

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Тихонов, М. А. Миронов, Марковские процессы, изд. Сов. радио, М., 1977.
2. А. Н. Малахов, Флуктуации в автоколебательных системах, изд. Наука, М., 1968.
3. С. М. Рытов, Введение в статистическую радиофизику, ч. 1. Случайные процессы, изд. 2-е, изд. Наука, М., 1976.
4. A. Brissaud and U. Frisch, J. Math. Phys., 15, № 5, 524 (1974).
5. А. А. Дубков, А. А. Мальцев, Изв. вузов — Радиофизика, 22, № 1, 107 (1979).

Горьковский государственный
университет

Поступила в редакцию
20 июля 1978 г

УДК 621 396 67

О ВОЗМОЖНОСТИ АБСОЛЮТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РАССЕЯНИЯ И УСИЛЕНИЯ АНТЕННЫ ПО ИЗЛУЧЕНИЮ «ЧЕРНОГО» ДИСКА В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ БЕЗ ФОКУСИРОВКИ АНТЕННЫ

Ю. И. Белов, Н. В. Векслер, Л. Р. Семенова, А. Л. Фогель

Измерения коэффициента рассеяния β и усиления антенны G методом «черного» диска требуют либо размещения диска в дальней зоне антенны, либо возможности фокусировать антенну на диск, расположенный в ближней зоне (см., например, [1]). Подобные условия часто бывают невыполнимы или неудобны практически. В то же время фазометрический метод [2] позволяет определить эти характеристики путем использования совокупности результатов измерения по «черному» диску, расположенному в ближней зоне, но без фокусировки антенны, и измерения амплитудно-фазового распределения (АФР) поля монохроматического сигнала на поверхности, совпадающей с поверхностью диска. Как известно, β_{Ω_i} и G определяются соотношениями

$$1 - \beta_{\Omega_i} = \frac{\int_{\Omega_i} F_d d\Omega}{\int_{4\pi} F_d d\Omega}; \quad (1)$$

$$G = \eta D = \frac{4\pi\eta F_d(\theta, \varphi)}{\int_{4\pi} F_d d\Omega}, \quad (2)$$

где D — КНД, η — КПД антенны, F_d — диаграмма направленности по мощности. Наиболее затруднительным для определения β_{Ω_i} и G является вычисление нормировочного множителя $\int_{4\pi} F_d d\Omega$. Суть предлагаемого ниже метода измерения интегральных характеристик состоит в следующем. Из теории фазометрического метода измерения диаграммы антенны по АФР ближнего поля следует связь полей ближней зоны f_6 и дальней зоны антенны f_d в общем виде: $f_d = \int_S \hat{\Gamma} f_6 dS$, где $\hat{\Gamma}$ — тензор Грина для данной задачи. Следовательно, при соответствующих углах Ω_d и Ω_6 в дальней и ближней зонах антенны можно всегда считать выполнимым равенство $\int_{\Omega_d} F_d d\Omega = \int_{\Omega_6} F_6 d\Omega$ (F_6 — угловое распределение мощности в ближней зоне), и в определении (1) коэффициента рассеяния вне некоторого угла Ω_d нормировочный интеграл представляется как

$$\int_{4\pi} F_d d\Omega = \frac{\int_{\Omega_d} F_d d\Omega}{1 - \beta_{\Omega_d}} = \frac{\int_{\Omega_6} F_6 d\Omega}{(1 - \beta_{\Omega_6})_{\text{изм}}}, \quad (3)$$

где $1 - \beta_{\Omega_d}$ принимается равным $(1 - \beta_{\Omega_6})_{изм}$ — коэффициенту рассеяния в угле Ω_6 , измеренному по диску в ближней зоне.

