

Датчики мощности. Серии R&S®NRP-Zxx и NRPxxS/SN

Точные измерения мощности от -70 до +45 дБм
в диапазоне частот до 110 ГГц

Утвержденный тип средств измерений.
Регистрационный номер в Госреестре:
37008-08, 41248-09, 48356-11, 48412-11, 43642-10, 43643-10

Краткое описание

Измерения мощности играют важную роль на всех этапах разработки любого РЧ- или СВЧ-оборудования – от обычных мобильных телефонов до сложных радиолокационных систем. Нет ничего удивительного в том, что для решения разных задач используются различные виды модуляции сигнала и уплотнения передаваемой информации. Исходя из этого, правильный выбор системы измерения РЧ- или СВЧ-мощности становится более сложной задачей.

Датчики мощности (первичные преобразователи мощности) рассчитаны на работу с определенными типами сигналов и на определенные виды модуляции, а измерители мощности разрабатываются с учетом требований пользователя к представлению (отображению) результатов измерений.

Датчики мощности R&S NRP идеально подходят для повседневной работы и в исследовательской лаборатории, и на производстве, и не говоря уж об анализе сигналов в системах радиосвязи последнего поколения.



Основные свойства

- Динамический диапазон от -70 до +45 дБм;
- Широкий диапазон рабочих частот до 110 ГГц;
- Высокоточные измерения: средней мощности независимо от полосы и типа модуляции; измерения мощности пакетных сигналов; измерения в отдельных временных слотах систем с временным разделением каналов; детектирование импульсов с длительностью до 50 нс и с высокой частотой следования;
- Использование Г-коррекции и коррекции S-параметров для минимизации рассогласования источника сигнала и датчика;
- 2-летний цикл калибровки;
- Широкие возможности взаимодействия:
 - С измерителем мощности NRP2,
 - С другими измерительными приборами Rohde&Schwarz,
 - С компьютером по интерфейсам USB или LAN,
 - С устройствами на базе Android.

	Диапазон измеряемой мощности										Диапазон частот								Тип ВЧ разъема	
	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	0	10кГц	100кГц	1МГц	10МГц	100МГц		1ГГц
Трёхканальные универсальные датчики	NRP-Z11	-67dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 8ГГц								N (m)
	NRP8S/SN	-70dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 8ГГц								N (m)
	NRP-Z21	-67dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP18S/SN	-67dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z22	-57dBm ~ +33dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z23	-47dBm ~ +42dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z24	-42dBm ~ +45dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
Двухканальные универсальные датчики	NRP-Z31	-67dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 33ГГц								3.5mm (m)
	NRP33S/SN	-70dBm ~ +23dBm										10МГц ~ 33ГГц								3.5mm (m)
	NRP-Z41	-67dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 40ГГц								2.92mm (m)
	NRP-Z61	-67dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 50ГГц								2.4mm (m)
Широкополосные датчики	NRP-Z211	-80dBm ~ +20dBm										10МГц ~ 8ГГц								N (m)
	NRP-Z221	-80dBm ~ +20dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z81	-80dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z85	-80dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 40ГГц								2.92mm (m)
Термодатчики	NRP-Z86 mod.40	-80dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 40ГГц								2.4mm (m)
	NRP-Z86 mod.44	-80dBm ~ +20dBm										50МГц ~ 44ГГц								2.4mm (m)
	NRP-Z51	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z52	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 33ГГц								3.5mm (m)
	NRP-Z55 mod.03	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 40ГГц								2.92mm (m)
	NRP-Z55 mod.04	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 44ГГц								2.92mm (m)
	NRP-Z56	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 50ГГц								2.4mm (m)
	NRP-Z57	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 67 ГГц								1.85mm (m)
Датчики средней мощности	NRP-Z58	-35dBm ~ +20dBm										0 ~ 110ГГц								1.0mm (m)
	NRP-Z91	-67dBm ~ +23dBm										9кГц ~ 6ГГц								N (m)
	NRP-Z92	-57dBm ~ +33dBm										9кГц ~ 6ГГц								N (m)
Датчики регулировки	NRP-Z28	-67dBm ~ +20dBm										10МГц ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z98	-67dBm ~ +20dBm										9кГц ~ 6ГГц								N (m)
Модули датчиков мощности	NRP-Z27	-24dBm ~ +26dBm										0 ~ 18ГГц								N (m)
	NRP-Z37	-24dBm ~ +26dBm										0 ~ 26.5ГГц								3.5mm (m)

Обзор технологий

Своей гибкостью семейство датчиков мощности R&S NRP в первую очередь обязано технологии SMART SENSOR TECHNOLOGY, имеющей очевидные преимущества над традиционными технологиями за счет высокого отношения сигнал/шум во всем диапазоне, пренебрежимо малых задержек и прерываний при переключении сигнальных трактов, а также способности анализировать тестовые сигналы во временной области в пределах имеющейся видеополосы.

