

## Датчик мощности с 1 мм коаксиальным разъемом охватывает полный частотный диапазон от 0 Гц до 110 ГГц



Рисунок 1 – USB-датчик мощности R&S®NRP-Z58 с адаптером для волноводного диапазона WR-10(R900, WG-27)от 75 до 110 ГГц.

До недавнего времени на рынке не было достойного решения для измерения мощности широкополосных источников, работающих на частотах до 110 ГГц, или для проведения калибровки уровня анализаторов цепей, оснащенных 1 мм испытательными портами. Доступные датчики мощности диапазонов V и W базируются на устаревшей технологии и позволяют работать лишь с теми составляющими сигнала, которые охватываются их собственным частотным диапазоном. Это говорит о необходимости внедрения многополосных унифицированных датчиков, которые могут быть использованы для проведения широкополосных измерений. С новыми тепловыми датчиками мощности R&S®NRP-Z 58 дело обстоит иначе: они охватывают полный частотный диапазон от 0 Гц до 110 ГГц.

### Мы осознали необходимость ...

При поиске датчиков мощности, которые могут быть использованы для приложений, работающих в миллиметровом частотном диапазоне, возникает проблема ограниченного выбора. Многие из представленных на рынке датчиков построены на крайне устаревшей технологии. Особенно это касается датчиков, работающих в частотном диапазоне от 67 до 75 ГГц и в диапазоне W (от 75 до 110 ГГц). Фактически, в частотном диапазоне W представлены лишь весьма устаревшие типовые датчики, построенные на базе диодов, и датчики мощности калориметрического типа. Эти датчики не могут использоваться для обнаружения сигналов, частота которых находится ниже граничной частоты волновода, применяемого в датчике. Это усложняет проведение измерений мощности таких широкополосных источников, как фотодатчики и фотоприемники для 100-гигабитного Ethernet. Схожие проблемы возникают и в контексте проведения калибровки уровня анализаторов цепей, оснащенных 1 мм измерительными

портами. Ранее для проведения последовательных измерений с помощью соответствующего датчика мощности для отдельного частотного диапазона применялась отдельная опция калибровки. Кроме того, требовалась установка адаптера между волноводным датчиком мощности и коаксиальным разъемом источника. Помимо необходимости приложения усилий и недостатка автоматизации, этот метод также связан с повышенным уровнем износа 1 мм разъема, требующего аккуратного обращения. Повышенный износ вызван не только необходимостью выполнения периодических подключений при замене датчика, но также и высоким уровнем механических нагрузок, возникающих вследствие большого веса и чрезмерных габаритных размеров обычных волноводных датчиков мощности

### ... и вывели на рынок инновационный продукт

Тепловые датчики мощности R&S®NRP-Z 58 позволяют оставить эти проблемы в прошлом (рис.1). Коаксиальный разъем 1 мм (вилка) обеспечивает охват полного частотного диапазона от 0 Гц до 110 ГГц. Диапазон измеряемой мощности простирается от 0,3 мкВт (-35 дБмВт) до 100 мВт (+20 дБмВт), охватывая область наибольшего интереса. Новый датчик мощности обладает малым весом и обеспечивает удобство в использовании, допуская управление непосредственно через USB-интерфейс ПК. Среди других замечательных особенностей стоит упомянуть функцию быстрого измерения, превосходную степень линейности, опцию встроенной поверки и возможность полноценного контроля соответствия основным стандартам широко известных национальных метрологических институтов. Датчик мощности R&S®NRP-Z58 – это не только оптимальное решение для проведения измерений мощности на 1 мм коаксиальных разъемах, но и отличная замена волноводным датчикам мощности во многих других областях применения (см. дополнения).

Датчик мощности R&S®NRP-Z58 110 ГГц – это продукт семейства R&S®NRP компании Rohde&Schwarz, поддерживающий все основные возможности этого семейства продуктов. Основой этого нового датчика мощности является термоэлектрический преобразователь косвенного накала – разработка компании Rohde&Schwarz, сочетающая превосходные коэффициенты согласования полных сопротивлений с высоким динамическим диапазоном и миллисекундным временем отклика (Рис.2).

