

ВИМІРЮВАЧІ ПОТУЖНОСТІ ВЧ- ТА НВЧ-СИГНАЛІВ КОМПАНІЇ ROHDE&SCHWARZ, ЧАСТИНА 1

ROHDE&SCHWARZ RF AND MICROWAVE POWER METERS, PART 1

У статті наведена коротка інформація про базовий вимірювальний блок R&S@NRX, призначений для вимірювання потужності ВЧ та НВЧ сигналів в різноманітних системах зв'язку. Наведена інформація про трьохканальні діодні датчики потужності діапазоном вимірювальних частот від 10 МГц до 90 ГГц і діапазоном вимірюваних потужностей від -10 до 45 дБп, та окремі датчики для вимірювання потужності до 30 Вт.

В. Макаренко

Abstract – The article provides brief information about the basic R&S@NRX measurement unit, designed for measuring the power of RF and microwave signals in various communication systems. Information is provided about three-channel diode power sensors with a measurement frequency range from 10 MHz to 90 GHz and a measured power range from -10 to 45 dBp, and individual sensors for measuring power up to 30 W.

V. Makarenko

Силові напівпровідникові прилади застосовуються у всіх ВЧ і НВЧ системах зв'язку. Одним з пристроїв, де працюють ці прилади, є підсилювач потужності, граючи особливо важливу роль у сучасних мобільних телефонах, базових станціях стільникових мереж і точках доступу безпроводового зв'язку, а також в системах супутникової зв'язку.

Тестування підсилювачів потужності непросто завдання, яке вимагає від інженера вимірювання параметрів компонентів, що працюють в лінійному і нелінійному режимах, з використанням потужної випробувальної системи. Якби сьогодні такі системи були недоступні, то впоратися з цим завданням було б досить складно.

Вимірювачі потужності ВЧ- і НВЧ-сигналів компанії Rohde & Schwarz забезпечують точність і надійність вимірювань [1-3]. З цими вимірювачами потужності користувачі отримують найвищу точність і швидкість виконання вимірювань, простоту в експлуатації при проведенні, ефірних випробувань (ОТА), а також гарантовану відповідність національним стандартам. Компанія Rohde & Schwarz надає все необхідне: від вимірювачів потужності загального призначення, спрямованих вимірювачів потужності, вимірювачів потужності НВЧ-сигналів до придатних для використання навіть в космосі і частотно-вибіркових датчиків потужності.

Радіочастотні та мікрохвильові датчики потужності компанії забезпечують високу точність і швидкість вимірювань при використанні теплових, діодних і ОТА вимірювальних елементів. Це робить продукцію Rohde & Schwarz найкращим вибором для точного вимірювання потужності. Від датчиків загального призначення, спрямованих, мікрохвильових до датчиків потужності з просторовим або ча-

стотно-селективним регулюванням – Rohde & Schwarz пропонує широкий спектр рішень для різних застосувань.

Найбільш важливими характеристиками для точного і нескладного вимірювання потужності є висока точність і швидкість вимірювань, а також простота керування процесом вимірювання за допомогою вимірювального пристрою або ноутбука/ПК. Сімейство вимірювачів потужності R&S@NRP поєднує в собі всі ці характеристики в базовому вимірювальному блоці R&S@NRX, програмному забезпеченні для ПК R&S@NRPV Virtual Power Meter і широкому асортименті датчиків потужності що передають дані по локальній мережі і USB. Сімейство пристроїв R&S@NRP ідеально підходить для використання у виробничих, науково-дослідних і калібрувальних лабораторіях, а також для завдань монтажу і технічного обслуговування.

Зовнішній вигляд базового вимірювального блоку R&S NRX наведено на рис. 1.

Лабораторний стаціонарний вимірювач потужності модель R&S NRX – це універсальний базовий вимірювальний блок, що підтримує роботу з усіма типами датчиків потужності в діапазоні частот до 110 ГГц і значень потужності від -70 до +45 дБп.

Вимірювач потужності ВЧ-сигналів R&S NRX оснащений графічним інтерфейсом користувача, виконаний на базі сенсорного екрану, який допомагає в налаштуванні приладу. Вимірювач потужності у варіанті виконання R&S NRX-B4 містить чотири вимірювальні канали (два входи на передній панелі і два входи C і D на задній панелі (рис. 2). Для кожного вимірювача компанія Rohde & Schwarz пропонує широкий вибір датчиків потужності.

