

## МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ДЛИТЕЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РАДИОИСТОЧНИКОВ НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ РАТАН-600

*Г. С. Голубчин*

Рассмотрены методы реализации режимов длительного сопровождения радиоисточников на радиотелескопе РАТАН-600. Показано, что режим длительного сопровождения может быть реализован за счет многократного повторения наблюдений радиоисточника при переходе им неподвижной диаграммы направленности радиотелескопа.

The methods of regime realizations of radio source long accompaniments at the RATAN-600 radio telescope are considered.

It is shown, that the long accompaniment regime could be realized by the reiteration of radio source observations when crossing the radio telescope immovable direction diagram.

Наблюдения источников радиоизлучения (ИР) на радиотелескопе РАТАН-600 могут проводиться в режиме прохождения ИР неподвижной диаграммы направленности радиотелескопа (РТ) и режиме накопления сигнала ИР.

В режиме прохождения выставляются 175 . . . 225 элементов кругового отражателя (количество элементов зависит от высоты ИР) симметрично относительно одного из 12 фиксированных азимутов, на котором устанавливается облучатель (возможна независимая установка элементов кругового отражателя относительно нескольких различных азимутов). Режим прохождения может быть также реализован при использовании плоского и кругового отражателя в области  $\pm 30^\circ$  от юга [1].

Режим накопления сигнала может осуществляться за счет:

— удержания ИР в пределах движущейся диаграммы направленности РТ за счет непрерывного изменения профиля и положения отражающей поверхности;

— многократного повторения наблюдений ИР при проходе неподвижной диаграммы направленности (МПН);

— комбинации второго варианта и дополнительного подслеживания кареткой облучателя с использованием режима скольжения в пределах зоны аберрации.

Расчлененность главного отражателя РТ дает возможность использовать различные комбинации установки системы главное зеркало—облучатель в режиме накопления ИР:

а) при положении облучателя на радиальных рельсовых путях, расположенных с дискретом  $30^\circ$  по азимуту (без плоского отражателя) [2];

б) в области  $\pm 30^\circ$  от юга при использовании перископа и дуговых путей [3];

в) с уменьшенной апертурой при положении облучателя на поворотном круге в центре исходной окружности с использованием вращения поворотного круга в соответствии с изменением азимута источника [3];

г) с уменьшенной апертурой при независимом положении облучателя вблизи центра (или в центре) исходной окружности — режим «эстафеты» [4];

д) с уменьшенной апертурой при перемещении облучателя по радиальному пути [3];

е) в зоне допустимой аберрации неподвижного главного зеркала с использованием перемещения каретки облучателя вдоль фокальной прямой облучателя; если высота ИР при этом изменяется, то производится перемещение облучателя в пределах вертикальной диаграммы [5].

Анализ вариантов «а» . . . «е» показывает, что время накопления сигнала (около 4 ч) при средней высоте наблюдения с постоянной апертурой (170 элементов кругового отражателя) обеспечивается вариантом «б» [6]. Вариант «а» не позволяет длительно сопровождать ИР и может быть использован для нескольких фиксированных азимутов наблюдения. Установка элементов кругового отражателя аналогична режиму прохождения. Время накопления сигнала составляет от нескольких минут до нескольких десятков минут с апертурой 170 . . . 225 элементов кругового отражателя (в зависимости от высоты ИР).

Вариант «в» осуществляет длительное накопление сигнала ИР (до 15 ч) и в зависимости от высоты наблюдения имеет апертуру 24 . . . 92 элемента кругового отражателя.

