

А. В. Антонов, Ю. В. Карелин, Н. В. Руженцев

Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України, Харків

Юстировка радиотелескопов миллиметрового диапазона лазерным излучателем

Розглядається юстування радіотелескопів міліметрового діапазону за допомогою лазерного випромінювача. Метод дозволяє ефективно мінімізувати осьові похибки розташування вторинного рефлектора дводзеркальної антенної системи. Наводиться опис юстувального пристрою, а також процедури юстування та її результатів.

ВВЕДЕНИЕ

Применение нелинейных методов восстановления изображения источников космического радиоизлучения, регистрируемого с помощью малых радиотелескопов при наличии априорной информации об объекте исследования, позволяет значительно повысить разрешение изображений. Это позволяет существенно повысить информативность радиоастрономических исследований, проводимых на подобных РТ [1]. Условием решения задачи повышения разрешения в процессе восстановления изображения является необходимость точного учета диаграммы направленности (ДН) радиотелескопа [2]. В связи с этим важно обеспечить соответствие реальной ДН радиотелескопа с ее расчетными параметрами. Здесь описаны работы по юстировке радиотелескопа РТ-2 с апертурой $D = 2$ м ($\lambda = 3.4$ мм) с помощью лазерного излучателя, обеспечивающие выполнение данных требований.

Целью юстировки являлась минимизация ошибки размещения контррефлектора (КР) относительно оси рефлектора как в линейном (смещение от оси), так и в угловом (перекосы относительно оси). Обычно применяемый способ юстировки с помощью юстировочного штыря [4] дает хорошие результаты, но пригоден для предварительной установки КР. Окончательное размещение контррефлектора достигается другими методами, среди которых радиофизический является наиболее продуктивным. Однако он имеет недостаток: медленный процесс юстировки, вследствие продолжительного периода обмера по удаленному СВЧ генератору или сканам по радиоастрономическому источнику, чередующимся с механическими юстировками. Кроме того, недостатком юстировки по выносному источнику является проблема обеспечения на антенном полеигоне условий дальней зоны ($L = 2.4$ км), а для

юстировок малых РТ нет достаточно мощных точечных космических источников. Использование в последнем случае резких границ Солнца осложнено нестационарностью и неоднородностью излучения его поверхности.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Известны применения лазерного излучателя для юстировок и измерения поверхности рефлектора РТ [3]. Однако они не полностью обеспечивали штатную установку всех компонентов антенной системы РТ. Предлагаемая юстировка отличается тем, что КР располагается в антенной системе на штатном месте, а юстировка ведется лазерным излучателем, располагаемым в штатном месте рупора, облучающего КР (рис. 1). Такое размещение лазерного излучателя позволяет обеспечить симметрию положения КР относительно оси основного рефлектора, учитывая все смещения и перекосы установки КР в его узле. Модуль лазерного излучателя полупроводникового типа выполнен в цилиндрическом корпусе с двумя коллимационными отверстиями диаметром 0.5 мм, расположенными на расстоянии 140 мм, а за ними располагается собственно полупроводниковый (ПП) лазер (рис. 2). Минимальная ошибка несоосности коллимационных отверстий и поверхности модуля обеспечивается технологически на этапе производства и сборки. Коллимационные отверстия получены в двух диафрагмах, запрессованных на концах основного приспособления с высокой осевой точностью вследствие изготовления их на станке с одной установки. Окончательная юстировка лазерного излучателя внутри модуля производилась регулировочными винтами до получения яркого и симметричного пятна от лазера на удалении нескольких

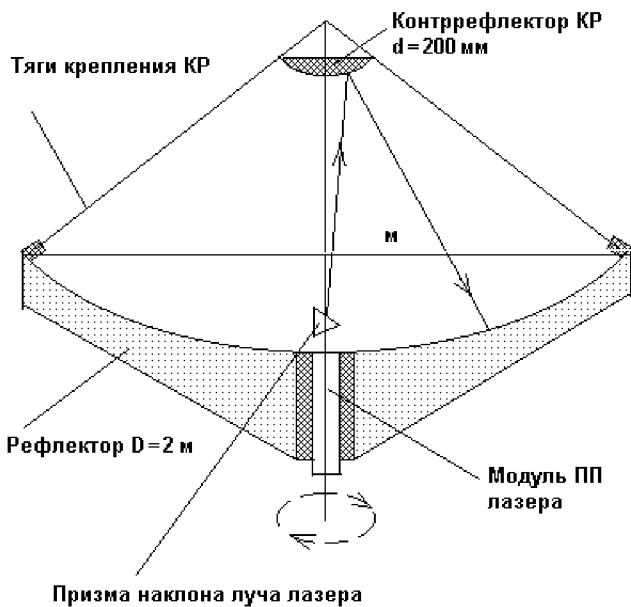


Рис. 1. Схема юстировки антенной системы радиотелескопа РТ-2 лазерным излучателем

