

Восемь типичных ошибок при выполнении измерений с помощью анализатора спектра

Боб Нельсон, Agilent Technologies, Inc.

В статье рассмотрены восемь типичных ошибок, совершаемых при выполнении измерений с помощью анализатора спектра. Эти ошибки могут привести к тому, что тестируемое устройство будет настроено неправильно, в результате чего заказчик получит не соответствующий спецификациям прибор. Предложенные простые рекомендации помогут избежать ошибок при тестировании устройств с помощью анализатора спектра.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПОДХОДЯЩЕГО ДЕТЕКТОРА

В современных анализаторах спектра предусмотрена возможность выбора детекторов (см. рис. 1). Обычно это детекторы пикового, мгновенного, среднего и действующего значений. Каждый детектор предназначен для сигналов определённого типа. Использование неподходящего детектора приводит к неправильным результатам измерений и, следовательно, к неправильной настройке тестируемого устройства или пропуску присутствующего сигнала помехи. Далее приведены некоторые общие правила выбора детектора в соответствии с типом сигнала и целью измерений.

Детектор мгновенных значений (Sample Detector) выдаёт по одной выборке для каждой точки спектрограммы на экране дисплея. Если экран

дисплея сконфигурирован на отображение, скажем, 1001 точки спектрограммы (#Pnts), то каждая точка представляет собой одну из множества выборок, равномерно распределённых по полосе сканирования прибора (SPAN) в частотной области. Частотный интервал между точками трассы равен $SPAN/(\#Pnts-1)$. Этот детектор идеально подходит для измерения шумоподобных сигналов, но при измерении немодулированных сигналов (CW) необходимо установить полосу пропускания (RBW), которая будет шире частотного интервала между точками спектрограммы. Задав слишком узкую полосу разрешения, можно или получить заниженное значение амплитуды немодулированного сигнала, или полностью пропустить этот сигнал. Большинство анализаторов спектра автоматиче-

ски выбирает детектор мгновенного значения при отображении спектрограммы с усреднением, поэтому этот детектор может быть использован по умолчанию и при измерении немодулированных сигналов.

Пиковый детектор (Peak Detector) обнаруживает максимальное значение амплитуды в каждом интервале и отображает это значение в виде точки спектрограммы. Этот детектор идеально подходит для измерения немодулированных сигналов, но при измерении шумоподобных сигналов он выдаёт неправильное значение за исключением тех случаев, когда нужно обнаружить максимальное значение мощности, а измерение производится с удержанием максимума.

Детектор с усреднением (Average Detector) усредняет мощность между двумя точками спектрограммы и отображает в линейном масштабе в милливаттах среднюю мощность. Этот детектор идеально подходит для шумоподобных сигналов. Кроме того, он правильно отображает амплитуду немодулированного сигнала, если полоса пропускания шире частотного интервала между точками трассы. По аналогии с детектором мгновенного значения, усредняющий детектор может выдать заниженное значение амплитуды немодулированного сигнала при слишком узкой полосе разрешения.

Детектор нормального значения (Normal Detector) в большинстве случаев используется в анализаторах спектра по умолчанию. Это связано с тем, что он выдаёт точное значение амплитуды немодулированного сигнала независимо от соотношения между полосой разрешения и частотным интервалом между точками трассы. Детектор нормального значения эффективно работает и с шумоподобными сигналами. В этом случае, если спектральная составляющая сигнала то возрастает, то убывает, для нечётной точки спектрограммы отображается максимальное, а для чётной точки – минимальное значения сигнала. В результате на экране отображается полный размах шумоподобного сиг-

