

Техническая информация

Департамент радиомониторинга
и специальных технических средств

Приемник измерительный
портативный реального времени
от 9 кГц до 7,5 ГГц

R&S®PR100



Редакция от 21.11.2012

1. Применение

Компактный мониторинговый приемник реального времени R&S®PR100 специально спроектирован для полевых измерений, а тракт обработки сигналов построен таким образом, что прибор не имеет пробелов измерительной информации, характерных для обычных анализаторов спектра и измерительных приемников. Функциональные возможности и концепция управления оптимизированы для задач радиоконтроля. Кроме того, R&S®PR100 может использоваться для целого ряда других задач.

R&S®PR100 имеет широкий диапазон рабочих частот от 9 кГц до 7,5 ГГц. Благодаря высокой мобильности и простоте эксплуатации приемник применяется для задач контроля электромагнитного излучения, обнаружение помех и миниатюрных передатчиков. В сочетании с активной направленной антенной R&S®HE300 образует компактную систему радиомониторинга. В сочетании с пеленгаторными антеннами R&S®ADD107/ADD207 представляет собой мощную портативную систему автоматического пеленгования высокой точности. Для различных задач радиоконтроля приемник так же может использоваться в сочетании с другими антеннами, например с широкополосными всенаправленными антеннами.

Несмотря на малые размеры, R&S®PR100 обладает большим разнообразием функций, характерным для оборудования высшего класса. Привлекательное соотношение цена/качество делает этот приемник незаменимым инструментом для всех видов задач радиоконтроля, в которых основное внимание уделяется экономичности и малогабаритной компоновке.

Компактная конструкция и малый вес делают R&S®PR100 идеальным инструментом для использования в труднодоступных местах, где невозможно использование мобильных станций радиоконтроля. Благодаря низкому потреблению мощности время непрерывной работы приемника от встроенной батареи составляет до четырех часов. Элемент питания может быть заменен в течение нескольких секунд без каких-либо инструментов. Текущие пользовательские настройки автоматически сохраняются при выключении питания.



Рис. 1-1. R&S®PR100, вид сверху. Разъем для подключения антенны, наушников и дополнительный интерфейс AUX.

1.1. Преимущества и ключевые особенности

Работа в режиме реального времени

- Ширина полосы обзора реального времени 10 МГц
- Сверх быстрое панорамное сканирование по принципу совмещения спектра

Высокая чувствительность приемника, высокое разрешение сигнала

- Современная цифровая обработка сигналов обеспечивает R&S®PR100 высокую чувствительность и позволяет детектировать даже исключительно слабые сигналы, не теряя при этом в скорости обработке
- Чувствительность приемника и разрешение сигнала значительно лучше, чем у традиционного аналогового широкополосного приемника

Извлечение информации модулированных сигналов

- Демодулирование аналоговых сигналов происходит с помощью приемника, для чего он оборудован разъемом для подключения наушников и встроенным динамиком
- Сигналы цифровой модуляции преобразуются I/Q демодулятором и сохраняются на встроенную память или передаются через LAN
- Имеется возможность записать собранные данные при помощи программного обеспечения R&S®GX430, и затем использовать их для документирования, воспроизведения или повторного анализа без ограничений, налагаемых работой в режиме реального времени

Обнаружение импульсных сигналов

- Захват коротких импульсов, таких как сигналы радаров
- Широкая полоса ПЧ для анализа коротких импульсов и пакетов импульсов

Мониторинговый приемник и хранилище данных в одном блоке

- Сохранение информации непосредственно на встроенную карту SD
- Автономный анализ записанных данных мониторинга

Высокоскоростной автоматический пеленгатор

- Фазовые методы пеленгования позволяют получать результат с высокой точностью за доли секунды
- Две пеленгаторные антенны перекрывают диапазон рабочих частот пеленгования от 20 МГц до 6 ГГц

Эффективная работа благодаря возможности дистанционного управления

- Возможность полнофункционального дистанционного управления R&S®PR100 через интерфейс LAN (набор команд SCPI в соответствии с IEEE488.2)
- Во время работы интерфейс LAN обеспечивает максимальную скорость передачи данных измерений и обеспечивает эффективное дистанционное управление приемником, например, на необслуживаемых станциях контроля. Этот открытый интерфейс настоятельно необходим для интеграции приемника в существующее программное окружение.

Работа от встроенного элемента питания

- Компактная конструкция и низкое энергопотребление: до 4 часов работы
- Небольшие размеры и малый вес: 3,5 кг, включая элемент питания

Удобство и простота работы

- Благодаря понятной структуре меню и простоте использования программного обеспечения дистанционного управления R&S®PR100-Control требуется только минимальное обучение технического персонала.
- В зависимости от конкретной задачи, имеется возможность представить отображаемые сигналы в параметрическом виде и отображать на 6,5" экране в оптимальном формате
- Базовый программный пакет R&S®PR100 поставляется вместе с приемником, это позволяет дистанционно управлять приемником с помощью ПК, сохранять данные измерений на жесткий диск и воспроизводить эту информацию с ПК для целей анализа. Для расширения функциональных возможностей программного обеспечения

дистанционного управления имеются многочисленные дополнительные опции и расширения программного пакета R&S®RAMON

1.2. Работа в режиме реального времени

Обработка входных данных в приемнике R&S®PR100 ведется в режиме реального времени. Реализовано это таким образом, что каждый последующий забор данных идет либо в режиме наложения спектра, либо в режиме склеивания спектра. Благодаря чему прибор не имеет пропусков в потоке данных характерных для обычных анализаторов спектра и измерительных приемников и связанных с накоплением и обработкой полученных данных.

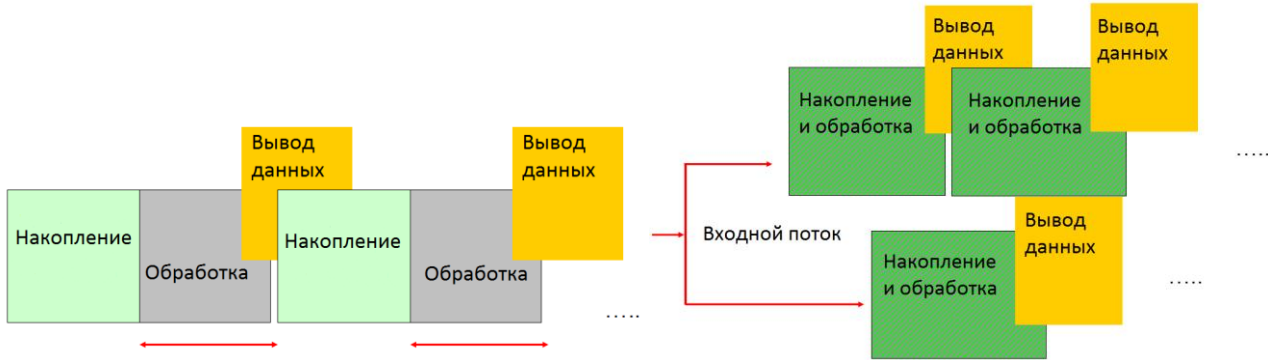


Рис. 1-2-1. Механизм обработки входных данных типовых анализаторов/измерительных приемников спектра (слева) и приемников реального времени (справа)

Работа в режиме реального времени позволяет осуществлять радиомониторинг радиоспектра с высокой достоверностью получаемых результатов. Режим совмещения спектра при контроле импульсов и сигналов малой длительности обеспечивает наблюдение всех сигналов.

БПФ без совмещения спектра (пропуск)



Рис. 1-2-2. Потеря данных при работе без совмещения спектра

Даже если сигнал попал в минимум полосы пропускания входных фильтров измерительного тракта, сигнал отобразится на экране прибора, а режим временной (сонарной) диаграммы позволит отследить факт и момент появления импульса.

БПФ без пропусков

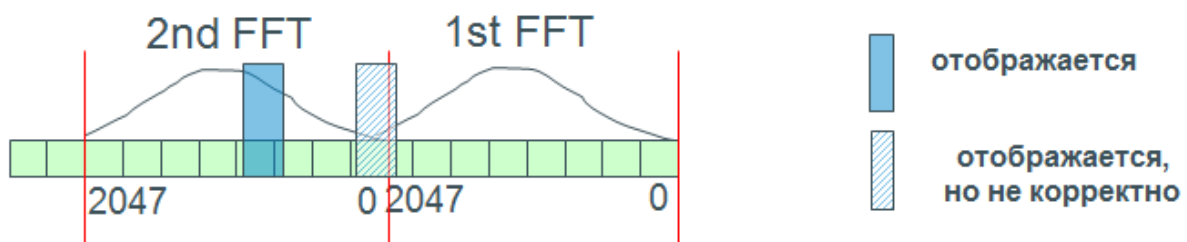


Рис. 1-2-3. Работа без потери данных

Полученные измерительные данные позволят оператору получить картину занатности спектра и на основании имеющейся информации принять решение о изменении параметров входного тракта для захвата сигналов интереса и корректного измерения параметров.

1.3. Обнаружение помех в сетях радиосвязи

Компактная конструкция и большое разнообразие специальных функций делают R&S®PR100 идеальным выбором для обнаружения любых видов радиопомех.

Надежное обнаружение радиопомех, вызванных, например, неисправным электронным оборудованием

Для выполнения этих задач приемник оснащен специальными функциями, такими как настраиваемое время измерения, а также возможность выбора непрерывного или периодического режима измерений. Поскольку эти функции эффективны также в режиме панорамного сканирования, могут быть легко обнаружены даже непериодические источники помех. Такие источники помех очень трудно обнаружить другими способами вследствие их нерегулярного появления в быстро меняющемся спектре.