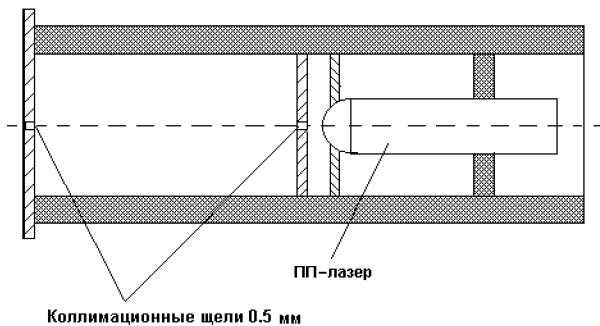


Рис. 2. Схема модуля лазерного излучателя

метров. Процесс сборки ПП-модуля лазерного излучателя заканчивался проверкой амплитуды биений луча лазера при вращения модуля, помещенного на поверхность технологической уголковой призмы. Облучение экрана на расстоянии 5 м показало, что биение лазерного луча изготовленного модуля не превосходит 0,5 мм.

С внешней стороны модуля, на стороне выхода луча, размещен узел оптической призмы, предназначенной для отклонения луча с целью облучения средней части поверхности КР. Весь процесс юстировки положения КР проводится в два этапа. На первом этапе модуль лазера используется без оптической призмы, и по лучу лазера точно устанавливается центр КР по его центральной метке. На втором этапе на модуль лазера устанавливается оптическая призма и путем ее поворота достигается облучение КР примерно в средней части, после

чего призма надежно фиксируется. Непременным условием такой юстировки является использование КР с отполированной рабочей поверхностью, обеспечивающей хорошее отражение лазерного луча. Рефлектор РТ не требует такой подготовки, так как пятно от луча лазера на его поверхности хорошо заметно, оно расширено, так как поверхность КР представляет собой выпуклое тело. Размеры пятна на поверхности рефлектора не превышают 20 мм и фиксируются любым доступным способом. Наиболее удобно пятно лазера фиксировать по его краям в направлении радиуса рефлектора и получать окончательную траекторию, отмечая середину двух отметок.

В процессе юстировки лазерный излучатель поворачивался вокруг своей оси, и пятно от лазера, отраженное зеркальной поверхностью КР, совершало движение по соответствующей кривой на поверхности основного рефлектора. Так как КР представляет собой абсолютно симметричное тело, то достижение траектории движения отраженного пятна на рефлекторе в виде окружности относительно его центра (регулировкой положения КР с помощью тяг) обеспечивает соосное положение КР относительно рефлектора (рис. 3). Расчетное положение КР относительно днища рефлектора устанавливается с помощью специального осевого шаблона.

Эта процедура была апробирована в РИНАН Украины на малом радиотелескопе миллиметрового диапазона с двухметровой апертурой РТ-2 [5]. Процесс юстировки занимал не более 0,5 ч, а с учетом смены радиометра на модуль лазерного излучателя — не более 1 ч. Юстировка проводилась в вечернее время суток в сумерках, что оптимально для измерений, как с точки зрения видимости пятна луча лазера, так и с точки зрения удобства фиксации его траектории на поверхности рефлектора. Начальная эллиптичность после тщательной юстировки с помощью обычно применяемого штыревого устройства достигала 60 мм. После проведения юстировки с помощью предлагаемого устройства, достигалась эллиптичность менее 5 мм, что соответствовало для геометрии антенной системы радиотелескопа РТ-2 угловому смещению электрической оси антенны менее чем на одну ширину ДН. С целью существенного ускорения процесса юстировки, пятно луча лазера размещалось в точке максимальной ошибки. Затем регулировкой тяг обеспечивается установка пятна в среднее положение между точками минимальной и максимальной ошибок. При повторном проходе, как правило, траектория пятна лазера уже становится максимально приближенной к окружности.