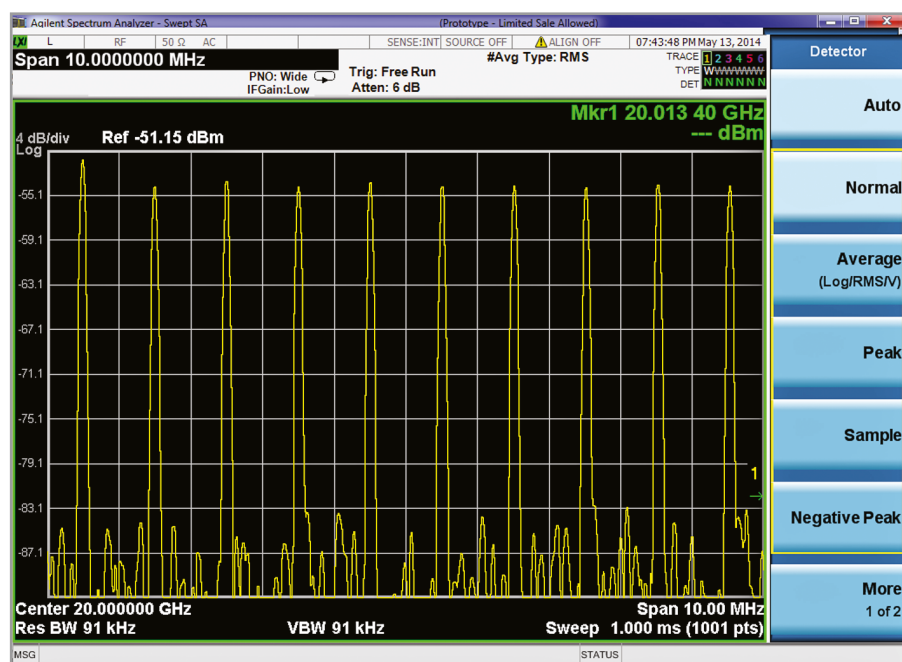


Рис. 1. Выбор правильного детектора

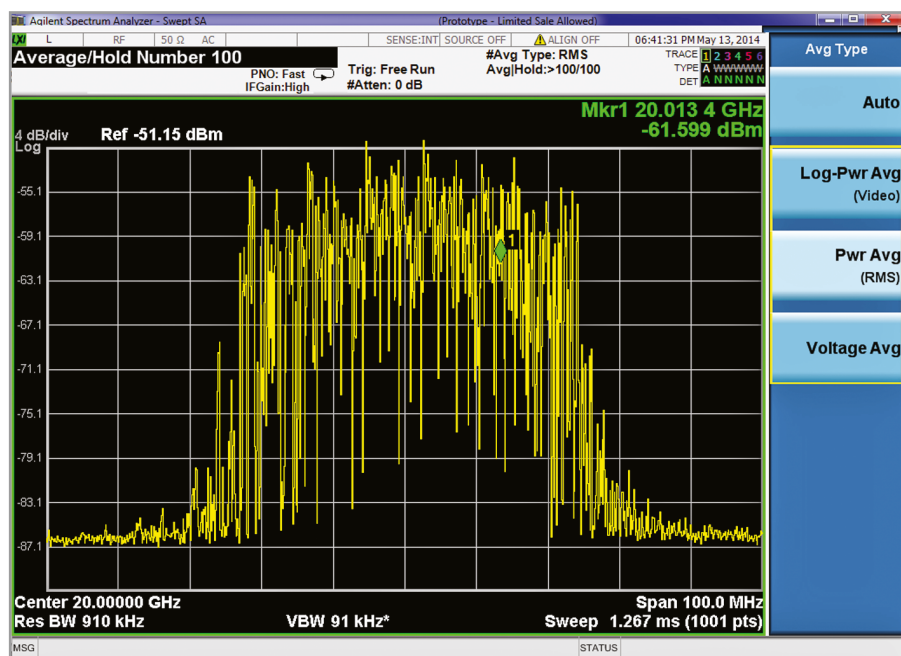


Рис. 2. Установка правильного режима усреднения

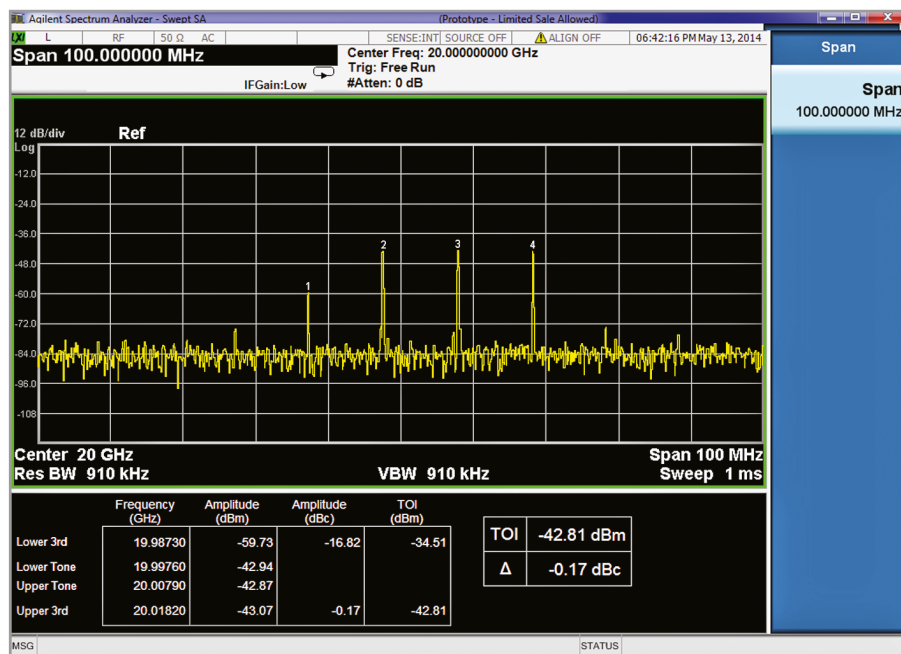


Рис. 3. Измерения искажений на анализаторе спектра

нала. Для участков спектрограммы, где сигнал только возрастает или только убывает, отображается максимальное значение. Это происходит, когда немодулированный сигнал свипируется в пределах всей трассы и поддерживается неизменной амплитуда сигнала. Однако такой детектор не рекомендуется использовать при измерении суммарной мощности шума, например, при измерении мощности шумов в канале или мощности помех по соседнему каналу, поскольку чередование максимальных и минимальных значений неправильно представляют распределение мощности в спектре шумоподобного сигнала.

Если отсутствуют особые причины для выбора специфического детектора, следует применять детектор, выбранный анализатором спектра по умолчанию. При появлении сомнений рекомендуется использовать для измерения немодулированных сигналов пиковый детектор, а шумоподобных сигналов – детектор среднего значения.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРАВИЛЬНОГО РЕЖИМА УСРЕДНЕНИЯ

В большинстве анализаторов спектра можно выбирать один из двух типов усреднения мощности – Log-Video или Power (RMS) (см. рис. 2).

Усреднение Log-Video (логарифмическое усреднение мощности) подразумевает измерение амплитуды огибающей сигнала в логарифмическом масштабе в децибелах. При усреднении Log-Video измеренное значение уровня шумоподобного сигнала, такого, как собственный шум анализатора спектра или сигнал стандарта WCDMA, будет на 2,51 дБ меньше фактического уровня сигнала. Однако на немодулированный сигнал усреднение Log-Video не влияет. Именно поэтому усреднение Log-Video целесообразно использовать для измерения немодулированного сигнала, уровень которого близок к уровню собственного шума анализатора спектра. Усреднение Log-Video позволяет уменьшить влияние собственного шума и увеличить отношение сигнал/шум.

При измерении шумоподобного сигнала почти во всех случаях следует использовать среднееквадратичное усреднение мощности – Power (RMS). Можно выполнить или простое усреднение спектрограммы или усреднение, основанное на уменьшении видеополосы (VBW) до значения, меньшего полосы пропускания (RBW).

