

Техническая информация

Департамент радиомониторинга
и специальных технических средств

Цифровой компактный приемник
от 9 кГц до 7,5 ГГц

R&S®EM100



Редакция от 21.11.2012

1. Применение

Цифровой компактный приемник R&S®EM100 специально спроектирован как экономичная компактная система для радиоконтроля. Приемник работает под управлением программного обеспечения дистанционного управления, а его функциональные возможности оптимизированы для задач контроля, например, для использования в качестве дополнительного приемника в сочетании с быстрым поисковым приемником. Кроме того, R&S®EM100 может использоваться для целого ряда других задач.

Цифровой компактный приемник R&S®EM100 обеспечивает большое разнообразие функций для приложений, включая контроль электромагнитного излучения, обнаружение помех и миниатюрных передатчиков, или для работы в качестве дополнительного приемника. Помимо этого, приемник имеет небольшие размеры и малое энергопотребление. Приемник служит идеальным решением для систем с ограниченным бюджетом, он сочетает экономичность и технические возможности, обеспечивающие желаемый результат. Приемник и аналитическое программное обеспечение R&S®GX430 составляют компактную приемную систему, перекрывающую диапазон частот от 9 кГц до 7,5 ГГц.

Приемник также может работать с разнообразными антеннами, такими как широкополосные всенаправленные антенны или направленные антенны. В сочетании с пеленгаторными антеннами R&S®ADD107/ADD207 представляет собой мощную компактную систему автоматического пеленгования высокой точности.

Несмотря на малые размеры, для приемника начального уровня R&S®EM100 обладает большим разнообразием функций, в ином случае реализуемых только с помощью 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.

Его компактная конструкция и малый вес делают R&S®EM100 идеальным инструментом для использования на транспортных средствах, самолетах (в качестве полезной нагрузки) и беспилотных летательных аппаратах.

R&S®EM100 – на передней панели нет органов управления, управление осуществляется дистанционно через интерфейс LAN.



Рис. 1-1. Внешний вид передней панели и задней панели R&S®EM100

1.1. Преимущества и ключевые особенности

Считывание информации посредством демодуляции и работа в качестве дополнительного приемника

- Сигналы с аналоговой модуляцией детектируются непосредственно приемником, и их содержание может контролироваться на слух при помощи наушников
- Сигналы с цифровой модуляцией преобразуются в исходные модулирующие сигналы посредством I/Q демодуляции и передаются по сети LAN
- После этого анализ цифровых сигналов может быть выполнен в автономном режиме при помощи программного обеспечения R&S®GX430

Защищенные капиталовложения с расчетом на будущее

- Широкий диапазон частот и выдающиеся характеристики делают приобретение приемника перспективным вложением средств
- R&S®EM100 способен принимать и обрабатывать сигналы современных и будущих служб радиосвязи

Высокая чувствительность приемника, высокое разрешение сигнала

- Современная цифровая обработка сигналов обеспечивает R&S®EM100 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

Контрольный приемник и анализатор сигнала в малогабаритной системе

- Он-лайн-передача данных по сети LAN от R&S®EM100 к ПК и программное обеспечение, например, R&S®GX430, позволяют сформировать эффективную малогабаритную систему малого для приема и анализа сигналов
- 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

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

Удобное программное обеспечение дистанционного управления R&S®EM100-Control

- Благодаря понятной структуре меню и простоте использования программного обеспечения дистанционного управления R&S®EM100-Control требуется только минимальное обучение технического персонала.
- В зависимости от конкретной задачи, имеется возможность представить отображаемые сигналы в параметрическом виде и отображать на экране в оптимальном формате
- Базовый программный пакет R&S®EM100 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

Дистанционное управление обеспечивает эффективную работу

- Имеется возможность полнофункционального дистанционного управления R&S®EM100 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 действительно необходим для интеграции приемника в существующее программное окружение

Простота интеграции и широкие возможности применения

- Компактная конструкция и низкое энергопотребление
- Небольшие размеры и малый вес R&S®EM100 делают возможным интеграцию приемника в малогабаритные системы
- Особенно при установке на транспортных средствах, компактная конструкция и низкое энергопотребление делает возможным одновременное использование нескольких модулей R&S®EM100, например, в качестве дополнительных приемников

1.2. Дополнительный приемник в интегральных системах

Параллельная демодуляция нескольких узкополосных сигналов и одновременное сканирование широкополосного спектра

Несколько модулей R&S®EM100 объединяются с быстрым и эффективным мониторинговым приемником (например, R&S®ESMD) и функционируют как единая система. Модули R&S®EM100 детектируют узкополосные сигналы и формируют аудиопотоки или потоки данных I/Q, в то время как R&S®ESMD ведет быстрый поиск других эфирных сигналов с исключительно высоким уровнем чувствительности. Для каждого узкополосного сигнала, который должен обрабатываться параллельно, требуется отдельный приемник R&S®EM100.

Передача узкополосного сигнала от R&S®ESMD к R&S®EM100 осуществляется с пользовательской рабочей станции при помощи программного обеспечения R&S®RAMON. Основным преимуществом этой конфигурации системы является то, что быстрый поиск сигнала в широкополосном режиме и формирование узкополосных множественных аудиопотоков и потоков данных I/Q осуществляются одновременно. Это дает возможность пользователю достичь оптимальных результатов за наименьшее время.