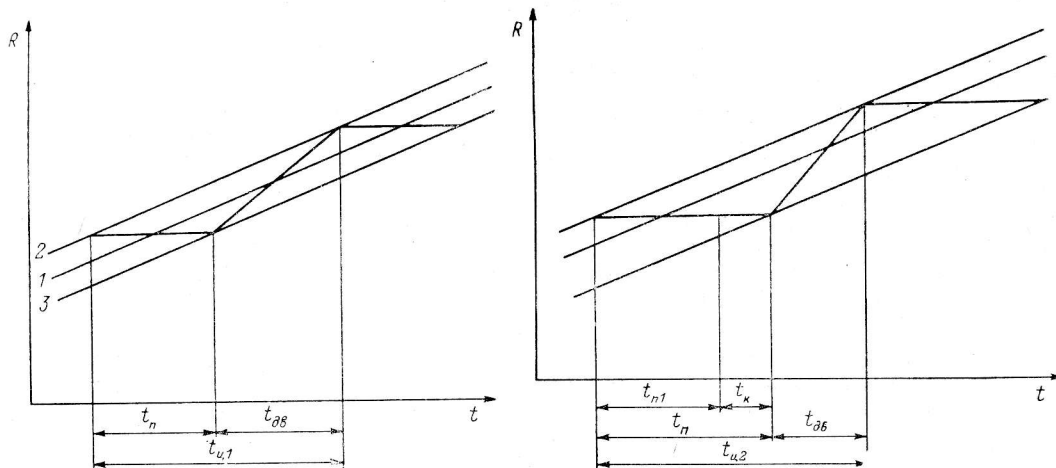


Рис. 1.

$t_{ц1}$  — время цикла;  $t_n$  — время прохождения ИР через неподвижную диаграмму направленности РТ;  $t_{дв}$  — время работы электродвигателя;  $R$  — радиальное перемещение; 1 — график движения ИР, приведенный к перемещению радиальной координаты; 2 — граница конца работы электродвигателя; 3 — граница начала работы электродвигателя.

Рис. 2.

$t_{ц2}$  — время цикла;  $t_{п1}$  — время прохождения ИР через неподвижную диаграмму направленности РТ;  $t_k$  — время подслеживания за ИР кареткой облучателя в режиме «скольжения»;  $t_n$  — общее время накопления сигнала ИР в одном цикле.

Вариант «г» также позволяет осуществлять длительное накопление сигнала — до 15 ч с протяженностью апертуры 35 . . . 100 элементов.

Вариант «д» имеет ограниченное время накопления сигнала в пределах 30 мин с уменьшением апертуры в 2 раза по сравнению с режимом прохождения.

Вариант «е» может быть использован совместно с вариантами «а» . . . «д» при многократном повторении наблюдений с использованием прохождения ИР неподвижной диаграммы направленности РТ.

В вариантах «а» . . . «д» можно увеличить апертуру за счет зонирования отражающей поверхности [7].

Непрерывное удержание ИР в пределах движущейся диаграммы направленности РТ технически не реализуется из-за низкой частоты переключения магнитных (0.08 Гц) или (и) тиристорных (0.3 Гц) пускателей против требуемой частоты (1.5 Гц), системных затрат (0.05 Гц) АСУ РАТАН-600. Кроме того, применение непрерывного слежения требует более сложной аппаратурной и программной реализации, возможной замены всего периферийного оборудования и тем самым значительного увеличения стоимости АСУ и сроков ее внедрения.

Существенные ограничения при непрерывном слежении могут вносить флуктуации шумовой температуры из-за погодных условий, атмосферы, состояния земли, галактического фона, расположения элементов кругового отражателя, что приводит к необходимости проведения калибровок и измерений по опорным объектам.

Очевидно, основным режимом длительного сопровождения на РТ РАТАН-600 является режим МПН, который может быть реализован несколькими способами.

1. Перестановка элементов главного зеркала РТ с временным интервалом  $t_{п1}$ , который определяется временем прохождения наблюдаемого источника через неподвижную диаграмму направленности РТ и зависит от углового размера ИР, углового разрешения антенны и угловой скорости движения источника.

