ ПОЛЯ В ИХ РАСКРЫВЕ

А. А. АРУТЮНЯН, Дж. С. АРУТЮНЯН, П. М. ГЕРУНИ,
А. А. ТАТЕВОСЯН, Б. Е. ХАЙКИН, В. С. ХИТРОВА

Рассмотрен метод измерения диаграмм направленности антенн СВЧ по радиоголограмме поля в раскрыве с применением алгоритма быстрого преобразования Фурье. Приведены результаты эксперимента.

Измерения характеристик поля излучения остронаправленных антенн традиционными методами в дальней зоне встречают ряд затруднений. С неуклонным ростом размеров современных антенн, используемых в радиоастрономии и космической связи, эти измерения требуют разработки качественно новых методов.

Весьма перспективным в свете сказанного является метод измерения параметров антенн по полю в их раскрыве [1,2]. Суть этого метода заключается в дискретном измерении радиоголограммы поля непосредственно в раскрыве антенны, переводе ее на фотопленку и моделировании объемной диаграммы направленности (ДН) в когерентной оптической системе с применением линз для преобразования Фурье.

В настоящей работе рассматривается вопрос о замене оптического моделирования машинным с применением алгоритма быстрого преобразования Фурье.

В каждой точке радиоголограммы регистрируется сумма сигналов от антенны (A_1) и опорного (A_2), т. е.

$$P(x, y) = |A_1(x, y)|^2 + |A_2(x, y)|^2 + A_1(x, y) A_2^*(x, y) + A_1^*(x, y) A_2(x, y). \quad (1)$$

Для получения картины поля излучения эта величина должна быть подвергнута преобразованию Фурье

$$S(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{2\pi} \iint P(x, y) \exp[-2\pi j(\omega_x x + \omega_y y)] dx dy. \quad (2)$$

Такое преобразование потребовало бы выполнения на ЭВМ очень большого числа операций (N^4). Применение же алгоритма быстрого преобразования Фурье (БПФ) [3] требует для двумерной матрицы выполнения $4N^2 \log_2 N$ операций. Это означает, что уже при $N = 256$ число операций ЭВМ сокращается в 2000 раз.

При моделировании полей с помощью БПФ угловые соотношения моделирования ДН выглядят следующим образом: угол в меридианальной плоскости есть

$$\theta = \arcsin \left(\lambda \sqrt{\left(\frac{n}{N\tau_n} \right)^2 + \left(\frac{m}{M\tau_m} \right)^2} \right), \quad (3)$$

а угол в экваториальной плоскости —

$$\varphi = \arcsin \frac{m N \tau_n}{n M \tau_m}, \quad (4)$$

где m, n — координаты элемента матрицы в радиоголограмме, $M \times N$ — число элементов в матрице, τ_m, τ_n — шаг дискрета радиоголограммы, $M\tau_m, N\tau_n$ — размеры радиоголограммы, λ — длина радиоволны.

Эксперимент был поставлен на антенне диаметром зеркала в 500 мм, работающей на миллиметровых волнах. Обычным способом (в дальней зоне) с большой тщательностью была измерена ДН в E -и H -плоскостях. На рис. 1 представлена в логарифмическом масштабе ДН в плоскости H (сплошная кривая). Затем была измерена радиоголограмма поля в раскрыве антенны (на расстоянии одного диаметра), содержащая 10^4 точек. Плоскость радиоголограммы составляла определенный угол с плоскостью раскрыва с целью имитации наклонного фронта опорной волны, которая вводилась в измерительный тракт в виде сигнала с постоянной фазой. Измерительный зонд сканировал в плоскости радиоголограммы по площади, вдвое превышающей площадь раскрыва. По результатам измерений был состав-

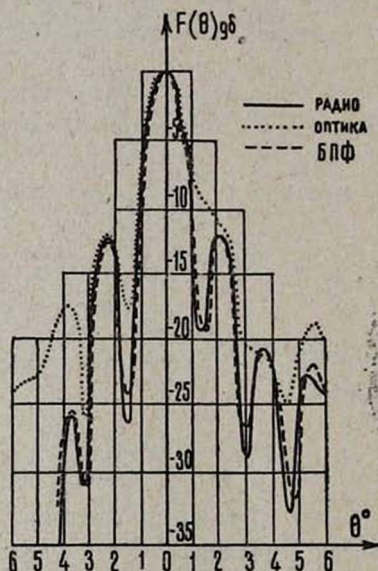


Рис. 1.

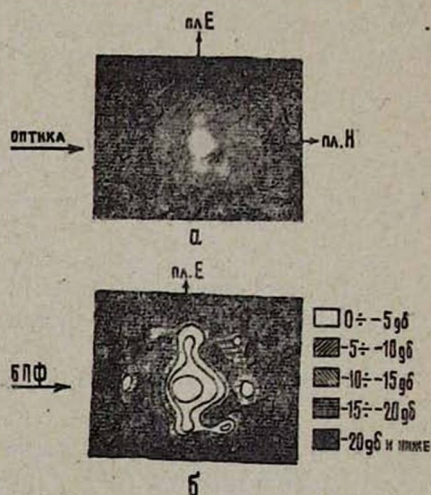


Рис. 2.