Краткие характеристики R&S®ESMD	
Диапазон частот	
Базовый модуль	от 20 МГц до 3,6 ГГц
Опция ВЧ	От 9 кГц до 32 МГц
Опция СВЧ	от 3,6 ГГц до 26,5 ГГц
Точка пересечения 3-го порядка (TOI)	
от 9 кГц до 32 МГц	≥ 30 дБм (режим с низкими искажениями)
от 20 МГц до 3,6 ГГц	≥ 17 дБм (режим с низкими искажениями)
Коэффициент шума	
от 400 кГц до 32 МГц	≤ 15 дБ (стандартный режим)
от 20 МГц до 2 ГГц	≤ 12 дБ (режим с низкими искажениями)
от 2 ГГц до 3 ГГц	≤ 15 дБ (режим с низкими искажениями)
от 3 ГГц до 3,6 ГГц	≤ 17 дБ (режим с низкими искажениями)
Скорость сканирования	
Панорамное сканирование	до 20 ГГц/с (100 ГГц/с опционально)
Сканирование по частоте/сканирование по памяти	до 1000 каналов/с
Полосы ПЧ	
Полоса одновременного анализа	от 1 кГц до 20 МГц (80 МГц опционально)
Полоса демодуляции	от 100 Гц до 20 МГц

Передача данных	1 Гбит/с LAN (Ethernet)
-----------------	-------------------------



Рис. 1-2. Интегральная система

С мониторинговым приемником R&S®ESMD могут работать несколько модулей R&S®EM100

1.3. Обнаружение помех в сетях радиосвязи

Компактная конструкция и большое разнообразие специальных функций делают R&S®EM100 идеальным выбором для обнаружения любых видов радиопомех с малыми затратами.

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 выходного уровня. 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.

Быстрое и надежное выявление источников помех, например, в аэропортах

Совместное использование аналитического программного обеспечения R&S®GX430 позволяет эффективно отделять полезные сигналы от возможных мешающих сигналов. Быстрое разделение особенно важно в тех случаях, когда от радиосвязи зависит безопасность (например, в сетях радионавигации, службах управления воздушным движением (АТЦ)), 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. Ширина шага для быстрого панорамного сканирования может быть выбрана исходя из соответствия с расстоянием между каналами, используемым 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 наушников.

Сканирование по памяти

В режиме сканирования по памяти последовательно сканируются и проверяются на занятость заранее выбранные каналы, сохраненные в ячейках памяти. R&S® EM100 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

При помощи параллельного использования нескольких приемников R&S®EM100 имеется возможность одновременно принимать несколько чрезвычайных вызовов.

Демодуляция сигналов бедствия для ознакомления с их содержанием

Постоянное сканирование заранее заданных диапазонов связи в чрезвычайных ситуациях служит единственным способом обеспечить немедленное получение сигналов бедствия и незамедлительное начало необходимых действий.

Непрерывный мониторинг канала связи в чрезвычайных ситуациях при работе в режиме дополнительного приемника

Посредством параллельного использования нескольких приемников R&S®EM100 имеется возможность вести постоянный аудиоконтроль текущего сигнала бедствия, в это же время сканируя весь диапазон сигналов связи в чрезвычайных ситуациях. (Программное обеспечение дистанционного управления R&S®EM100-Control поддерживает неограниченное число приемников.)

После приема сигнала бедствия он передается одному из приемников для дальнейшей обработки информации. В это же время использование добавочных приемников делает возможным параллельное независимое сканирование других сигналов бедствия, которые могут передаваться одновременно.

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

Одновременный прием нескольких каналов связи в чрезвычайных ситуациях

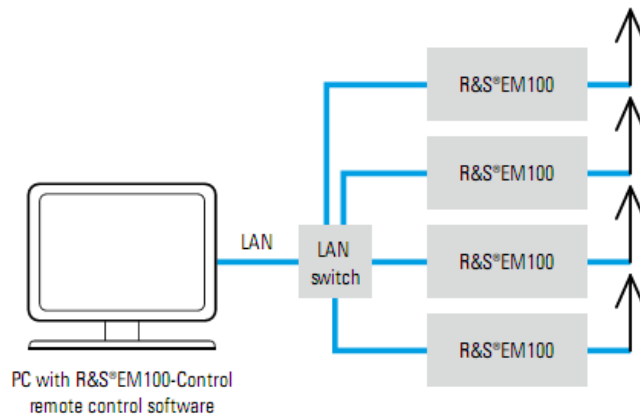


Рис. 1-3. Мноканальная мониторинговая система

1.6. Классификация и анализ сигналов

Посредством R&S®EM100 в сочетании с установленным на ПК программным обеспечением R&S®GX430 можно анализировать сигналы с аналоговой или цифровой модуляцией, и шириной полосы частот до 500 кГц.

Просмотр и анализ сигналов, включая содержание

Аналитическое программное обеспечение R&S®GX430 обеспечивает просмотр сигналов в выбранном диапазоне частот при помощи быстрого отображения спектра или каскадной диаграммы. Наряду с быстрым проведением контроля и анализа неизвестных сигналов, при помощи автоматической системы классификации (посредством определения режима модуляции, системы передачи или кодов передачи) поддерживается обнаружение известных сигналов (с демодуляцией и декодированием для анализа содержания).

