

Член-корреспондент АН СССР Л. Д. БАХРАХ, А. П. КУРОЧКИН,
Д. А. ДМИТРЕНКО, Н. М. ЦЕЙТЛИН, Дж. С. АРУТЮНЯН

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПРИЕМНОЙ АНТЕННЫ ПО ИСТОЧНИКУ В ЗОНЕ ФРЕНЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В ⁽¹⁾ был предложен метод восстановления диаграммы направленности антенны по результатам измерения поля в зоне Френеля с использованием оптической обработки и голографии. Сущность метода состоит в записи на фотопленке с.в.ч. голограммы, т. е. распределения интенсивности поля излучения исследуемой антенны и поля опорного источника, последующего восстановления по этой голограмме «изображения» излу-

чающего раскрыва антенны с помощью когерентной оптики и, наконец, получения диаграммы направленности в дальней зоне путем двумерного Фурье-преобразования полученного изображения с помощью системы линз. Этот метод был проверен экспериментально на небольшой передающей линейной антенне трехсантиметрового диапазона ⁽¹⁾. С.в.ч. голограмма измерялась зондом, который перемещался по окружности, охватывающей антенну. Естественно, что подобный же (с соответствующими модификациями) метод применим и к приемным антеннам, в частности, радиоастрономическим, где проблема измерения диаграммы направленности по источникам излучения, расположенным в ближней зоне, также весьма актуальна. Очевидная модификация метода состоит в том, что создающие голограмму исследуемый и референтный сигналы излучаются расположенным на некотором расстоянии от антенны источником и принимаются соответственно на исследуемую и опорную антенны.

Рис. 1. Схема измерения голограммы поля антенны. 1 — испытуемая антенна, 2 — приемная антенна канала опорного сигнала, 3 — излучатель, 4 — генератор, 5 — приемник, 6 — направленный ответвитель, 7 — фазовращатель, 8 — аттенуатор, 9 — гибкий кабель

С целью выяснения возможностей и точности указанного метода применительно к исследованию больших приемных антенн в апреле 1970 г. были проведены измерения диаграмм направленности семиметровой параболической кассегреновской антенны радиотелескопа на волне 10 см.

Схема измерений представлена на рис. 1. Излучатель 3 был установлен на двадцатипятиметровой вышке на расстоянии 100 м от исследуемой антенны 1 (т. е. в 10 раз ближе условной границы дальней зоны $2D^2/\lambda$), референтный сигнал принимался на рупор 2, установленный рядом с антенной. Голограмма на с.в.ч. формировалась путем суммирования в антенном тракте и затем детектирования сигнала, принимаемого антенной, и референтного сигнала. Голограмма измерялась при неподвижном источнике излучения посредством сканирования исследуемой антенны по углу места и азимуту в секторе $\pm 5^\circ$ по обоим углам относительно направления максимума излучения. Необходимый для устранения влияния опорной