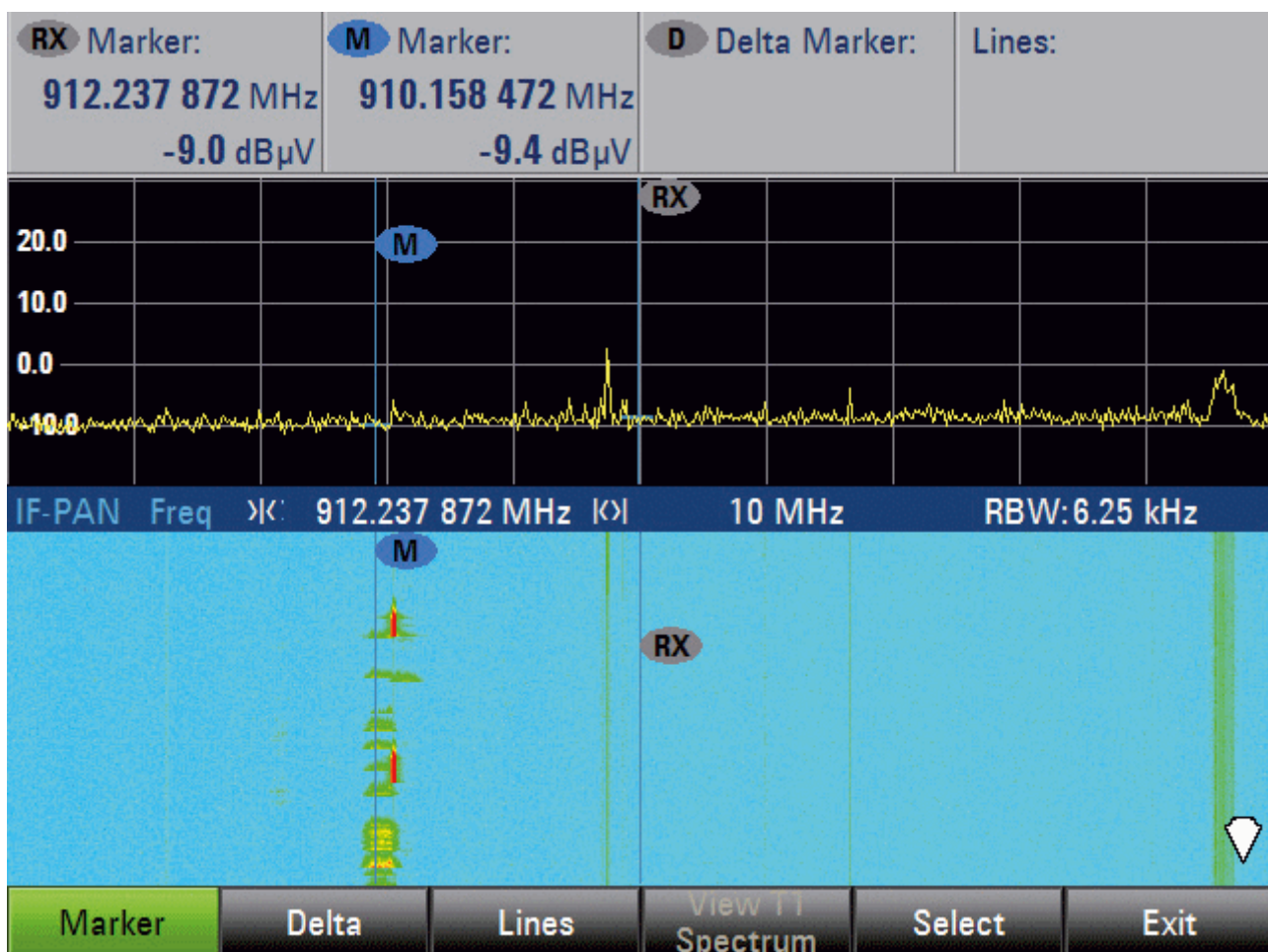


Рис. 1-3-1. R&S®PR100 обнаружение импульсный помеховых сигналов с помощью временной диаграммы

Побочные излучения электронных устройств и электрических узлов могут быть вызваны механическими повреждениями электрических проводов и нарушением экранировки. Первоочередная задача R&S®PR100 заключается в обнаружении данных сигналов. Совместно с направленной антенной R&S®HE300 приемник идеально подходит для решения задач радиомониторинга, а благодаря небольшим размерам и легкому весу может применяться даже в недоступных для автомобиля местах.

Цифровая обработка сигналов обеспечивает превосходные характеристики и позволяет обнаруживать даже очень слабые сигналы, а возможность панорамного сканирования дает быстрый обзор частотного спектра.

Импульсные помеховые сигналы отображаются в режиме временной диаграммы (водопада), мощность сигнала отображается цифровым кодированием. В непосредственной близости от маркера M красным цветом отображается помеховый сигнал.

R&S®PR100 оснащен дифференциальным режимом отображения для контроля изменений в частотном спектре. Текущий спектр частот (сигнал помехи предположительно отсутствует) сохраняется в буфере прибора в качестве опорного.



Рис. 1-3-2. Типовой спектр радиосигнала без помех

При активации дифференциального режима отображаются только отличающиеся от сохраненного спектра сигналы, что позволяет легко выделить сигнал помехи.

Быстрое и надежное выявление источников помех, например, в аэропортах

Совместное использование R&S®PR100 с активной направленной антенной R&S®HE300 дает возможность быстрого обнаружения помеховых сигналов и последующего исключения. Данное свойство особенно критично в радиосвязи, определяющей безопасность объектов (например, в сетях радионавигации, службах управления воздушным движением (АТС)), оно помогает поставщику услуг избежать дорогостоящих отказов. Сочетание быстрого панорамного сканирования для получения общего представления о ситуации с последующим сканированием и анализом в режиме фиксированной частоты на основе данных I/Q особенно хорошо подходит для таких задач.

В режиме панорамного сканирования исследуемый диапазон частот сканируется шагами шириной до 10 МГц, при этом для каждого шага рассчитывается быстрое преобразование Фурье (FFT) соответствующей ширины.

R&S®PR100 дает возможность быстрого анализа занятости спектра и легкого отслеживания любых изменений, вызванных с нелегальными передатчиками, источниками помех и прочими факторами. При остановке режима сканирования, приемник автоматически переключается в режим аудио-мониторинга. Благодаря функции маркерных измерений любой интересующий сигнал может быть отфильтрован, демодулирован и проанализирован.

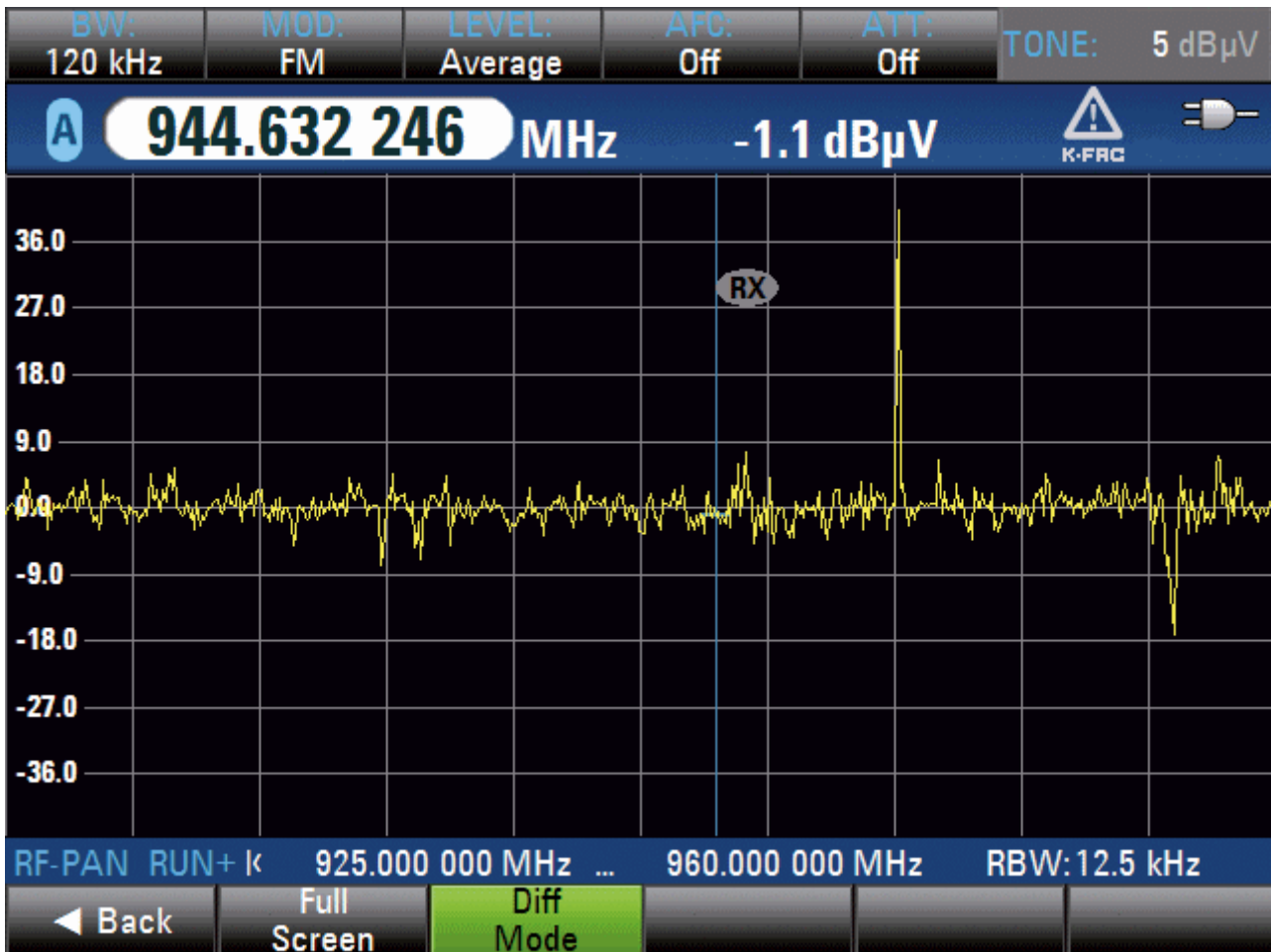


Рис. 1-3-3. Отображение помехи в дифференциальном режиме

Ширина шага для быстрого панорамного сканирования может быть выбрана исходя из соответствия с расстоянием между каналами, используемыми различными службами радиосвязи. Режим панорамного сканирования обеспечивает высокие скорости сканирования и узкие полосы частот разрешения, это обеспечивает высокую чувствительность.

1.4. Контроль пользовательских служб радиосвязи

Режим сканирования по частоте предназначен, главным образом, для контроля служб радиосвязи, использующих фиксированное расстояние между каналами.

Контроль большого количества служб радиосвязи посредством различных режимов сканирования

Сканирование по частоте

В режиме сканирования по частоте определенный пользователем диапазон сканируется при фиксированном расстоянии между каналами. Приемник проходит через исследуемый диапазон частот и проверяет занятость каждого канала.

При обнаружении сигнала с уровнем, превышающим установленный порог, приемник задерживается на соответствующей частоте заданный промежуток времени, давая

возможность системе демодулировать и обработать сигнал. В случае аналоговой модуляции, имеется возможность непосредственного контроля демодулированного сигнала с помощью встроенного динамика или наушников.

Сканирование по памяти

В режиме сканирования по памяти последовательно сканируются и проверяются на занятость заранее выбранные каналы, сохраненные в ячейках памяти. R&S®PR100 предоставляет пользователю до 1024 ячеек памяти. Параметры приема могут быть заданы отдельно для каждой ячейки памяти.

Сканирование по памяти особенно полезно для сканирования отдельных частот, на которых нет фиксированного расстояния между каналами или используются различные режимы демодуляции и полосы частот. Таким образом, режим сканирования по памяти предоставляет пользователю большую свободу, чем режим сканирования по частоте.

1.5. Прием и анализ сигналов бедствия

Передатчики могут быть прослежены не только визуально на экране приемника путем сканирования частотного спектра, но акустически с помощью функции тонального сигнала.

Локализация сигналов экстренного вызова с помощью направленной активной антенны R&S®HE300

После установления частоты передатчика сигнала экстренного вызова пользователь активирует тональный режим, благодаря которому интенсивность сигнала, а значит и направление на источник может быть определено по громкости тонального сигнала, поворотом антенны.

Тональная функция в сложных ландшафтных условиях

Возможность поиска источника сигнала по громкости тона позволяет оператору сосредоточиться на ландшафте и не отвлекаться на обзор отображаемого на экране спектра.

Если местонахождение находящегося в опасности лица определено посредством демодуляции сигнала бедствия и обработки его содержания, информация о расположении немедленно направляется аварийно-спасательной команде.

1.6. Обнаружение самодельных взрывных устройств (СВУ)

Путем постепенного приближения к источнику сигнала R&S®PR100 позволяет обнаруживать слабые сигналы в сложных ландшафтных условиях.