Основным требованием к успешному проведению юстировки положения КР в антенной системе ла-

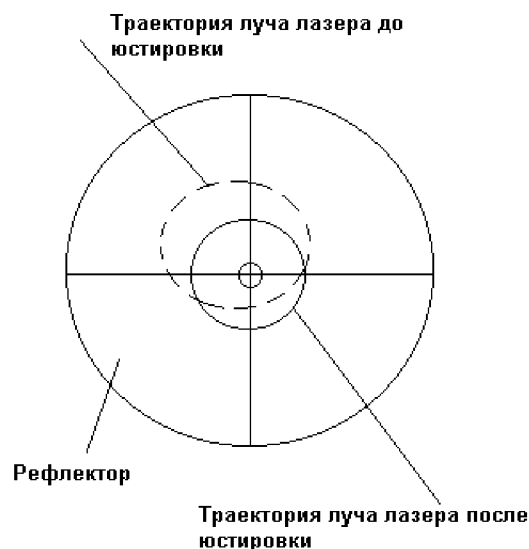


Рис. 3. Траектория луча лазера на этапах юстировки

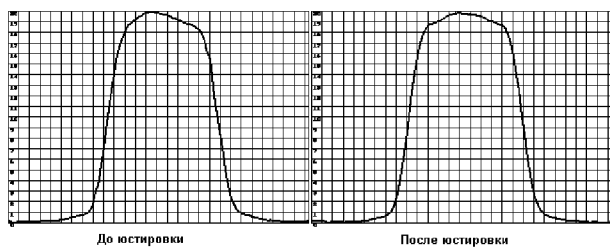


Рис. 4. Вертикальные сканы Солнца

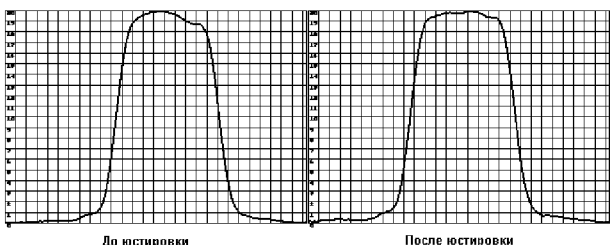


Рис. 5. Горизонтальные сканы Солнца

зерным излучателем является гарантия наличия осевой симметрии основного рефлектора и узла крепления облучателя, а также осевой симметрии узла крепления облучателя с его электрической осью, т. е. с его собственной диаграммой направленности. Только при выполнении этих условий

описанная процедура юстировки положения КР обеспечивает симметрирование ДН антенной системы радиотелескопа.

Для иллюстрации результата юстировки по лазерному излучателю на рис. 4 и 5 приведены вертикальные и горизонтальные сканы Солнца, которые демонстрируют эффект симметрирования ДН РТ-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе описана процедура юстировки положения контррефлектора антенной системы радиотелескопа с помощью специального лазерного юстировочного устройства. Показана возможность проведения на штатном оборудовании радиотелескопов оперативной юстировки антенной системы с обеспечением эффективной минимизации осевых ошибок размещения контррефлектора двухзеркальных антенных систем.

1. Антонов А. В., Герасимов Ю. М., Руженцев Н. В. Применение итерационного метода к восстановлению параметров активных солнечных образований по наблюдениям в 3-мм диапазоне // Радиофизика и радиоастрономия.—2002.—7, № 3.—С. 246—253.
2. Антонов О. В., Герасимов Ю. М., Руженцев М. В. Підвищення якості відновлення зображення імпульсних протяжних об'єктів // Праці шостої всеукр. міжнар. конф. «Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів» (8–12 жовтня, 2002). — Київ, 2002.—С. 175—178.
3. Калачев П. Д., Назаров В. П., Парщиков А. А., Розанов Б. А. Зеркальный радиотелескоп РТИ-7.5/250 с полноповоротной параболической антенной // Тр. ФИАН.—1974.—77.—С. 193—210.
4. Калачев П. Д., Саломанович А. Е. Радиотелескоп с 22-метровым рефлектором (конструкция, монтаж, установка) // Тр. ФИАН.—1962.—17.—С. 13—41.
5. Karelin Yu. V., Litvinenko L. N., Ruzhentsev N. V., et al. Radiotelescope RT-2 for 3-mm bande // Turkish J. Phys.—1994.—9.—P. 1038—1040.

THE ADJUSTMENT OF RADIO TELESCOPES AT MILLIMETRE-WAVE BAND WITH THE USE OF A LASER EMITTER

A. V. Antonov, Yu. V. Karelin, and N. V. Ruzhentsev

The adjustment of radio telescopes at millimetre-wave band with the help of a laser emitter is considered. The method allows one to decrease effectively the axial errors of location of secondary reflector element of two-reflector antenna system. The description of adjusted system is given. The adjustment procedure is described and our results are presented.