Вперше в галузі в апаратній реалізації вимірюва-

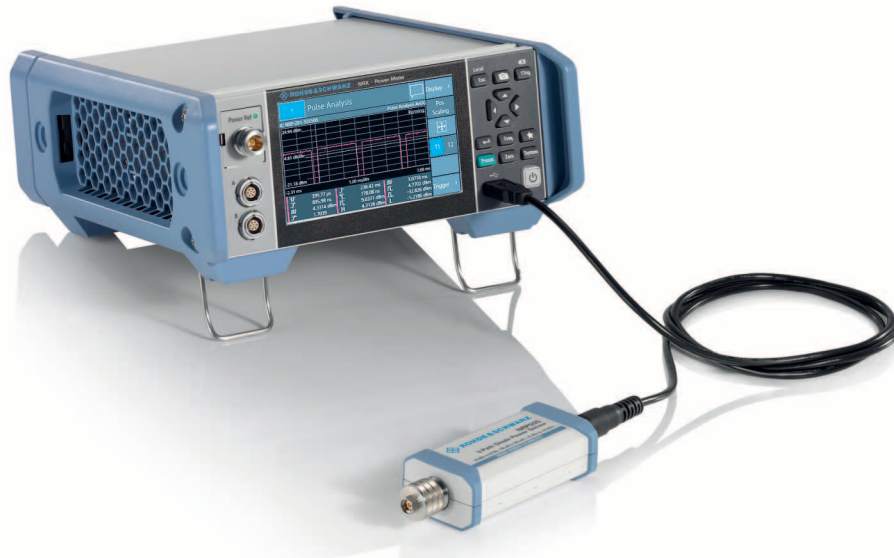


Рис. 1. Зовнішній вигляд базового вимірювального блоку R&S NRX



Рис. 2. Задня панель вимірювального блоку R&S NRX

ча потужності R&S NRX досягнута підтримка одним вимірювальним пристроєм роботи як з поглинаючими, так і з спрямованими датчиками потужності.

Для сучасних ВЧ- і НВЧ-пристроїв проведення високоточних вимірювань потужності сигналів досить складне завдання. Вимірювач R&S NRX забезпечує максимальну зручність використання при проведенні вимірювань. Він дозволяє виконувати навіть синхронізовані багатоканальні вимірювання з використанням різних типів датчиків потужності.

Користувач управляє приладом R&S NRX за допомогою вбудованого 5-ти дюймового сенсорного екрану високого дозволу. Вимірювання налаштовуються з використанням великих кнопок управління. Інтерфейс користувача цього приладу забезпе-

чує логічне калібрування і звертає увагу користувача на конфлікти налаштувань в сумнівних випадках. При необхідності приладом можна керувати за допомогою кнопок на передній панелі.

У стандартний комплект поставки вимірювача потужності R&S NRX входять два довговічних порти для датчиків, число яких можна опціонально збільшити до чотирьох. Крім того, додаткові датчики можна підключити через інтерфейс USB або Ethernet (рис. 2).

Широкий вибір датчиків потужності

До роз'єму датчиків можна підключити будь-який поглинаючий датчик потужності з асортименту компанії Rohde & Schwarz. При наявності модуля інтерфейсу датчиків R&S NRX-B9 можна використовувати

спрямовані датчики потужності сімейства R&S NRT-Z, що дозволяє виміряти потужність як падаючого, так і відбитого сигналу.

Опорний генератор у вигляді модуля

За допомогою модуля контролю датчиків R&S NRX-B1 (опціонального) користувачі можуть перевіряти датчики на незавершені вимірювання. Модуль високоточного опорного генератора частотою 50 МГц/1 ГГц дозволяє формувати як безперервні синусоїдальні сигнали, так і імпульсні сигнали з крутими фронтами.

Особливості вимірювача потужності R&S NRX

- до 4-х вимірювальних каналів
- підтримка до 4 датчиків потужності NRP і NRQ6
- вимірювання відбитої потужності з датчиками NRT-Zxx
- підтримка всіх функцій датчиків потужності
- опціонально джерело опорного сигналу для перевірки датчиків потужності
- різні режими відображення результатів вимірювання
- багато математичних функцій для обробки результатів
- готові набори параметрів для всіх основних стандартів мобільного радіозв'язку

- емуляція вимірювачів потужності інших виробників
- інтуїтивний інтерфейс з сенсорним екраном.

Характеристики датчиків потужності

Датчики потужності R&S®NRPxxS(N), R&S®Nrpxxs(N), R&S®NRPxxTWG(N), R&S®NRPxxA(N), R&S®NRPxxP і R&S® Nrp готові до використання без додаткових процедур налаштування. На відміну від звичайних датчиків потужності, калібрування перед виконанням вимірювань не потрібно, оскільки датчики мають фіксовані (відкалібровані) характеристики по частоті, рівню і температурі і відрізняються довготривалою стабільністю. Всі дані калібрування зберігаються в датчиках, тому вони функціонують як незалежні вимірювальні прилади. Зазвичай обнуління не потрібно. Користувачі можуть підключити датчик і просто почати вимірювання.

Мінімізація похибки вимірювань

Для датчиків потужності R&S®NRPxxS (N), R&S®NRPxxT (N), R&S®NRPxxTWG (N), R&S®NRPxxA(N), R&S®NRPxxP і R&S® NRPxE не потрібно робити складні тестові налаштування (рис. 3). Небажані ефекти, такі як втрати в кабелі та відбиття, можуть бути компенсовані за допомогою корекції зміщення та S-параметрів.



Рис. 3. Датчики потужності компанії R&S

Корекція зміщення використовується для врахування загасання, яке не залежить від частоти. Корекція S-параметрів використовується для математичного зміщення площини відліку до тестованого пристрою (Device Under Test – DUT) з урахуванням S-параметрів будь-яких компонентів, підключених перед датчиком. Корекція компенсує вплив невідповідності імпедансу між джерелом і датчиком потужності (рис. 4).

