

УДК 681.786.4, 681.7.08**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ
ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ
РАДИОТЕЛЕСКОПА РТ70 (СУФФА)****А.А. Усик**

Предложена методика исследований многоматричной системы измерения деформаций зеркальных компонентов полноповоротных радиотелескопов. Приводятся результаты экспериментов с макетом системы.

Ключевые слова: радиотелескоп РТ70, оптико-электронная система, измерение деформаций элементов конструкции.

Для обеспечения работы современных полноповоротных радиотелескопов типа РТ70 в миллиметровом диапазоне длин волн необходима компенсация деформаций отражающих элементов с погрешностью не более 0,1 мм. Применение оптико-электронных систем в качестве первичных измерительных преобразователей комплекса компенсации деформаций позволяет обеспечить требуемую точность измерения смещений элементов.

Оптико-электронная система измерения деформаций отражающих элементов радиотелескопа включает две подсистемы, расположенные на опорном кольце вблизи вершины главного зеркала [1].

Первая подсистема определяет координаты визирных целей (инфракрасных излучающих диодов), расположенных в контрольных точках поверхности главного зеркала, и является первичным звеном системы компенсации деформаций поверхности. Вторая подсистема измеряет положение визирных целей на контррефлекторе, что позволяет определить его смещение относительно номинального положения. Каждая подсистема состоит из однотипных базовых измерительных блоков (БИБ), измеряющих деформацию в нескольких (до 40) контрольных точках [2].

БИБ включает единый объектив (оптическую систему), секционный анализатор в виде группы матричных приемников оптического излучения (по количеству визирных целей) и устройство обработки видеок кадров. Формируемое поле анализа блока образовано отдельными дискретными матричными приемниками оптического излучения (МПОИ), причем на каждом МПОИ формируется изображение только одной визирной цели (ВЦ), что определяет отсутствие перекрытия угловых полей поля, соответствующих отдельным МПОИ. Использование многоматричного секционного анализатора обусловлено широким диапазоном дистанций до ВЦ (3–40 м), определяющим значительное несовпадение плоскостей их изображений.

Для оценки эффективности разработанной концепции БИБ с секционным анализатором был создан макет, конструктивно состоящий из трех несущих пластин, соединенных наборными стойками. На первой пластине закреплен объектив РФ-5 ($F=450,36$ мм), на средней – пять фотоприемных модулей на базе

КМОП-матрицы OmniVision OV5620, на последней – устройство обработки. Для предотвращения фоновой засветки макет был закреплен на пластину-основание и закрыт прямоугольным кожухом.

Эксперименты проводились в полигоне – комнате размерами 18×6×4 м, в которой на имитаторе опорного кольца (массивном основании) был установлен макет БИБ. На стенах и консольных элементах полигона в соответствии с расположением контрольных точек главного зеркала радиотелескопа на различных дистанциях и высотах от БИБ закреплены четыре макета ВЦ в виде инфракрасных излучающих диодов Kingbright L-34SF4C с диафрагмами диаметром 0,3 мм. Диапазон расстояний от БИБ до ВЦ по линии визирования составляет 3–15 м. Две из четырех ВЦ расположены на моторизованных линейных подвижках Standa 8MT30-50DCE с разрешением 0,014 мкм. Перемещение ВЦ в заданном диапазоне имитирует смещение контрольных точек главного зеркала или контррефлектора вследствие деформаций.

При снятии статической характеристики макета БИБ по командам с управляющего компьютера подвижные ВЦ перемещались в заданном диапазоне с определенным шагом, при этом в каждой точке диапазона с МПОИ секционного анализатора проводился съем серии из 100 кадров с последующей их обработкой. Обработка результатов измерений включала следующие этапы: исключение известных систематических погрешностей, проверка гипотезы о принадлежности результатов наблюдений принятой модели распределения, удаление промахов, определение функции преобразования базового измерительного блока для каждой секции анализатора методами регрессионного анализа.

В результате установлено, что функции преобразования описываются линейной моделью с одной независимой переменной, при этом оценка среднеквадратичной погрешности измерения не превышает 0,025 мм на дистанции 15 м. Таким образом, для практических дистанций в 30 м, соответствующих размерам зеркальных элементов современных радиотелескопов миллиметрового диапазона, погрешность измерения оптико-электронной системы не превысит допустимой величины в 0,1 мм.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по государственному контракту № П684.

1. Артеменко Ю.Н., Коняхин И.А., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные системы измерения деформаций элементов конструкции радиотелескопа миллиметрового диапазона РТ-70 (Суффа) // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 9. – С. 5–10.
2. Михеев С.В., Усик А.А., Кулешова Е.Н. Многоканальная оптико-электронная система контроля деформаций сооружений // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 4 (74). – С. 159–160.

Усик Александр Александрович – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, usik.aa@gmail.com