Усреднение Log-Video рекомендуется использовать для измерения немодулированного, а Power (RMS) – шумоподобного (модулированного) сигнала.

3. ИЗМЕРЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ИСКАЖЕНИЙ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА ВМЕСТО ИСКАЖЕНИЙ ИСПЫТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

В ряде случаев анализатор спектра используется для измерения нелинейных искажений тестируемого устройства (см. рис. 3). Можно определить (измерить) точку пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка (TOI), мощность в соседнем канале (ACP) или гармоники. Амплитуда частотных составляющих искажений обычно определяется относительно уровня входного сигнала устройства. К сожалению, аналогичные искажения генерируются и в анализаторе спектра. Если не принять никаких мер, то их значения будут прибавляться или вычитаться из результатов измерений, делая их полностью недостоверными.

Собственные искажения зависят от уровня сигнала на входе смесителя в анализаторе спектра. Для уменьшения уровня сигнала на входе смесителя можно увеличить коэффициент

ослабления внутреннего или внешнего аттенюатора. Его следует увеличивать до тех пор, пока относительный уровень частотных составляющих искажений не перестанет изменяться. При такой настройке аттенюатора можно уверенно утверждать, что измеряются характеристики испытываемого устройства.

4. НЕПРАВИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ СИГНАЛА НА ВХОДЕ СМЕСИТЕЛЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ АМПЛИТУДЫ ВЕКТОРА ОШИБОК (EVM)

Измерение параметров линейных искажений в испытываемом устройстве, например амплитуды вектора ошибок (EVM), выполняется с помощью функции векторного анализа сигналов, реализуемой анализатором сигналов. В этом режиме сигнал, преобразованный с понижением частоты, подаётся непосредственно на АЦП анализатора сигналов. Обычно выбирается подходящая полоса пропускания, но в некоторых случаях анализатор сигналов не оптимизирован для конкретного измерения. При слишком низком или слишком высоком уровне сигнала на входе смесителя качество измерений ухудшается.