Інтелектуальна функція усереднення скорочує час вимірювання завдяки усередненню шуму (вдосконалена функція автоматичного усереднення) будь-яке вимірювання може бути оптимізовано з точки зору часу вимірювання і точності. Фільтр усереднення динамічно налаштовується на оптимальне значення усереднення для досягнення заданого користувачем мінімального рівня шуму. Це допомагає звести до мінімуму час вимірювань і збільшити продуктивність при досягненні заданої користувачем точності, а також спростити програмування дистанційно керованих послідовностей вимірювань.

Різноманітні режими вимірювання:

- безперервного усереднення – надійні вимірювання середньої потужності за допомогою безперервного та модульованого сигналів
- усереднення пакетів – вимірювання середньої потужності пакета (датчики автоматично визна-

чають початок і кінець пакета)

- трасування – відображення залежності потужності огинаючої від часу
- часового інтервалу – вимірювання середньої потужності сигналів TDMA (наприклад, GSM / EDGE) за певний проміжок часу
- часового інтервалу – вимірювання середньої потужності до чотирьох незалежних часових інтервалів із заданим користувачем положенням та довжиною.

Додаткові можливості датчиків потужності R&S®NRPxxS(N)/P/T(N)/TWG(N)/A(N)/E

USBTMC для легкої інтеграції в систему

Датчики потужності R&S®NRPxx – це пристрої USBTMC, які можна легко інтегрувати в автоматизовані випробувальні установки без необхідності встановлення додаткових драйверів.

Вбудований порт вводу/виводу сигналу запуску (тригера)

Датчики мають вбудовану функцію запуску. Для того, щоб переконатися, що рівень потужності нижче мінімального порогу, необхідний зовнішній сигнал запуску. Такі сигнали зручно подавати через вбудований порт запуску (trigger), який також можна використовувати як вихід сигналу запуску. У режимі

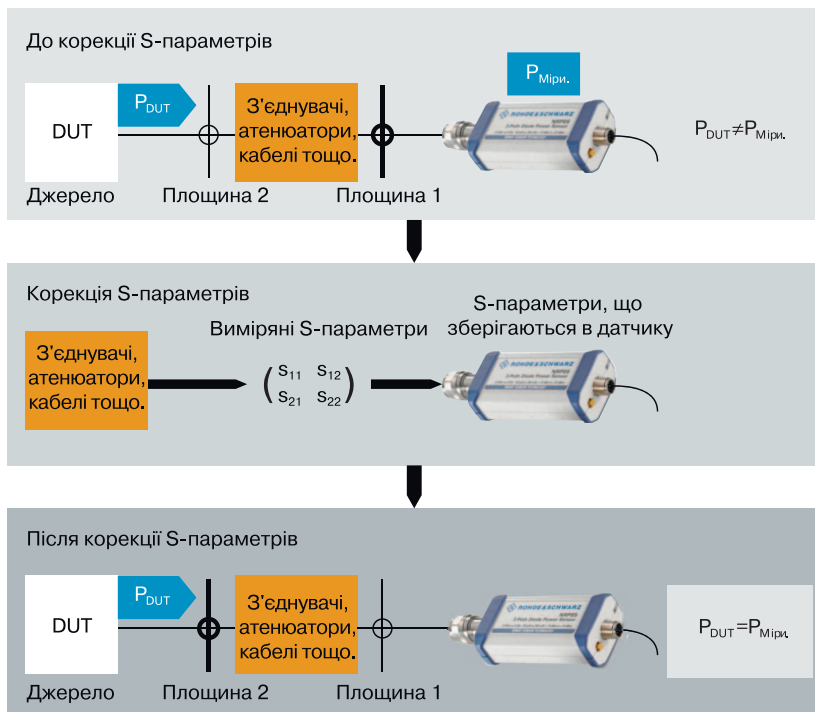


Рис. 4. Корекція S-параметрів для математичного зміщення площини відліку до тестованого пристрою

відправника сигналу запуску він формується з вимірюваного сигналу всередині датчика потужності і виводиться через порт запуску. Ця функція може бути використана для визначення вхідного і вихідного рівнів потужності підсилювача потужності, коли рівень на вході підсилювача занадто низький для вимірювання за внутрішнім сигналом запуску, але рівень на виході підсилювача досить високий. В цьому випадку датчик, що використовується для вимірювання вихідного рівня, діє як відправник сигналу для запуску вимірювання вхідного рівня.

Відображення стану за допомогою світлодіодного індикатора

Світлодіодний індикатор на датчиках дозволяє переглядати стан датчика під різними кутами. Це особливо зручно у випадку виробничих стелажів з великою кількістю датчиків. Світлодіод світиться зеленим кольором, що вказує на безпомилкові вимірювання. Помилки, пов'язані з системою, наприклад, відсутність сигналу запуску, також позначаються окремими кольорами. Це дозволяє користувачам миттєво бачити робочий стан усіх датчиків і швидко реагувати на проблеми.

Призначивши однаковий колір (значення RGB) вимірюваній трасі і світлодіоду пов'язаного з нею датчика, користувачі можуть легше пов'язати трасу з певним датчиком. Це корисно при одночасному використанні декількох датчиків (рис. 5).

