

Техническая информация

Департамент радиомониторинга
и специальных технических средств

Станция КВ мониторинга от 9 кГц до 32 МГц

R&S®EB510



Редакция от 05.06.2012

1. КВ радио

КВ радиодиапазон широко используется гражданскими, военными, государственными и частными пользователями благодаря тому, что системы КВ радиосвязи имеют ряд преимуществ: большая дальность радиосвязи, быстрота развертывания и отсутствие необходимости создания сетевой инфраструктуры, гибкость данных систем. КВ радио позволяет передавать голос, электронные и текстовые сообщения, что делает данную среду крайне привлекательной для задач беспроводной связи, причем как для легального, так и для нелегального использования.

Дальность радиосвязи в КВ диапазоне достигается за счет того, что радиосредства принимают не только прямые волны на линии прямой видимости, но и отраженные от земли и ионосферы. Земные волны позволяют осуществлять радиосвязь на расстоянии порядка 100 км над поверхностью земли и порядка 300 км над поверхностью моря. Они отличаются относительной стабильностью, при этом дальность радиосвязи зависит от частоты и мощности передатчика, а также земной проводимости, обуславливаемой районом местности.

Пространственные волны обеспечивают гораздо большую зону покрытия, что и представляет наибольший интерес для пользователей, позволяя осуществлять радиосвязь на расстояниях нескольких тысяч километров. Данная особенность полезна как для задачи обеспечения связи, так и для целей радиоперехвата. Однако, свойства ионосферы, а значит, и дальность радиосвязи могут меняться в течение дня, зависеть от сезона года и изменяться из года в год. Солнечная активность также влияет на характеристики ионосферы, что значительно усложняет задачу прогноза распространения радиоволн КВ диапазона.

КВ радиосвязь организуется без необходимости создания операторской инфраструктуры. Для создания радиосети необходимо наличие одного радиопередатчика для каждой станции, работающего через единственную антенну. Даная возможность идеальна для работы в удаленных районах, не имеющих инфраструктуры защищенной связи. Для обеспечения конфиденциальности переговорами в данном режиме в радиосвязи применяются специальные формы сигналов и технологии программно перестраиваемой радиочастоты.

Станция КВ радиомониторинга на базе приемника R&S®EB510 позволяет осуществлять контроль диапазона частот КВ радиосвязи, предоставляя информацию в режиме реального времени, осуществлять демодуляцию сигналов, запись и воспроизведение сигнала или спектра. А при помощи специального программного обеспечения R&S®GX430 позволяет автоматически выполнять рутинную работу детектирования, классификации, демодуляции и декодирования сигналов аналоговой и цифровой модуляций. Варианты применения данной станции крайне широкие, вплоть до сбора информации о содержании передаваемых сообщений. Станции могут дооснащаться цифровыми пеленгаторами сигналов для определения источников радиосигналов.

2. Поиск и обнаружение

При выполнении задачи радиомониторинга в первую очередь необходимо оценить весь спектр частот с целью получения первичной информации об активности радиопользователей. Данная система позволяет за минимальное время провести сканирование радиоэфира, отобразив на экране все активные передатчики. Данный шаг дает возможность быстрого обзора спектра и получить данные о текущей электромагнитной обстановки с высокой достоверностью предоставляемой информации. Оператор может использовать функцию панорамного сканирования для мониторинга заданного диапазона частот, представляющего наибольший интерес, изменяя частотное разрешение исходя и задачи, или использовать предустановленные полосы пропускания для поиска сигналов.

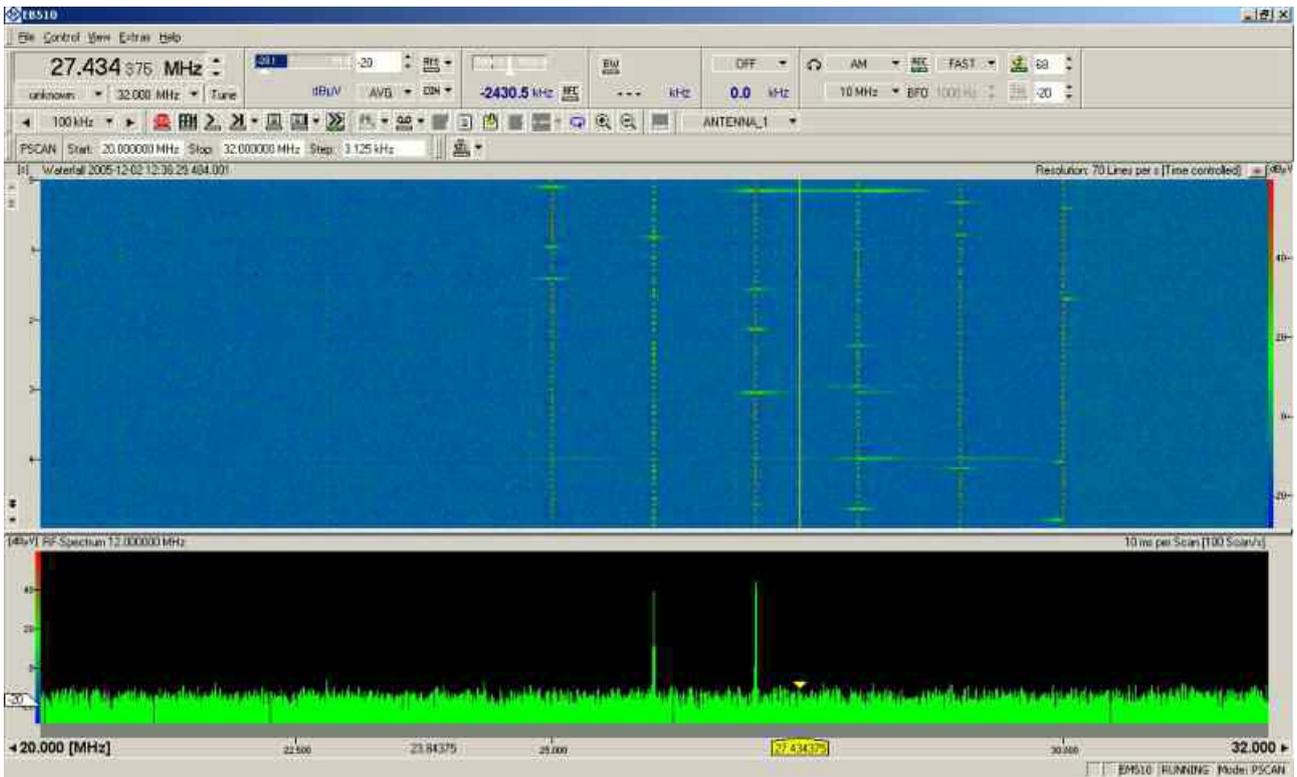


Рис. 2-1. Обзор спектра частот с режимом временной (сонарной) диаграммы

При использовании специального программного обеспечения R&S® GX430 система включает алгоритмы автоматического обнаружения и классификации сигналов. Оператор задает диапазон частот для анализа и запускает процесс. Система производит анализ заданного оператором диапазона частот, определяет сигналы, превышающие пороговый уровень, и производит автоматическую классификацию.