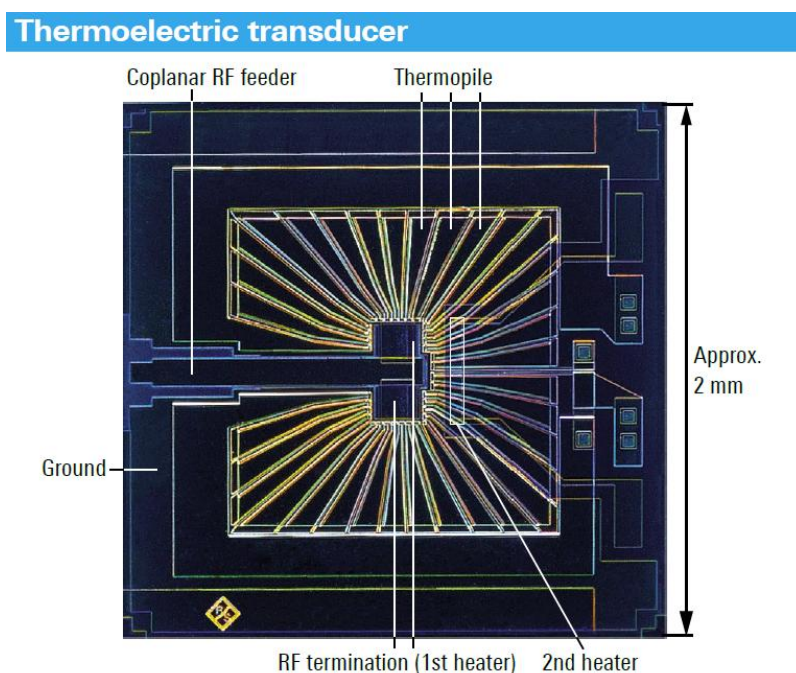


Рисунок 2 – Конструкция термоэлектрического преобразователя – разработка компании Rohde&Schwarz.

Подключение к входному каскаду ВЧ-тракта осуществляется посредством запатентованного широкополосного преобразователя, преобразующего радиально симметричное поле прямой волны в распределение поля на входе копланарного преобразователя, одновременно обеспечивая высочайший уровень теплоизоляции (Рис.3).

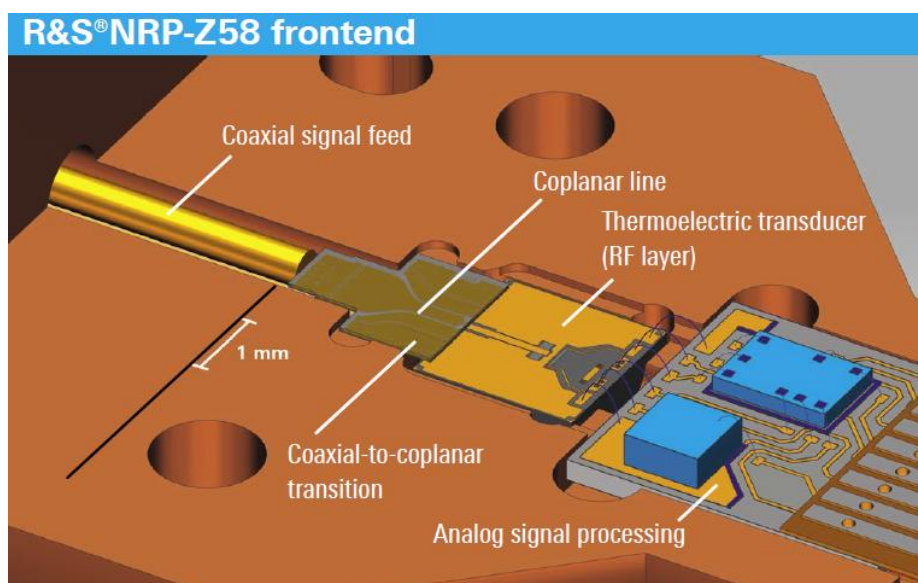


Рисунок 3 – Входной каскад ВЧ-тракта с коаксиально-копланарным преобразователем.

Проведение этого и других тепловых расчетов гарантирует пренебрежимо малый уровень дрейфа нуля прибора даже в условиях изменения температуры окружающей среды или в процессе крепежа датчика. Фактически, при условии постоянства температуры окружающей среды возникновение дрейфа невозможно, поскольку архитектура цепи обработки сигналов обеспечивает полное подавление «розового» шума (шума типа  $1/f$ ). Именно поэтому в большинстве случаев достаточно проведения заводской установки нуля прибора. Более того, датчик мощности R&S® NRP-Z58 не предусматривает наличия встроенной функции установки нуля; ее применение не приносит никаких преимуществ и может вызвать долговременные асинхронные прерывания процесса измерения.

