

Комплекс автоматизации лабораторных испытаний гетеродинов для радиотелескопов

© Ю. С. Шейнман, А. С. Бердников, Е. В. Носов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Для модернизации приемной системы радиотелескопов РТ-13 в ИПА РАН были созданы гетеродины с выходным диапазоном частот 21500–27000 МГц и шагом перестройки 400 кГц. Для проверки соответствия параметров гетеродинов заданным требованиям был создан автоматизированный комплекс тестирования гетеродинов. Комплекс построен по модульному принципу и включает в себя измерительное оборудование, преобразователь команд для взаимодействия с гетеродинами и клиент-серверное приложение.

В статье описано устройство комплекса, а также показано, что автоматизация измерений существенно упрощает и ускоряет процесс настройки и проверки перестраиваемых гетеродинов.

Ключевые слова: автоматизация измерений, гетеродин, радиотелескоп.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.49.78-82>

Введение

Для модернизации приемной системы радиотелескопов РТ-13 [1, 2] в ИПА РАН были разработаны перестраиваемые гетеродины с выходным диапазоном частот 21500–27000 МГц. Шаг перестройки разработанных гетеродинов составляет 400 кГц. Настройка такого гетеродина требует проведения большого числа однотипных измерений, необходимых для выявления и устранения нежелательных эффектов, приводящих к ухудшению характеристик. Чтобы ускорить настройку, в ИПА РАН был разработан программный комплекс, позволяющий удаленно управлять как тестируемым гетеродином, так и измерительным прибором, и проводить в автоматическом режиме измерения интересующих параметров гетеродинов по заданной программе. Анализ формируемого комплексом файла с результатами измерений позволяет быстро находить проблемные режимы и исправлять их, добиваясь соответствия параметров гетеродинов требуемым значениям во всем рабочем диапазоне частот.

Структура комплекса

Комплекс автоматизации лабораторных испытаний построен из отдельных блоков. Модульный принцип построения позволяет достаточно легко заменять одно оборудование другим.

При создании программного обеспечения для комплекса было решено разработать web-приложение. У такого решения есть несколько преимуществ: на компьютер пользователя не нужно устанавливать дополнительное про-

граммное обеспечение; измерения можно проводить с любого компьютера, работающего в той же локальной вычислительной сети, к которой подключены измерительное оборудование и гетеродин; работа комплекса автоматизации не зависит от операционной системы пользователя.

Структура разработанного комплекса приведена на рис. 1.

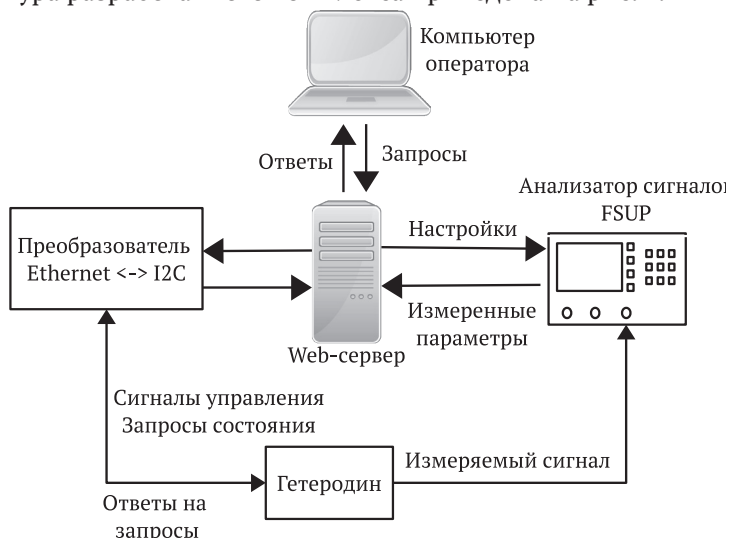


Рис. 1. Структура автоматизированного комплекса

В комплексе можно выделить 3 подсистемы: блок взаимодействия с гетеродином, измерительное оборудование, систему управления.

Система управления

Настройками и опросом гетеродина и измерительного оборудования управляет удаленный компьютер (подключенный к локальной сети ИПА РАН), на котором запущен web-сервер.

После запуска на удаленном компьютере серверной части web-приложения создается основной поток выполнения программы. Этот поток обрабатывает get-, post- и http- запросы: получает от пользователя настройки (см. ниже описание web-интерфейса) и возвращает ему результаты измерений. Когда пользователь через браузер запускает измерения, создается второй поток, работающий в фоновом режиме и обеспечивающий опрос подключенных устройств и сохранение результатов в файл.

Измерительное оборудование

В рассматриваемом комплексе все характеристики выходного сигнала гетеродина измеряются с помощью анализатора сигналов FSUP (Rohde&Schwarz) [3]. При необходимости программа может быть модифицирована, обеспечивая возможность добавления к комплексу других измерительных приборов.