Для оптимизации измерений следует сначала уменьшить коэффициент ослабления сигнала на входе до возникновения состояния перегрузки АЦП, а затем увеличить коэффициент ослабления до исчезновения перегрузки. Это гарантирует эффективное использование всего динамического диапазона АЦП. Для оптимизации может потребоваться включить предусилители или использовать дополнительные внешние усилители для сигналов низкого уровня.

Процедуру оптимизации можно автоматизировать, предварительно настроив функцию ограничения по минимальному уровню (если прибор поддерживает такую возможность).

5. При дистанционном управлении прибором НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ОДНОКРАТНОЕ СВИПИРОВАНИЕ

На первый взгляд кажется, что измерение с непрерывным свипированием должно выполняться быстрее. Однако при дистанционном управлении прибором измерение с непрерывным свипированием будет выполняться медленнее, чем с однократным. Это связано с тем, что когда пользователь

посылает команду INITIATE (инициировать) для начала цикла свипирования, прибор предварительно должен прервать текущий цикл, что ведёт к потере всех результатов и, следовательно, потере времени. В подавляющем большинстве случаев для поддержания максимально высокого быстродействия и синхронизации измерений рекомендуется перевести прибор в режим однократного свипирования, а затем произвести любые требующиеся измерения.

6. ИЗМЕРЕНИЯ НЕ СИНХРОНИЗИРОВАНЫ С ПОМОЩЬЮ ЗАПРОСА *OPC?

Автоматизация измерений и анализа сигналов усложняется по мере развития новых технологий. Может возникнуть неприятная ситуация, когда пользователь постоянно получает прогнозируемые результаты и вдруг обнаруживает неправильный результат. В азарте выявления ошибки можно обнаружить, что вводятся дополнительные стадии ожидания, чтобы замедлить выполнение кода. Может показаться, что это уменьшит частоту появления ошибок или устранил их полностью. В этом случае, скорее всего, нарушится синхронизация между прибором и управляющей программой.

Для поддержания правильной синхронизации следует использовать маркер Operation Complete (OPC), указывающий на завершение выполнения измерения или свипирования. Код следует запрограммировать следующим образом:

INIT:CONT OFF Установить режим однократного свипирования.

INITIATE:<measurement> Инициировать измерение.

***OPC?** Запрос прибору на выдачу единицы (1) по завершении выполнения измерения. Получив эту единицу, управляющая программа будет знать, что прибор выполнил измерение.

FETCH:<measurement>? Извлечь результаты измерений или установить маркер на трассе.

7. НЕВЫПОЛНЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ: ВЫКЛЮЧИТЬ ДИСПЛЕЙ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДВОИЧНЫЙ ФОРМАТ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Во всех случаях, чтобы добиться максимальной производительности при тестировании, целесообразно выключить дисплей и использовать двоичный формат передачи данных для повышения скорости передачи.

часть дисплей и использовать двоичное представление данных, чтобы уменьшить объём передаваемой информации. Приведённые далее команды позволят значительно повысить производительность:

INIT:CONTOFF Установить измерение с однократным свипированием.

FORMAT:DATA:REAL,32 Преобразовать результаты измерения в 32-разрядный двоичный формат с плавающей точкой.

DISPLAY:ENABLE OFF Выключить дисплей.

8. ПРЕВЫШЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ МОЩНОСТИ НА ВХОДЕ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Большинство контрольно-измерительных приборов выходит из строя при подаче на вход сигнала мощностью более +30 дБм.

Трудно описать эмоции, возникающие у исследователя, когда, подав сигнал через разъём на передней панели анализатора спектра, он в течение короткого времени видит на экране беспорядочные ложные сигналы, которые затем исчезают. А осознание того, что он подал на свой новый анализатор спектра сигнал мощностью 5 Вт, послужит незабываемым уроком на будущее.

При работе с сигналами, для которых известно, что их мощность выше максимально допустимой, на входе прибора следует использовать устройства, понижающие уровень сигнала. Это позволит не только ускорить измерения, но и избежать затрат на возможный ремонт.

Выводы

В этой статье описаны восемь типичных ошибок, совершаемых при выполнении измерений с помощью анализатора спектра. Кроме них существует великое множество других ошибок, с которыми сталкиваются разработчики. Перечисленных же выше ошибок можно достаточно легко избежать.

В течение многих лет производители контрольно-измерительного оборудования проводят большую работу по выбору стандартных настроек, позволяющих получать наиболее точные результаты для конкретного вида измерений. Тем не менее, реальность такова, что опытный пользователь анализатора спектра должен понимать – как выполняются настройки для оптимизации каждого измерения.