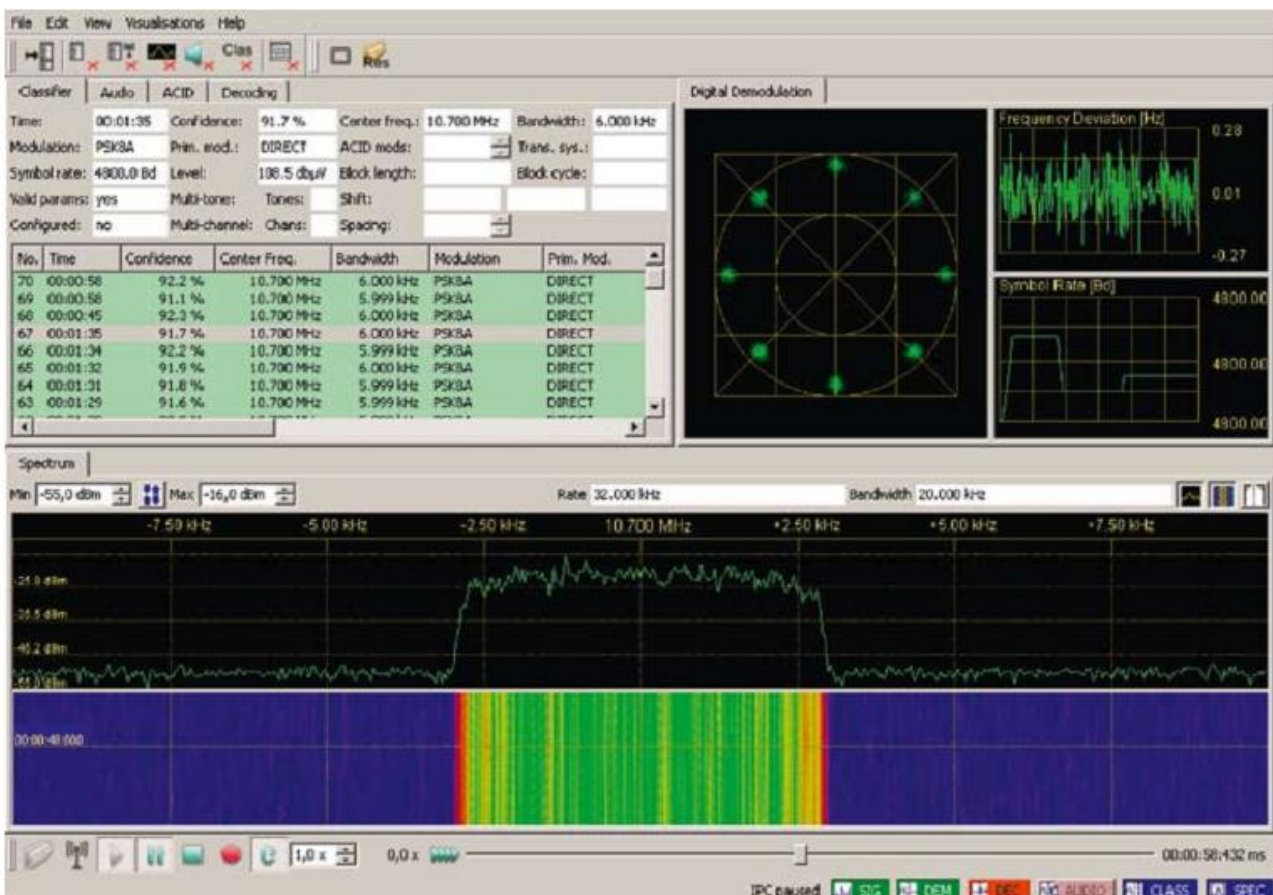


Рис. 1-4. R&S®EM100 и R&S®GX430 обеспечивают анализ сигнала вплоть до уровня битов.

Автоматическое обнаружение и классификация сигналов с неизвестной модуляцией

Пользователь определяет диапазон частот, в котором при помощи R&S®GX430 будет производиться автоматический поиск и классификация сигналов. С целью классификации по режиму модуляции и системе передачи, обнаруженные сигналы автоматически обрабатываются при помощи алгоритма R&S®GX430. Поиск выполняется совместно с R&S®EM100, работающим в режиме быстрого сканирования по частоте.

1.7. Обнаружение миниатюрных передатчиков

Для обнаружения имеющихся спектральных отличий по сравнению с эталонным спектром, имеется возможность проведения дифференциальных измерений. Такие отличия могут быть вызваны, например, работающим «жучком».

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

Объединение двух дифференциальных измерительных модулей, каждый из которых состоит из приемника R&S®EM100 и антенны R&S®HE700, а также системного программного обеспечения R&S®ARGUS позволяет обнаруживать разницу между данным спектром сигнала и эталонным спектром.

Сигналы мощных внешних передатчиков подавляются в дифференциальном спектре, в то время как сигналы местных маломощных передатчиков выделяются.

Посредством вычитания спектр сигнала, полученный в конференц-зале, сравнивается с эталонным спектром, снятым в другой комнате. Такое сравнение выполняется программным обеспечением R&S®ARGUS, в результате получается дифференциальный спектр, т.е. отличия между двумя спектрами. Такой метод существенно упрощает анализ, благодаря уменьшению подлежащего изучению количества информации о спектре.

Сигналы мощного передатчика, такого как FM радиостанция, будут приняты двумя приемниками с одинаковым уровнем и, следовательно, в дифференциальном спектре будут подавлены. Однако установленный в конференц-зале «жучок» в снятом спектре создаст сигнал значительно большего уровня, чем в эталонном спектре. Такой сигнал будет выделен в дифференциальном спектре, это дает возможность обнаруживать «жучки» значительно быстрее.

Дифференциальные измерения

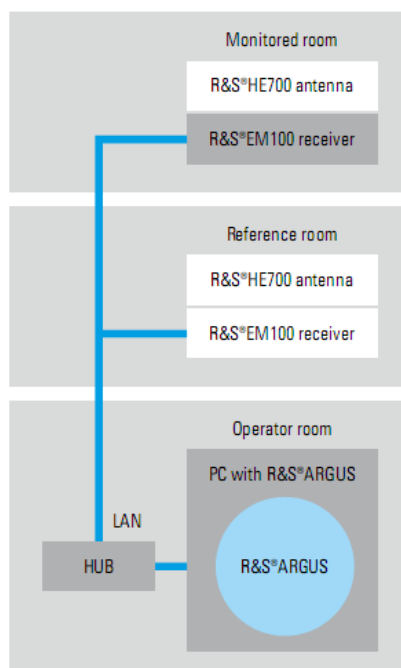


Рис. 1-5. Мониторингово-измерительная система на базе R&S®EM100 и R&S®HE700



Рис. 1-6. Отображение различий в уровнях сигналов посредством дифференциального спектра

1.8. Активная антенная система R&S®HE700

R&S®HE700 — высокочувствительная антенная система, которая размещается в переносном кейсе. Система работает в диапазоне частот от 10 кГц до 18 ГГц и используется для широкополосного мониторинга в помещении.

Три поддиапазонные антенны перекрывают весь диапазон мониторинга

Для перекрытия всего диапазона частот в активной антенной системе R&S®HE700 используются три антенные конструкции, расположенные на общей несущей плате. Диапазон частот выбирается посредством управляющего модуля R&S®GX700 или вручную, при помощи кнопок, или дистанционно через интерфейс шины IEC/IEEE. Имеется возможность расширения R&S®GX700 модулями управления и дополнительным модулем коммутации. Это делает возможным работу до трех активных антенных систем R&S®HE700.

Функциональность антенных конструкций различается в зависимости от диапазона частот. В диапазоне ВЧ или ОВЧ штыревая антенна используется, главным образом, для вертикальной поляризации. Используемый в диапазонах ОВЧ и УВЧ диполь принимает, в основном, сигналы с горизонтальной поляризацией. В диапазоне СВЧ имеется возможность выбрать одну или две спиральные антенны для приема сигналов, как с левой, так и с правой круговой поляризацией, а также с линейной поляризацией.

