

# Длительный дистанционный мониторинг передатчика космического аппарата с помощью USB-датчиков мощности

с помощью USB-датчиков мощности

Сук Хуа Вонг (Sook Hua Wong)  
sook-hua\_wong@agilent.com

## Введение

Повышение скоростей передачи данных — основное направление развития спутниковых систем связи (ССС). Многие ССС работают в микроволновых диапазонах  $X$ ,  $Ku$  и  $Ka$ , что обеспечивает более широкую полосу частот модуляции, увеличение пропускной способности и позволяет использовать антенны меньшего размера. Но расширение полосы пропускания с одновременным повышением рабочих частот создает проблемы для радиоинженеров, занятых тестированием ССС, их модулей и компонентов.

В статье рассказывается о типовых приложениях, в которых требуется измерять мощность, и рассматриваются важные факторы, которые необходимо учитывать при принятии решений по выбору датчиков и измерителей мощности. Кроме того, статья поясняет, как эти решения могут упростить вашу работу,

повысить точность и надежность измерений, расширить охват тестирования.

## Приложения по тестированию ССС

При тестировании ССС большую роль играют измерения мощности. Проиллюстрируем это, описав три основных приложения, требующих таких измерений.

- Непрерывный мониторинг мощности спутниковых сигналов, принимаемых антенной (рис. 1).

Из-за большого расстояния между космическим аппаратом (КА) и Землей наземная станция обычно принимает очень слабый сигнал (уровень менее  $-100$  дБм). Неблагоприятные метеорологические условия, включая облачность, влажность и экстремальные температуры, вызывают атмосферное затухание радиоволн. К снижению мощности также