Обнаружение СВУ даже в режиме ожидания

Переизлучение гетеродина может быть детектировано R&S®PR100 даже в том случае, если устройство используется только в режиме приема. Приемник удаленно управляемого взрывного устройства оставляет следы в спектре радиочастот даже в режиме ожидания. Переизлучение гетеродина и другие побочные эффекты приводят к появлению непреднамеренных излучений. В полупрофессиональных устройствах низкого качества такие излучения встречаются гораздо чаще.

Локализация СВУ совместно с R&S®HE300

R&S®PR100 наиболее эффективен благодаря необычайно широкому диапазону рабочих частот, что дает большое преимущество при организации поисков, когда частота излучения неизвестна. Благодаря высококачественному преселектору использование приемника возможно даже в условиях сильных помех и наличии побочных сигналом в непосредственной близости от частоты приема. Это позволяет эффективно использовать приемник даже на полях сражений, где эфир сильно загружен мощными сигналами.

Малый вес и длительная работа от встроенного элемента питания

Обладая весом порядка 3,5 кг R&S®PR100 может использоваться на плечевом ремне, а время работы от одного элемента питания порядка 4 часов делает его идеальным для различных задач радиомониторинга.



Рис. 1-6. Отслеживание сигналов радиоэлектронных устройств с помощью R&S®PR100 и R&S®HE300.

1.7. Обнаружение миниатюрных передатчиков

Благодаря высокой мобильности R&S®PR100 является идеальным прибором для различных задач радиомониторинга.

Имеется возможность обнаружения «жучков», например, в конференц-залах

R&S®PR100 может с легкостью обнаруживать любые типы миниатюрных передатчиков. Широкий рабочий диапазон частот перекрывает частоты работы большинства применяемых в настоящее время «жучков». Для работы с частотами выше 7,5 ГГц применяется портативная антенна R&S®HF907DC, оснащенная понижающими конверторами для работы до 18 ГГц.

Локализация «жучков» с помощью R&S®HE300

R&S®PR100 позволяет реализовать дифференциальный режим измерений. Текущий спектр сигнала может быть сохранен в качестве опорного посредством нажатия необходимых клавиш. В результате чего приемник отображает разницу опорного и текущего спектра. Любое изменение в спектре может быть сразу же обнаружено. Интенсивность сигналов зависит от направления и расстояния до источника, что дает возможность выявления передатчиков.

Другая полезная особенность R&S®PR100 – тональный режим, в котором изменение интенсивности сигнала влияет на громкость тона. Это дает возможность абстрагироваться от экрана и сосредоточиться на поиске.



Рис. 1-7. Поиск передатчиков посредством R&S®PR100 и R&S®HE300

1.8. Функция триангуляции для локализации источников излучений

Пеленгация сигналов в ручном режиме с помощью R&S®HE300

Функция пеленгования реализуется по принципу максимума диаграммы направленности посредством поворота активной направленной антенны R&S®HE300 в направлении максимума сигнала и отображается пеленгом на электронном компасе R&S®PR100 по отношению к Северу. Благодаря GPS компасу для определения собственного положения данный пеленг может быть однозначно отслежен. Результаты нескольких измерений могут повысить точность пеленгования.

Функция триангуляции на основе нескольких последовательных измерений

Все сохраненные результаты пеленгования доступны пользователю в виде списка. Для реализации функции триангуляции необходимо выбрать из списка интересующие результаты. Результат отображается на карте местности, загружаемой непосредственно в приемник, с радиусом, характеризующим ошибку пеленгования. После чего сигнал может быть проанализирован и исключен.

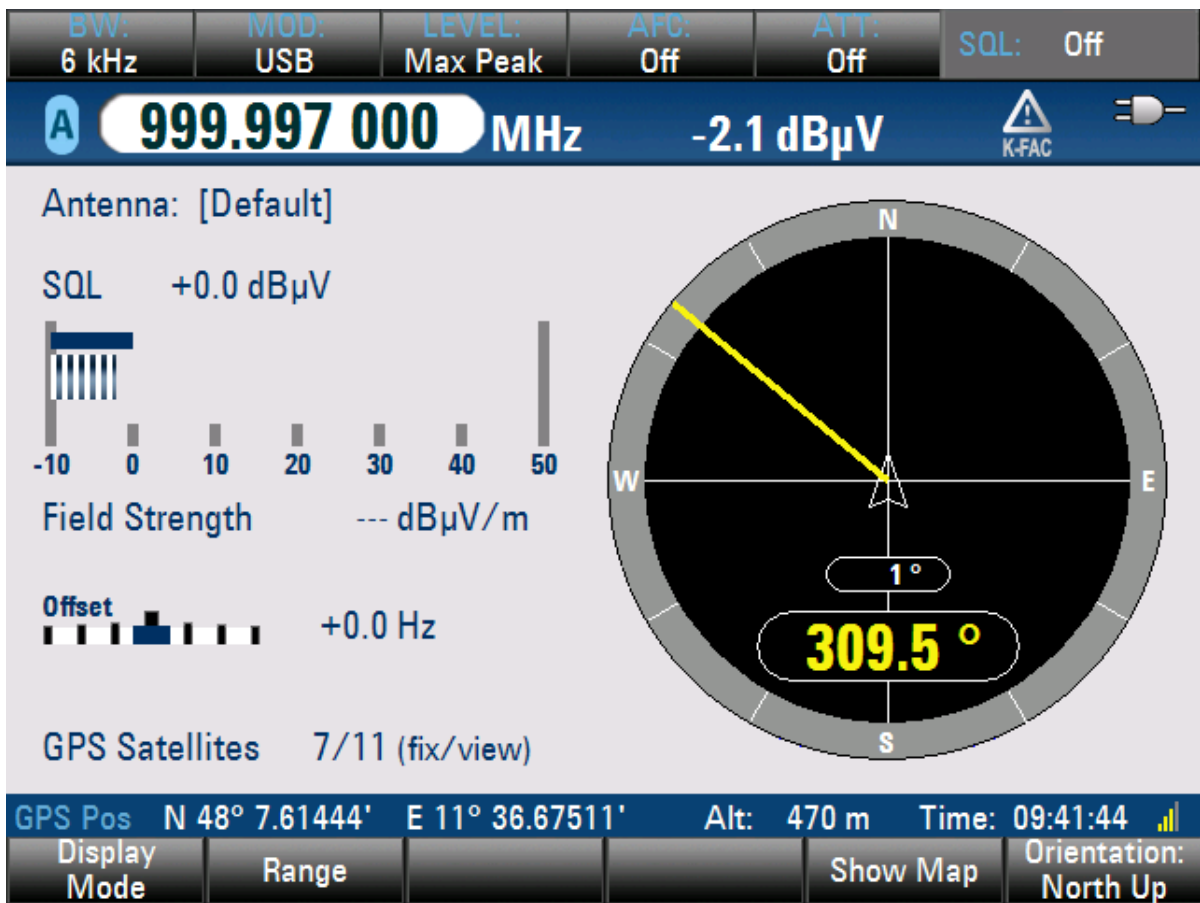


Рис. 1-8-1. Пеленгование сигналов посредством R&S®PR100 и R&S®HE300

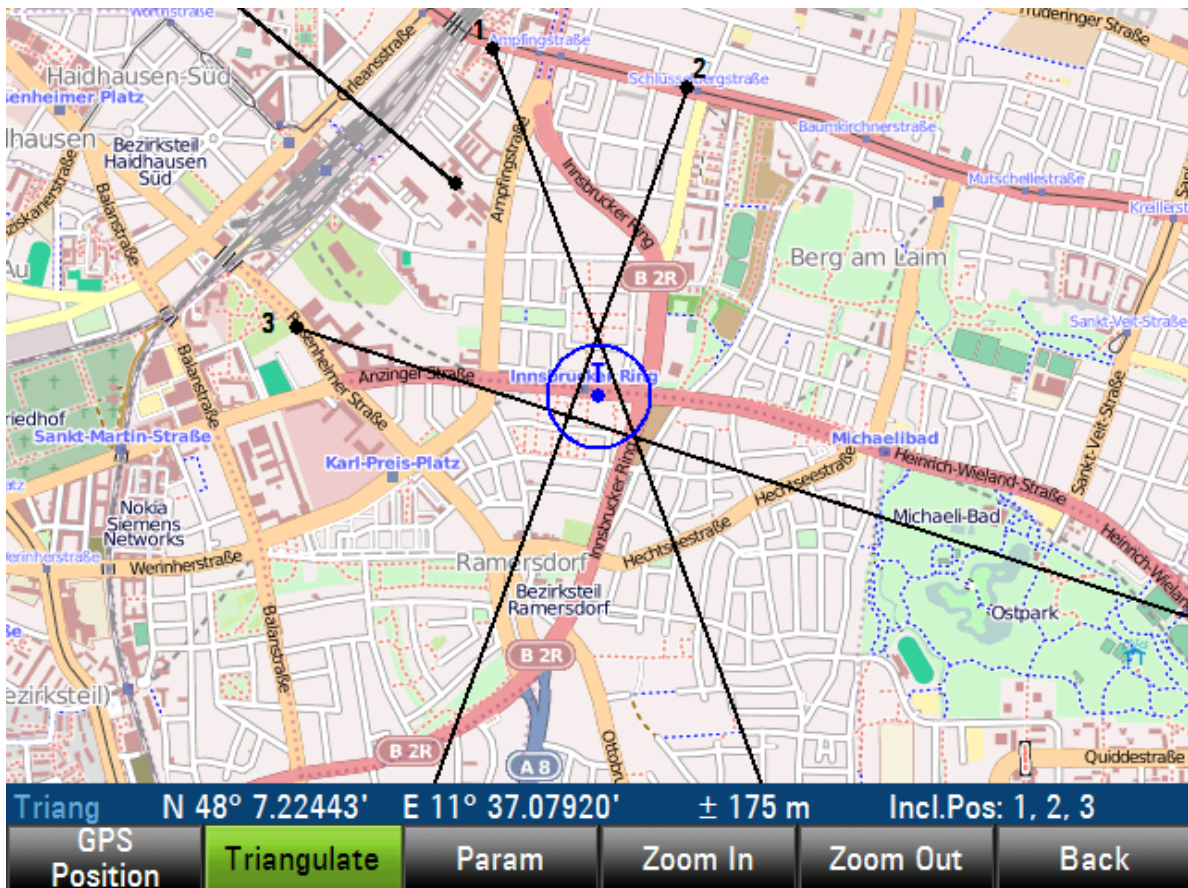


Рис. 1-8-2. Функция триангуляции, основанная на сложении результатов пеленгования

Автоматическая пеленгация сигналов

Установка опции R&S®PR100-DF превращает приемник в полнофункциональный цифровой одноканальный пеленгатор радиосигналов. Патентованные компанией Rohde&Schwarz одноканальные пеленгаторы на основе методов корреляционного интерферометра и Ватсона-Ватта обеспечивают высокую точность измерений и низкую зависимость результатов от переотражений, сопоставимые с многоканальными пеленгаторами. Компактный портативный пеленгатор перекрывает диапазон частот от 20 МГц до 6 ГГц и может быть установлен на автомобиль любого класса. Применяемые пеленгаторные антенны R&S®ADD107, R&S®ADD207 имеют встроенный GPS приемник и электронный компас.

Подробнее о возможностях и характеристиках цифрового пеленгатора на базе приемника R&S®PR100 Вы можете найти на сайте на странице R&S®DDF007.