Компактная конструкция позволила разместить поддиапазонные антенны в переносном кейсе.



Рис. 1-7. Антенна R&S®HE700 с блоком управления R&S®GX700

R&S®GX700 обладает следующими характерными чертами:

- Высокая чувствительность в компактном корпусе
- Сочетание нескольких систем позволяет легко обнаруживать электромагнитные волны
- Использование трех различных конструкций антенн обеспечивает исключительно широкий частотный диапазон.

Стационарное или полумобильное использование антенной системы

R&S®HE700 легко извлекается из переносного кейса и монтируется, например, за стенным или потолочным покрытием. Это делает антенную систему удобной для полумобильного, а также для стационарного применения (например, в конференц-залах).

Краткие технические характеристики	
Число диапазонов частот	3
Штыревая антенна	
Диапазон частот	от 10 кГц до 100 МГц
Поляризация	вертикальная
Входное сопротивление	50 Ом
КСВН	< 3,0
Точка пересечения 2-го порядка (SOI)	≥ 40 дБм
Точка пересечения 3-го порядка (TOI)	≥ 20 дБм
Дипольная антенна	
Диапазон частот	от 100 МГц до 1,5 ГГц
Поляризация	горизонтальная
Входное сопротивление	50 Ом
КСВН	< 3,0
Точка пересечения 2-го порядка (SOI)	тип. зн. ≥ 40 дБм
Точка пересечения 3-го порядка (TOI)	тип. зн. ≥ 25 дБм
Спиральная антенна с МШУ	
Диапазон частот	от 1,5 ГГц до 18 ГГц
Поляризация	левая или правая круговая
Входное сопротивление	50 Ом
КСВН	< 3,0
Точка пересечения 2-го порядка (SOI)	тип. зн. 25 дБм
Точка пересечения 3-го порядка (TOI)	тип. зн. 34 дБм
Общие характеристики активной антенной системы	
Электропитание	от модуля управления антенной R&S®GX700
ВЧ разъем	N-тип
Масса	5 кг
Размеры (Д × Ш × В)	480×365×110 мм
Общие данные модуля управления антенной R&S®GX700	
Электропитание	от 85 до 135 В ⁻ и от 170 до 260 В ⁻
Масса	7,5 кг
Размеры (Д × Ш × В)	470×395×150 мм

1.9. Автоматическая пеленгация сигналов

Установка опции R&S®EM100-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 малогабаритный пеленгатор перекрывает диапазон частот от 20 МГц до 6 ГГц и

может быть установлен, к примеру, на автомобиль любого класса. Применяемые пеленгаторные антенны R&S®ADD107, R&S®ADD207 имеют встроенный GPS приемник и электронный компас.

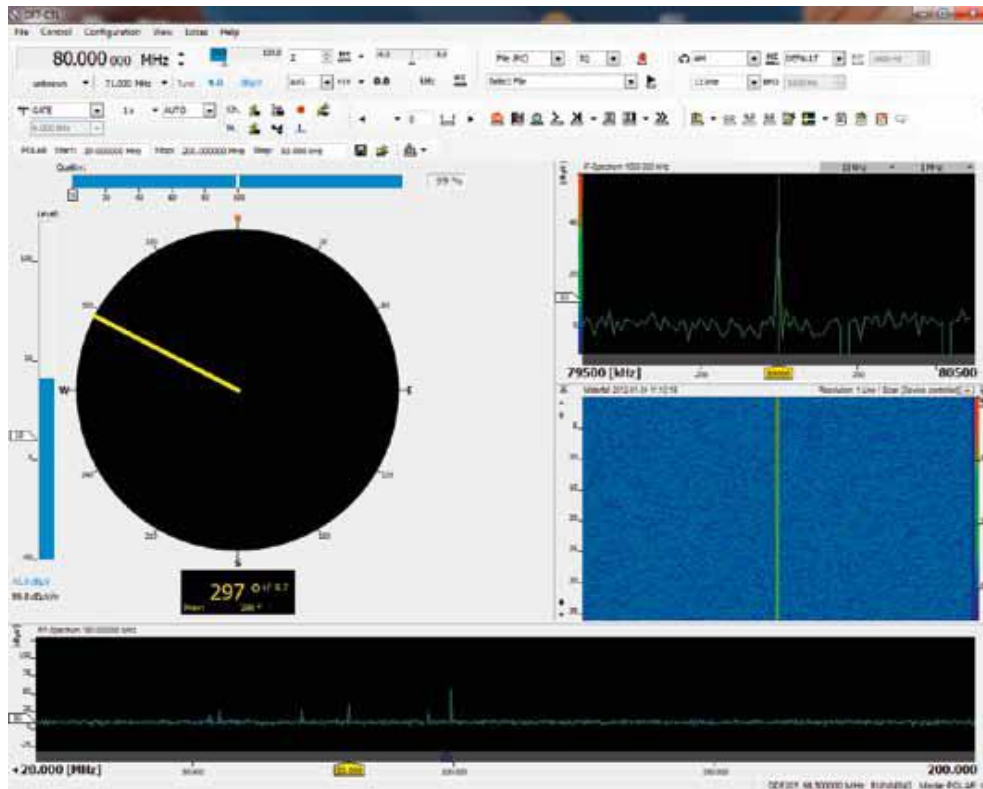


Рис. 1-9-1. ПО EM100-Control из комплекта поставки. Режим пеленгатора
Отображение результатов на цифровой карте R&S®EM100