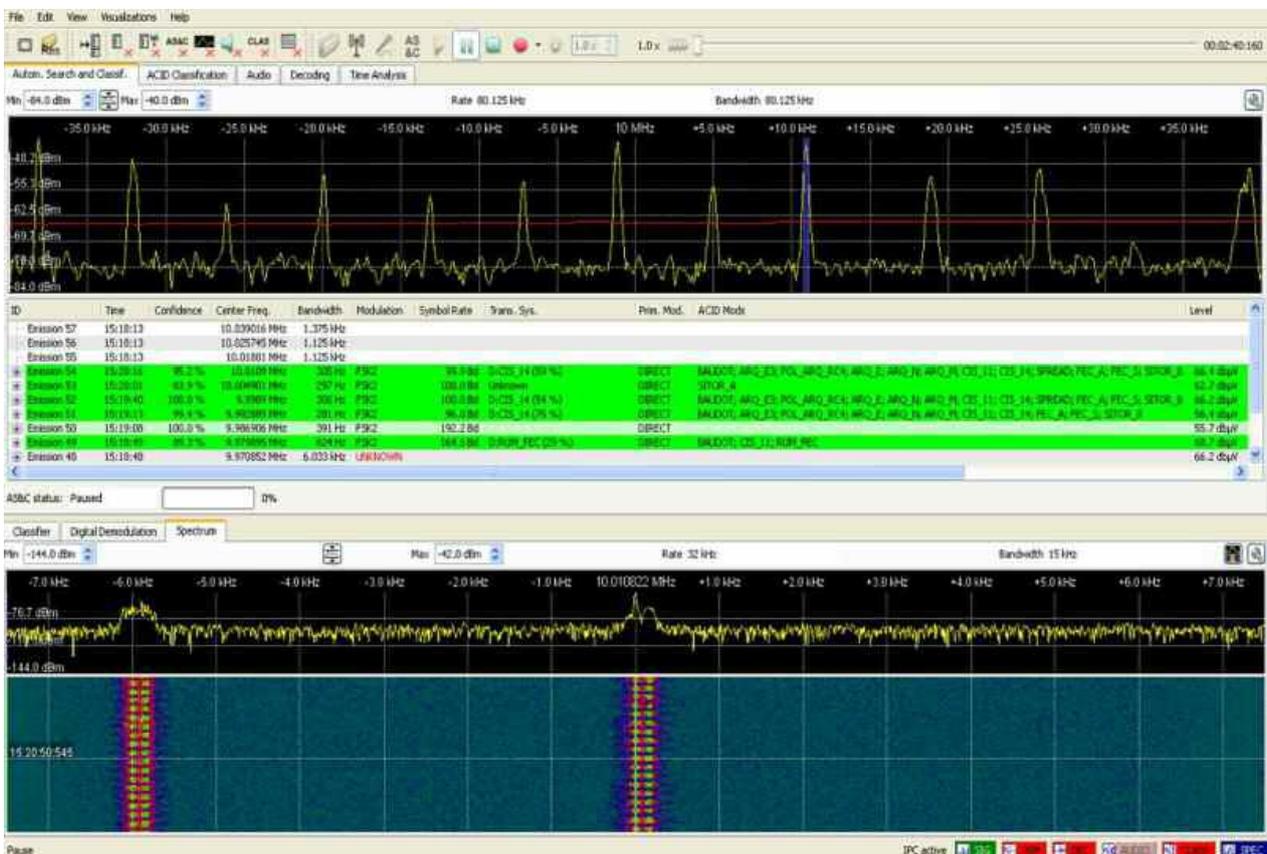


Рис. 2-2. Автоматическая классификация сигналов

В результате система составляет список активных каналов передачи, демодулирует и декодирует классифицируемые сигналы, автоматически определяя тип модуляции, вид передачи, ширину полосы сигнала, скорость потока (для цифровых сигналов) и некоторые другие параметры. Во время проведения классификации буфер внутренней памяти системы препятствует потере информации и сигнале. По окончании процесса оператор может сохранить все измеренные параметры в базу данных, дополнив их необходимыми комментариями.

Система обладает обширной библиотекой демодуляторов и декодеров, включающей все основные формы передачи КВ радиосвязи. Если сигнал слишком слабый или посторонние помехи препятствуют выполнению автоматической классификации, тип модуляции может быть определен по форме сигнала в окне спектра ПЧ. Кроме того, система позволяет выполнять интерактивные маркерные измерения параметров сигналов.

3. Антенные системы

При построении мониторинговой системы большое внимание уделяется подбору приемной антенны. Важно обеспечить прием как пространственно распределенных сигналов, так и сигналов с малыми углами падения. При этом радиосигналы любых передатчиков, как локального района расположения, так и сигналы глобальных радиосетей должны приниматься без потерь и пропусков передаваемой информации. Данная задача во многом ложится на антенную систему, которая должна обеспечить хорошую чувствительность и линейность характеристики.

3.1. R&S® HA230/403

Антенна R&S® HA230/403 позволяет осуществлять прием сигналов горизонтальной и вертикальной поляризации, имеет симметричную круговую диаграмму направленности, обеспечивает высокую чувствительность и линейность во всем диапазоне рабочих частот от 1,5 до 30 МГц. R&S® HA230/403 состоит из трех антенных элементов: одного вертикального штыря и двух горизонтальных диполей, расположенных под углом 90°. Антенна устанавливается на 6 метровую мачту.



Рис. 3-1. R&S® HA230/403, всенаправленная мониторинговая антенна.

Каждый антенный элемент системы имеет собственный выходной разъем. Подключив соответствующие радиочастотные кабели к входам приемного устройства, оператор имеет возможность выбора тракта, обладающего максимальными значениями напряжения принимаемого сигнала, для чего задняя панель приемника R&S® EB510 имеет три коммутируемых антенных входа.

Данная особенность делает антенную систему R&S® HA230/403 идеальной для задач радиомониторинга и всенаправленного приема сигналов. Антенна предназначена для стационарного использования, но может быть легко разобрана для транспортировки.