Блок взаимодействия с тестируемым гетеродином

Поскольку разработанный гетеродин управляется по интерфейсу I2C, был создан дополнительный блок — «Ethernet-I2C» преобразователь (рис. 1).

Процесс измерений

Управление процессом измерения осуществляется через браузер с любого компьютера в пределах локальной сети. Используя web-интерфейс, настраивающий или проверяющий гетеродин инженер выбирает параметры анализатора сигналов и задает список частот, на которых должны быть проведены измерения. Список частот можно задать двумя способами: либо в виде регулярной сетки (начальная частота, конечная частота, шаг перестройки), либо в виде текстового файла с произвольными значениями частоты. Последний способ очень удобен для финального тестирования гетеродинов и проверки «узких мест» — частотных диапазонов, в которых возможны или были обнаружены при отладке отклонения измеренных параметров от заданных значений.

После запуска измерений устанавливается связь с анализатором сигналов и тестируемым гетеродином. Если системе управления не удастся обнаружить какое-то из устройств, то в лог-файл записывается сообщение об ошибке, установленные соединения закрываются, после чего второй поток завершает работу, и программа снова переходит в режим обработки запросов, получаемых от пользователя. Если подключение прошло успешно, выполняется настройка оборудования. На гетеродин посылается команда установить заданную через web-форму частоту. После чего проводится настройка анализатора сигналов FSUP: задается центральная частота, равная по значению формируемой гетеродином; диапазон частот, внутри которого необходимо определить мощность шумов, генерируемых гетеродином; и запускается процесс измерения. Контролируются следующие параметры гетеродина: частота и амплитуда формируемого сигнала, спектральная плотность мощности фазовых шумов, наличие дискретных шумовых составляющих в спектре и их мощность. После окончания измерений модуль управления запрашивает у анализатора сигналов FSUP полученные данные и сохраняет их в файл. После этого гетеродину отправляется команда установить следующую частоту из заданного списка частот и начинается новый цикл измерений (установка частоты, измерения, опрос). Помимо записи в файл результаты измерений также выводятся на экран: номер частоты, информация об измеренных параметрах. Вывод на экран позволяет оценить, сколько времени осталось до завершения цикла измерений.

Результаты

Разработанный автоматизированный комплекс был применен при настройке широкополосных перестраиваемых гетеродинов диапазона частот X/Ka. В качестве примера получаемых при настройке данных на рис. 2 приведены зависимости уровня побочных дискретных спектральных составляющих (спуров) в спектре выходного сигнала от частоты настройки гетеродина.

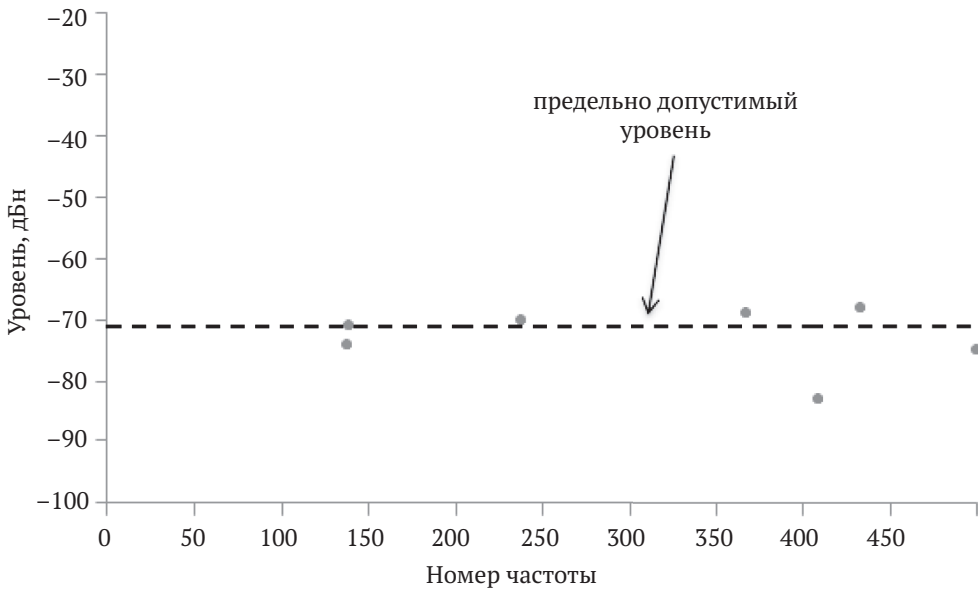
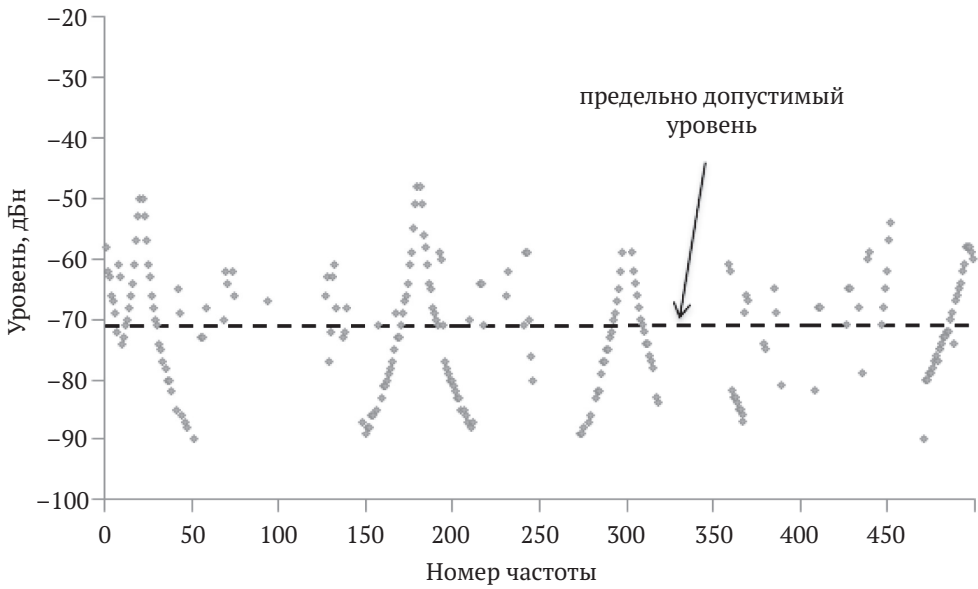