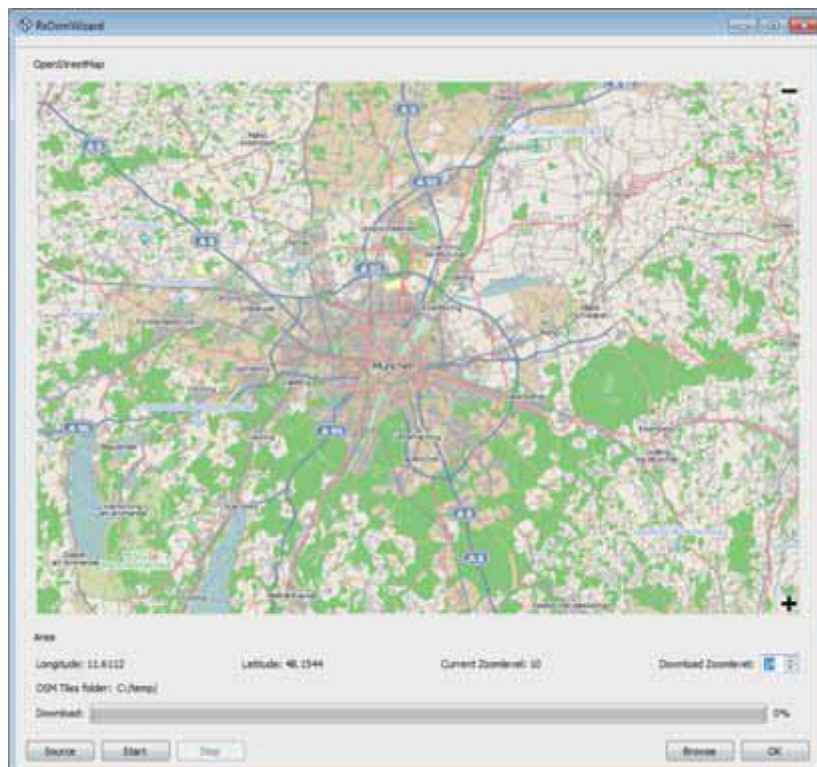


Рис. 1-9-2. Загрузка карт с www.openstreetmap.org

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

1.10. Удобное программное обеспечение дистанционного управления R&S®EM100-Control

Программное обеспечение дистанционного управления R&S®EM100 бесплатно поставляется вместе с R&S®EM100. 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®EM100-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. На диаграммах имеются простые в использовании измерительные функции.

Отображение, сохранение и воспроизведение данных спектров и каскадных диаграмм

Программное обеспечение R&S®EM100-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 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. Имеется возможность сохранить таблицу частот для последующего анализа.

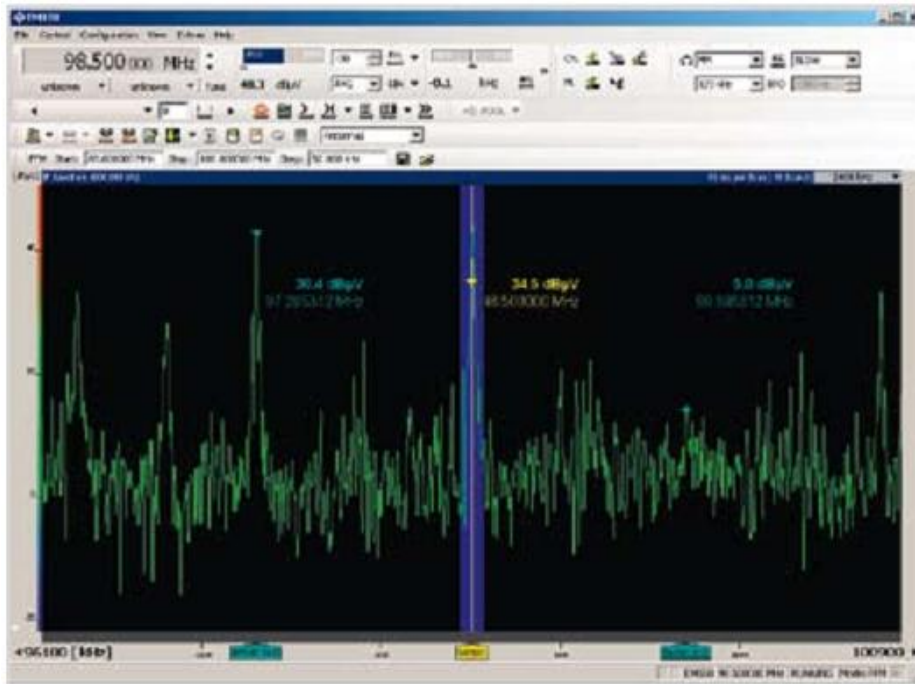


Рис. 1-8. Отображение спектра РЧ и использование функции маркера.

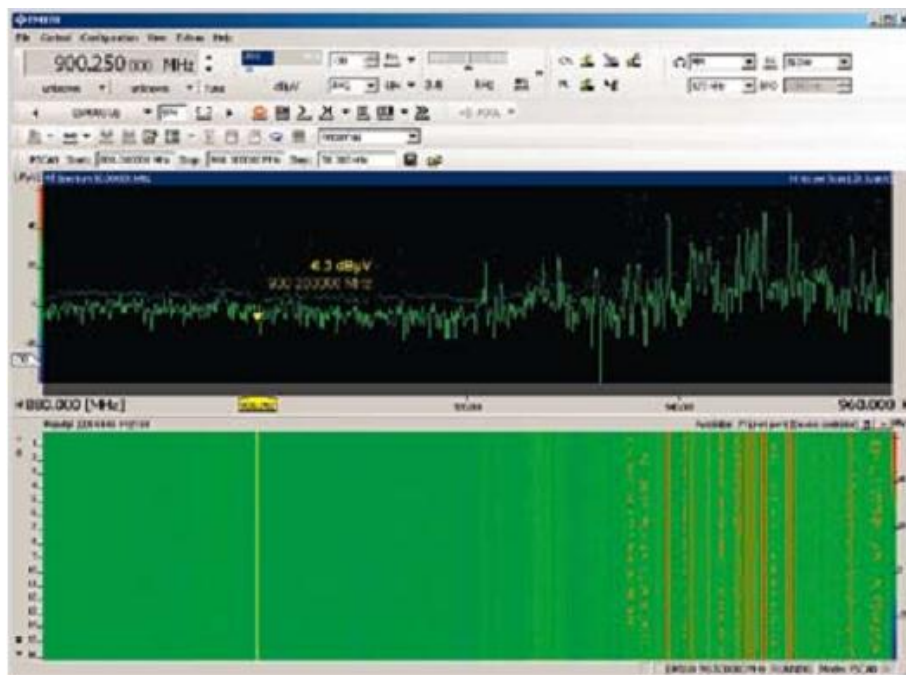


Рис. 1-9. Широкополосное панорамное сканирование с функцией MAX HOLD [Удержание максимума] и каскадной диаграммой.