3.2. R&S® HE016

Активная антенная система R&S® HE016 предназначена для приема сигналов горизонтальной поляризации в диапазоне от 600 кГц до 40 МГц и сигналов вертикальной поляризации от 9 кГц до 80 МГц. Система состоит из комбинации активной штыревой антенны и двух скрещенных дипольных антенн. Два горизонтальных диполя расположены под углом 90° и соединены через коммутационное устройство для обеспечения всенаправленной диаграммы приема сигналов горизонтальной поляризации. Подобная структура обеспечивает оптимальную адаптацию к любым условиям приема, позволяя использовать наиболее подходящий элемент антенной системы.

R&S® HE016 отличается сочетанием небольших габаритов и высокой чувствительности, характерной для пассивных систем значительно больших размеров, имеет высокую линейность и стойкость к молниевым разрядам, позволяет получать оптимальные результаты при любых условиях приема и имеет круговую диаграмму направленности для приема сигналов горизонтальной и вертикальной поляризации.



Рис. 3-2. R&S® HE016, активная всенаправленная мониторинговая антенна.

4. KV мониторинговый приемник R&S® EB510

4.1. Краткое описание и применение

KV мониторинговый приемник R&S® EB510 предназначен для выполнения постоянно растущих требований Международного союза электросвязи (МСЭ) к стационарным и мобильным комплексам радиомониторинга и радиоразведки. Приемник отлично подходит для решения подобных задач благодаря широким возможностям непосредственного и удаленного управления, высокой скорости сканирования спектра и эффективному сбору информации с широкой полосой демодуляции сигналов.

Выдающиеся способности R&S® EB510 направлены на решение задач мониторинга излучений, поиска помех и локализации нелегальных передатчиков в диапазоне рабочих частот. Приемник имеет компактный размер и обладает низким потреблением мощности. R&S® EB510 является идеальным решением для систем, ограниченных в объеме, но имеющих высокие требования к радиоприемному устройству. Совместно с дополнительным внешним программным обеспечением (ПО) (например R&S® GX430) приемник представляет собой компактную систему радиоконтроля и анализа сигналов в диапазоне частот 9 кГц – 32 МГц.

R&S® EB510 предназначен для работы с любыми типами всенаправленных и направленных антенн. Для избежания перегрузок приемник оборудован высококачественным трактом преселекции, обеспечивающим широкий динамический диапазон, свободный от интермодуляционных искажений, имеет защиту от перегрузок

Компактные размеры и низкое потребление мощности позволяют размещать системы мониторинга на базе R&S® EB510 на различных типах носителя, как автомобильных, так и морских и авиационных. Идеально подходит для оснащения стационарных необслуживаемых комплексов благодаря возможности удаленного управления с помощью бесплатного ПО из комплекта поставки R&S® EB510-Control.



Рис. 4-1. R&S® EB510, внешний вид.

4.2. Особенности

Высокая чувствительность и превосходное разрешение сигнала

Передовой метод цифровой обработки сигналов обеспечивает высокую чувствительность приемника и возможность мониторинга даже очень слабых сигналов без потери скорости обработки с выдающимися характеристиками разрешения сигналов.

Полихромный режим отображения для анализа импульсных сигналов

Цветовое кодирование и режим послесвечения спектра позволяют с одного взгляда оценить зашумленность спектра и наличие побочных излучений благодаря тому, что сигналы различной длительности при наложении различаются цветом.

В спектре ПЧ наблюдаемые сигналы отображаются с помощью цветового кодирования, определяемого длительностью нахождения в эфире. Градация идет от голубого для коротких импульсов до красного для постоянно присутствующих в спектре сигналов. В режиме отображения спектра ПЧ доступна функция наложения спектра.



Рис. 4-2. R&S®EB510, полихромный режим. Импульсная помеха источника питания.

Обзор широкого спектра частот без сканирования

R&S®EB510 имеет полосу анализа реального времени 32 МГц, что позволяет осуществлять мониторинг всего КВ диапазона частот и одновременную демодуляцию сигналов без использования режима сканирования.

Компактная система демодуляции и технического анализа сигналов

R&S®EB510 имеет возможность передачи данных на ПК в режиме реального времени. Применение ПО анализа R&S®GX430 позволяет осуществлять автоматическую демодуляцию и технический анализ сигналов. В данном режиме возможен анализ результатов в режиме реального времени, запись и воспроизведение данных полученной информации, формирование отчетов и последующая обработка.

Программное обеспечение R&S®GX430, устанавливаемое на внешнем ПК, и ПО передачи данных R&S®GX430IS позволяют измерять параметры цифровых и аналоговых сигналов на соответствие требованиям МСЭ (ITU-R SM.1600).

Оptionальные возможности всестороннего анализа с R&S®EB510-IM

Измерение:

- частоты и отклонения частоты (ITU-R SM.377)
- напряженности поля (ITU-R SM.378)
- модуляции (ITU-R SM.328)
- занятости спектра (ITU-R SM.182/SM.328)
- ширины полосы пропускания (ITU-R SM.443)
- определение моно и стерео передатчиков

Работа с прибором в режиме удаленного доступа

При работе с прибором в режиме удаленного доступа через LAN-интерфейс доступны все функции приемника, соответствующие режиму непосредственного доступа с передней панели. SCPI-

коды команд управления прописаны в руководстве по эксплуатации прибора, что обеспечивает простоту интеграции приемника в существующие комплексы мониторинга.

В комплекте поставки приемника идет ПО R&S® EB510-Control, имеет простой и понятный интерфейс управления, стандартный для данного типа приборов и позволяет осуществлять запись сигналов и результатов измерений непосредственно на жесткий диск ПК.

4.3. Автоматизированные системы мониторинга на базе СПО R&S® ARGUS

Уже более 20 лет СПО R&S® ARGUS успешно применяется для выполнения радиоизмерений и обработки данных полученной информации согласно международным правилам, описываемых в рекомендациях МСЭ. R&S® ARGUS предоставляет множество режимов измерений, позволяющий значительно упростить процесс выполнения задачи радиоконтроля. С помощью данного ресурса возможен углубленный анализ данных с выдачей протокола измерений. Данная автоматизированная измерительная система может быть построена на базе R&S® EB510.

Простой и доступный интерфейс программы позволяет управлять всеми возможностями R&S® EB510 и получать результаты в виде графиков и таблиц в режиме реального времени при удаленной работе с ПК. Настройками приемника данные сохраняются во внутренней памяти для дальнейшей обработки и анализа.

С помощью ресурсов программы калибровка измерительной системы производится используемых антенн, трактовых потерь и вносимых кабелями и переключателями ослаблений в зависимости от частоты.