Отображение результатов на цифровой карте R&S®PR100

Карты могут быть загружены с бесплатного сайта www.openstreetmap.org. ПО R&S®OpenStreetmapWizard облегчает процесс загрузки. Пользователь скачивает карты на компьютер и сохраняет их на SD карту приемника, после чего они доступны для работы.

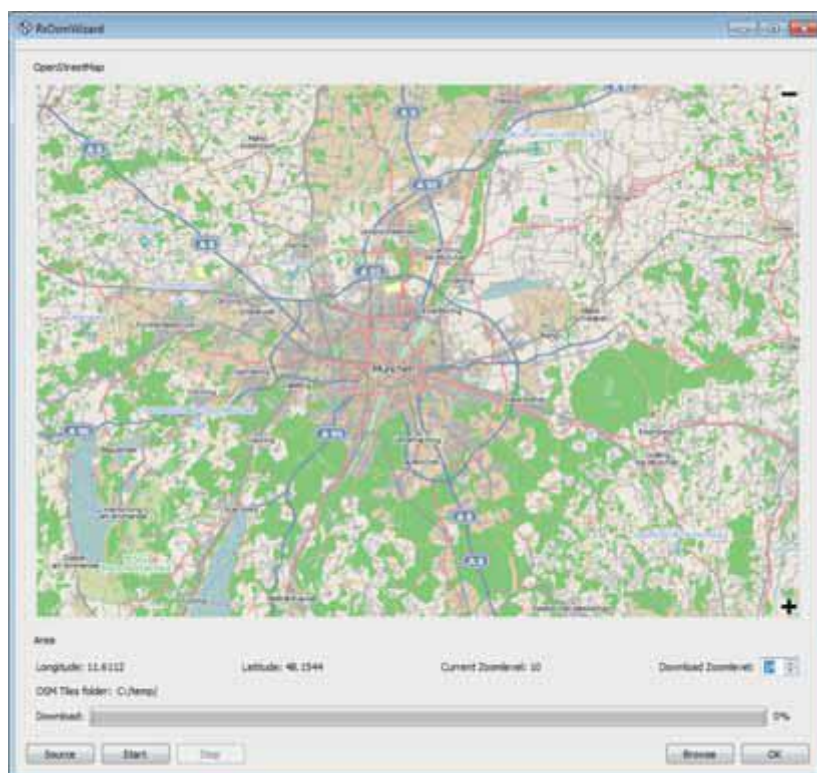


Рис. 1-8-3. Загрузка карт с www.openstreetmap.org

1.9. Инвестиции, рассчитанные на будущее

Широкий диапазон рабочих частот и выдающиеся функциональные возможности ориентируют приемник на выполнение перспективных задач. R&S®PR100 предназначен для приема и обработки сигналов существующих и разрабатываемых радиосетей.

Высокая чувствительность и большое разрешение

Современная цифровая обработка сигналов обеспечивает R&S®PR 100 высокую чувствительность при приеме сигналов и позволяет детектировать даже исключительно слабые сигналы, не теряя при этом скорость обработки. Чувствительность приемника и разрешение сигнала значительно лучше, чем у традиционного аналогового широкополосного приемника

Извлечение информации модулированных сигналов

Демодулирование аналоговых сигналов происходит с помощью приемника, для чего он оборудован разъемом для подключения наушников и встроенным динамиком. Сигналы цифровой модуляции преобразуются I/Q демодулятором и сохраняются на встроенную память или передаются через LAN. Имеется возможность записать собранные данные при помощи программного обеспечения R&S®GX430, и затем использовать их для документирования, воспроизведения или повторного анализа без ограничений, налагаемых работой в режиме реального времени

Обнаружение импульсных сигналов

Благодаря широкой полосе ПЧ в 10 МГц, прибор приспособлен для захвата даже коротких импульсов в очень широком диапазоне. Подобные импульсы малой длительности могут излучаться радарными системами.

Мониторинговый приемник и хранилище данных в одном блоке

64 Мбайт RAM для записи потока I/Q данных с полосой пропускания до 500 кГц или аналогового сигнала с полосой до 12,5 кГц

- Карта SD с памятью до 32 Гбайт для хранения записанного потока данных I/Q, аудио, спектра ПЧ или результатов измерений

Внешнее устройство чтения SD карт.

Формат записи аналоговых сигналов WAW, результатов измерений CSV, снимков экрана PNG, цифровой поток данных I/Q доступен в режиме реального времени через порт LAN с возможностью записи на внешний диск.

Эффективная работа благодаря возможности дистанционного управления

Возможность полнофункционального дистанционного управления R&S®PR100 через интерфейс LAN (набор команд SCPI). Во время работы интерфейс LAN обеспечивает максимальную скорость передачи данных измерений и обеспечивает эффективное дистанционное управление приемником, например, на необслуживаемых станциях контроля. Этот открытый интерфейс необходим для интеграции приемника в существующее программное окружение.

Работа от встроенного элемента питания

Компактная конструкция и низкое энергопотребление: до 4 часов работы. Небольшие размеры и малый вес: 3,5 кг, включая элемент питания



Рис. 1-9. R&S®PR100 для стационарного использования

1.10. Простота и удобство работы

Концепция управления R&S®PR100 отвечает требованиям к современным приемникам для радиомониторинга. Все необходимые и значимые параметры могут быть заданы непосредственно с помощью кнопок управления на панели прибора.

Управление приемником осуществляется с помощью кнопок и колес прокрутки. Удобное меню делает доступ к параметрам прибора простым и быстрым

Результаты измерений, так же как и спектрограммы отображаются на ярком, высококонтрастном цветном 6,5" дисплее. Подсветка дисплея может регулироваться. Формат отображения данных выбирается пользователем.



Рис. 1-10-1. Доступ к основным функциям приемника осуществляется с панели прибора

Вывод цифрового потока данных посредством LAN:

- I/Q данные в полосе до 500 кГц
- Цифровое аудио в полосе до 12,5 кГц
- Спектр панорамного сканирования (с максимальной частотой обновления)
- Отображаемый спектр ПЧ (с максимальной частотой обновления)
- Измеренные уровни сигналов
- Измеренные значения отклонения частоты
- Измеренные значения напряженности поля

Вывод аналогового потока данных:

- Аналоговое аудио через разъем 3,5 мм
- 21,4 МГц ПЧ через разъем BNC (для частот от 20 МГц до 7,5 ГГц)



Рис. 1-10-2. Структура меню



Рис. 1-10-3. Измерение уровня и спектра ПЧ

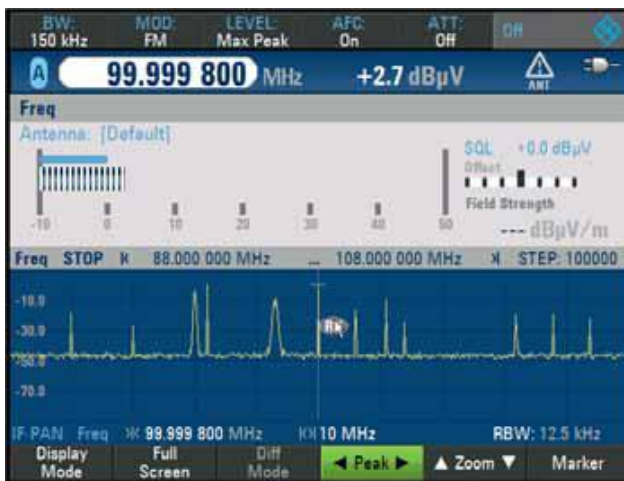


Рис. 1-10-4. Функция маркерных измерений

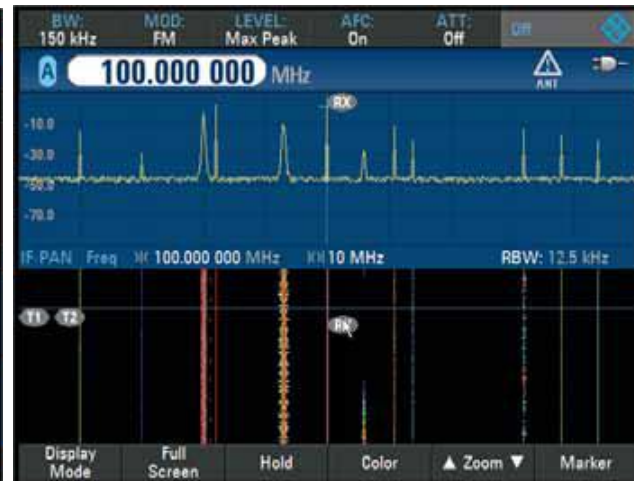


Рис. 1-10-5. Спектр ПЧ и каскадная диаграмма

1.11. Удобное программное обеспечение дистанционного управления R&S®PR100-Control

Программное обеспечение дистанционного управления R&S®PR100 бесплатно поставляется вместе с R&S®PR100. Оно является частью программного пакета R&S®RAMON и обеспечивает удобное и эффективное управление приемником с рабочей станции ПК. Программное обеспечение обладает простой структурой меню и интуитивно понятно в работе, это снижает до минимума требования к обучению технического персонала.

Программное обеспечение дистанционного управления R&S®PR100-Control позволяет управлять всеми возможностями цифрового компактного приемника. Графический интерфейс пользователя обеспечивает работу приемника с удобным для чтения дисплеем принимаемого сигнала, а также запись и воспроизведение сигнала. Имеются дополнительные программные пакеты R&S®RAMON, позволяющие существенно расширить диапазон функций, например, добавив функции передачи сигналов от дополнительных приемников или радиопеленгаторов или к ним, а также функции приложений, работы с базами данных и передачи сообщений. При помощи компонентов программного обеспечения R&S®RAMON могут быть реализованы специализированные системы радиоконтроля, от одиночных автономных систем до сетевых систем государственного масштаба.

Основные функциональные особенности R&S®RAMON

Удобство и быстрота использования

Доступ к основным функциям может быть осуществлен посредством клавиш быстрого вызова.

Графическое отображение результатов включает:

- Спектр ПЧ с каскадной диаграммой
- Панорамный спектр РЧ с каскадной диаграммой

Пользователь может настроить цвета дисплея, размер и расположение окон в соответствии с требованиями конкретной задачи или сферы применения. В режиме отображения диаграмм доступна функция маркерных измерений.

Отображение, сохранение и воспроизведение данных спектров и каскадных диаграмм

Программное обеспечение R&S®PR100-Control позволяет записывать и воспроизводить спектры сигналов РЧ и ПЧ. Кроме того, имеется возможность сохранения цифровых аудиоданных и данных модулирующих сигналов I/Q (цифровая ПЧ) с шириной полосы частот до 500 кГц, например, для последующего анализа сигналов с цифровой модуляцией.

Буферизация данных сканирования по частоте в кольцевом буфере

Запись данных в кольцевой буфер может быть остановлена щелчком мыши. После чего сохраненные сигналы могут быть воспроизведены для анализа.

Таблица частот отмеченных сигналов

Имеется возможность щелчком мыши отметить радиоканалы и сохранить их в таблице. Одновременно в графической форме отображается их уровень в зависимости от частоты. Таблица доступна для сохранения и последующего анализа.