Компания Rohde&Schwarz предлагает широкую линейку датчиков мощности с различными технологиями измерений. В свою очередь, инженеры должны быстро ориентироваться в вопросах выбора и конфигурации датчиков, чтобы обеспечить уверенность в достоверности и точности результатов измерений.

Датчики на основе термопары (R&S®NRP-Z5x)

Принцип действия датчиков основан на термоэлектрическом эффекте. Между соединёнными разнородными проводниками имеется контактная разность потенциалов, зависящая от разности температур, вследствие поглощения ВЧ/СВЧ-мощности одним из проводников.



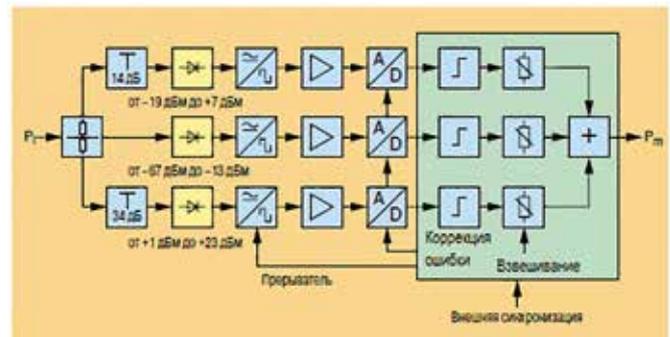
Входной каскад ВЧ-тракта с коаксиально-копланарным преобразователем

Данная технология идеально подходит для измерения средней мощности сигналов всех типов – от немодулированных синусоидальных до импульсных со сложными видами цифровой модуляции, независимо от наличия гармоник, формы или искажений сигнала. Преобразователь реагирует на полную суммарную мощность сигналов во всем динамическом диапазоне. Пиковая импульсная мощность РЛС часто вычисляется на основе средней мощности и учета скажности сигнала. Датчики имеют более низкую измерительную неопределенность, кроме того они содержат эталонную цепь на базе высокостабильного источника постоянного напряжения.

Несмотря на исключительную точность и широчайший диапазон рабочих частот от 0 до 110 ГГц, динамический диапазон преобразователей данного типа составляет всего около 55 дБ (от -35 дБм до +20 дБм). Они недостаточно чувствительны и поэтому не подходят для измерений низких уровней мощности.

Многоканальные диодные датчики

Выпрямляющие диоды давно используются как детекторы и для измерений мощности. Как известно, диоды преобразуют сигналы переменного тока в сигналы постоянного тока за счёт своих детектирующих свойств, обусловленных нелинейностью ВАХ. Технология низкобарьерных диодов Шоттки сделала возможным детектировать и измерять мощность на уровне -70 дБм (100 пВт). Концепция диодных датчиков Rohde&Schwarz – подразумевает параллельную обработку сигналов, объединяя многодиодную многопроходную (многоканальную) измерительную архитектуру. Совокупность диодов детектора, т. е. последовательно подключенные встроенные массивы диодов, улучшают ВЧ-характеристики датчика и расширяют динамический диапазон. Измеряемое напряжение распределяется по нескольким диодам – в результате каждый из них находится под меньшим напряжением – и в то же время детектируемые напряжения отдельных диодов суммируются. Многопроходная (многоканальная) архитектура представляет собой комбинацию 2- или 3 диодных детекторов, используемых для обеспечения большого динамического диапазона. Запатентованный компанией Rohde&Schwarz алгоритм «взвешивания» исключает жесткое переключение каналов, обеспечивая плавность сопряжения. Алгоритм подразумевает использование данных соседнего измерительного канала для вычисления конечного результата в широком перекрывающемся диапазоне 6 дБ (отношение мощностей 4:1). Наличие 3-го измерительного канала позволяет в 20 раз уменьшить время измерения, одновременно расширяя динамический диапазон на 10 дБ.