Автоматический контроль радиоизлучений

R&S® ARGUS совместно с R&S® EB510 могут проводить автоматическое сличение сигнала передатчика с заданными параметрами. Если уровни сигналов отличаются от заданных параметров, СПО немедленно выдает сигнал тревоги. Таким образом, новые и неизвестные передатчики могут быть определены с такой же легкостью, как и нарушения работы устройств лицензированных служб установленным параметрам (например в части девиации частоты). Применение в СПО R&S® ARGUS методов измерений с частично подавленной боковой полосой позволяет легко выполнить задачу сличения сигнала реального времени с маской спектра учетом рекомендаций МСЭ.

Адаптивные измерения

Отличительной особенностью СПО R&S® ARGUS является наличие специального режима, при котором пользователю достаточно только задать интересующий диапазон частот и цель измерений (например, измерение напряженности, занятости спектра или ширины полосы). После чего ПО конфигурирует оптимальные для данной задачи настройки приемника, выбирает соответствующую антенну, исходя из частоты и поляризации. Данный режим позволяет даже неподготовленному персоналу проводить радиоконтроль.

Простота интеграции

R&S® EB510 может быть легко интегрирован в существующие системы мониторинга как в качестве аппаратуры замещения, так и для задач расширения функциональных возможностей станции контроля. Приемник может решать задачи измерений не только в качестве дополнения к пеленгаторам и анализаторам спектра, но быть самостоятельным законченным устройством в сети. Возможности параллельной работы не ограничиваются рамками одной станции: несколько устройств разных станций радиоконтроля могут синхронно решать измерительные задачи.

Работа в сети – ключевое требование к системам радиомониторинга. R&S® ARGUS имеет передовую систему контроля данных, передаваемых по сети. ПО настраивает передатчик на оптимальные для передачи по сети параметры согласно пропускной способности сети. При необходимости данные могут автоматически архивироваться. Данная особенность гарантирует высокое качество передаваемых по сети данных.

Глобальные системы мониторинга

Другой отличительной особенностью СПО R&S®ARGUS является уникальная информационная система. Система позволяет объединить все станции радиоконтроля на электронной карте и мониторить статус работы каждой станции. Данные отражают состояние связи, особенности работы измерительной аппаратуры, параметры среды и прочее.

Карта дает возможность интерактивной работы: при выборе символа R&S®ARGUS автоматически устанавливает соединение с выбранным приемником, открывая удаленный доступ к его параметрам.

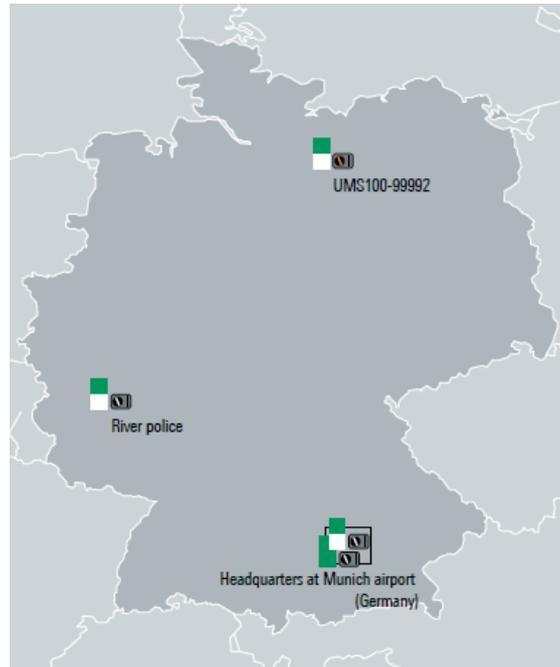


Рис. 4-3. Дисплей информационной системы станций радиоконтроля

4.4. Комплексные системы

Параллельная демодуляция нескольких узкополосных сигналов и одновременное широкополосное сканирование спектра

Несколько приемников R&S®EB510 могут быть комбинированы в единую модульную систему, в которой первый R&S®EB510 используется в качестве поискового приемника, остальные выполняют демодуляцию, осуществляя запись аудио или I/Q данных.

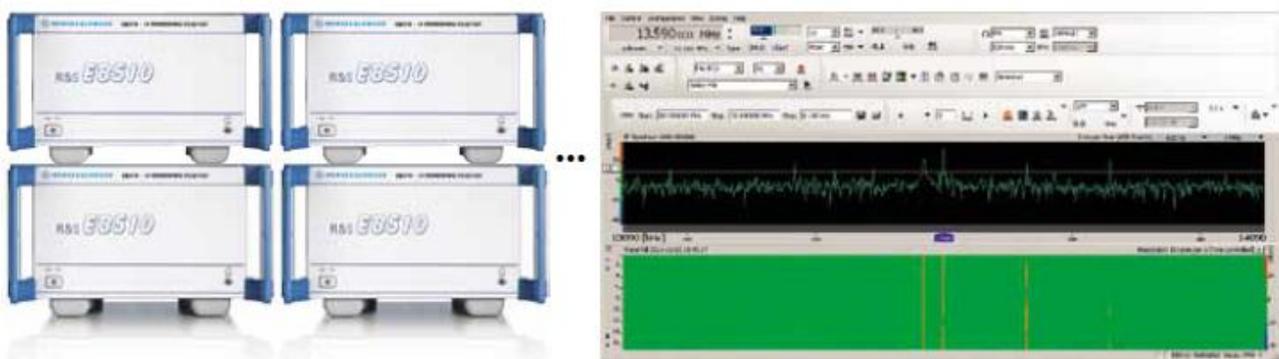


Рис. 4-4. Пример модульной системы мониторинга: группа поиска, группа анализа, СПО управления и постановки задачи.

Взаимосвязь приемников системы для осуществления передачи сигналов выполняется посредством ПО R&S®RAMON. Главным преимуществом такой конфигурации является быстрый поиск сигналов в широком диапазоне частот с возможностью параллельного выделения узкополосных потоков демодулированной информации. Это позволяет пользователю получить максимум информации за минимальное время.

4.5. ПО удаленного управления из комплекта поставки R&S®EB510-Control

ПО R&S®EB510-Control, являясь частью R&S®RAMON, позволяет осуществлять удобное и эффективное дистанционное управление работой приемника посредством ПК. ПО имеет интуитивно понятное меню, требующее минимальной подготовки операторов. Входит в комплект поставки.

Быстрота и простота операций

Доступ к основным измерительным функциям осуществляется через окна быстрого запуска экрана программы.

ПО дает возможность графического отображения:

- Спектра ПЧ и временной водопадной диаграммы
- Панорамного обзора и временной водопадной диаграммы
- Измерения уровней сигналов с учетом полосы пропускания и модуляции

Пользователь имеет возможность изменения цветовых схем и размеров окон вывода информации, исходя из задач измерений. В режиме диаграмм доступны удобные функции измерений.