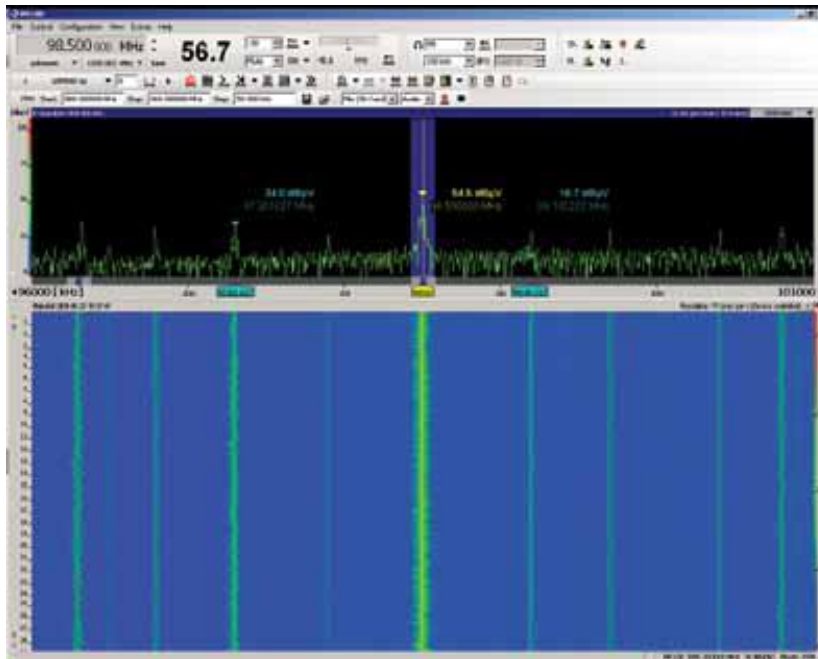


Рис. 1-11-1. Отображение спектра ПЧ и использование маркерной функции.

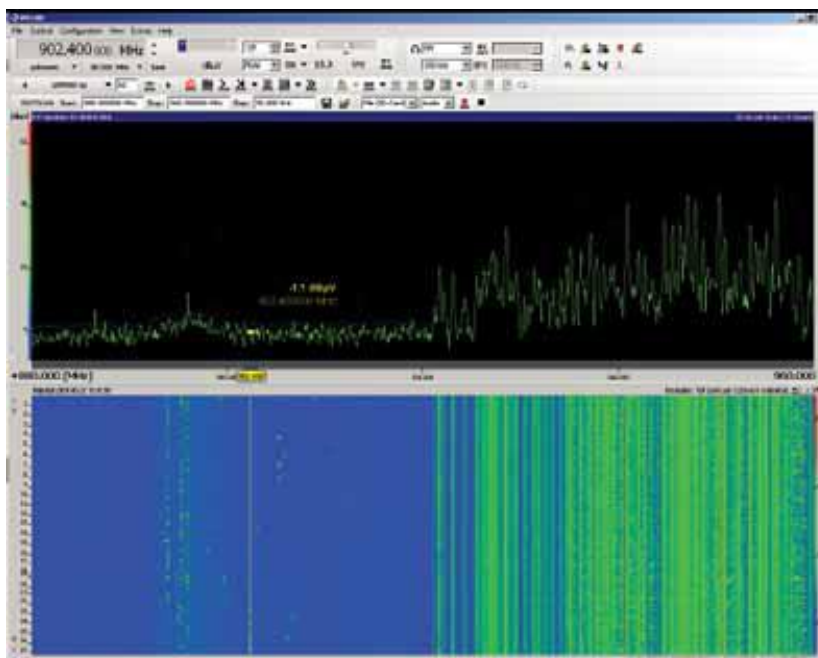


Рис. 1-11-2. Широкополосное панорамное сканирование с функцией MAX HOLD [Удержание максимума] и каскадной диаграммой.

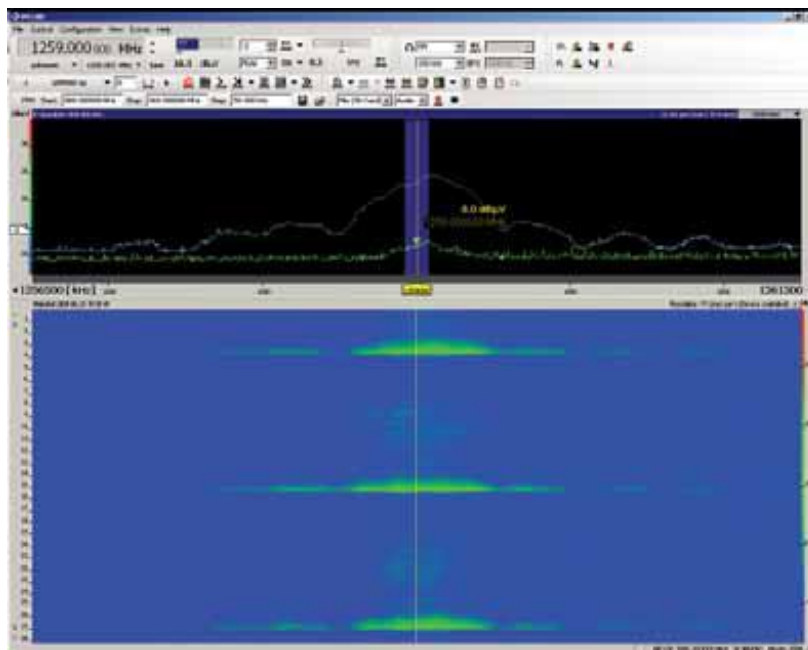


Рис. 1-11-3. Спектр ПЧ и каскадная диаграмма сигнала радара аэропорта г. Мюнхен.

2. Принцип работы

Входной тракт

От антенного гнезда входной сигнал ограничен 8 ГГц аппаратной частью и 7,5 ГГц программным обеспечением. Обработка сигнала идет по трем трактам в зависимости от диапазона частот.

Сигналы частотой от 9 кГц до 30 МГц проходят через предварительный усилитель непосредственно на аналогово-цифровой преобразователь без преобразования частоты. Сигналы частотой от 20 МГц до 3,5 ГГц подаются в секцию ПЧ через перестраиваемый преселектор и предусилитель или, в случае высоких уровней сигналов, через аттенюатор. Предварительный селектор, а также аттенюатор эффективно защищают секцию ПЧ от перегрузки. Это особенно важно в данном диапазоне частот, в котором возникают максимальные суммарные уровни сигнала. Сигналы частотой от 3,5 ГГц до 8 ГГц подаются в секцию ПЧ через предварительный усилитель.

Трехкаскадная секция ПЧ обрабатывает сигналы частотой от 20 МГц до 8 ГГц, после чего они поступают на аналогово-цифровой преобразователь. Для обеспечения наилучшей работы прибора в последующих каскадах обрабатываются только сигналы частотой до 7,5 ГГц. Также имеется возможность вывода нерегулируемого сигнала ПЧ 21,4 МГц, взятого перед аналогово-цифровым преобразователем, через имеющееся у R&S®PR100 гнездо BNC для анализа внешними средствами.

Цифровая обработка сигнала

После аналогово-цифрового преобразования сигнала тракт разделяется:

В первом тракте спектр ПЧ рассчитывается при помощи цифрового понижающего преобразователя (DDC), цифрового полосового фильтра и каскада быстрого преобразования Фурье (FFT). Ширина полосы пропускания фильтра может быть выбрана от 10 кГц до 10 МГц. Перед тем как спектр ПЧ выводится через интерфейс LAN, результаты проходят повторную обработку посредством функций AVERAGE [Среднее], MIN HOLD [Удержание минимума] или MAX HOLD, выбранных пользователем.

Во втором тракте сигнал обрабатывается с целью измерения уровня или демодуляции. Здесь сигнал также проходит DDC и полосовой фильтр. Для обработки различных сигналов

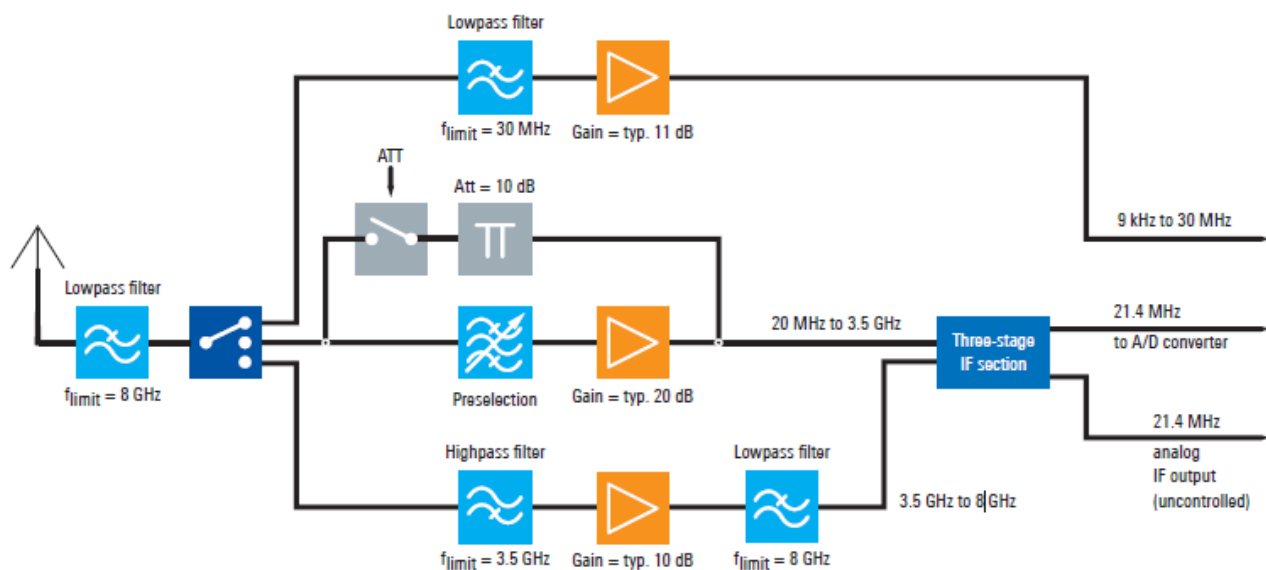
с наилучшим отношением сигнал/шум, приемник снабжен фильтрами с шириной полосы демодуляции от 150 Гц до 500 кГц, которые могут быть выбраны независимо от ширины полосы ПЧ.

Перед измерением уровня определяется абсолютное значение уровня и взвешивается посредством выбранной пользователем функции AVERAGE, MAX PEAK [Макс. пиковый], RMS [Среднеквадратичный] или SAMPLE [Выборка]. После этого измеренное значение уровня выводится через интерфейс LAN.

Для демодуляции аналоговых сигналов после полосового фильтра сложный модулирующий сигнал проходит цепь автоматической регулировки усиления (AGC) или ручной регулировки усиления (MGC). После этого сигнал подается на каскад AM, FM, USB, LSB, ISB, PULSE или CW демодуляции.

Сложные модулирующие данные (I/Q) цифровых сигналов после каскадов AGC или MGC непосредственно выводятся для дальнейшей обработки.

Блок-схема входного тракта



В результате цифровые данные могут быть выведены через интерфейс LAN в соответствии с требованиями конкретной задачи. Цифровые аудиоданные преобразуются в аналоговые сигналы и подаются на встроенный динамик или гнездо наушников.