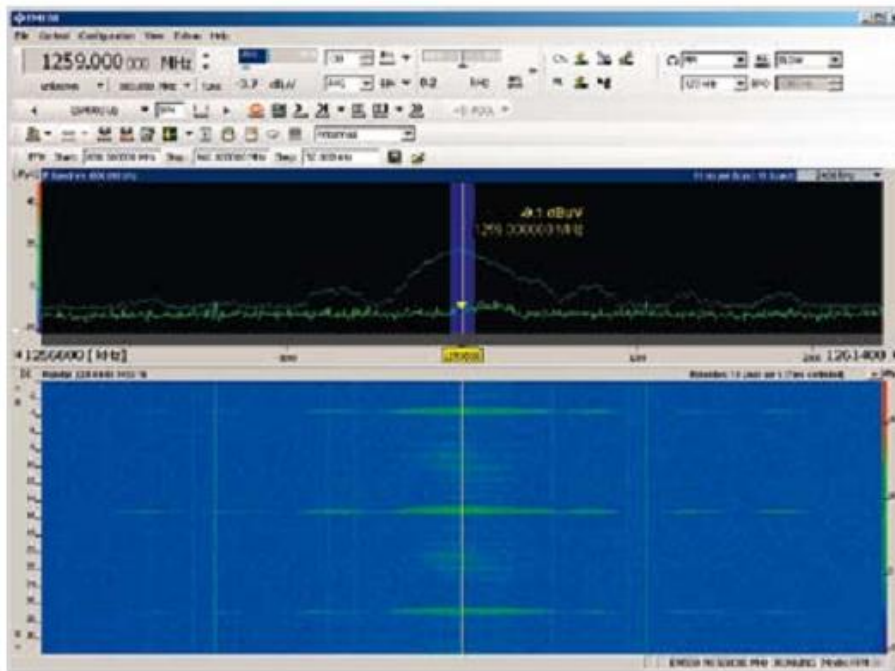


Рис. 1-10. Спектр РЧ и каскадная диаграмма сигнала радара аэропорта г. Мюнхен.

2. Принцип работы

Входной тракт

Начиная от антенного гнезда частота сигнального тракта ограничена 8 ГГц аппаратной частью и 7,5 ГГц программным обеспечением. Обработка сигнала проводится в трех трактах для трех различных диапазонов частот.

Сигналы частотой от 9 кГц до 30 МГц направляются через предварительный усилитель непосредственно на аналогово-цифровой преобразователь. Сигналы частотой от 20 МГц до 3,5 ГГц подаются в секцию ПЧ через предварительный селектор и предварительный усилитель 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 ПС 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® EM100 гнездо BNC для анализа внешними средствами.

Цифровая обработка сигнала

После аналогово-цифрового преобразования сигнала тракт сигнала разделяется:

В первом тракте спектр сигнала ПЧ рассчитывается при помощи цифрового понижающего преобразователя (DDC), цифрового полосового фильтра и каскада быстрого преобразования Фурье (FFT). Ширина полосы пропускания полосового фильтра может быть выбрана от 10 кГц до 10 МГц. Перед тем как спектр РЧ 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 ПЧ 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.

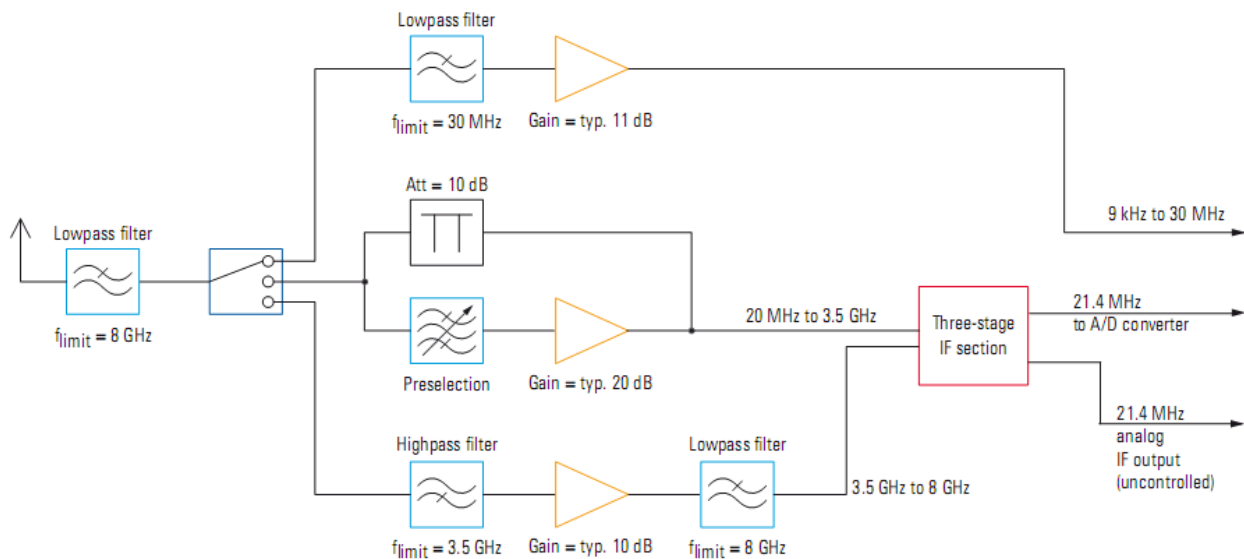


Рис. 1-11. Блок-схема входного тракта

Полученные результаты имеются в виде цифровых данных и могут быть выведены через интерфейс LAN в соответствии с требованиями конкретной задачи. Цифровые аудиоданные преобразуются в аналоговые сигналы и подаются на гнездо наушников.

Высокая чувствительность приемника, высокое разрешение сигнала

R&S® EM100 имеет ширину полосы ПЧ 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.