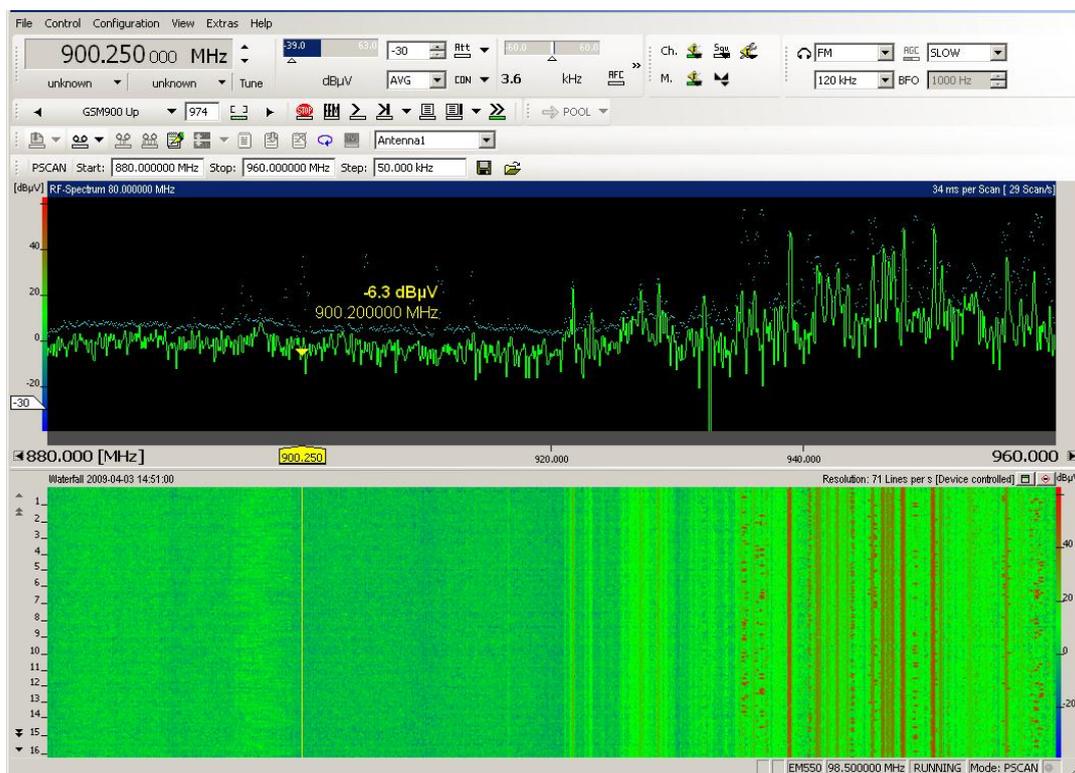


Рис. 4-5. Панорамное сканирование и режим временной диаграммы

Отображение, хранение и воспроизведение частотной и временной характеристики

ПО R&S®EB510-Control позволяет производить запись и воспроизведение спектра ПЧ и результатов панорамного сканирования. Цифровое аудио и I/Q данные шириной полосы до

5 МГц могут быть сохранены, например для последующей обработки и анализа сигналов цифровой модуляции.

Процесс записи данных частотного сканирования в буфер останавливается щелчком мыши, после чего данные доступны для воспроизведения и анализа.

По щелчку мыши интересующий радиоканал может быть сохранен в списке каналов. Список каналов доступен для редактирования. Станции из списка отображаются на спектре при работе.

4.6. Принцип работы

Входные каскады

Приемник оборудован тремя коммутируемыми антенными входами, каждый из которых может быть использован для приема сигналов в диапазоне частот от 9 кГц до 32 МГц.

Сигналы частотой 9 кГц до 32 МГц поступают на АЦП через блок преселекции, представляющий собой настраиваемые полосовые фильтры и 32 мегагерцовый фильтр нижних частот. Тракт преселекции надежно защищает АЦП от перегрузок, связанных с наличием побочных мощных сигналов вне полосы обзора.

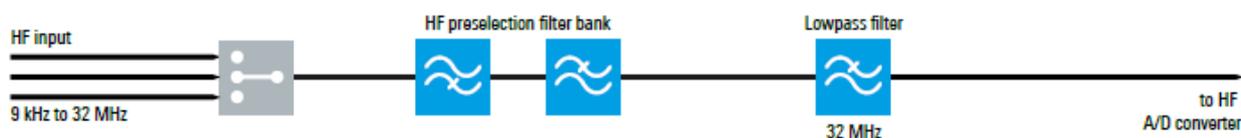


Рис. 4-6. Блок-диаграмма входных каскадов

Цифровая обработка сигнала

После АЦП тракт сигнала разделяется:

В первом случае, спектр ПЧ рассчитывается с использованием цифрового понижающего конвертера (DDC), цифрового фильтра и блока быстрого преобразования Фурье (БПФ). Полоса пропускания фильтра может быть установлена от 1 кГц до 32 МГц. Перед тем как спектр ПЧ попадает на выход LAN или на дисплей, результаты обрабатываются выбираемой пользователем функцией отображения: Average, MinHold или MaxHold.

Во второй части, которая также оборудована DDC и цифровыми фильтрами, происходит обработка сигнала для измерения уровня или демодуляции. Для обеспечения оптимального соотношения сигнал/шум различных сигналов приемник оборудован фильтрами ПЧ с полосой пропускания от 100 Гц до 5 МГц, устанавливаемых независимо от спектральных фильтров.

Абсолютная величина уровня сигнала определяется и взвешивается с использованием детекторов уровня Average, Peak, RMS или Fast (Sample). После чего результат измерений выводится на экран или передается по LAN.

Для выполнения аналоговой демодуляции сигнал после фильтрации проходит через этапы демодуляции, соответственно выбранным типам: AM, FM, USB, LSB, ISB, импульсная или CW, после чего попадает на вход усилителя (автоматического или ручного усиления). После этого этапа цифровой поток данных (I/Q данные) поступают для дальнейшей обработки.

Полученные результаты сохраняются в цифровом формате и могут быть переданы через LAN-порт на удаленный компьютер. Цифровые аудио сигналы преобразуются в аналоговые и доступны для прослушивания через наушники или встроенный динамик. Аналоговые сигналы могут быть преобразованы из потока I/Q данных посредством 16-битного цифро-аналогового конвертера, после чего доступны для обработки или передачи на видео выход.

Высокая чувствительность приемника и хорошее разрешение сигналов

Возможности R&S®EB510 позволяют устанавливать полосу анализа реального времени до 32 МГц, что дает возможность мониторинга даже коротких импульсных сигналов в полосе

обзора 20 МГц без сканирования, в едином спектре. Полоса 32 МГц (режим AUTO) соответствует максимально широкому обзору; наиболее узкая полоса 1 кГц – максимальной чувствительности и наилучшему разрешению.