Высокая чувствительность приемника, высокое разрешение сигнала

R&S®PR100 имеет ширину полосы ПЧ реального времени до 10 МГц. Это позволяет регистрировать даже очень короткие импульсы сигналов, поскольку приемник отображает широкую полосу частот 10 МГц в одном спектре вокруг центральной частоты, без необходимости проведения сканирования в режиме реального времени.

Наибольшая ширина полосы ПЧ реального времени, равная 10 МГц, обеспечивает отображение самого широкого спектра, самая узкая полоса ПЧ реального времени, равная 10 кГц, обеспечивает максимальную чувствительность.

Спектр ПЧ рассчитывается цифровым способом при помощи быстрого преобразования Фурье (FFT). Использование метода FFT при обработке ПЧ обеспечивает главное преимущество: Чувствительность приемника и разрешение сигнала существенно лучше, чем у обычного аналогового приемника при такой же отображаемой ширине спектра.

Спектр ПЧ

FFT расчет спектра ПЧ выполняется за несколько этапов. Эти этапы в упрощенной форме изложены далее для ширины полосы ПЧ 10 кГц (BW спектра ПЧ = 10 кГц), которая обеспечивает максимальную чувствительность.

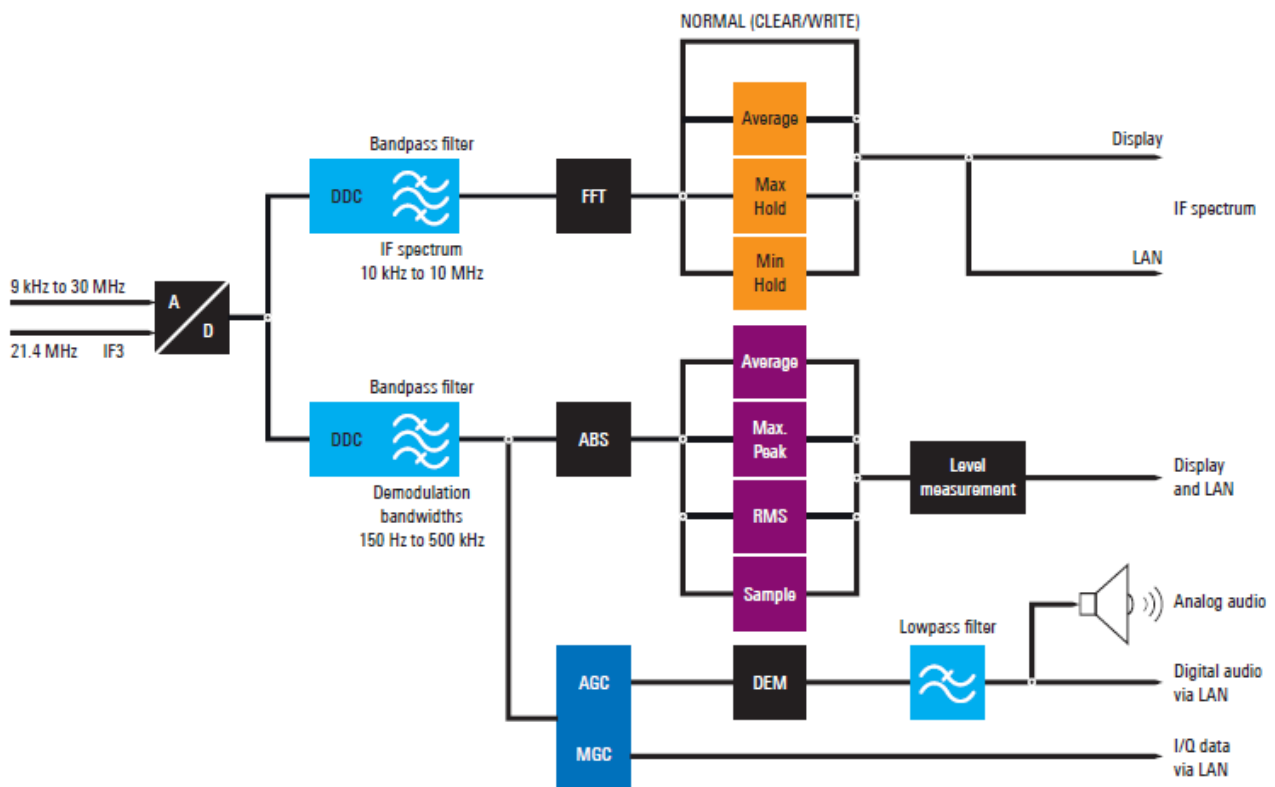
Вследствие конечной крутизны среза фильтра ПЧ, частота выборки f_s должна быть больше, чем выбранная ширина полосы ПЧ $BW_{\text{спектра ПЧ}}$ поэтому отношение частоты выборки к ширине полосы ПЧ составляет величину > 1 и является мерой крутизны среза фильтра ПЧ. Эта взаимосвязь выражается следующими двумя формулами:

$$\frac{f_s}{BW_{\text{IF spectrum}}} = \text{const} \quad \text{или} \quad f_s = BW_{\text{IF spectrum}} \cdot \text{const}$$

Значение постоянной зависит от выбранной ширины полосы ПЧ, т.е. может изменяться как функция ширины полосы ПЧ.

Для ширины полосы ПЧ $BW_{\text{спектра ПЧ}} = 10$ кГц значение постоянной равно 1,28. Поэтому для отображения спектра ПЧ 10 кГц требуется частота выборки $f_s = 12,8$ кГц.

Блок-схема цифровой обработки сигнала



Для формирования спектра ПЧ R&S®PR100 использует FFT длиной N, равной 2048 точек. Для определения этих точек диапазон выборки 12,8 кГц из предыдущего примера разделяется на 2048 одинаковых частотных интервала, также называемых «элементами» (см. рисунок «Обработка сигнала для построения спектра ПЧ»).

Ширина полосы BW_{bin} частотных интервалов определяется следующим образом:

$$BW_{\text{bin}} = \frac{f_s}{2048} = \frac{12.8 \text{ kHz}}{2048} = 6.25 \text{ Hz}$$

Это означает, что в приведенном выше примере при расчете отображаемого уровня шума (DNL) в соответствии с приведенной ниже формулой для каждого «элемента» в качестве ширины полосы шума следует учитывать только рассчитанную полосу шириной 6,25 Гц (Наложение оконной функции (окно Блэкмана) здесь не рассматривается).

$$DNL = -174 \text{ дБмВт} + NF + 10 \log(BW_{\text{bin}}/\text{Гц})$$

Величина NF представляет коэффициент шума приемника.

Приведенный выше пример показывает, что благодаря применению FFT фактическая ширина полосы разрешения (RBW), которую необходимо принимать во внимание при расчете DNL, существенно меньше (т.е. BW_{bin}), чем можно было бы ожидать для отображаемого диапазона шириной 10 кГц.

Еще одним преимуществом высокого спектрального разрешения, используемого при расчете FFT является то, что расположенные рядом сигналы (например, f_1, f_2, f_3) могут быть записаны и представлены в спектре ПЧ как отдельные сигналы (см. рисунок «Отображение сигнала в спектре ПЧ»).

Если в аналоговом приемнике ширина полосы разрешения выбрана равной заданной ширине полосы ПЧ ($RBW = BW_{PЧ \text{ спектра}}$), вместо трех отдельных сигналов f_1, f_2 и f_3 будет отображаться суммарный сигнал f_{sum} .

Обработка сигнала для построения спектра ПЧ

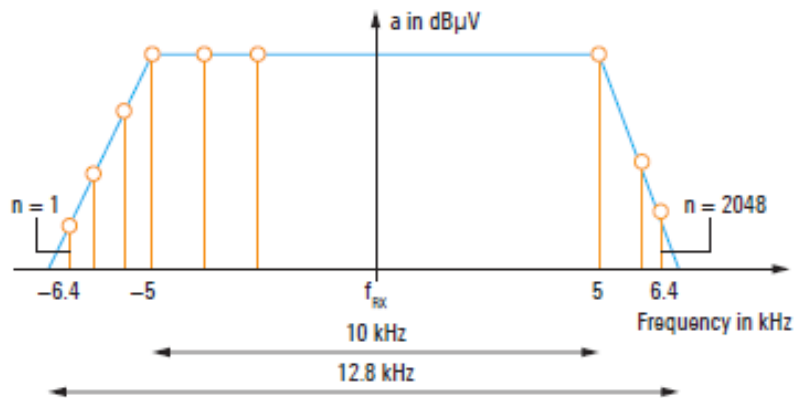


Рис. 2-1. Фактическая ширина полосы выборки в сравнении с выбранной шириной полосы ПЧ

Отображение сигнала в спектре ПЧ

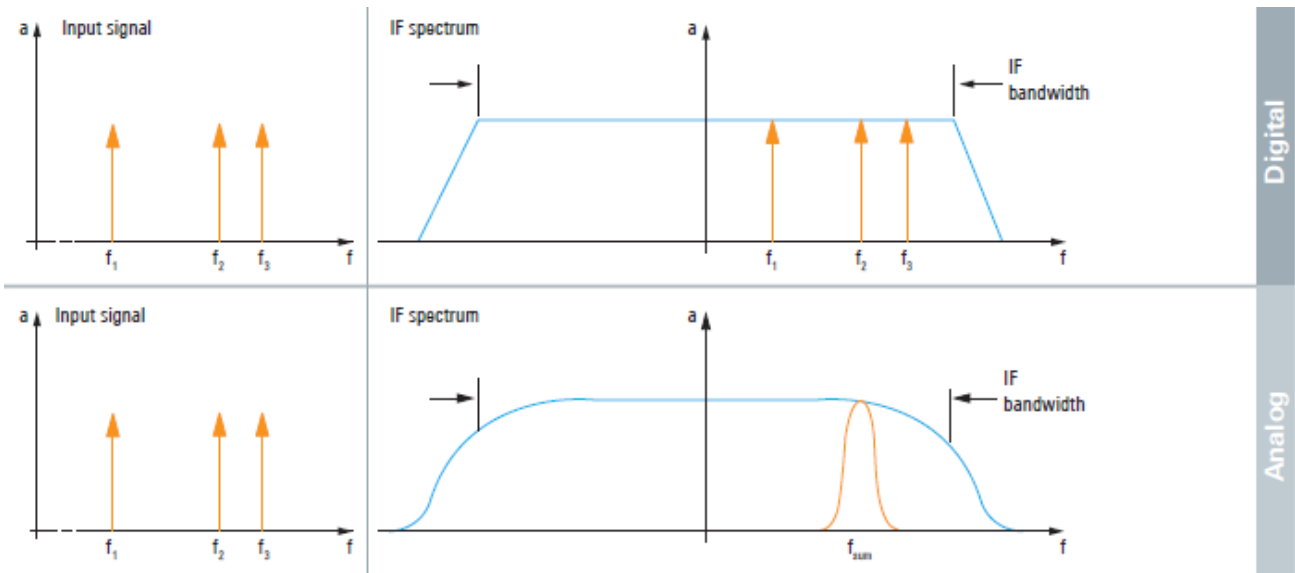


Рис. 2-2. Разрешение сигнала в ПЧ спектра при использовании цифрового и аналогового приемника.