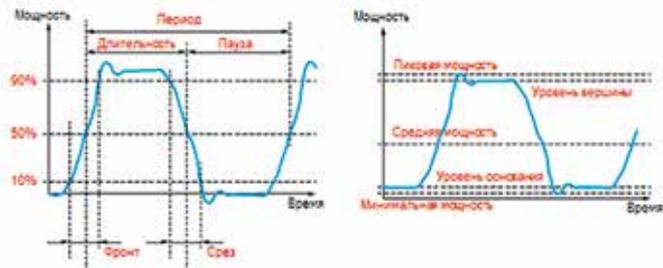
Архитектура 3-канального датчика

Диодные преобразователи мощности используются для измерения мощности в диапазоне от -70 до +45 дБм, что делает их более предпочтительным типом преобразователей для приложений, в которых требуются высокочувствительные измерения, такие как проверка входных уровней при тестировании чувствительности приемника. В приложениях, которые требуют высокой скорости измерений, диодные преобразователи предпочтительнее термопарных из-за их быстрой реакции на изменения входной мощности.

Широкополосные датчики (R&S®NRP-Z8x)

Эти диодные датчики обладают шириной полосы видеосигнала 30 МГц, временем нарастания 13 нс, частотой дискретизации в реальном масштабе времени 80 млн отсчетов/с,

внутренним и внешним запуском. Такое сочетание характеристик позволяет детектировать импульсы длительностью до 50 нс с высокой частотой следования и с быстро меняющимся уровнем мощности. Среди других преимуществ широкополосных датчиков хочется отметить быстродействующую функцию статистической обработки и возможность автоматического определения параметров импульсов.



Датчики для измерения ЭМС (R&S®NRP-Z91/ -Z92)

В измерениях электромагнитной совместимости интерес, как правило, представляет только средняя мощность. Здесь-то и проявляются сильные стороны специальных 3-канальных диодных датчиков. Они покрывают диапазоны, используемые в радиосвязи (до 6 ГГц), а также важные низкочастотные диапазоны (от 9 кГц). Как и прежде пользователи получают преимущества динамического диапазона до 90 дБ, очень малого влияния модуляции на результаты измерений, превосходного согласования по сопротивлению и минимального влияния гармонических составляющих.

Датчики регулировки уровня (R&S®NRP-Z28/ -Z98)

Отличительной особенностью датчиков данного типа является встроенный делитель мощности, вследствие чего эти датчики предназначены специально для измерения мощности, поступающей не на сам датчик, а на испытуемое устройство (ИУ).



Для измерения мощности не нужно отключать ИУ от источника ВЧ-сигнала. Кроме того, это обеспечивает оптимальное согласование сопротивлений с ИУ. Исключаются также дополнительные погрешности, вызванные, например, потерями в кабеле между генератором и ИУ. Кроме чистых измерений мощности датчики позволяют автоматически корректировать уровень.

Минимизация погрешностей

Датчикам семейства R&S®NRP не страшны даже сложные схемы измерений. Разного рода помехи легко компенсируются с помощью: Смещения, Г-коррекции, коррекции S-параметров.

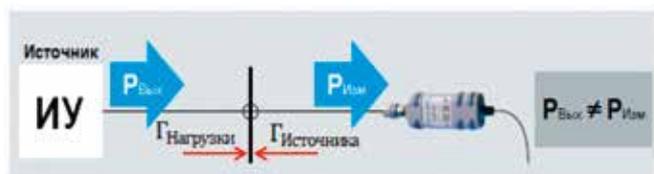
Коррекция смещения (установка фиксированной коррекции)

— позволяет учесть не зависящее от частоты затухание/усиление. Могут быть заданы коэффициенты, учитывающие поте-

ри или усиление сигнала во внешних цепях (например, из-за влияния аттенюатора).