Спектр ПЧ получается в результате оцифровки сигнала быстрым преобразованием Фурье (БПФ), что дает ряд преимуществ: чувствительность приемника и разрешения сигнала значительно превосходят аналогичные параметры для аналоговых приемников при той же ширине спектра.

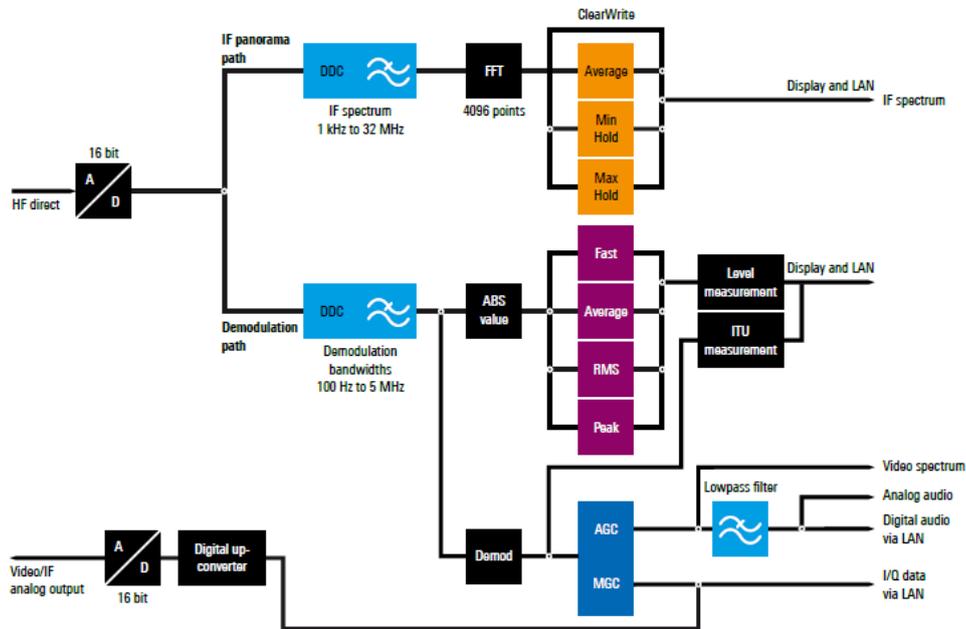


Рис. 4-7. Блок-схема обработки сигналов

Спектр ПЧ

Расчет БПФ происходит в несколько этапов. Рассмотрим упрощенную схему обработки для полосы 20 МГц.

В виду конечности крутизны фильтров ПЧ частота дискретизации f_s должна быть как минимум вдвое больше полосы пропускания фильтров ПЧ $BW_{IF\ spectrum}$, что соответствует значению коэффициента отношения этих величин > 2 и является мерой крутизны фильтра ПЧ:

$$\frac{f_s}{BW_{IF\ spectrum}} = const \quad ; \quad f_s = BW_{IF\ spectrum} \times const$$

Значение константы зависит от выбранной ширины спектра ПЧ, является функцией ширины полосы ПЧ.

Для ширины спектра ПЧ 20 МГц, значение константы составляет 1,28 для каждого канала обработки сигналов I и Q. Таким образом, для отображения полосы в 20 МГц, частота дискретизации составляет 25,6 МГц, что соответствует итоговой частоте I/Q канала более чем в два раза превышающей ширину полосы спектра ПЧ.

При оцифровке сигналов R&S®EB510 рассчитывает 4096 точек БПФ для построения спектра ПЧ. Для расчета точек полоса 25,6 МГц для обоих каналов делится на 4096 равных участков, соответствующих бидам передачи данных.

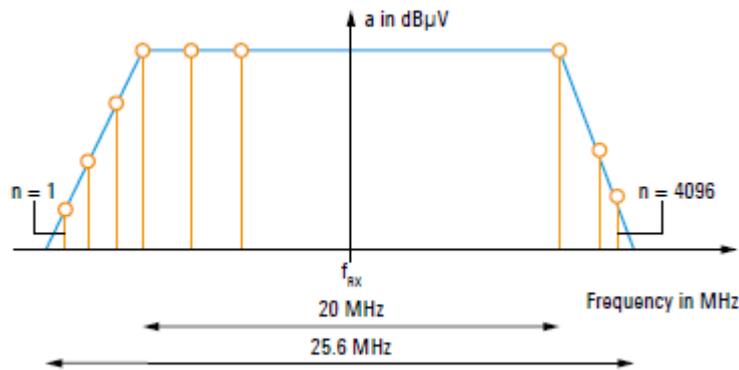


Рис. 1-15. Построение спектра ПЧ

Таким образом, полоса пропускания каждого участка BW_{bin} составляет 6,25 Гц. Что означает, что при расчёте отображаемого уровня шумов приемника (DNL) ширина бина в 6,25 Гц должна приниматься за требуемое значение полосы пропускания:

$$DNL = -174 \text{ dBm} + NF + 10 \times \log(BW_{bin}/\text{Hz})$$

где NF – коэффициент шума приемника (результат наложения оконной функции Блэкмана не принят во внимание для упрощения расчётов).

Данный пример показывает, что благодаря цифровой обработке сигналов и процессору с высоким разрешением, действительное значение разрешения полосы пропускания (RBW), принимаемой для расчётов, гораздо меньше полосы обзора для режима измерений реального времени в 20 МГц.

Другим преимуществом высокого разрешения при расчёте БПФ является возможность достоверного контроля характеристик близко расположенных сигналов. Режим реального времени обеспечивает захват и отображение двух близко расположенных сигналов без слияния их спектров.

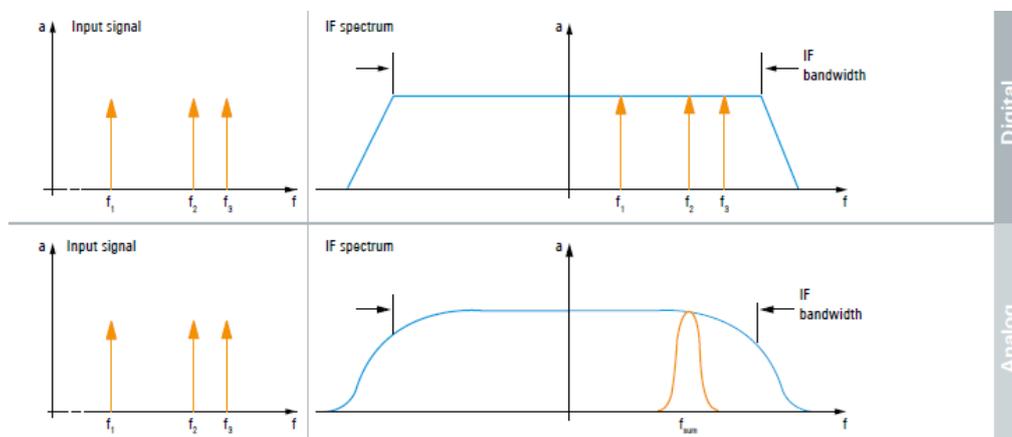


Рис. 1-16. Цифровой (сверху) и аналоговый (снизу) механизм обработки сигналов

В аналоговом приемнике разрешения полосы пропускания соответствует установленному значению полосы пропускания входных фильтров ($RBW = BW_{IF \text{ spectrum}}$). В результате на дисплее отобразится один суммарный сигнал, вместо трех, показанных на рисунке.