Окончательный результат для коэффициента рассеяния вне некоторого телесного угла Ω_i представляется в виде

$$1 - \beta_{\Omega_i} = \frac{\int_{\Omega_i} F_d d\Omega}{\int_{\Omega_6} F_6 d\Omega} (1 - \beta_{\Omega_6})_{изм}. \quad (4)$$

При этом имеется в виду, что по проведенным фазометрическим измерениям ближнего поля в некотором секторе $\tilde{\Omega}_6$ вычислены значения поля в дальней зоне рассмотренными в [2] методами. Необходимым условием для заданной точности фазометрических измерений является требование $\tilde{\Omega}_6 > \Omega_i$, т. е. сектор измерений должен превосходить сектор восстановления. Коэффициент $(1 - \beta_{\Omega_6})_{изм}$, как и в методике [1] измерения по диску в дальней зоне, определяется из приращения антенных температур ΔT_{a-d} при приеме попеременно радиоизлучения «черного» диска в ближней зоне и космического и атмосферного фонового излучения за диском. Следует отметить, что фактически измеряется произведение $\eta(1 - \beta_{\Omega_i})$, и если КПД η не представляется возможным измерить отдельно, то и в измерениях по ближней зоне определяется то же произведение, поскольку КПД от метода измерений не зависит. Приращение антенных температур равно

$$\Delta T_{a-d} = (T_0 - T_{ср \Omega_d}) (1 + \xi) (1 - \beta_{\Omega_i}) \eta, \quad (5)$$

где T_0 — температура диска, $T_{ср \Omega_d}$ — средняя температура фона за диском. В выражение (5), определяющее связь приращения антенной температуры с коэффициентом рассеяния, входит дифракционная поправка ξ для учета «потепления» диска за счет излучения Земли. Как и в [1], для диска, расположенного в ближней зоне, мы принимаем $\xi = \xi_6$, равной половине коэффициента рассеяния на «черном» диске вне телесного угла Ω_6 , зависящего от угла наблюдения диска, см. рис. 1. При этом в рамках теории Кирхгофа для радиуса диска $a \gg \lambda$ можно считать, что интегральное сечение рассеяния «черного» диска равно его площади, т. е. $\sigma_{эф} = (\lambda^2/4\pi) D = \pi a^2$ [3]. Дифракционная диаграмма рассеяния $F_{дк}$ диска, расположенного в ближней зоне, требует знания ближнего поля антенны $F_6(r, \varphi)$ на поверхности диска, которое известно из фазометрических измерений, с тем, чтобы, используя модельное описание «черного» тела, определить диаграмму рассеяния диска в приближении Кирхгофа (см. [3]) и вычислить коэффициент рассеяния вне телесного угла Ω_6 , т. е. дифракционную поправку $\xi = \xi_6 =$

$$= \frac{1}{2} \beta_{\Omega_6}, \quad \text{где}$$

$$1 - \beta_{\Omega_6} \approx \frac{\pi a^2}{\lambda^2} \int_{\Omega_6} \frac{F_{дк}}{F_{дк \max}} d\Omega.$$

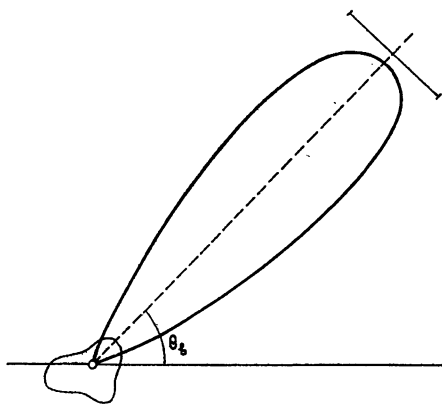


Рис. 1.

Экспериментальное подтверждение справедливости описанного подхода к измерению интегральных характеристик антенн получено для 7-метровой параболической полноповоротной антенны кассегреновского типа. В эксперименте использовался диск диаметром 1,9 м, расположенный на вышке высотой 25 м. Радиоизлучение диска измерялось радиометром П5-16 с центральной частотой полосы приема 3 ГГц. Амплифазометрические измерения ближнего поля были проведены на сфере радиуса 52 м (равного расстоянию от центра вращения антенны до поверхности диска) с помощью рупора с линейной поляризацией. Для восстановления по ближнему полю антенны ее диаграммы направленности использовалось преобразование Френеля [2]. Конструкция антенны позволяла фокусироваться на диск, и экспериментально определялось приращение ΔT_{a-d} (см. (5)) для сфокусированной и несфокусированной антенны, $\Delta T_{a-d}^{сф}$ и $\Delta T_{a-d}^{нсф}$. При этом, как отмечается в [1], использование метода фокусировки

для принятого в эксперименте сокращения дальней зоны $m = 20$ дает с достаточной точностью значения коэффициента рассеяния в заданном телесном угле.