Панорамное сканирование

Максимальная ширина полосы FFT приемника в реальном времени, равная 10 МГц, позволяет выполнять исключительно быстрое сканирование в широком диапазоне частот (панорамное сканирование). С этой целью последовательно соединяются частотные окна с макс. шириной 10 МГц, после чего сканируется весь предварительно заданный таким

образом диапазон (см. рис. «Обработка сигнала в режиме панорамного сканирования»). Так же, как и при построении спектра ПЧ, для обработки широкого окна с высоким разрешением используется FFT.

Ширина частотного окна и длина FFT (число точек FFT) могут изменяться и выбираются приемником.

В режиме панорамного сканирования пользователь может выбрать среди 12 полос разрешения разной ширины — от 125 Гц до 100 кГц. Ширина полосы разрешения соответствует ширине частотных интервалов (ширине элементов), упомянутых выше в разделе «Спектр ПЧ». На основе выбранной ширины элемента, начальной и конечной частоты, the R&S®PR100 автоматически определяет необходимую длину FFT и ширину частотного окна для каждого шага сканирования. Приемник выбирает эти внутренние параметры таким образом, что достигается оптимальная скорость сканирования для каждой ширины полосы разрешения (см. рис. «Разрешение в режиме панорамного сканирования»).

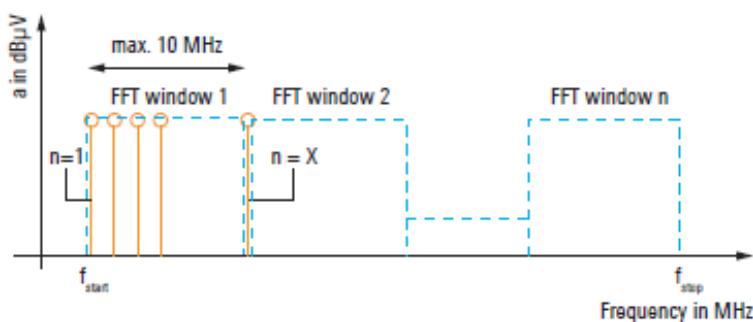
В режиме панорамного сканирования ширина полосы разрешения 100 кГц позволяет достичь максимальной скорости сканирования, в то время как ширина полосы разрешения 125 Гц обеспечивает максимальную чувствительность.

Таким образом, ширина полосы разрешения (ширина элемента) в режиме панорамного сканирования (которая может быть выбрана в интервале от 125 Гц до 100 кГц) соответствует ширине полосы разрешения (BW_{bin}), используемой при расчете DNL в спектре ПЧ (см. выше формулу для DNL в разделе «Спектр ПЧ») и, следовательно, может быть использована для расчета DNL в режиме панорамного сканирования. Более того, для того чтобы получить желаемое разрешение по частоте, пользователь выбирает ширину полосы разрешения (см. рисунок «Ширина элемента и расстояние между каналами»).

Приведенные выше рассуждения показывают, что применение в контрольном приемнике цифровой обработки сигнала обеспечивает убедительные преимущества. Исключительно высокая чувствительность (благодаря очень высокому разрешению) в сочетании с обзором широкого спектра и высокой скоростью сканирования значительно увеличивают вероятность перехвата по сравнению с аналоговым приемником.

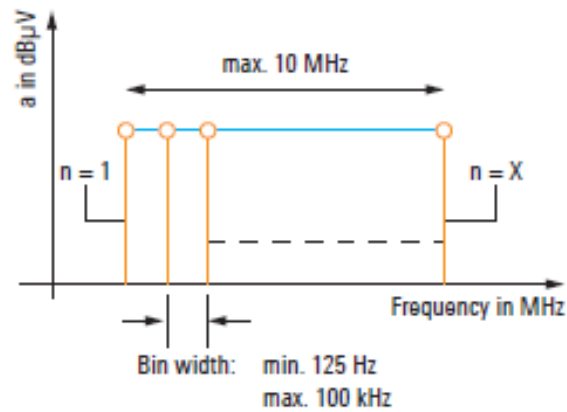
Обработка сигнала в режиме панорамного сканирования

Базовая последовательность этапов в режиме быстрого панорамного сканирования.



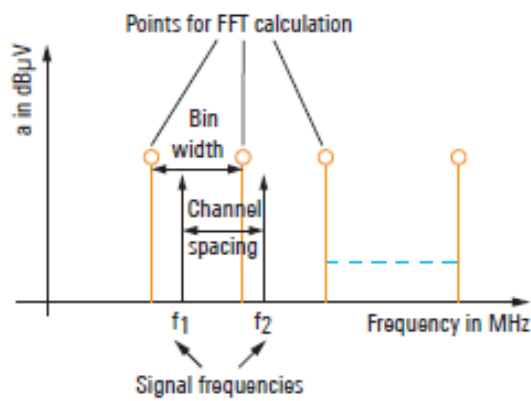
Выбор разрешения для панорамного сканирования посредством изменения ширины элемента.

Разрешение в режиме панорамного сканирования



Выбор ширины элемента 12,5 кГц для того, чтобы зарегистрировать службу радиосвязи, использующую расстояние между каналами 12,5 кГц.

Ширина элемента и расстояние между каналами



2.1. Активная антенная направленная антенна R&S®HE300

Антенна состоит из четырех сменных модулей покрывающих диапазон частот от 20 кГц до 7,5 ГГц. Опциональный антенный модуль R&S®HE300HF от 20 кГц до 20 МГц поставляется отдельно.



20 кГц – 20 МГц

20 – 200 МГц

200 – 500 МГц

500 МГц – 7,5 ГГц

Портативная мониторинго-измерительная система

Активная направленная система R&S®HE300 и R&S®PR100 образуют эффективную приемную систему для обнаружения передатчиков и помех. Сочетание высокой мобильности и легкого веса позволяют проводить измерения в сложных условиях ландшафта и зданиях, куда не может попасть даже техника высокой проходимости. Неприметная мониторинговая система с возможностью измерения и пеленгации дает небывалые преимущества.

Для выполнения задач длительного мониторинга на фиксированных позициях антенна может быть установлена на треногу. Отверстие в ручке антенны подходит для установки на треноги для фото и видео аппаратуры.

Эргономичный дизайн

Над разработкой конструкции ручки и элементов управления трудились опытные и квалифицированные инженеры. Сменные антенные модули устанавливаются в крепление в зависимости от требуемой поляризации принимаемых сигналов. Укладочный кейс, поставляемый с антенной, хорошо защищает оборудование от возможных повреждений при транспортировке и имеет места для расположения как четырех антенных модулей, так и R&S®PR100.

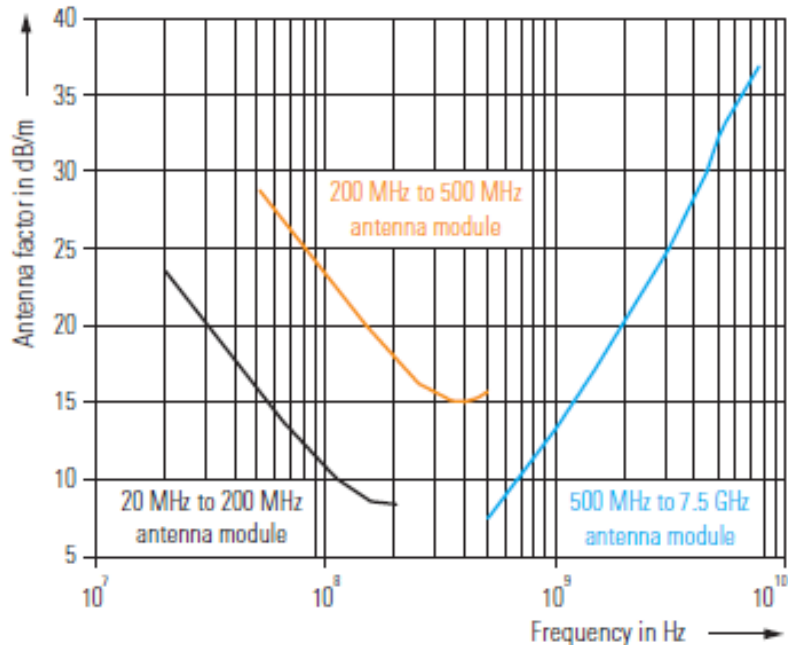


Рис. 2-3. Зависимость коэффициента калибровки R&S®HE300 от частоты

2.2. Конверторная антенна R&S®HF907DC

Активная направленная антенна с понижающим конвертором R&S®HF907DC предназначена для работы в диапазоне частот от 7,5 до 18 ГГц. Принцип ее работы обеспечивает перенос принимаемых сигналов на частоты ниже 7,5 ГГц. Весь диапазон частот покрывается двумя частотными конверторами, каждый из которых имеет тракт преселекции и усиления.



Рис. 2-4. Внешний вид R&S®HF907DC

Антенна имеет широкий динамический диапазон, обеспечивающий надежную работу антенны даже в сложных электромагнитных условиях.

Питание антенны осуществляется от встроенной батареи, обеспечивающей до 7 часов непрерывной работы.

Благодаря направленной структуре и возможности смены поляризации сигналов R&S®HF907DC совместно с приемником R&S®PR100 может использоваться для определения направления и локализации передатчиков. Программное обеспечение R&S®PR100 позволяет отображать истинную частоту принимаемых сигналов без необходимости пересчета.