Панорамное сканирование

Ширина полосы БПФ 32 МГц обеспечивает невероятно быстрое широкополосное сканирование спектра (панорамное сканирование). В данном режиме работы окна шириной 32 МГц последовательно склеиваются для обеспечения требуемого диапазона частот сканирования. После быстрого обзора широкого диапазона частот в режиме сканирования, режим измерения на фиксированной частоте используется для получения лучшего

разрешения. Ширина данного окна и количество точек БПФ (длина БПФ) задаются настройками приемника.

В режиме сканирования пользователь может выбрать между 24 различными разрешениями полосы пропускания от 100 Гц до 2 МГц, соответствующим ширине участков разбиения спектра (ширине бинов). Разрешение 2 МГц соответствует максимальной скорости сканирования, 100 Гц – максимальной чувствительности.

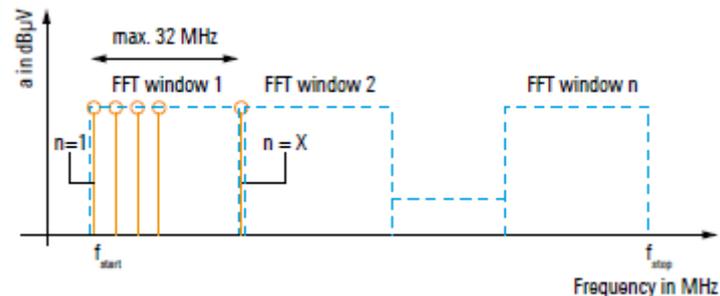


Рис. 4-8. Механизм обработки сигналов в режиме панорамного сканирования

Размером задаваемого разрешения (от 100 Гц до 2 МГц) определяется так же отображаемый уровень собственных шумов в режиме панорамного сканирования, аналогично режиму фиксированной частоты, описанному ранее. Более того, задавая разрешение полосы пропускания, пользователь задает разрешение по частоте, значение которого важно правильно выбирать при работе с радио службами для правильного выбора ширины частотного канала.

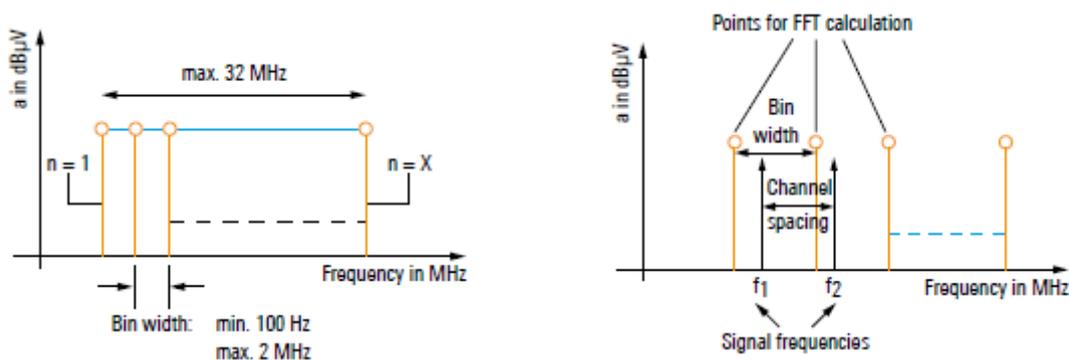


Рис. 4-9. Разрешение сигнала в режиме панорамного сканирования (слева). Соответствие ширины частотного бина ширине канала (справа)

Из всего перечисленного следуют очевидные преимущества применения принципов цифровой обработки сигналов при разработке мониторинговых приемников. Высокая чувствительность (при отличном разрешении) совмещается с возможностью высокоскоростного сканирования и обзора, что значительно увеличивает вероятность перехвата сигналов.

5. Техническая спецификация

Технические данные	
Диапазон рабочих частот:	от 9 кГц до 32 МГц.
Разрешение по частоте:	1 Гц.
Частота внутреннего опорного генератора:	10 МГц.
Пределы относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора:	$\pm 10^{-6}$.
Точка пересечения по интермодуляционным составляющим второго порядка:	не менее 70 дБм (режим малых искажений); не менее 55 дБм (нормальный режим).
Точка пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка (режим малых искажений):	не менее 30 дБм (отстройка 150 кГц, режим малых искажений); не менее 20 дБм (отстройка 150 МГц, нормальный режим).
Уровень подавления зеркального канала приема промежуточной частоты (ПЧ):	прямое преобразование.
Уровень подавления каналов приема ПЧ	прямое преобразование.
Коэффициент шума:	не более 15 дБ (нормальный режим от 400 кГц до 32 МГц).
Чувствительность:	АМ (полоса 6 кГц, SINAD = 12 дБ, частота модуляции 1 кГц, $m=0,5$) не более минус 107 дБ (1 мкВ). ЧМ (полоса 15 кГц, SINAD = 25 дБ, частота модуляции 1 кГц, девиация 5 кГц) не более минус 107 дБ (1 мкВ). SSB (с боковой полосой) (полоса 2,4 кГц, SINAD = 10 дБ, Δf 1 кГц) не более минус 113 дБ (0,5 мкВ). CW (полоса 600 Гц, SINAD = 10 дБ) не более минус 119 дБ; от 20 МГц до 3,6 ГГц не более минус 119 дБ (0,25 мкВ).
Режимы демодуляции	АМ, ЧМ, ФМ, ИМ, I/Q, верхняя, нижняя боковая полоса, CW, независимая боковая полоса (полоса ПЧ не более 9 кГц).
Диапазон установки порогового шумоподавителя:	от минус 30 до 120 дБмкВ с шагом 1 дБ.
Регулировка усиления:	АРУ (быстрый/стандартный/медленный режимы); ручная (шаг 1 дБ).
Автоматическая подстройка частоты:	автоматическая повторная настройка для нестабильных по частоте сигналов $\pm 1/2$ полосы ПЧ (от 100 Гц до 5 МГц).
Ширина полосы пропускания канальных фильтров ПЧ (3 дБ):	100 Гц, 150 Гц, 300 Гц, 600 Гц, 1 кГц, 1,5 кГц, 2,1 кГц, 2,4 кГц, 2,7 кГц, 3,1 кГц, 4 кГц, 4,8 кГц, 6 кГц, 9 кГц, 12 кГц, 15 кГц, 30 кГц, 50 кГц, 120 кГц, 150 кГц, 250 кГц, 300 кГц, 500 кГц, 800 кГц, 1 МГц, 1,25 МГц, 1,5 МГц, 2 МГц, 5 МГц.
Коэффициент прямоугольности канальных фильтров ПЧ:	$\leq 1:1,7$ для фильтров от 100 Гц до 2 МГц (по уровням ослабления 3 дБ и 60 дБ); $\leq 1:1,6$ для фильтра 5 МГц (по уровням ослабления 3 дБ и 50 дБ).