Как следует из (5), отношение $\int_{\Omega_6} |f_{д}|^2 d\Omega / \int_{\Omega_6} |f_6|^2 d\Omega$, где Ω_6 — телесный угол, занимаемый диском, расположенным в ближней зоне, должно совпадать с отношением $\Delta T_{а-д}^{сф} (1 + \xi)^{нсф} / \Delta T_{а-д}^{нсф} (1 + \xi)^{сф}$, что и выполнялось в эксперименте с точностью 5%. (Отношение $(1 + \xi)^{нсф} / (1 + \xi)^{сф}$ близко к $1 \pm 2\%$, отношение $\Delta T_{а-д}^{сф} / \Delta T_{а-д}^{нсф}$ измерено с точностью 8%.)

Отметим, что для надежного измерения радиометром значения приращения $\Delta T_{а-д}^{нсф}$ необходимо применять диски достаточно больших размеров, а при сокращениях $m < 10$ ближнее поле антенны плавно спадает по радиусу диска [4]. Тогда для определения дифракционных поправок $(1 + \xi)^{нсф}$ можно приближенно использовать данные работы [5].

Авторы признательны Н. М. Цейтлину и В. И. Турчину за обсуждение результатов и полезные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. М. Цейтлин, Применение методов радиоастрономии в антенной технике, изд. Сов. радио, М., 1966
2. В. И. Турчин, Н. М. Цейтлин, А. К. Чандаев, Радиотехника и электроника, 18, № 4 (1973).
3. Л. Н. Захарьев, А. А. Леманский, Рассеяние волн «черными» телами, изд. Сов. радио, М., 1972.
4. R. C. Rudduck and C. L. J. Chen, Trans. on Ant. and Prop., AP-24, № 4 (1977).
5. В. В. Аникина, Д. А. Дмитренко, Л. К. Иванникова, Радиотехника и электроника, 18, № 3 (1973).

Научно-исследовательский
радиофизический институт

Поступила в редакцию
3 августа 1978 г.

УДК 538.311

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКОВ В ИЗЛУЧАТЕЛЕ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВОЛНОВОЙ ЗОНЕ

В. С. Коротков, В. И. Турчин

Зачастую для практических целей представляет интерес информация о пространственном распределении источников излучения с характерным периодом осцилляций порядка длины волны и более, которые и определяют структуру поля в волновой зоне. В связи с этим иногда достаточно ограничиться приближенным решением задачи об экспериментальном определении по волновому полю распределения источников. В зависимости от точности восстановления амплитудно-фазового распределения (АФР) источников по экспериментальным данным о ближнем поле можно либо определять неисправные элементы фазированной антенной решетки (ФАР), либо учитывать возмущения, вносимые отдельными элементами конструкции антенны в теоретически полученное АФР, либо оценивать деформации зеркала антенны и т. д. Ниже приводится способ построения приближенного (сглаженного) решения рассматриваемой обратной задачи, оценки его точности, а также результаты экспериментального определения амплитуды и фаз токов в элементах линейной решетки по данным измерениям ее ближнего поля с использованием метода, изложенного в данной работе.

Для определения амплитудно-фазового распределения (АФР) тока (рис. 1) на произвольной поверхности по измеренной тангенциальной компоненте электрического поля E_1^* на произвольной поверхности сканирования $S_{ск}$ рассмотрим вспомогательную задачу. Зададим на поверхности, совпадающей с поверхностью сканирования, сторонний ток J_2 , возбуждающий в свободном пространстве поле E_2 . Записывая для двух

* Измерение тангенциальной компоненты электрического поля E_1 можно провести путем сканирования небольшой слабо направленной антенны по методике, применяемой при фазометрических (голографических) исследованиях параметров [2, 3].