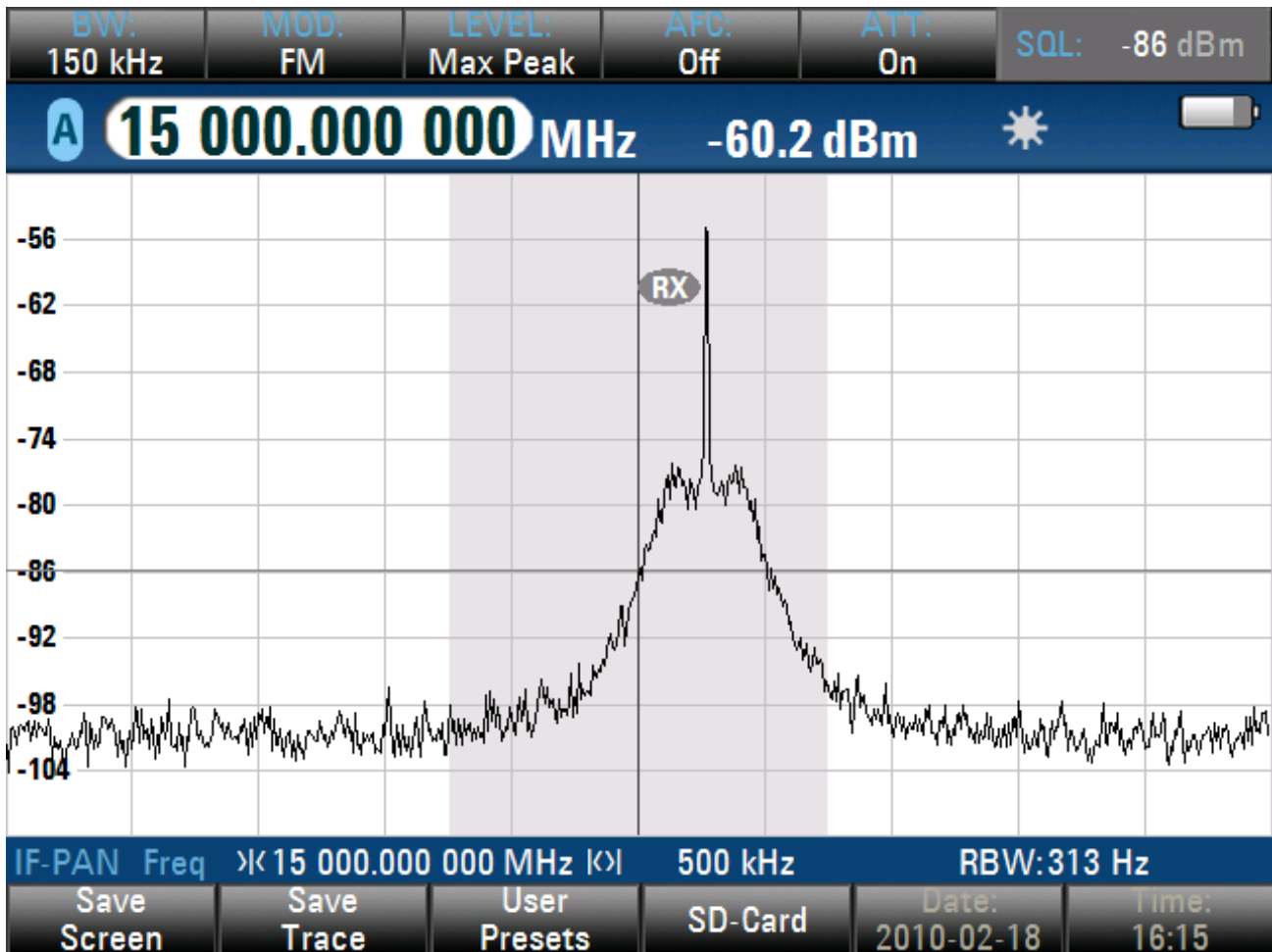


Рис. 2-5. Пример работы R&S®HF907DC с R&S®PR100

Легкий вес, компактный размер, долгое время работы и отличные приемные характеристики делают R&S®HF907DC идеальной для мобильного применения.

3. Техническая спецификация

Наименование характеристики	Значение параметра
Диапазон рабочих частот, Гц	от $9,0 \cdot 10^3$ до $7,5 \cdot 10^9$.
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$.
Диапазон установки полосы обзора	от 1 кГц до 10 МГц с шагом 1,2,5.
КСВН входного тракта, не более - в диапазоне частот от 9 кГц до 3,5 ГГц - в диапазоне частот от 3,5 ГГц до 7,5 ГГц	2; 3.
Диапазон измерений уровня входного сигнала	от минус 137 до 0 дБм.
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня сигнала, дБ - в диапазоне рабочих температур - в диапазоне температур от 20 до 30 °С	± 3 ; $\pm 1,5$.
Ослабление входного аттенюатора, дБ (обеспечивается в диапазоне частот от 20 МГц до 3,5 ГГц)	0 или 25.
Тип преселектора - для диапазона частот от 9 кГц до 30 МГц - для диапазона частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - для диапазона частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	фильтр нижних частот; полосовые фильтры; комбинация ФВЧ/ФНЧ.
Средний отображаемый уровень собственных шумов, дБм, не более - в диапазоне частот от 100 кГц до 20 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	минус 151,5; минус 158,5; минус 147,0.
Относительный уровень фазовых шумов при отстройке 100 кГц, дБн, не более - в диапазоне частот от 100 кГц до 20 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	минус 104; минус 95; минус 81.
Точка пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка, дБм - в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 3,5 ГГц	22; 20; 20.
Уровень подавления зеркальной частоты, дБ, не менее	85.
Уровень подавления промежуточной частоты, дБ, не менее	85.
Режимы отображения	перезапись, усреднение, накопление максимума, накопление минимума.
Режимы демодуляции	АМ, ЧМ, ИМ, I/Q, ВБП, НБП, CW.
Полосы демодуляции	150, 300, 600 Гц, 1, 5, 2, 4, 6, 9, 15, 30, 50, 120, 150,

	250, 300, 500 кГц.
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц с использованием оригинального блока питания, входящего в комплект поставки, В	от 100 до 240.
Габаритные размеры (ширина × высота × длина), мм, не более	192 × 320 × 62.
Масса, кг, не более (без аксессуаров)	3,5.
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха при работе от аккумуляторной батареи, °С - температура окружающего воздуха при работе от блока питания, °С - относительная влажность воздуха при температуре 20 °С, %	от минус 10 до 55, от 0 до 40, до 80.
Ослабление входного аттенюатора, дБ (обеспечивается в диапазоне частот от 20 МГц до 3,5 ГГц)	0 или 25.
Тип преселектора - для диапазона частот от 9 кГц до 30 МГц - для диапазона частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - для диапазона частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	фильтр нижних частот; полосовые фильтры; комбинация ФВЧ/ФНЧ.
Средний отображаемый уровень собственных шумов, дБм, не более - в диапазоне частот от 100 кГц до 20 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	минус 151,5; минус 158,5; минус 147,0.
Относительный уровень фазовых шумов при отстройке 100 кГц, дБн, не более - в диапазоне частот от 100 кГц до 20 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 7,5 ГГц	минус 104; минус 95; минус 81.
Точка пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка, дБм - в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц - в диапазоне частот от 20 МГц до 1,5 ГГц - в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 3,5 ГГц	22; 20; 20.
Уровень подавления зеркальной частоты, дБ, не менее	85.
Уровень подавления промежуточной частоты, дБ, не менее	85.
Режимы отображения	перезапись, усреднение, накопление максимума, накопление минимума.
Режимы демодуляции	АМ, ЧМ, ИМ, I/Q, ВБП, НБП, CW.
Полосы демодуляции	150, 300, 600 Гц, 1, 5, 2, 4, 6, 9, 15, 30, 50, 120, 150, 250, 300, 500 кГц.
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц с использованием оригинального блока питания, входящего в комплект поставки, В	от 100 до 240.
Габаритные размеры (ширина × высота × длина), мм, не более	192 × 320 × 62.

Масса, кг, не более (без аксессуаров)	3,5.
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха при работе от аккумуляторной батареи, °C - температура окружающего воздуха при работе от блока питания, °C - относительная влажность воздуха при температуре 20 °C, %	от минус 10 до 55, от 0 до 40, до 80.

4. Комплект поставки

Комплект поставки R&S®PR100 включает:

- портативный мониторинговый приемник в транспортной упаковке;
- блок питания от сети;
- элемент питания для автономной работы;
- карта памяти формата SD;
- сетевой кабель LAN;
- кабель USB;
- плечевой ремень
- руководство пользователя (CD-ROM).

5. Информация для заказа

Наименование	Тип	Код заказа
Портативный мониторинговый приемник Спектр ПЧ (макс. 10 МГц), режим спектрограммы, элемент питания, источник питания, SD карта для сохранения пользовательских настроек, плечевой ремень	R&S®PR100	4079.9011.02
Программные опции		
Панорамное сканирование Включая: сканирование РЧ, быстрое сканирование FFT по заданному пользователем диапазону, возможность выбора спектрального разрешения (ширина элемента)	R&S®PR100-PS	4071.9306.03
Функция записи Запись измерительной информации в приемник (64 Мбайт RAM) или на SD карту, запись аудио данных в формате WAV (с возможностью воспроизведения), запись потока I/Q, параметров спектра и спектрограммы, программное обеспечение R&S®PR100-Control для обработки информации на ПК	R&S®PR100-IR	4071.9358.02
Удаленное управление Удаленное управление приемником (протокол SCPI); передача измерительной информации; передача демодулированного I/Q (с полосой до 500 кГц) через LAN; программное обеспечение R&S®PR100-Control (для удаленного управления, записи и воспроизведения данных на ПК)	R&S®PR100-RC	4071.9406.02
Функция триггерных измерений Запуск/остановка режима записи измерительной информации по команде (например, превышение сигналом установленного порога, перестройка частоты и т.д.)	R&S®PR100-ETM	4071.9458.02
Измерение напряженности поля Включая: расчёт напряженности поля на основе сохраненных данных о параметрах антенны и отображение значений в дБмкВ/м на дисплее	R&S®PR100-FS	4071.9506.03
Режим измерения СВЧ Конверторная антенна R&S®HF907DC соединяется с приемником контрольным кабелем; отображение измеренных значений производится с учетом понижающего конвертора с исходными значениями частот до 18 ГГц. Антенна не входит в комплект поставки	R&S®PR100-FP	4071.9558.02
Работа с GPS приемником Программное обеспечение для обработки данных GPS модуля (не входит в комплект поставки)	R&S®PR100-GPS	4071.9958.02
Цифровой пеленгатор Функция автоматического определения направления на источник излучения с высокой точностью результатов при подключении пеленгаторных антенн R&S®ADD107/ R&S®ADD207 (не входят в комплект)	R&S®PR100-DF	4096.2805.02
Принадлежности		

Дополнительный комплект батарей Элемент питания, зарядное устройство, шнур питания	R&S®PR100-BP	4071.9206.02
Кейс для транспортировки Кейс из прочного материала с наушниками, телескопической антенной (около 0,3 м) и свободным пространством для аксессуаров	R&S®PR100-SC	4071.9258.02
Автомобильный адаптер	R&S®HA-Z202	1309.6117.00
Ремень для переноски Перекрестный ремень и защитный чехол	R&S®HA-Z222	1309.6198.00
Мягкая сумка для переноски	R&S®HA-Z220	1309.6175.00
GPS приемник	R&S®HA-Z240	1309.6700.03
Активная направленная антенна Три антенных модуля, диапазон рабочих частот от 20 МГц до 7,5 ГГц; ручка с отключаемым усилителем; кейс для транспортировки с дополнительным местом под R&S®PR100	R&S®HE300	4067.5900.02
НЧ модуль Рамочная антенна от 9 кГц до 20 МГц как дополнение для R&S HE300	R&S®HE300HF	4067.6806.02
Активная направленная антенна с GPS/электронным компасом	R&S®HE300	4067.5900.03
Активная направленная антенна Один антенный модуль от 500 МГц до 7,5 ГГц	R&S®HE300CE	4080.9505.02
Рукоятка для R&S®HE300 с GPS/электронным компасом	R&S®HE300UK	4080.9011.02
Конверторная антенна для расширения рабочего диапазона от 7,5 до 18 ГГц	R&S®HF907DC	4070.8006.02
Набор кабелей для R&S®HF907DC	R&S®HF907DC-K1	4070.8958.02
Адаптер для треноги	R&S®HF907DC-Z1	4079.3113.02
Чемодан для транспортировки	R&S®HF907DC-Z2	4079.3207.02
Компактная пеленгаторная антенна от 20 до 1300 МГц	R&S®ADD107	4090.7005.02
Компактная пеленгаторная антенна от 690 МГц до 6 ГГц	R&S®ADD207	4096.0002.02
Магнитный адаптер Для установки на крышу автомобиля	R&S®ADD17XZ3	4090.8801.02
Тренога	R&S®ADD17XZ6	4090.8860.02
Набор кабелей	R&S®ADD17XZ5	4090.8660.02

6. Контактная информация

Головное предприятие:

ROHDE&SCHWARZ GmbH & Co. KG
Mühlendorfstraße 15
D-81671 München
www.rohde-schwarz.com

Представительство в Российской Федерации:

ООО «РОДЕ И ШВАРЦ РУС»
125047 Москва
ул. Павловская, д. 7, стр. 1
тел./факс +7 495 981 4707
www.rohde-schwarz.ru