На рис. 1 показан временной режим работы электропривода с учетом линейности движения ИР на малом отрезке времени. Из рис. 1 можно определить

$$t_{п1} = t_{п} / (1 - v_{ш} / v_{дв}), \quad (1)$$

где  $10\lambda / (dw) \geq t_{п} \geq 2\lambda / (dw)$  — время прохождения ИР через неподвижную диаграмму направленности РТ;  $w$  — угловая скорость движения источника;  $\lambda$  — длина наблюдаемой волны;  $d$  — апертура отражающей поверхности;  $v_{ш} = v(w, p, i)$  — угловая скорость движения источника, приведенная к максимальной скорости изменения радиальной координаты элемента отражающей поверхности;  $p$  — фокальный параметр отражающей поверхности;  $v_{дв} = 1.35$  мм/с — линейная скорость привода радиального движения элемента;  $v_{дв} / v_{ш} \approx 1.5$ ;  $i$  — номер элемента отражающей поверхности.  $t_{п}$  может меняться до десятков секунд для сильных дискретных источников, до 4 мин для Солнца, при этом  $t_{п1} = 30 \dots 720$  с,  $f_{п1} = 0.03 \dots 0.0014$  Гц.

2. Перестановка элементов главного зеркала РТ с временным интервалом  $t_{п2}$ , который определяется временем прохождения ИР через неподвижную диаграмму направленности РТ с учетом дополнительного подслеживания каретки облучателя в режиме «скольжения».

Временной режим работы электропривода по такому способу МПН показан на рис. 2.

Из рис. 2

$$t_{п2} = (l_{к} / v_{к}) [1 + v_{к} / (v_{дв} - v_{ш})], \quad (2)$$

где  $v_{к}$  — скорость каретки, зависящая от азимута и высоты источника;  $l_{к}$  — длина пути подслеживания каретки; если  $\lambda \leq 10$  см, то  $l_{к}$  выбирают с учетом безабберационной зоны, и в этом случае  $l_{к} = 12\lambda$ ,  $l_{к \max} = 1500$  мм.

Анализ (1) и (2) показывает, что при  $v_{дв} / v_{ш} = 1.5$   $t_{п2} = 3.3 t_{п1}$ . Здесь следует отметить, что только 30 % времени  $t_{п}$  используется непосредственно для получения информации от источника. Для увеличения времени  $t_{п}$  хотя бы в 2 раза при неизменном  $t_{п}$  необходимо увеличить  $v_{дв}$  в 2 раза изменением передаточного числа привода или заменой электродвигателя на более скоростной. При сравнении (1) и (2), подставляя средние значения  $l_{к}$ ,  $v_{к}$ ,  $t_{п}$ , получим, что  $t_{п2}$  примерно на порядок больше  $t_{п1}$ .

Таким образом, применение второго способа МПН по сравнению с первым уменьшает количество перестановок антенны примерно в 10 раз при одинаковом времени контакта РТ с источником.

#### Литература

1. Ш и в р и с О. Н. Работа радиотелескопа РАТАН-600 с плоским отражателем // *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО). 1980. 12. С. 134—136.
2. П а р и й с к и й Ю. Н., Ш и в р и с О. Н. Методы радиоастрономического использования РАТАН-600 // *Изв. ГАО.* 1972. № 188. С. 27—29.
3. К а й д а н о в с к и й Н. Л. Сопровождение источников радиоизлучения при наблюдениях с помощью антенны переменного профиля // *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО). 1975. 7. С. 214.
4. Г о л у б ч и н а О. А., Г о л у б ч и н Г. С. Метод «Эстафеты» // *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО). 1981. 14. С. 125—131.
5. С т о ц к и й А. А. Аберрации главного зеркала антенны переменного профиля и сканирование диаграммы направленности // *Изв. ГАО.* 1972. № 188. С. 63.
6. Г о л у б ч и н Г. С. Исследование основных характеристик надежности АСУ радиотелескопа РАТАН-600 // *Сообщ. САО.* 1982. 36. С. 3—48.
7. Г о л у б ч и н а О. А. Метод «эстафеты с зонированием» // *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО). 1986. 21. С. 75—85.

Поступила в редакцию 22 декабря 1986 г.