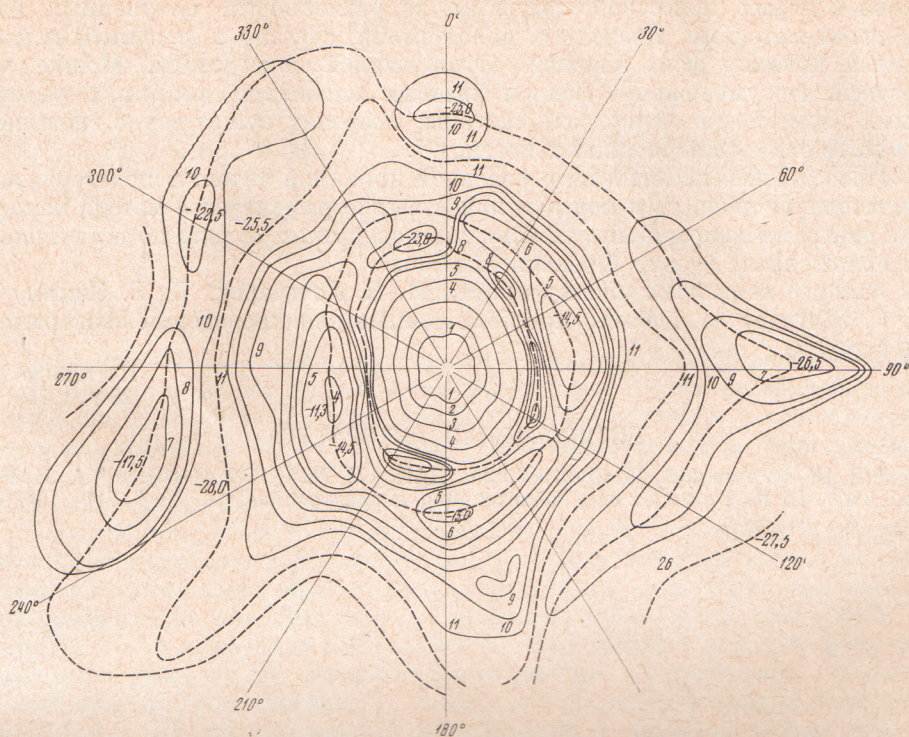


Рис. 2. Линии равных уровней пространственной диаграммы направленности: $-1,5$ дБ (1); -3 (2); -6 (3); -12 (4); -15 (5); $-16,5$ (6); -18 (7); $-19,5$ (8); -21 (9); $-22,5$ (10); -24 дБ (11). Пунктирными линиями обозначены контуры минимумов и максимумов боковых лепестков. Цифры около пунктирных линий обозначают относительный уровень мощности в децибеллах

составляющей и мнимого изображения при реконструкции голограммы линейный фазовый сдвиг между сигналом антенны и опорным сигналом обеспечивался фазовращателем 7. Фаза опорного сигнала менялась пропорционально азимутальному углу дискретно, на 120° , при переходе от одной угломестной строки к другой, а в пределах каждой строки оставалась постоянной⁽²⁾. Шаг сканирования по углу места составлял $30'$, по азимуту $10'$. Дальнейшая обработка голограммы аналогична описанной в⁽¹⁾.

На рис. 2 представлена рельефная диаграмма направленности, полученная в результате оптической обработки (голограмма и фотоизображение центральной части пространственной диаграммы направленности представлены на рис. 3, а, б, см. вкл. к стр. 575). Для сравнения аналогичные рельефные диаграммы измерялись по Солнцу и по упомянутому выше излучателю, расположенному в зоне Френеля антенны, сфокусированной на это расстояние путем выноса облучателя из фокуса. На рис. 4 приведено одно из сечений диаграмм, измеренных двумя способами. Сравнение диаграмм показывает удовлетворительное совпадение в пределах главного лепестка. Видно сглаживание диаграммы направленности в минимумах вследствие конечных угловых размеров Солнца. Обращает на себя внимание отличие значений для

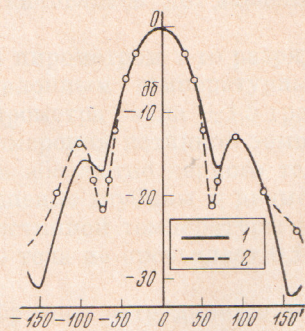


Рис. 4. Азимутальное сечение пространственной диаграммы направленности антенны: 1—диаграмма, измеренная по Солнцу, 2—диаграмма, полученная в результате оптической обработки

уровней левых лепестков диаграмм направленности, полученных различными методами. Последнее, по-видимому, связано с неполным исключением влияния фона опорной составляющей голограммы. Можно надеяться, что уменьшение фона и фазовых искажений, вносимых различными элементами оптической системы, позволит существенно повысить точность измерения боковых лепестков.

Проведенные исследования реальной приемной антенны подтверждают достаточную точность и перспективность голографического метода измерения диаграмм направленности больших поворотных антенн по источникам, расположенным в зоне Френеля антенны.

Авторы выражают благодарность И. Е. Гольбергу, Д. Б. Зимину и К. С. Щеглову за любезно предоставленные для проведения эксперимента приборы.

Поступило
28 VI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. Д. Бахрах, А. П. Курочкин, ДАН, 171, № 6, 1309 (1966). ² А. П. Курочкин, В. И. Троицкий, Радиотехника и электроника, 14, № 4, 711 (1969).