

В. А. Санамян

ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА ФАЗОВОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Разрешающая способность радиотелескопов понимается двояко. Это, во-первых, способность телескопа различать два близко расположенных радиоисточника, что для заданной длины волны зависит от размеров антенны. Во-вторых, она оценивается возможностью точного определения координат уже обнаруженного источника.

Настоящая работа относится именно ко второй части вопроса. Рассматривается один вариант метода фазового переключения, который по существу не повышает разрешающую силу радиотелескопа, однако позволяет значительно повысить надежность определения координат радиоисточников.

Этот метод с 1961 г. применялся в Бюраканской обсерватории для радиоастрономических наблюдений. Его удалось успешно применить также при наблюдениях дискретных радиоисточников на длине волны 5 м с помощью полотна восток—запад широкополосного крестообразного телескопа ФИАН [1].

Рассматриваемый ниже метод нельзя считать совершенно новым. Он в той или иной форме применяется в разных схемах радиосвязи. Однако его специфическое применение при радиоастрономических наблюдениях, главным образом при наблюдениях с помощью многоэлементных дифракционных систем, представляет во всяком случае, практический интерес. Это и диктует необходимость сделать сообщение о нем.

Сущность предлагаемого варианта фазового переключения заключается в следующем. Допустим, что мы имеем многоэлементную дифракционную антенну, состоящую из $2N$ элементов с общей протяженностью $2l$ и расстоянием между элементами d . Для простоты пусть эти элементы расположены вдоль линии восток—запад, что практически имеет место для большинства действующих многоэлементных интерференционных радиотелескопов.

Когда $2N$ элементов антенны питаются синфазно по отношению к общему центру, то диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости, выраженная в единицах мощности, будет определяться известной формулой:

$$\Phi_{2N}(\varphi) = \frac{\sin^2 2N \frac{\varphi}{2}}{\sin^2 \frac{\varphi}{2}}, \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta,$$

где θ —угловое расстояние радиисточника от вертикальной плоскости (плоскость меридиана), λ —длина волны.

Если же антенна разделена на две равные части (N элементов в каждой) и эти части соединены к общему приемнику через устройство, периодически переключающее фазу одного плеча на 180° , т. е. когда фактически имеется фазопереключающий радиоинтерферометр с базой l , то диаграмма направленности системы будет выражаться формулой

$$\Phi(\varphi) = 4\Phi_N(\varphi)\Phi_a(\varphi),$$

$$\Phi_N(\varphi) = \frac{\sin^2 N \frac{\varphi}{2}}{\sin^2 \frac{\varphi}{2}}, \quad \Phi_a = \cos(N\varphi + \psi). \quad (2)$$

Здесь Φ_a —интерференционный множитель двух половин, ψ —постоянная разность фаз в линиях питания этих половин. В частности, когда $\psi = 0$,

$$\Phi(\varphi) = 4\Phi_N \cos N\varphi. \quad (3)$$

Типичная кривая диаграммы направленности антенны $\Phi(\theta)$ для этого случая приведена на рис. 1. На этом рисунке для сравнения приведены также кривые Φ_{2N} и Φ_N .

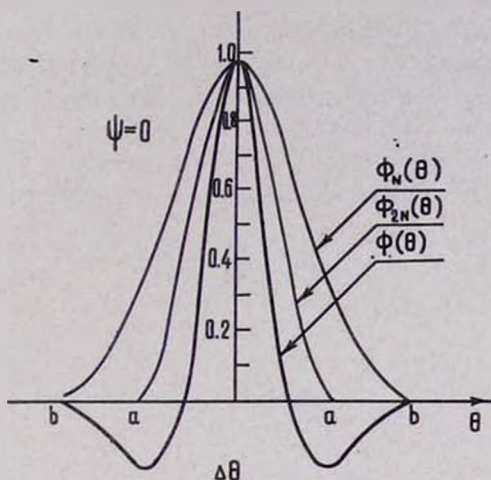


Рис. 1.

24. 1.

Нетрудно заметить, что $\Phi_{max} = \Phi_{2Nmax} = 4N^2$ имеет место, когда $\psi = 0$, т. е. в плоскости меридиана. Это показывает, что при указанном выше переключении направление и величина максимального излучения оказываются такими, какими они получаются при непосредственном синфазном включении двух половин антенны. Более того, если учесть, что отклонение кривой в отрицательную сторону по отношению к нулевому уровню составляет $0,25 \Phi_{2Nmax}$, то выходит, что при рассматриваемом методе амплитуда сигнала по отношению к уровню шумов получается на одну четверть больше, чем при синфазном питании двух половин.

Ширина главного лепестка результирующей диаграммы направленности, если под ней понимать удвоенное угловое расстояние центрального максимума до первого минимума (угол $\Delta\theta$ на рис. 1), получается равной ширине главного

лепестка всей антенны. Появление участков ab и a_1b_1 не следует считать существенным недостатком по той простой причине, что эти участки находятся на местах первых боковых лепестков диаграммы, которые получаются при непосредственном включении двух половин, и создают путаницу, не большую, чем эти боковые лепестки. Практически даже синтез записи сигнала от двух источников, которые одновременно находятся в пределах диаграммы, при данном методе осуществляется удобнее, так как при этом асимметрия кривой становится более наглядной.