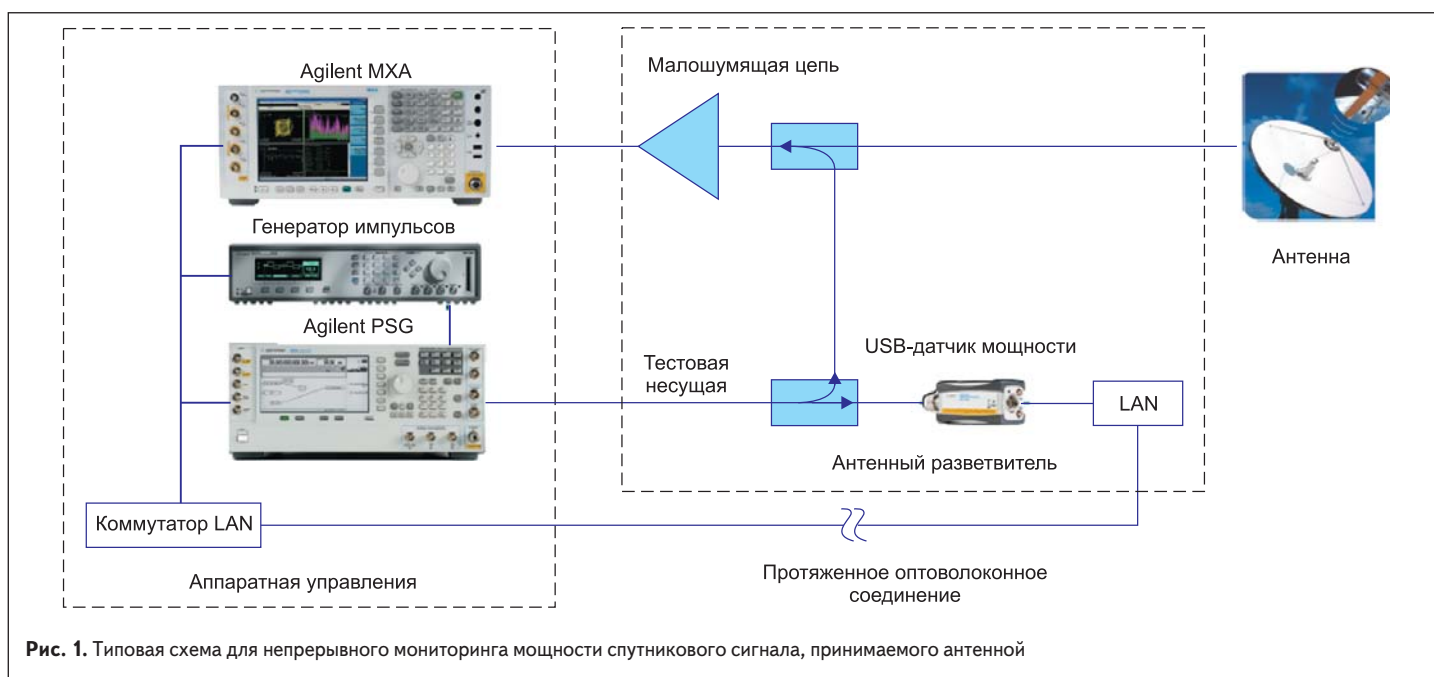


Рис. 1. Типовая схема для непрерывного мониторинга мощности спутникового сигнала, принимаемого антенной

может привести нарушение ориентации антенны. Непрерывный дистанционный мониторинг сигналов позволяет обеспечивать соотношение «сигнал-шум», достаточное для корректной работы линии спутниковой связи. Использование анализатора спектра с датчиком мощности способствует повышению точности измерений.

• Испытание КА на заводе-изготовителе.

Перед запуском на орбиту КА необходимо испытать в термовакуумной камере, имитирующей экстремальные условия окружающей среды. Испытания проводятся круглосуточно в течение нескольких месяцев. При этом в камерах циклически устанавливается высокая или низкая температура и другие условия. На одной из стенок камеры имеются порты, через которые к спутнику, находящемуся в камере, подсоединяют различное контрольно-измерительное оборудование, размещенное на стойках. Измерения мощности играют большую роль на этапе заводских испытаний, поскольку длительный непрерывный мониторинг выходной мощности передатчиков позволяет обнаруживать любые нестабильности, броски или короткие импульсные помехи. При выполнении комплексных испытаний в диапазонах частот *Ku* и *Ka* к спутнику можно одновременно подключить до 20 датчиков и измерителей мощности. Для контроля стабильности результаты измерений регистрируются каждую секунду. К выходу встроенного регистратора измерителя мощности может быть подсоединен ленточный самописец. Если передаваемая мощность начинает изменяться, то испытательное программное обеспечение отключает питание спутникового передатчика, чтобы предотвратить его повреждение. Поскольку стоимость одного дня испытаний чрезвычайно высока, все измерения должны выполняться точно и правильно.

• Испытание компонентов спутника.

Усилители на ЛБВ являются основными компонентами спутниковых ретрансляторов, поэтому их мощность должна измеряться с высокой точностью. Спутниковые ретрансляторы принимают слабый сигнал с Земли и передают мощный выходной сигнал, усиленный с помощью ЛБВ. Широкое применение усилителей на ЛБВ в спутниковых передатчиках объясняется их широким диапазоном частот и высокой выходной мощностью. Все усилители на ЛБВ необходимо протестировать, чтобы удостовериться, что выдаваемой ими мощности достаточно для правильной работы спутникового ретранслятора. Ретранслятор усиливает и повторно передает сигнал на другой частоте, выполняя функции приемника, преобразователя частоты и передатчика. Таким образом, он является приемопередатчиком и обычно состоит из малошумящего усилителя, смесителя и гетеродина, а также усилителя мощности на ЛБВ. Приемник и передатчик располагаются внутри ретранслятора в непосредственной близости один от другого и работают одновременно, поэтому точное тестирование позволяет принять меры к исключению влияния передатчика на приемник.

### Рекомендации по выбору датчиков и измерителей мощности

Выбирать датчик и измеритель мощности нужно с учетом изложенных выше соображений, придерживаясь следующих рекомендаций:

• Диапазон частот.

Многие ССС работают в микроволновых диапазонах *X* (8–12 ГГц), *Ku* (11–15 ГГц) и *Ka* (18–40 ГГц), поэтому следует выбрать датчик мощности соответствующего диапазона.

• Долговременный дистанционный мониторинг.

В приложениях по дистанционному мониторингу сигналов КА или при испытаниях спутника в вакуумной камере расстояние между аппаратной управления и фактическим местом измерения составляет десятки метров. Обычно длина кабеля между датчиком и измерителем мощности не превышает 60 м. USB-датчик мощности поставляется с 5-метровым кабелем, причем длину соединения можно увеличить до 90 м с помощью адаптеров USB-LAN (рис. 2). Датчик должен обеспечивать долговременную регистрацию данных (до 1 года) и предупреждать пользователя о превышении предельной мощности. Мощность на выходе ВЧ-усилителей на борту КА может достигать нескольких десятков ватт, а потому во избежание отказа их нужно отключать, когда измеренные уровни мощности превышают предельные значения.