Наибольшая ширина полосы ПЧ, равная 10 МГц, обеспечивает отображение самого широкого спектра, самая узкая полоса ПЧ, 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 ($BW_{\text{PЧ спектра}} = 10 \text{ кГц}$), которая обеспечивает максимальную чувствительность.

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

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

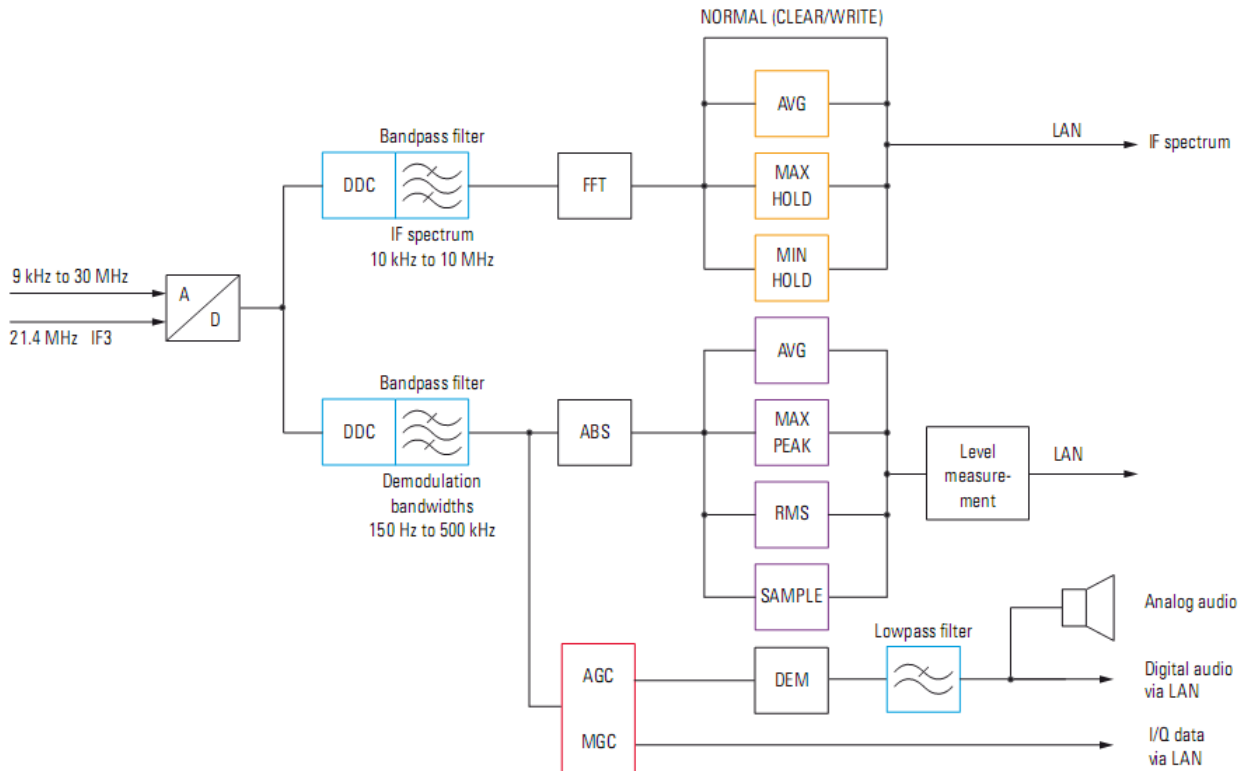


Рис. 1-12. Блок-схема цифровой обработки сигнала

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

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

Для формирования ПЧ спектра R&S® EM100 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 (для простоты эффект функции окна (окно Блэкмана) FFT здесь не рассматривается).

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

Величина NF представляет суммарное значение 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 ($RBW = BW_{PЧ}$ спектра), вместо трех отдельных сигналов f_1, f_2 и f_3 будет отображаться суммарный сигнал f_{sum} .

Обработка сигнала для построения спектра ПЧ

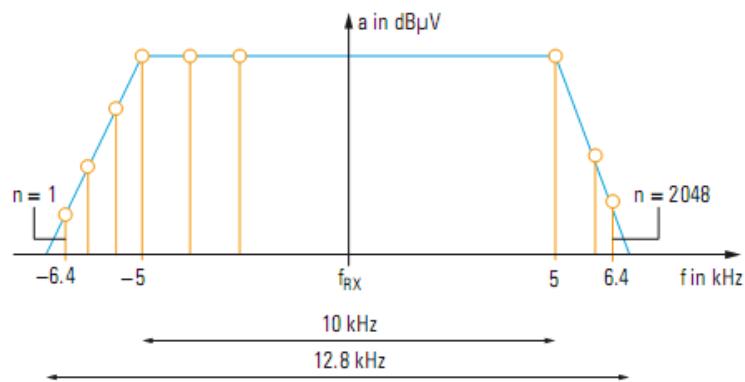


Рис. 1-13. Фактическая ширина полосы выборки в сравнении с выбранной шириной полосы ПЧ

Отображение сигнала в спектре ПЧ

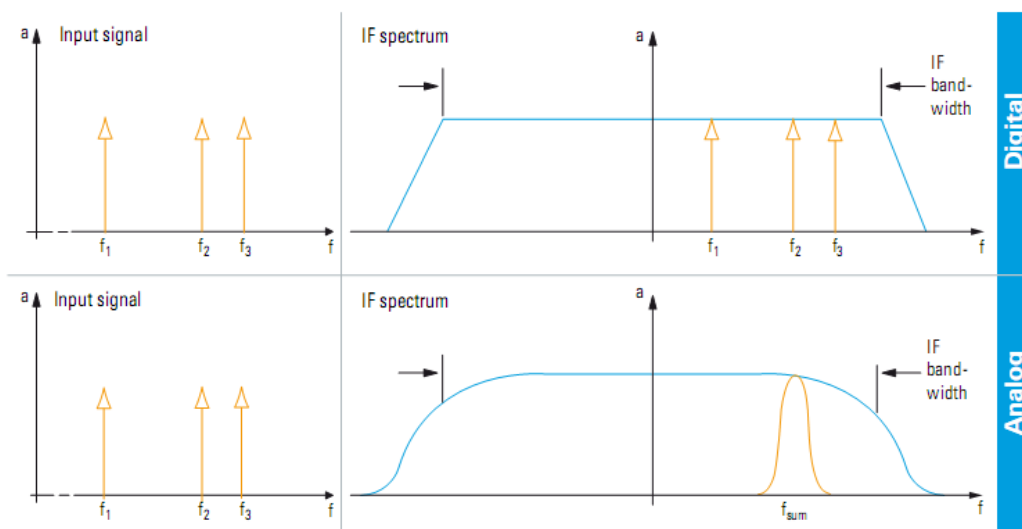


Рис. 1-14. Разрешение сигнала в ПЧ спектра при использовании цифрового и аналогового приемника

Панорамное сканирование

Максимальная ширина полосы FFT приемника, 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.