лен фототранспортир, содержащий 10^3 точек. Фото поперечного сечения ДН, восстановленной в когерентной оптической схеме, представлено на рис. 2а. Результат фотометрирования этого изображения в плоскости H показан на рис. 1 (кривая из точек).

Для осуществления машинного восстановления ДН из радиоголограммы была выбрана матрица из 64×64 элементов. БПФ было про-

изведено на ЭВМ „Раздан—3“. Поперечное сечение пространственной ДН приведено на рис. 26 (линии равных уровней проведены через 5 дБ). Для более точного сравнения картина ДН в плоскости H приведена на рис. 1 (пунктирная линия). Полученная одновременно на машине фазовая ДН представлена на рис. 3.

Сравнение кривых рис. 1 показывает, что машинное восстановление картины поля имеет определенные преимущества перед оптиче-

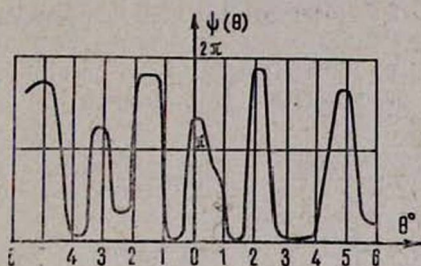


Рис. 3.

ским. Основное из них заключается в отсутствии неизбежного в оптике рассеянного света (шумов), создающего общий фон, ниже уровня которого невозможно определить картину распределения поля. При машинном моделировании имеется также возможность полностью исключить искажающее влияние опорного пучка, неоднородная вуаль от которого частично перекрывает изображение ДН в оптике. При применении ЭВМ упрощаются и технические процедуры ввода и вывода информации в преобразующую систему. Существенным преимуществом машинного метода является возможность параллельного получения фазовых ДН без дополнительных вычислений, а также расчета интегральных параметров антенны (КНД, коэффициент рассеяния и т. п.).

Некоторое расхождение результатов машинного восстановления с измерениями непосредственно в радиодиапазоне объясняется сравнительно небольшим числом элементов, взятых для матрицы преобразования в описанном первом опыте.

Представленный метод машинного восстановления радиоголограмм очень перспективен для антенных измерений, в особенности с учетом того обстоятельства, что он может выполняться в реальном масштабе времени, в процессе регистрации радиоголограммы. Общность метода распространяется на измерение полей акустических, гидроакустических и других излучателей, а также на задачи получения и распознавания образов различных объектов в различных участках спектров электромагнитных, механических и других колебаний.

Поступила 20.V.1972

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. П. М. Геруни, Дж. С. Арутюнян, ИТ, 2, 90 (1972).
2. Л. Д. Бахрах, П. М. Геруни, А. П. Курочкин, Дж. С. Арутюнян, Сборник Антенны, Изд. Связь, 14, 28 (1972),
3. J. W. Cooley, J. W. Tukey, Math. of Comput., 19, April (1965).

ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ՈՒՂՂՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԲԵՆԻԹԱԳՐԻ ՉԱՓՈՒՄԸ ՆՐԱ ԲԱՑՎԱԾՔԻ ԴԱՇՏԻ ՌԱԴԻՈՀՈՂՈԴՐԱՄՄԱՅԻ ՄԵՔԵՆԱՅԱԿԱՆ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ

Ա. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Զ. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Պ. Մ. ՀԵՐՈՆԻ, Լ. Ա. ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ,
Բ. Ե. ԽԱՅԿԻՆ, Վ. Ս. ԽԻՏՐՈՎԱ

Դիտարկված է դերբարձր հաճախականային անտենաների ուղղվածության բնութագիրը չափելու մեթոդ, հիմնված անտենայի բացվածքում գաղտի ռադիոհոլոգրամմայի մեքենայական մշակման վրա՝ օգտագործելով Ֆուրյեի արագ ձևափոխության ալգորիթմը: Բերված են մոդելային անկյունային հարաբերակցությունները և փորձի արդյունքները:

THE MEASUREMENT OF ANTENNA FAR FIELD PATTERN BY MACHINE RECONSTRUCTION OF THE MICROWAVE HOLOGRAMM IN APERTURE

A. A. HARUTUNIAN, J. S. HARUTUNIAN, P. M. HERUNI,
L. A. TATEVOSIAN, B. E. KHAIKIN, V. S. KHITROVA

The method of measuring microwave antenna far field pattern using computer processing by Fast Fourier Transform algorithm of the microwave hologramm in aperture has been discussed. Angular relations and experimental results are presented.