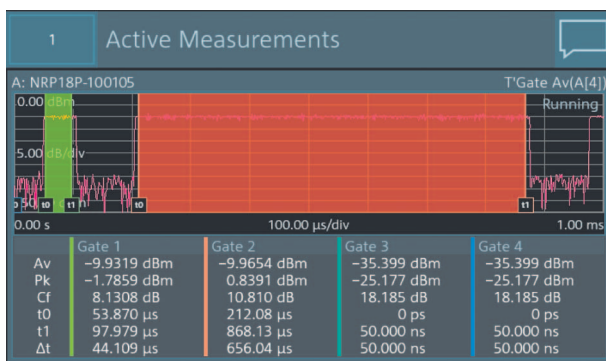


Рис. 5. Визначення потужності сигналу Wi-Fi IEEE 802.11g з маячком і блоком даних за допомогою імпульсного датчика потужності R&S@NRP18P і функції gate

Знімні кабелі для зручної експлуатації

Датчики потужності постачаються з різними знімними кабелями для підключення до різних дисплеїв. Для запобігання випадковому від'єднанню кабелю на кінці датчика передбачено гвинтове з'єднання.

Інтерфейсний USB-кабель R&S@NRP-ZKU можна використовувати для підключення датчика потужності до ноутбука/ПК через USB-роз'єм. Це компактне та економічно ефективне рішення, яке не потребує базового блоку. Для спрощення роботи з датчиком з ноутбука/ПК доступні два програмні засоби – R&S@Power Viewer Plus та віртуальний вимірювач потужності R&S@NRPV. Ці інструменти підтримують всі функції вимірювання, реалізовані в датчиках.

Інтерфейсні кабелі R&S@NRP-ZK6 і R&S@NRP-ZK8 призначені для роботи з датчиком потужності на базовому блоці R&S@NRX. R&S@NRP-ZK6 також можна використовувати для підключення датчика потужності до різноманітних генераторів сигналів Rohde & Schwarz, аналізаторів сигналів і спектру, щоб доповнити ці прилади високопродуктивним вимірювачем потужності.

Універсальний базовий блок R&S@NRX

Універсальний базовий блок забезпечує просте числове та графічне відображення вимірюваних значень та інтуїтивно зрозуміле керування. R&S@NRX одночасно підтримує до чотирьох датчиків потужності сімейства R&S@NRP і R&S@NRQ. Функціональні клавіші на передній панелі забезпечують швидкий доступ до найважливіших функцій. Користувачі можуть відкрити меню налаштування частоти або обнулити підключені датчики одним натисканням кнопки.

Програмовані користувачем комірки пам'яті для збереження та виклику дозволяють швидко отримати доступ до персональних налаштувань. Попередні налаштування (пресети) для всіх основних стандартів мобільного зв'язку, таких як 3GPP LTE, 3GPP WCDMA, GSM/EDGE, WLAN і Bluetooth® забезпечують коректне вимірювання з мінімальною кількістю натискань клавіш.

5-дюймовий кольоровий TFT-дисплей підтримує інтуїтивно зрозумілу віконну концепцію управління. Ключові параметри та функції мають кольорове кодування, і їх можна побачити з першого погляду. Результати представлені в числових і графічних вікнах, які можна легко налаштувати (рис. 6).

У режимах безперервного усереднення, усереднення серій, усереднення за часом і усереднення за часовим інтервалом можна паралельно відображати до чотирьох числових результатів. Коефіцієнт передачі, КСХ (коефіцієнт стоячої хвилі), зворотні втрати і коефіцієнт відбиття можуть бути розраховані з двох

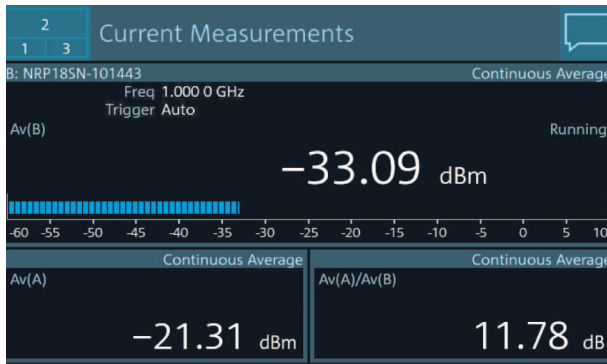


Рис. 6. R&S@NRX відображає до чотирьох результатів вимірювань одночасно

каналів вимірювання за допомогою попередньо визначених функцій обчислення і відображені на додаток до загального і відносного рівня потужності.

Вимірювання рефлектограм і статистичні вимірювання представлені в графічних вікнах. Режим рефлектограм дозволяє одночасно відображати дві рефлектограми в одному вікні вимірювань. Різниця рівнів і часовий зсув можна побачити з першого погляду і точно виміряти за допомогою горизонтальних і вертикальних маркерів. Також можна відобразити співвідношення двох рефлектограм.