• Установка нуля и калибровка.

В процессе дистанционного мониторинга спутниковых сигналов или в ходе испытаний КА в термовакуумной камере доступ к датчику не всегда возможен. Поэтому датчик должен обеспечивать длительную, надежную и точную работу. Выбирая датчик мощности, следует учитывать проблемы, связанные с установкой нуля, калибровкой и долговременным дрейфом его характеристик. Если датчик оборудован встроенным источником опорного напряжения и цепью коммутации, встроенным калибратором и цепью установки нуля, пользователь может

устанавливать нуль и калибровать датчик дистанционно, не отключая его от испытуемого устройства. Причем датчик не требуется подсоединять к внешнему калибровочному источнику, что сокращает время испытаний, снижает погрешность измерений, уменьшает износ и вероятность поломки разъемов. Датчик может автономно работать на спутниковом оборудовании в течение многих месяцев.

• Многоканальные режимы.

Компактный USB-датчик мощности не имеет органов управления и индикации, функции которых выполняет поставляемое с ним программное обеспечение (ПО). Важно выбрать USB-датчик мощности, ПО которого обеспечивает одновременное управление несколькими датчиками (до 20) и отображение полученных от них результатов измерений. С помощью этого ПО пользователи могут непрерывно контролировать большое число спутниковых передатчиков и одновременно выполнять математические операции, такие как вычисление отношений и разностей мощностей в разных каналах.

• Зависимость характеристик от температуры.

При проведении комплексных испытаний в вакуумной камере КА подвергается воздействию экстремальных температур. В памяти датчика должны храниться калибровочные коэффициенты, которые нужно применять для работы при той или иной температуре. Благодаря этому датчик способен выполнять точные измерения в широком температурном диапазоне. В памяти датчика также должны храниться поправочные коэффициенты для коррекции результатов измерений с учетом частоты и уровня мощности. Встроенный термистор датчика регистрирует изменения окружающей температуры, на основе которых он выбирает подходящие коэффициенты для компенсации температурного дрейфа. Это гарантирует поддержание высокой точности измерений с помощью USB-датчика в широком диапазоне температур.

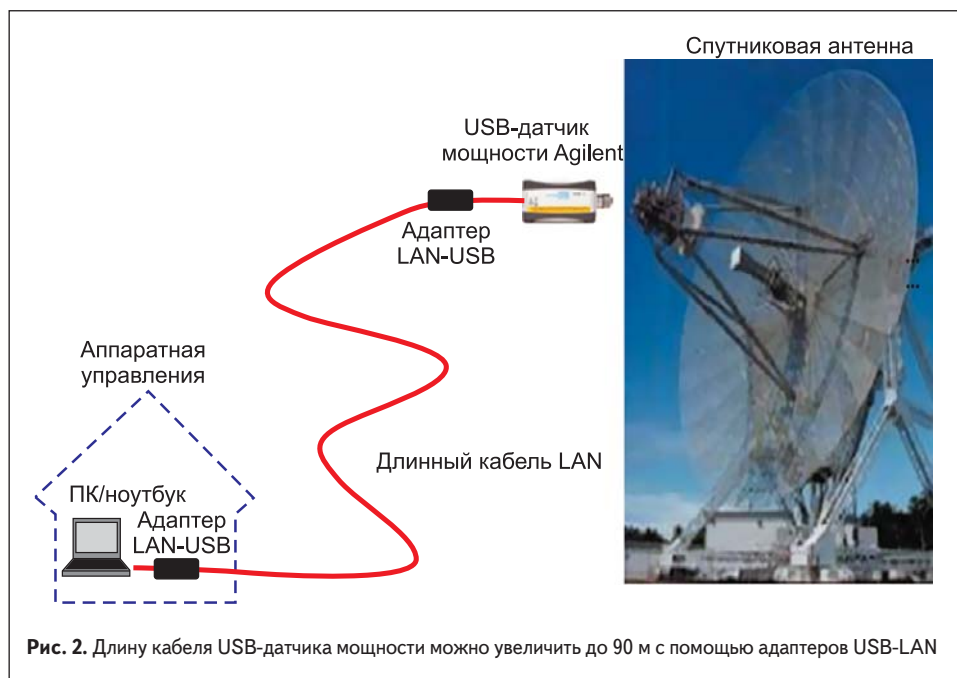


Рис. 2. Длину кабеля USB-датчика мощности можно увеличить до 90 м с помощью адаптеров USB-LAN