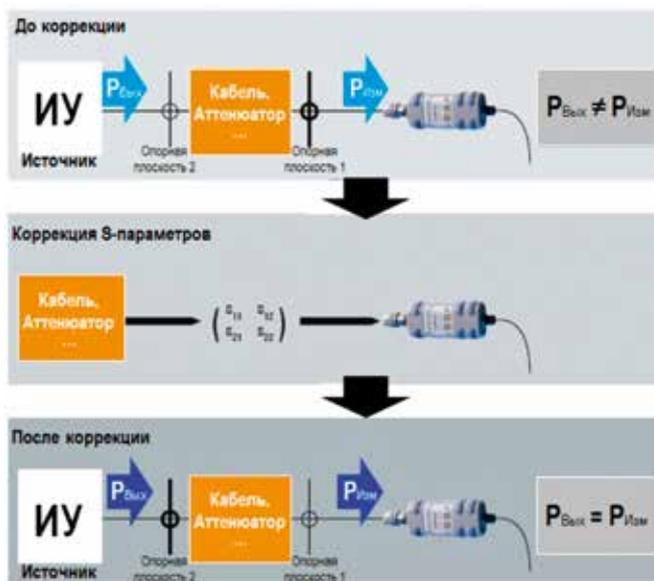
Г-коррекция

Основным источником ошибок при измерении мощности является рассогласование источника сигнала и датчика. Из-за отражения, которое нельзя исключить, измеряется не номинальная мощность источника ($P_{Вых}$), передаваемая в датчик, а мощность ($P_{Изм}$), которая отличается от номинальной на некоторую величину. Чтобы минимизировать влияние несогласованного источника, изначально коэффициент стоячей волны (КСВ) на стороне датчика был снижен насколько возможно (до 1,11), а также, зная комплексный коэффициент отражения на выходе ИУ, его можно загрузить в датчик по шине USB, и датчик исправляет ошибку рассогласования за счет Г-коррекции, учитывая при этом свое собственное низкочастотное рассогласование. Такой подход позволяет выполнять измерения со значительно более высокой точностью.



Коррекция S-параметров

Аналогичная проблема рассогласования возникает в тестовых конфигурациях, в которых датчик не удается подключить непосредственно к измеряемому источнику. Особенно часто такая ситуация возникает в процессе производства, когда для согласования уровня требуется подключить кабель или аттенюатор. В этом случае в память датчика по шине USB можно загрузить полный набор S-параметров подключенного девайса. Данная коррекция используется для математического сдвига опорной плоскости к исследуемому устройству за счет учета S-параметров всех компонентов, установленных раньше по ходу сигнала. Необходимый формат данных (s2p) генерируется любым векторным анализатором цепей.



Универсальные возможности использования

Датчики мощности могут взаимодействовать:

- | С измерителем мощности NRP2;
- | С другими измерительными приборами Rohde&Schwarz;
- | С компьютером – по интерфейсу USB или LAN;
- | С устройствами на базе Android.



Взаимодействие с измерителем мощности R&S®NRP2

R&S®NRP2 – это универсальный базовый блок с простым оконным графическим интерфейсом. Позволяет подключить до 4 датчиков. Датчики мощности серии NRP-Zxx непосредственно подключаются к прибору, а для подключения датчиков серии NRPxxS/SN необходим 6-пиновый интерфейсный кабель NRP-ZK6.



В зависимости от типа используемого датчика, будь это уни-версальный диодный, широкополосный или термодатчик, прибор позволяет выбрать различные режимы измерений, например:

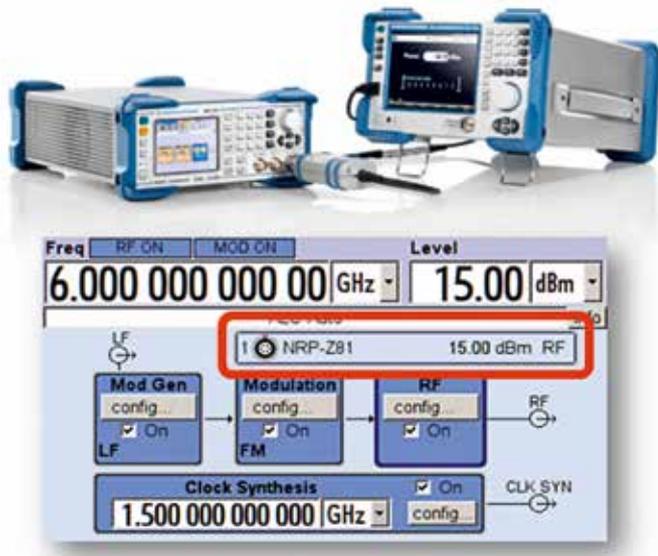
- | Непрерывное измерение средней мощности;
- | Измерения средней мощности пачки импульсов;
- | Измерение мощности на заданном интервале или последовательности интервалов времени;
- | Измерение в режиме осциллографа (Score).