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, R&S® EM100 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»).

Приведенное выше показывает, 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

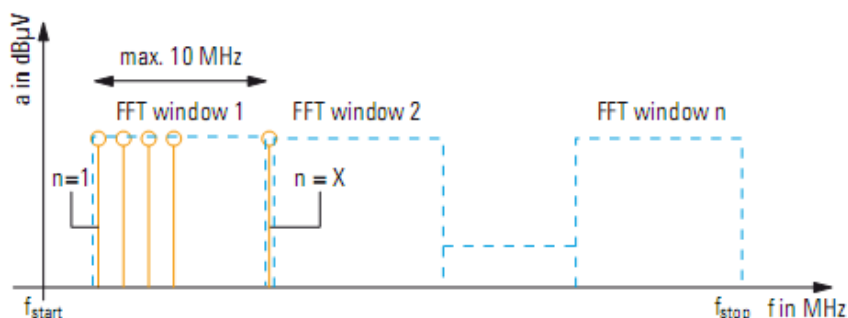


Рис. 1-15. Базовая последовательность этапов в режиме быстрого панорамного сканирования

Разрешение в режиме панорамного сканирования

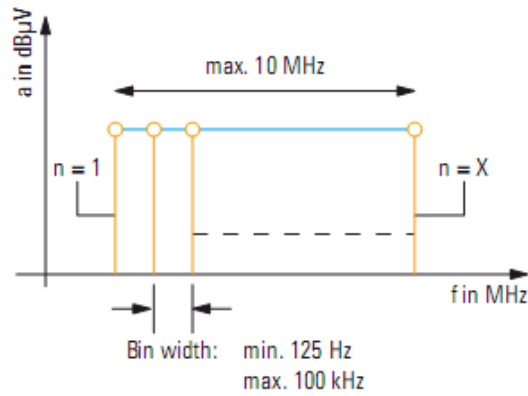
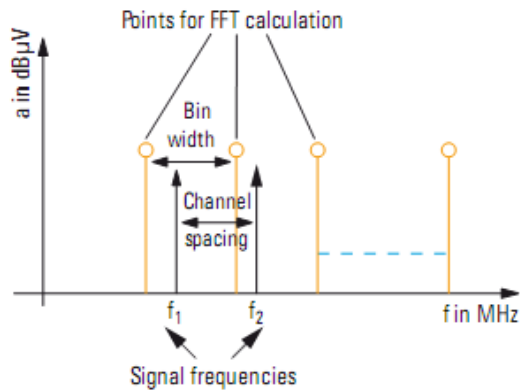


Рис. 1-16. Выбор разрешения для панорамного сканирования посредством изменения ширины элемента (Bin width)

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



3. Технические характеристики

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, °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.

4. Комплект поставки

Комплект поставки R&S®EM100 включает:

- цифровой мониторинговый приемник в транспортной упаковке;
- руководство пользователя (CD-ROM);
- программное обеспечение R&S®EM100-Control (CD-ROM).

5. Информация для заказа

Наименование	Тип	Код заказа
Цифровой компактный приемник Диапазон частот от 9 кГц до 3,5 ГГц, спектр ПЧ (макс. 10 МГц), программное обеспечение дистанционного управления R&S®EM100-Control (базовый пакет)	R&S®EM100	4070.4800.02
Расширение частотного диапазона Включая: диапазон частот от 3,5 ГГц до 7,5 ГГц	R&S®EM100-FE	4070.4669.02
Документация по калибровочным величинам	R&S®EM100-DCV	4071.9906.03
Программные опции		
Панорамное сканирование Сканирование РЧ, быстрое сканирование FFT по заданному пользователем диапазону, возможность выбора спектрального разрешения (ширина элемента)	R&S®EM100-PS	4071.9306.03
Функция записи Запись измерительной информации в приемник (64 Мбайт RAM), запись аудио данных в формате WAW (с возможностью воспроизведения), запись потока I/Q, параметров спектра и спектрограммы, программное обеспечение R&S®PR100-Control для обработки информации на ПК	R&S®EM100-IR	4071.9358.03
Функция триггерных измерений Запуск/остановка режима записи измерительной информации по команде (например, превышение сигналом установленного порога, перестройка частоты и т.д.)	R&S®EM100-ETM	4071.9458.03
Измерение напряженности поля Расчёт напряженности поля на основе сохраненных данных о параметрах антенны и отображение значений в дБмкВ/м на дисплее	R&S®EM100-FS	4071.9506.03

Опция GPS Программная опция для работы с внешним подключаемым модулем GPS (не входит в комплект поставки)	R&S® EM100-GPS	4071.9958.03
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® EM100-DF	4096.2805.03
Принадлежности		
Источник питания (рабочий диапазон температур: от 0°C до +40°C)	R&S® HA-Z201	1309.6100.00
Автомобильный адаптер (рабочий диапазон температур: от 0°C до +40°C)	R&S® HA-Z202	1309.6117.00
GPS приемник Внешний GPS модуль	R&S® HA-Z240	1309.6700.03
Сетевой кабель Кабель для соединения с ПК (например с неизвестным IP адресом)	R&S® EM100-AUX	4070.4230.02
Активная антенная система в кейсе для переноски	R&S® HE700	4054.1800.02
Модуль управления антенной с кабелем питания от сети	R&S® GX700	4054.7009.02
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
Mühdorfstraße 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