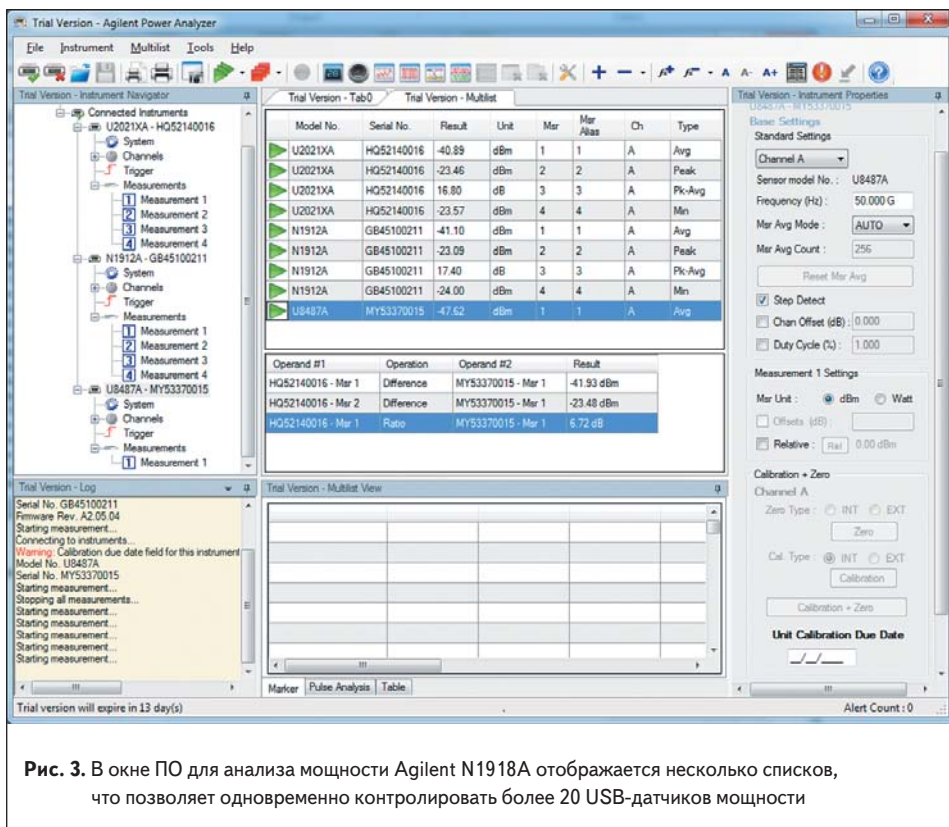


Рис. 3. В окне ПО для анализа мощности Agilent N1918A отображается несколько списков, что позволяет одновременно контролировать более 20 USB-датчиков мощности

- Тип измерений.

Для мониторинга передатчика спутника достаточно простого измерения средней мощности, которое выполняется большинством датчиков или измерителей мощности. Сигналы с выхода встроенного регистратора используются для архивирования результатов измерений (рис. 3). Этот выход можно активировать для выдачи сигнала напряжения 0–1 В, пропорционального измеренной средней мощности. Для выполнения диагностических задач к выходу регистратора можно подключить плоттер или ленточный самописец.

## Заключение

Ужесточение требований к точности и надежности измерений увеличивает сложность испытаний КА, их компонентов, модулей или систем. Несоответствия и дефекты могут привести к тяжелым последствиям, поэтому производители КИПиА должны поставлять надежную продукцию, позволяющую эффективно тестировать КА в соответствии со строгими требованиями заказчиков. Компания Agilent, которая в течение 50 лет выпускает высококачественные приборы для измерения мощности, предлагает широкий выбор оборудования, идеально подходящего для точных и надежных испытаний бортового оборудования спутниковой связи.