Часові інтервали і часові ворота, а також пов'язані з ними гарантійні значення (середній, піковий або максимальний коефіцієнт) можуть бути графічно відображені у вікні трасування. Всі датчики імпульсної потужності R&S@NRPxxP дозволяють проводити автоматичний аналіз імпульсів. До 12 з 18 обраних користувачем параметрів імпульсу можуть відображатися на додаток до вимірювальної кривої (рис. 7).

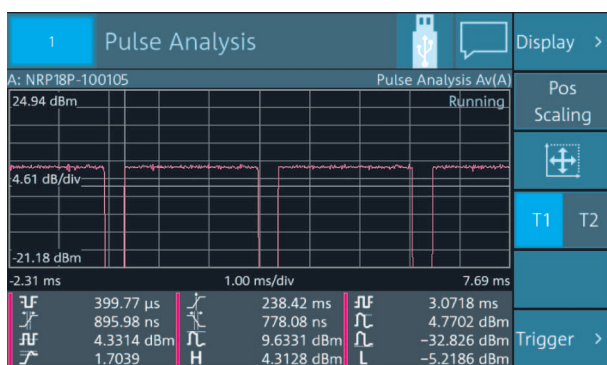


Рис. 7. Автоматичний аналіз параметрів імпульсів за допомогою R&S@NRX і датчика імпульсної потужності R&S@NRP18P

Статистичний амплітудний розподіл огинаючої потужності відображається у вигляді CCDF, CDF або PDF у вікні статистики.

Апаратні інтерфейси для дистанційного керування та запуску

R&S@NRX надає три різні віддалені інтерфейси для інтеграції в автоматизовані системи тестування: Ethernet, USB і опціонально GPIB (R&S@NRX-B8).

Тригерний вхід на задній панелі дозволяє здійснювати зовнішнє запуску для синхронізованих вимірювань потужності. Наприклад, використовуючи R&S@NRP18P, сигнал запуску може бути отриманий з вимірювального сигналу і виведений на вихід тригера (режим відправника сигналу запуску). Пропорційна за рівнем напруга або цифровий сигнал для моніторингу граничних значень може виводитися через BNC-роз'єми.

Можливість розширення до чотирьох каналів вимірювання

Стандартна конфігурація R&S@NRX включає один канал вимірювання. Базовий блок можна додатково розширити до двох (R&S@NRX-K2, опція програмного забезпечення) або чотирьох (R&S@NRX-K2 і R&S@NRX-K4, опції програмного забезпечення) каналів вимірювання.

Гнучкі інтерфейси датчиків

Базовий блок R&S@NRX має два роз'єми для датчиків на передній панелі та опціонально два додаткових роз'єми для датчиків на задній панелі (R&S@NRX-B4, апаратна опція). Роз'єм USB 2.0 на передній і задній панелі забезпечує додаткове підключення USB-датчиків живлення, ключів пам'яті, миші або клавіатури).

Вимірювання відбитої потужності

R&S@NRX опціонально поставляється з інтерфейсом R&S@NRX-B9 для датчиків спрямованої потужності R&S@NRT2.

Емуляція коду R&S@NRP2

R&S@NRX може інтерпретувати набір команд свого попереднього процесора, R&S@NRP2.

Джерело перевірки датчиків

Додатковий високоточний модуль опорного джерела 50 МГц/1 ГГц (R&S@NRX-B1) можна використовувати в режимі CW для перевірки роботи всіх датчиків потужності R&S@NRP. В імпульсному режимі тестовий генератор можна використовувати для перевірки характеристик вимірювання імпульсів імпульсних датчиків потужності R&S@NRPxxP або частотно-селективних датчиків потужності R&S@NRQ.

Вбудований мережевий інтерфейс

Датчики R&S@NRPxxSN, R&S@NRPxxAN, R&S@NRPxxTN, R&S@NRPxxTWGN). Моделі LAN оснащені додатковим інтерфейсом Ethernet без шкоди для функцій і продуктивності датчика (рис.8).



Рис. 8. Датчики R&S®NRPxxSN з інтерфейсом Ethernet

Віддалений моніторинг через локальну мережу на будь-якій відстані

Датчики потужності R&S®NRPxxSN, R&S®NRPxxTN, R&S®NRPxxTWGN і R&S®NRPxxAN LAN можна використовувати для віддаленого моніторингу, наприклад, для супутникових систем або прискорювачів частинок, де датчики повинні бути розміщені в різних точках системи. Інтерфейс Ethernet дозволяє здійснювати вимірювання на великій відстані між різними точками тестування і центром управління (рис. 9).

Вбудований веб-інтерфейс з повною підтримкою вимірювання потужності

Датчиками R&S®NRPxxSN, R&S®NRPxxTN, R&S®NRPxxTWGN і R&S®NRPxxAN можна керувати через веб-інтерфейс. За допомогою ПК, підключеного до Інтернету, датчиками потужності можна

зручно керувати через веб-браузер – ніякого додаткового програмного забезпечення встановлювати не потрібно (рис. 9).

Це дає можливість одночасного, незалежного від місця розташування віддаленого моніторингу декількох датчиків потужності R&S®NRPxxSN/TN/TWGN/AN за допомогою веб-браузера.