Режим непрерывного измерения средней мощности является предпочтительным, если измерение не синхронизируется или не может быть засинхронизировано каким-либо сигнальным событием. Этот режим является единственно возможным режимом для измерений термодатчиками (NRP-Z5x), поскольку они являются очень медленными устройствами для реализации других режимов.

Другие режимы требуют наличия диодных датчиков – они более универсальны, за счет лучшего быстродействия и более широкого динамического диапазона. Диодные датчики могут измерять мощность не только классическим способом, т. е. непрерывно без привязки к содержанию сигнала, но также в режиме синхронизации с сигналом за указанные периоды времени. Важнейшей сферой применения этой функции является измерение мощности пакетных сигналов и измерения в отдельных временных слотах систем с временным разделением каналов. При измерении средней или пиковой мощности они самостоятельно могут выбирать начало и конец пачки импульсов, если нужно могут исключать из измерений переходные процессы на краях пачки (исключая время нарастания и спада импульса) или могут отображать на экране график зависимости мощности от времени, выступая в роли измерения огибающей импульсов.

Взаимодействие с другими измерительными приборами Rohde&Schwarz

Датчики мощности также могут взаимодействовать с широкой номенклатурой измерительного оборудования: анализаторы спектра, генераторы сигналов, анализаторы цепей. Датчики мощности серии NRP-Zxx могут быть подключены непосредственно к панели прибора (к специальному 6-пиновому разъему без использования дополнительных кабелей) или к стандартному USB-разъему (через интерфейсный кабель NRP-Z4). А датчики мощности серии NRPxxS/SN подключаются к панели прибора (к специальному 6-пиновому разъему) через интерфейсный кабель NRP-ZK6 или к стандартному USB-разъему (через интерфейсный кабель NRP-ZKU).



При подключении датчика в приборе происходит его обнаружение и инициализация

Каждый внешний измеритель мощности представляет собой дополнительный приемный порт и может служить различным целям (не только для точных измерений мощности), например:

- С анализаторами спектра – для запуска измерений при заданном уровне мощности;
- С анализаторами цепей – для калибровки мощности, при измерении точной мощности сигнала в произвольной точке испытательной установки (плоскость отсчета), или получения результатов для сигналов при неточных или неизвестных частотах (измерение смесителя с неизвестным гетеродинным сигналом);
- С генераторами сигналов – при анализе мощности (опция -K28 для генераторов SMA/SMF) – измеряются время нарастания и время спада импульса, длительность импульса и его динамический диапазон. Кроме того, может выполняться анализ характеристик ИУ в зависимости от мощности/времени/частоты.

Взаимодействие с компьютером по интерфейсам USB или LAN

Самый экономичный способ прецизионных измерений мощности заключается в подключении датчиков непосредственно

к компьютеру, особенно если сбор данных и обработка результатов выполняется на компьютере. Возможность обойтись без базового блока значительно экономит место в стойке и снижает затраты.

Для подключения датчика требуется пассивный USB-адаптер NRP-Z4 (для датчиков серии NRP-Zxx) или NRP-ZKU (для датчиков серии NRPxxS/SN). Адаптеры обеспечивают передачу настроек и измерительных данных, а также подачу питающего напряжения.



**NRP-Zxx и NRP-Z4
NRPxxS/SN и NRP-ZKU**

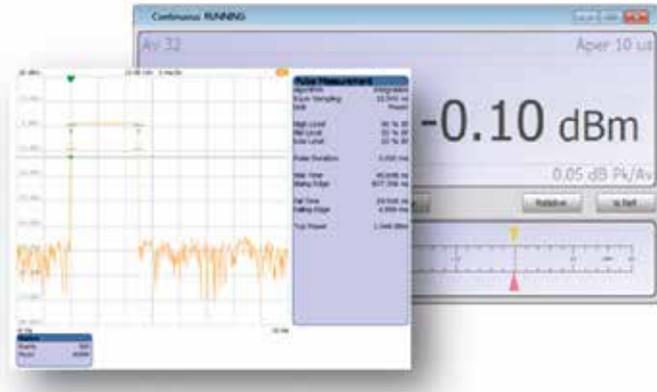
При необходимости многоканальных измерений, можно воспользоваться USB-концентратором NRP-Z5, позволяющим использовать до 4 датчиков на одном ПК (для датчиков серии NRPxxS/SN дополнительно требуются 6-пиновые кабели NRP-ZK6). USB-концентратор также сочетает в себе функции источника питания, шины синхронизации и входа/выхода синхронизации.