Рис. 2. Уровень максимального спада в спектре выходного сигнала в зависимости от частоты настройки гетеродина; по оси абсцисс отложены условные номера выходных частот: сверху — до настройки, снизу – промежуточный результат настройки

Верхний график получен до начала настройки и показывает, что для значительного числа частотных точек уровень спадов превышает допустимое значение. Полученные данные наглядно демонстрируют систематический характер спадов, что существенно упрощает их атрибуцию (дробные спады, IBS-спады, возникающие на частотах, кратных частоте сравнения, взаимные наводки в многопетлевой схеме и т. п.), и облегчает поиск путей их устранения. На нижнем

графике приведена та же характеристика, снятая на одном из промежуточных этапов настройки. Как видно, большая часть спуров устранена, и только в трех частотных точках оставшиеся спуры незначительно превышают заданный порог.

Применение разработанной системы позволило получить приведенные на рис. 2 результаты за 4 часа работы комплекса. Для получения аналогичных результатов при условии проведения всех измерений вручную потребовалось бы несколько рабочих дней, что неприемлемо в реальной работе.

Заключение

Разработанный автоматизированный комплекс был апробирован при настройке гетеродинов X/Ka диапазонов. Его применение позволило существенно облегчить настройку и ускорить проверку перестраиваемых гетеродинов.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП/УНУ «Радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО».

Л и т е р а т у р а

1. Приемная система радиотелескопа RT-13 [Электронный ресурс]. — URL: <http://iaaras.ru/quasar/rt-13/receiver> (дата обращения 18.03.2019).

2. Chernov V., Evstigneev A., Evstigneeva O., Ivanov D. et al. The S/X/Ka Receiving System for Radio Telescope RT-13 of the “Quasar” VLBI Network // Труды ИПА РАН. — СПб.: ИПА РАН, 2017. — Вып. 41. — С. 79–84.

3. R&S®FSUP Signal Source Analyzer Specifications [Электронный ресурс]. — URL: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/FSUP_dat-sw_en.pdf.

Automated Measurement System for Testing Local Oscillators of Radio Telescopes

Yu. S. Sheinman, A. S. Berdnikov, E. V. Nosov

Local oscillators with wide range of the output frequencies (from 21.5 GHz to 27 GHz) and adjustment step of 400 kHz have been created by the IAA RAS in order to upgrade the receiving system of the RT-13 radio telescopes. Such local oscillator setup requires a large number of similar measurements necessary to identify and eliminate unwanted effects that lead to characteristics mismatch with specified parameters. An automated measurement system is developed to check the compliance with specifications. The system consists of the client-server application, measurement equipment and the interface converter to control the oscillator. Analysis of the generated files with measurement results allows for finding the problems and correcting them quickly, thus achieving compliance of the parameters of heterodynes with the required values in the entire operating frequency range.

This paper describes the developed system and shows that it simplifies significantly and speeds up tuning and testing the local oscillators.

Keywords: automation of measurements, heterodyne, radio telescope.