Живлення за технологією Power over Ethernet (PoE)

У разі роботи через локальну мережу живлення датчиків здійснюється через інтерфейс локальної мережі з підтримкою датчиком PoE-живлення. Якщо використовується мережа не підтримує стандарт PoE, то датчики підключаються до мережі через комутатор з підтримкою PoE.

Трьохканальні діодні датчики потужності

Трьохканальні діодні датчики потужності підходять для численних застосувань, оскільки вони підтримують вимірювання безперервного середнього значення, середнього значення пакету, середнього значення за заданий часовий інтервал, середнього значення у заданих воротах і вимірювання траси. Завдяки своїм характеристикам і високій швидкості та точності вимірювання, датчики можна використовувати для точного вимірювання середньої потужності сигналів у безпроводових системах зв'язку, починаючи від GSM і LTE і закінчуючи 5G NR.

Структура трьохканального датчика потужності наведена на рис. 10.

Для детального аналізу датчики пропонують додаткові функції вимірювання, такі як режим часового

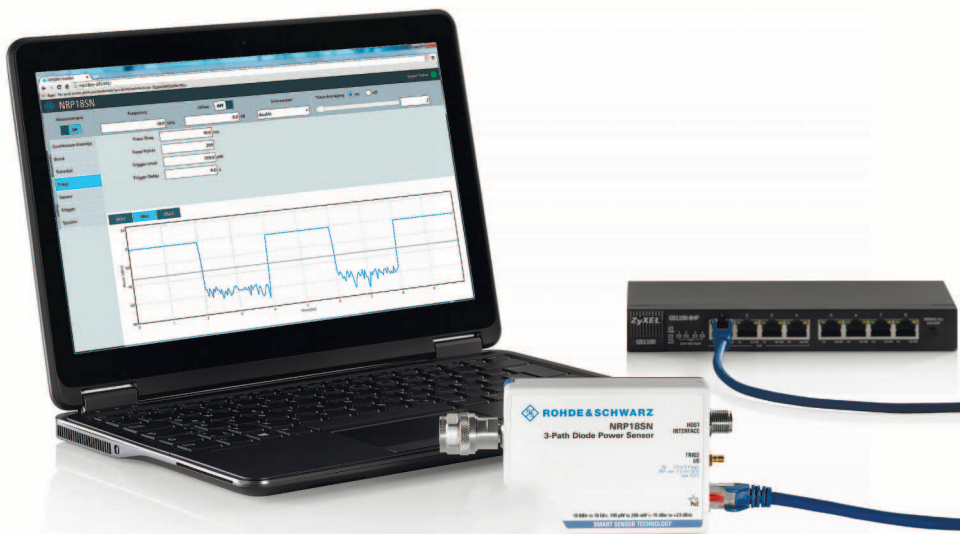


Рис. 9. Управління датчиком потужності R&S®NRPxxSN через веб-браузер

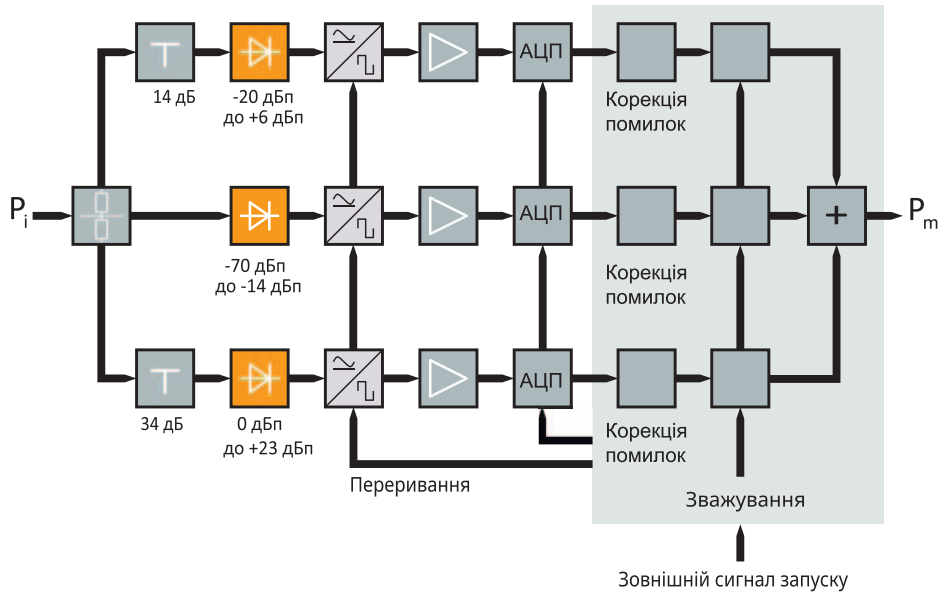


Рис. 10. Структура трьохканального діодного датчика потужності

інтервалу і режим трасування з шириною смуги пропускання 100 кГц при аналізі відеосигналів. Датчики R&S®NRP33S(N) з робочим діапазоном частот до 33 ГГц ідеально підходить для використання в автомобільному транспорті, наприклад, при розробці та виробництві радарів дальнього і ближнього радіусу дії (24 ГГц). Це також є вдалим вибором для встановлення, обслуговування та віддаленого моніторингу наземних станцій супутникових систем (до 33 ГГц).