Для управления датчиками мощности с компьютера понадобится программный пакет **R&S NRP Toolkit**, поставляемый с каждым датчиком (пакет бесплатный, его также можно скачать на сайте). В состав пакета входит программный модуль **Power Viewer Plus** (визуализатор мощности) и набор динамически компонуемых библиотек для персонализированного использования всех функциональных возможностей датчика под Windows.

Программный модуль **Power Viewer Plus** представляет собой виртуальный измеритель мощности. Поддерживает до 16 датчиков, но использует только усеченный набор функций и в зависимости от применяемого датчика позволяет производить:

- Измерение средней и пиковой мощности, с возможностью отображения результатов: в цифровом виде/ на аналоговой шкале/ в виде гистограммы;
- Отображение огибающей импульсных сигналов (с разрешением 5 нс/дел.) с возможностью автоматического определения параметров импульсов;
- Отображение одной трассы (графика) в одном измерительном окне;
- Отображение статистических данных CCDF, CDF или PDF;
- Запись измеренных данных в память или в файл (до 4 каналов);
- Отслеживание предельных значений.



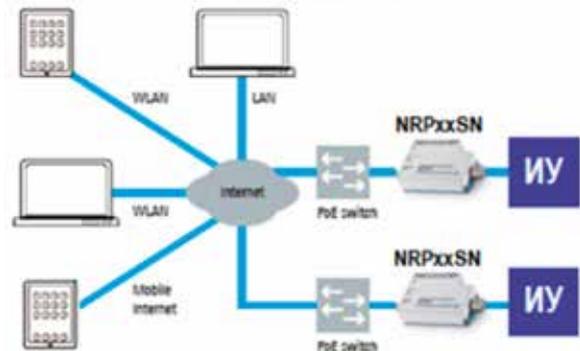
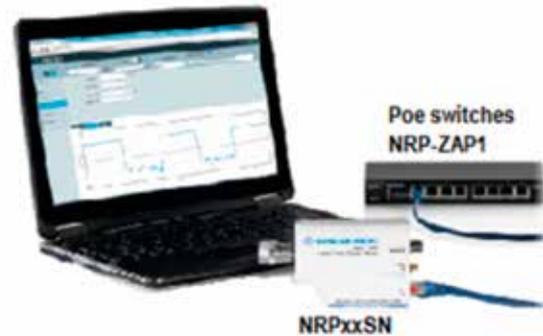
Для того чтобы максимально использовать возможности датчиков мощности, можно воспользоваться программным обеспечением R&S®NRPV. Данное ПО также представляет собой виртуальный измеритель мощности, возможности измерений которого значительно расширены:

- Отображение до 4 трасс (графиков) в одном измерительном окне;
- Проведение нескольких измерений параллельно;
- Проведение математических операций с трассами;
- Табличное отображение результатов;
- Вычисление производных параметров (отношения мощностей/ КСВ...);
- Полная функциональность маркерных измерений (неограниченное количество маркеров, автопоиск пиков, дельта-маркеры и т. д.).



В отличие от предыдущего программного модуля для каждого используемого датчика необходимо наличие лицензионного ключа (опция NRPZ-K1).

Кроме «непосредственной» (через USB-интерфейс) работы с датчиками возможно дистанционное управление с помощью команд, совместимых со стандартами IEEE 488.2 и SCPI. Кроме того, датчики серии NRPxxSN снабжены LAN-интерфейсом, что позволяет получить доступ к ним через интернет или ЛВС, независимо от того где вы находитесь.



Измерение мощности при помощи устройств на базе Android

Благодаря приложению R&S®Power Viewer Mobile для устройств на базе Android 4.0, измерения мощности стали ещё мобильнее. Можно подключить датчик мощности серии NRP-Zxx к мобильному телефону или планшету и напрямую измерить уровень мощности в реальном времени. Данное приложение является бесплатным и доступно для скачивания в Google Play Store.