#### Встроенный источник постоянного опорного напряжения

Для проведения поверки термоэлектрического преобразователя и подключенной цепи обработки аналогового сигнала датчик мощности R&S® NRP-Z58 оборудован источником постоянного опорного напряжения (Рис.4), устраняющим необходимость калибровки с использованием внешнего опорного источника частотой 50 МГц.

## Calibration with DC reference

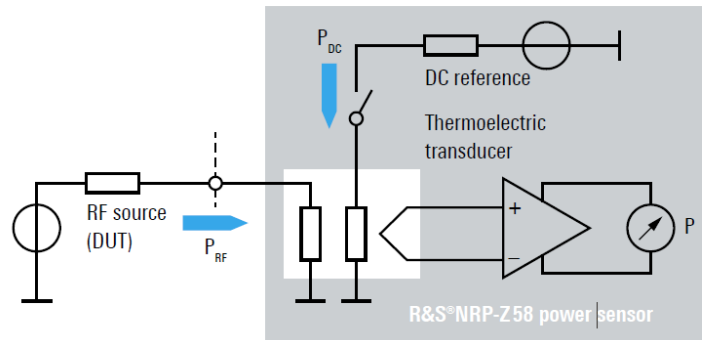


Рисунок 4 – Схемное решение для проведения внутренней калибровки с помощью источника постоянного напряжения.

В процессе калибровки датчик мощности может оставаться подключенным к ИУ все время, пока ИУ подает достаточно стабильный сигнал. Благодаря коэффициенту воспроизводимости порядка  $10^{-4}$  поверка с помощью встроенного источника постоянного опорного напряжения значительно превосходит внешнюю калибровку с использованием ВЧ-сигнала.

Заводская калибровка для более чем 200 значений частоты обеспечивает возможность полноценного контроля соответствия основным стандартам широко известных национальных метрологических институтов Германии (Федеральный физико-технический институт, PTB) и США (Национальный институт стандартов и технологий, NIST). Кроме того, компания Rohde&Schwarz пользуется преимуществами использования микрокалориметра, совсем недавно введенного в эксплуатацию институтом PTB и охватывающего весь диапазон W. В этом диапазоне погрешность поверки нового датчика мощности составляет от 6,0 до 7,0 % (рассчитана с использованием GUM с коэффициентом покрытия 2).

### Отображение мощности с высокой степенью линейности

Обеспечение высокой степени линейности отображения мощности являлось фактором первостепенной важности в процессе разработки датчика, поскольку этот показатель играет ключевую роль при проведении относительных измерений. В это понятие входят скалярное измерение ослабления, усиления и отражения, а также косвенное измерение мощности с использованием направленных ответвителей и т.д. Абсолютное опорное значение для косвенного измерения мощности, как правило, формируется посредством настройки системы по единому уровню. Линейная погрешность датчика мощности R&S®NRP-Z58 не превышает 0,23 % (0,01 дБ), что сопоставимо с погрешностью обычных терморезисторных датчиков мощности, использующих метод замещения по постоянному току для обеспечения высокой степени линейности. Датчики мощности R&S®NRP-Z58 не используют метод замещения по постоянному току, что позволяет увеличить скорость измерения. Вместо этого в них применяются численные методы коррекции нелинейности, которые базируются на заводской калибровке термоэлектрического преобразователя с использованием источника постоянного напряжения, что обеспечивает неизменность характеристик линейности на весь срок службы датчика.

### Скорость измерения

Несмотря на то, что достижимая скорость измерения сравнима со скоростью измерения при использовании любых других современных термоэлектрических датчиков мощности, она может варьироваться в широких пределах в зависимости от области применения. Если единственной задачей

является запись наибольшего числа показаний в пределах заданного временного интервала, можно воспользоваться режимом накопления, позволяющим фиксировать более 500 отсчетов в секунду.