Датчики R&S®NRP40S(N) і R&S®NRP50S(N) ідеально підходять для вимірювань в системах мікрохвильового зв'язку, що працюють на частотах до 50 ГГц завдяки малому часу необхідного для вимірювань та широкого динамічного діапазону датчиків.

Датчик R&S®NRP67S(N) підтримує роботу в діапазоні частот до 67 ГГц, включаючи IEEE 802.11ad і частину IEEE 802.11ay, а також радіолокацію в салоні автомобіля. R&S®NRP90S(N) ідеально підходить для застосувань у діапазоні E, таких як IEEE 802.11ay, мобільний зв'язок, автомобільні радіолокатори 77 ГГц або супутниковий зв'язок більш високих діапазонів.

Датчики потужності R&S®NRPxxS(N) (рис. 11 та 12) використовують три окремих діодних датчика, кожен з яких працює в оптимальному діапазоні детектора. В результаті середня потужність може бути визначена з високою точністю незалежно від типу модуляції. На результати вимірювань майже не впливають завади та гармоніки досліджуваного сигналу. Таким чином, датчики потужності R&S®NRPxxS(N) поведуться подібно до теплових датчиків потужності, але забезпечують значно вищу швид-



Рис. 11. Трьохканальний діодний датчик потужності R&S®NRP90SN



Рис. 12. Трьохканальний діодний датчик потужності R&S®NRP90S

кість вимірювань і динамічний діапазон до 93 дБ з нижньою межею вимірювання -70 дБм.

Параметри трипроменевих діодних датчиків потужності наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Трьохканальні діодні датчики потужності

Тип датчика	Діапазон частот	Діапазон рівнів	Тип роз'єму
R&S@NRP8S(N)	від 10 МГц до 8 ГГц	від -70 дБм до +23 дБм	N (m)
R&S@NRP18S(N)	від 10 МГц до 18 ГГц	від -70 дБм до +23 дБм	N (m)
R&S@NRP33S(N)	від 10 МГц до 33 ГГц	від -70 дБм до +23 дБм	3.5 мм (m)
R&S@NRP40S(N)	від 50 МГц до 40 ГГц	від -70 дБм до +20 дБм	2.92 мм (m)
R&S@NRP50S(N)	від 50 МГц до 50 ГГц	від -70 дБм до +20 дБм	2.4 мм (m)
R&S@NRP67S(N)	від 50 МГц до 67 ГГц	від -70 дБм до +20 дБм	1.85 мм (m)
R&S@NRP90S(N)	від 50 МГц до 90 ГГц	від -70 дБм до +20 дБм	1.35 мм (m)/1.00 мм (m)
R&S@NRP18S-10	від 10 МГц до 18 ГГц	від -60 дБм до +33 дБм	N (m)
R&S@NRP18S-20	від 10 МГц до 18 ГГц	від -50 дБм до +42 дБм	N (m)
R&S@NRP18S-25	від 10 МГц до 18 ГГц	від -45 дБм до +45 дБм	N (m)

На відміну від звичайної багатопроменевої технології, в датчиках потужності R&S@NRPxxS(N) результати вимірів сусідніми діодами перекриваються по рівню з запасом по 6 дБ (рис. 10). Всі вимірювання здійснюються безперервно і одночасно. Остаточний результат вимірювань досягається шляхом відповідного зважування результатів вимірювань всіма діодами. Цей інноваційний підхід забезпечує плавний перехід між виміряними різними діодами значеннями потужності. Проблеми, пов'язані з перемиканням між діодами, такі як ефекти гістерезису, додаткові затримки вимірювання і диференціальна нелінійність, усуваються. Запатентована архітектура датчика також покращує співвідношення сигнал/шум і збільшує швидкість вимірювання в перехідній області.

Велика швидкість і точність вимірювання навіть при низьких рівнях потужності

Швидкість вимірювання залежить не тільки від частоти дискретизації. Вона значною мірою залежить від рівня потужності, що вимірюється, і бажаної точності вимірювання. Для підвищення точності вимірювання, особливо при низьких рівнях, необхідно усереднювати декілька вимірянних значень. Хоча операція усереднення зменшує шумову складову і, таким чином, підвищує точність вимірювання, вона також призводить до збільшення часу вимірювання. Тому датчики потужності R&S@NRPxxS(N) були розроблені з урахуванням надзвичайно низького рівня шуму при вимірюванні.

Як правило, можна вважати, що зменшення шуму вимірювання на 50% скорочує час вимірювання в чотири рази при збереженні тієї ж точності. З типовим рівнем шуму вимірювання 20 пВт, датчики потужності R&S@NRPxxS(N) можуть виконувати ви-

мірювання до нижньої межі -70 дБп з найвищою швидкістю і точністю, доступною в даний час на ринку.

Понад 50 000 зчитувань/с

Датчики потужності R&S@NRPxxS(N) з швидкістю понад 50 000 зчитувань/с в режимі швидкого безперервного усереднення на сьогоднішній день є найшвидшими датчиками на ринку. У буферному режимі вони можуть передавати до 8192 вимірянних значень у блоці з мінімальною тривалістю 10 мкс. Це відповідає часу безперервного знімання інформації 81,92 мс. Будь-які випадкові завади будуть надійно виявлені.