Разрешение АЦП:	16 бит, дискретность 4096 точек.
Диапазон измерения уровня входного сигнала:	от минус 147 дБм до 13 дБм с разрешением 0,1 дБ.
Погрешность измерений уровня сигнала:	$\pm 1,5$ дБ.
Тип детектора:	средний, пиковый, быстрый, среднеквадратический.
Режим измерений (режим свипирования):	непрерывный, периодический (время измерений от 0,5 мс до 900 с или автоматический).
Ширина полосы анализа реального времени:	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500кГц, 1, 2, 5, 10, 20, 32 МГц. автоматическое или ручное перекрытие полос до 50 %; разрешение 0,625, 1,25, 2,5, 3,125, 6,25, 12,5, 25, 31,25, 50, 62,5, 100, 125, 200, 250, 312,5, 500, 625 Гц; 1, 1,25, 2, 2,5, 3,125, 5, 6,25, 8,333, 10, 12,5, 20, 25, 50, 100, 200, 500 кГц, 1, 2 МГц.
Режимы отображения:	перезапись, усреднение, удержание мин., удержание макс., гистограмма, пульсация.
Измерение параметров модуляции (с опцией EB510-IM):	АМ (глубина модуляции): АМ, АМ+, АМ-, $m =$ от 0 до 999,9 %, разрешение 0,1, $f_{\text{макс}} = 2,5$ МГц. Погрешность определения не более 5 % для полос ≤ 1 МГц; не более 7 % для полос > 1 МГц (С/Ш более 40 дБ, ЗЧ = 1 кГц). ЧМ (девиация): ЧМ, ЧМ+, ЧМ-, $\Delta f =$ от 0 до 10 МГц, разрешение 1 Гц, $f_{\text{макс}} = 2,5$ МГц ($f_{\text{мод}} +$ девиация). Погрешность определения не более 2 % от применяемой полосы ПЧ (абсолютн.) (С/Ш более 40 дБ, ЗЧ = 1 кГц). ФМ: $\Delta\phi =$ от 0 до 12,5 рад, разрешение 0,01 рад, $f_{\text{макс}} = 2,5$ МГц ($f_{\text{мод}} +$ девиация). Погрешность определения не более 0,1 рад (С/Ш более 40 дБ, ЗЧ = 1 кГц).
Характеристики сканирования:	Сканирование по памяти: 10 000 определяемых ячеек памяти, скорость сканирования до 1600 каналов/с; Сканирование по частоте: выбираемая начальная/конечная частота и шаг, скорость сканирования до 1600 каналов/с; Панорамное сканирование (с опцией R&S EB510-PS): ВЧ спектр с выбираемой начальной/конечной частотой, шаг по частоте: 100, 125, 200, 250, 500, 625 Гц 1, 1,25, 2, 2,5, 3,125, 5, 6,25, 8,333, 10, 12,5, 20, 25, 50, 100, 200, 500 кГц 1 МГц, 2 МГц.
Тип входа:	3 входа, N-тип, 50 Ом.
КСВН входа:	не более 2,0.
Допустимый входной уровень без повреждения:	15 дБм
Параметры преселектора:	от 9 до 400 кГц ФНЧ; от 400 кГц до 32 МГц переключаемый ФВЧ/ФНЧ.

Ступенчатый аттенюатор:	в диапазоне от 400 кГц до 32 МГц - от 0 до 25 дБ шагом 5 дБ (ручная или автоматическая установка).
Габаритные размеры (ширина×высота×длина):	не более 213×132×450 мм.
Масса:	не более 7,5 кг (базовая комплектация без опций).
Рабочая температура:	от 0 до 50 °С (от минус 10 до 55 °С).

6. Комплект поставки

Комплект поставки R&S® EB510 включает:

- Приемник измерительный R&S® EB510 в транспортной упаковке;
- сетевой кабель;
- сетевой кабель LAN;
- руководство пользователя (CD-ROM);
- системный диск (CD-ROM).

7. Информация для заказа

Наименование	Тип	Код заказа
Мониторинговый приемник Без передней панели, для удаленного управления, диапазон частот 9 кГц – 32 МГц, полоса анализа 32 МГц, ПО удаленного управления в комплекте	R&S® EB510	4091.7009.02
Мониторинговый приемник С панелью управления, диапазон частот 9 кГц – 32 МГц, полоса анализа 32 МГц, ПО удаленного управления в комплекте	R&S® EB510	4091.7009.03
Опции		
Панорамное сканирование Широкополосное высокоскоростное сканирование с изменяемым разрешением	R&S® EB510-PS	4072.9200.04
Измерение параметров сигналов согласно рекомендациям МСЭ Глубина модуляции, девиация, фаза, ширина полосы сигнала	R&S® EB510-IM	4072.9100.04
Анализ сигналов селективных вызовов сигналов пейджинговой связи	R&S® EB510-SL	4072.9800.04
Программное обеспечение для измерения параметров сигналов с цифровой и аналоговой модуляцией согласно рекомендациям МСЭ ITU-R SM.1600	R&S® GX430IS	4071.5817.02
Кабель питания постоянного тока	R&S® EB510-DDC	4072.7036.00
Адаптер 19 “ для установки в стойку Для двух приемников, расположенных рядом	R&S® ZZA-T04	1109.4187.00
Адаптер 19 “ для установки в стойку Для одного приемника	R&S® ZZA-T02	1109.4164.00

8. Контактная информация

Головное предприятие:

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

Представительство в Российской Федерации:

ООО «РОДЕ И ШВАРЦ РУС»
115093 Москва
ул. Павловская, д. 7, стр. 1
тел./факс +7 495 981 4707
www.rohde-schwarz.ru