Апертура точки измерения может быть установлена с точностью до 0,5 мс, а само измерение может выполняться в режиме запуска или в непрерывном режиме. Даже при последовательном выводе показаний (в отличие от режима накопления) можно добиться скорости измерения около 350 результатов в секунду. Само собой, скорость измерения сигналов малой мощности будет несколько ниже, поскольку при этом возникает необходимость усреднения по нескольким результатам для получения стабильных показаний. Однако датчик мощности R&S®NRP-Z58 позволяет использовать меньшие коэффициенты усреднения по сравнению с другими изделиями, работающими в диапазоне W, благодаря значительно более низкому уровню внутренних шумов. Это позволяет добиться более чем десятикратного сокращения времени установления, фактически устраняя задержку даже при измерении низкоуровневых сигналов вплоть до -10 дБмВт и одновременно обеспечивая приемлемый уровень стабильности.

### Механическая прочность и прецизионная точность

Разъем 1 мм датчика мощности R&S®NRP-Z58 предназначен для согласования полного сопротивления и обеспечения воспроизводимости и нагрузочной способности нового изделия. Именно поэтому компания Rohde&Schwarz производит разъем на собственном заводе, где он подвергается строжайшему контролю качества. Накладная гайка разъема оснащена шариковыми подшипниками, что позволяет осуществлять высокоточное затягивание датчика мощности, устраняя необходимость в применении динамометрического ключа. Пониженное трение также предотвращает вращение внешнего проводника при затягивании накладной гайки, тем самым уменьшая износ разъема.

Томас Рейчел (ThomasReichel)

### Измерение мощности на интерфейсе любого типа в частотном диапазоне до 110 ГГц

Несмотря на то, что датчик мощности R&S®NRP-Z58 был разработан для широкополосных приложений и оснащен 1 мм разъемом, он также может использоваться для проведения измерений на волноводных интерфейсах с применением соответствующего адаптера (Рис.5).



Рисунок 5 – Датчик мощности R&S®NRP-Z58 с волноводным адаптером для частотного диапазона WR-10 (R900, WG-27) от 75 до 110 ГГц.

Это открывает доступ к совершенно новым возможностям в контексте этих приложений. В принципе, для проведения измерений мощности на любом интерфейсе в частотном диапазоне до 110 ГГц требуется наличие лишь одного датчика мощности R&S®NRP-Z58. Это упрощает выполнение измерений в частотных диапазонах, которые не могут быть охвачены доступными на рынке волноводными датчиками мощности, такими как WR-12 (R740, WG-26) от 60 до 90 ГГц. В этом случае можно оборудовать волноводный датчик мощности, предназначенный для работы в диапазоне WR-10, адаптером, работающим в диапазоне WR-12, однако такое решение будет нецелесообразным. Длинномерный волноводный датчик будет удлинен еще больше, а и без того небольшой частотный диапазон уменьшится из-за перекрытия с диапазоном волновода ИУ, т.е. сократится до значений от 75 до 90 ГГц.

Наряду с универсальностью, существуют и другие веские доводы в пользу применения датчика мощности R&S®NRP-Z58 в приложениях с использованием волноводов; эти доводы с лихвой компенсируют недостатки, связанные с использованием адаптеров. Сюда входят значительно увеличенная скорость измерения, устранение необходимости обременительной настройки под источник опорного сигнала 50 МГц, повышенная температурная стабильность, возможность полноценного контроля процесса калибровки, проведение тепловых расчетов и, наконец, возможность работы без использования специальных инструментов.

Влияние ослабления, вносимого вышестоящим адаптером, и его взаимодействия с входным разъемом датчика мощности может быть с легкостью компенсировано внедрением новой функции. Для этих целей в

датчике мощности R&S®NRP-Z58, как и во всех датчиках мощности семейства R&S®NRP, реализована функция коррекции S-параметров. Эта функция позволяет сохранять в памяти сенсора четыре S-параметра адаптера для нескольких частот с их последующим автоматическим включением в результаты измерения. Влияние отражения на волноводном входе датчика мощности, которое обычно несколько увеличивается адаптером, может быть компенсировано лишь посредством применения гамма-коррекции. Хотя этот метод уже реализован в датчике мощности R&S®NRP-Z58, пользователю необходимо знать комплексный коэффициент отражения на выходе ИУ. Если его значение известно, оставшиеся погрешности рассогласования уже не будут играть никакой роли. В противном случае – как минимум при наличии высоких требований к точности и плохо согласованном ИУ – следует учитывать возможное влияние рассогласования на результаты измерения.