У режимі швидкого безперервного усереднення датчики потужності R&S@NRPxxS(N) можуть виконувати до 10000 спрацьовувань/с з мінімальним часом повторення спрацьовування 100 мкс без втрати жодного вимірювання. Така швидкість вимірювання досягається завдяки використанню буферного режиму. У буферному режимі всі вимірянні дані збираються всередині датчика і передаються одним блоком на хост датчика. Використовуючи максимальний розмір буфера, датчики R&S@NRPxxS(N) здатні збирати дані вимірювань до 8192 спрацьовувань протягом 0,81 с.

Датчики для вимірювання великої потужності

R&S@NRP18S-10, R&S@NRP18S-20 та трьохканальні діодні датчики потужності R&S@NRP18S-25 складаються з датчика R&S@NRP18S і атенюатора 10, 20 або 25 дБ на його вході. Вони призначені для вимірювання потужності до 2, 15 і 30 Вт, відповідно (рис. 13).

При використанні з атенюатором помилки невідповідності між датчиком і атенюатором автоматично коригуються. S-параметри атенюатора визначають-



Рис. 13. Трьохканальні діодні датчики потужності R&S@NRP18S-10, R&S@NRP18S-20 та R&S@NRP18S-25 для вимірювання потужності до 30 Вт

ся і зберігаються в датчику під час виробництва. Потім вони автоматично враховуються при виконанні вимірювань.

Трьохканальні діодні датчики потужності, що відповідають вимогам TVAC

Датчики розроблені спеціально для використання у термовакуумній камері (TVAC). Випробування у термовакуумній камері необхідні при випробуванні супутників та їх компонентів та систем перед запуском у космос.

Це вимагає високоточних, надійних вимірювань потужності безпосередньо на досліджуваному об'єкті, тобто в камері TVAC. Тому датчики потужності повинні не тільки функціонувати у високому вакуумі, але бути здатними витримувати певні температурні коливання.

Датчики потужності R&S@NRP33SN-V (діапазон частот від 10 МГц до 33 ГГц) та R&S@NRP67SN-V TVAC- (діапазон частот від 50 МГц до 67 ГГц) спеціально розроблені для виконання цих вимог. Всі компоненти запікаються у вакуумній камері під час виробничого процесу, тому газ, що виділяється зведено до мінімуму. Вентиляційні отвори в корпусі забезпечують вирівнювання тиску між внутрішньою частиною датчика і навколишнім середовищем. Зовнішній вигляд датчика R&S@NRP33SN-V наведено на рис. 14.

Про інші датчики компанії Rohde & Schwarz інформація буде розміщена у другій частині статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. RF & microwave power meters. Url:

<https://www.rohde-schwarz.com/ua/products/test->



Рис. 14. R&S@NRP67SN-V датчик потужності, що відповідає вимогам TVAC

and-measurement/rf-and-microwave-power-meters_63672.html

2. R&S@NRP power meter family. Url: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_brochures_and_datasheets/product_brochure/5213_5539_12/NRP-Power-Meter-Family_bro_en_5213-5539-12_v1600.pdf

3. Power meters and sensors from Rohde&Schwarz. Url: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_brochures_and_datasheets/flyer/3606_7147_32/Power-meters-and-sensors_fly_en_3606-7147-32_v0500.pdf



Цифрові осцилографи змішаних сигналів RTB2004 для учбових лабораторій

Основні характеристики:

- 4 канали для дослідження аналогових сигналів
- смуга пропускання 70, 100, 200 та 300 МГц різних моделей
- частота дискретизації 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц у режимі чергування
- 10-розрядний АЦП
- обсяг пам'яті 10 мільйонів відліків на канал
- максимальна чутливість каналу вертикального відхилення 1 мВ
- 10.1" емсійний сенсорний екран, 1280×800 пікселів
- підтримка жестів для масштабування та деталізації сигналів
- 16-канальний логічний аналізатор, частота дискретизації 1.25 ГГц
- можливість синхронізації зовнішніми сигналами
- аналіз сигналів у шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-розрядний генератор тестових послідовностей
- генератор сигналів: синус, прямокутні імпульси, меандр, трикутний, пилкоподібний, SinC, експоненціальний, сигнал довільної форми
- реєстрація сигналів у наступних режимах роботи: вибірка, огинаюча, пікове значення, висока роздільна здатність, усереднення результатів вимірювання, огинаюча + пікове значення
- збереження та поповнення бази даних форми сигналу довільної форми
- можливість налаштування інтерфейсу користувача
- розширений набір режимів синхронізації
- виконання основних математичних операцій над сигналами (+, -, *, /), спектральний аналіз досліджуваних сигналів (ШПФ, 128 тис. точок)
- робота у локальній мережі
- документування у вигляді знімків екрана або налаштувань приладу, які зберігаються на зовнішній Flash-накопичувач
- автоматичний вибір налаштувань по вертикалі, горизонталі та синхронізації для оптимального перегляду активних сигналів

<https://www.rohde-schwarz.com>