Если подобрать $\psi = \pi/2$, то в формуле (3) вместо множителя $\cos N\varphi$ будет входить $\sin N\varphi$ и функция $\Phi(\varphi)$ примет

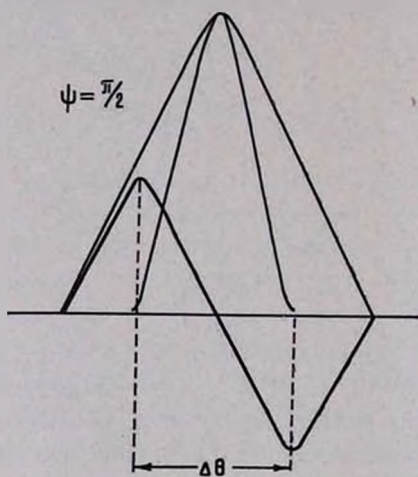


Рис. 2.
24. 2.

форму, приведенную на рис. 2. Здесь нулевое значение получается, когда источник находится в плоскости меридиана.

Приведенные формы записей (жирные кривые на рисунках 1 и 2), на наш взгляд, если не принципиально, то, по крайней мере, практически позволяют более точно определять координаты радиисточника из записи. Наличие двух дополнительных экстремумов позволяет с большой точностью определить ширину и ось симметрии кривой, что, в свою очередь, при-

водит к увеличению точности определения склонения и прямого восхождения радиоисточника.

Если во входном регистрирующем приборе вместо одной использовать две записывающие каретки, которые зеркально перемещаются в разные стороны от нулевой линии, то соответствующие записи будут иметь форму, приведенную на рис. 3. Здесь непосредственно можно определять моменты прохождения радиоисточника через меридиан и ширину записи. Кинематическая схема соединения кареток приведена на том же рисунке.

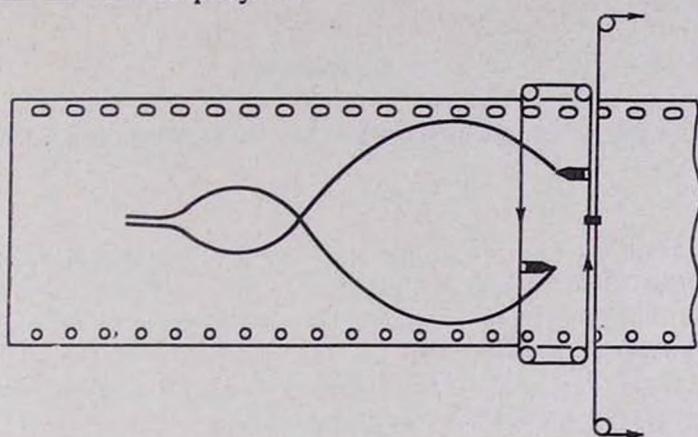


Рис. 3.

24. 3.

Практически без особых трудностей вход радиометра можно разбить на ряд каналов таким образом, чтобы каждый из них работал определенным методом: полное синфазное включение, фазовое переключение при различных значениях начальной фазы и другие. Некоторое осложнение схемы радиометра компенсируется тем, что повышается удельный вес каждого наблюдения, так как при этом получается больше информации о параметрах радиоисточника.

В заключение отметим, что рассматриваемый способ наблюдения радиоисточников сохраняет все замечательные свойства фазопереключающего радиометра: хорошее согласование, вследствие идентичности двух половин антенны,

исключение влияния фона галактического радионизлучения и другие.

Результаты, полученные рассматриваемым методом, в принципе не должны отличаться от тех, которые получаются с помощью корреляционного метода приема, который также широко применяется в радиоастрономии [2]. Форма записи в обоих случаях получается одинаковой. Однако метод фазового переключения значительно проще, чем корреляционный метод и практически оказывается более чувствительным.

Վ. Ա. ՍԱՆԱՄՅԱՆ

ՖԱԶԱՅԻՆ ՓՈԽԱՆՋԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ցույց է տված, որ բազմաէլեմենտային անտենայի. երկու սիմետրիկ կեսերի միջև ֆազի փոխանջատման միջոցով կարելի է՝

ա. նկատելիորեն բարձրացնել ռադիոաղբյուրի կոորդինատների որոշման ճշտությունը.

բ. Ավելի պարզ ձևով ստանալ ֆազային փոխանջատման և կորելյացիոն մեթոդների առավելությունները:

V. A. SANAMIAN

ON AN APPLICATION OF THE PHASE-SWITCHING METHOD

S u m m a r y

It is shown that by means of the phase-switching between two equal parts of the multielement aeriols is possible:

1) to increase the accuracy of determination of the coordinates of radiosources.

2) by simple means to reach the advantage of the phase-switching and correlation metods.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. М. Асланян, Р. Д. Даикесаманский, В. Н. Кожухов, В. Г. Малумян, В. А. Саннмян. *Астрофизика*, 4, 129, 1968.
2. В. С. Воюцкий. *Радиотехника и электроника*, 3, № 2, 1958.