

Keysight Technologies

Три совета по совершенствованию измерений коэффициента шума

Уменьшение погрешности измерений коэффициента шума

Краткие
рекомендации
по применению

Коэффициент шума (КШ), также известный как "шум-фактор", является ключевым показателем качества многих приемных устройств и радиотехнических систем. Он характеризует степень ухудшения отношения «сигнал/шум» при прохождении сигнала через исследуемое устройство (ИУ). В цифровых системах связи приемник с меньшим КШ будет обладать лучшей способностью выделять сигналы с малой амплитудой, а значит, будет иметь меньший коэффициент битовых ошибок (BER). Измерения КШ, как правило, требуется выполнять в лабораторных условиях в процессе разработки и отладки новых конструкций радиотехнических устройств, а также в условиях производства при контроле соответствия величины производственного запаса характеристик выпускаемой продукции требованиям технической документации.

Погрешность измерений КШ является критически важным фактором, особенно когда нужно повысить эффективность и снизить издержки. Настоящие краткие рекомендации по применению содержат советы, которые помогут вам уменьшить погрешность, добиться высоких результатов и снизить стоимость измерений КШ усилителей, смесителей и преобразователей частот.

Совет 1: для ускорения вычислений используйте калькулятор погрешности измерений КШ

Расчет погрешности измерений является сложным и трудоемким процессом. К счастью, для облегчения и ускорения подобных расчетов разработаны калькуляторы погрешности.¹

При вычислении погрешности измерений КШ, как правило, используют метод Y-фактора. Данный метод предполагает использование эталонного источника шума для подачи входного воздействия на ИУ. В качестве шумового приемника, измеряющего уровень шума на выходе ИУ, используется откалиброванный анализатор сигналов. Основной характеристикой эталонного источника шума является частотная зависимость избыточного коэффициента шума (ENR), который характеризует разность мощностей шума (шумовых температур) на выходе источника шума для двух его состояний: состояния «выключен» ("холодного") и состояния "включен" ("горячего").

Погрешность измерения ENR является важным фактором, влияющим на суммарную погрешность измерений КШ, и одной из входных величин для расчета с использованием калькулятора погрешности. Также в расчете участвуют другие составляющие погрешности измерений КШ, обусловленные следующими факторами: рассогласованием, линейностью коэффициента усиления (КУ) и собственным КШ анализатора.

В таблице 1 приведен пример оценок индивидуального вклада перечисленных факторов в величину суммарной погрешности измерений КШ малошумящего усилителя (МШУ) с диапазоном 6 ГГц с КШ 3 дБ, КУ 26 дБ и КСВН входа 1,5. Значения в таблице рассчитаны для эталонного источника шума, имеющего пределы погрешности ENR $\pm 0,087$ дБ и КСВН выхода 1,05. В данном примере основными факторами, влияющими на суммарную погрешность измерений, являются погрешность измерений ENR и рассогласование. Их вклад оценивается как 88 % и 12 % от величины суммарной погрешности соответственно. Вклад оставшихся составляющих погрешности не превышает 1 %. После внесения оценки всех факторов суммарная погрешность измерений для данного примера составила $\pm 0,112$ дБ. Это означает, что измеренное значение КШ усилителя с действительным КШ 3 дБ может находиться в пределах от 2,888 до 3,112 дБ.

Влияющий фактор	Вклад в суммарную погрешность измерений
Погрешность измерений ENR	88 %
Погрешность из-за рассогласования	12 %
Линейность КУ	<1 %
Собственный КШ анализатора	<1 %

Таблица 1. В данном случае основной вклад в суммарную погрешность измерений КШ МШУ с верхней рабочей частотой 6 ГГц вносят два фактора.

1. Компания Keysight предлагает бесплатный калькулятор погрешности, учитывающий при расчете множество различных параметров и доступный по ссылке www.keysight.com/find/nfuc

Самый быстрый способ расчета погрешности измерений - использование анализатора сигналов с встроенным калькулятором погрешности, обычно являющимся частью прикладного ПО для измерений КШ, построенного по принципу «измерения нажатием одной кнопки». Калькулятор погрешности выводит результаты расчета суммарной погрешности текущих измерений непосредственно на экране измерительного прибора, что гораздо удобнее, чем вводить исходные данные для расчета вручную в соответствующие поля веб-страницы или электронной таблицы на внешнем персональном компьютере. Например, зависимости в верхней части рисунка 1 показывают типовой результат измерений КШ и КУ МШУ в диапазоне частот от 2 до 18 ГГц. А в нижней части того же рисунка показан результат расчета суммарной погрешности измерений в табличном виде и в виде графической зависимости от величины одного из влияющих факторов: КШ ИУ, КУ ИУ или согласования с входом ИУ.

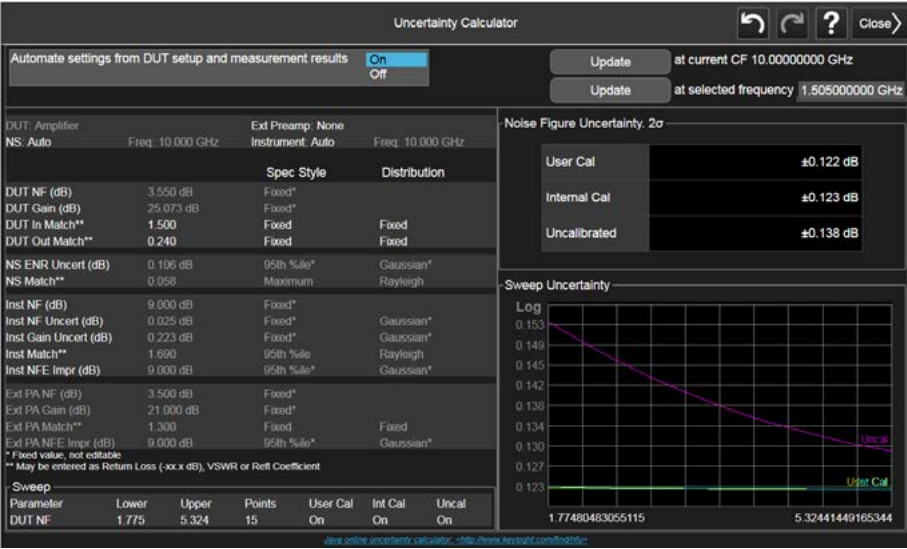


Рисунок 1. Приложение для измерений КШ серии X и встроенный калькулятор погрешности ускоряют и облегчают процесс выполнения измерений.

Совет 2: выбирайте источник шума с минимально возможным показателем погрешности

Очень важно выбрать для решения ваших измерительных задач источник шума с наименьшим показателем погрешности ENR, поскольку вклад данной составляющей в суммарную погрешность измерений КШ наибольший. Интеллектуальные источники шума серии SNS компании Keysight обеспечивают высокие характеристики и упрощают процесс настройки измерительного оборудования для выполнения измерений. При подключении к совместимому анализатору сигналов источники шума серии SNS автоматически передают хранящуюся на встроенном накопителе таблицу калибровочных коэффициентов в анализатор сигналов, а также осуществляют компенсацию температурного дрейфа.

Кроме того, источники шума серии SNS имеют малую погрешность ENR. При измерениях параметров ИУ, чувствительных к изменению импеданса нагрузки, различие импедансов источника шума в «холодном» и «горячем» состояниях может стать причиной значительной погрешности измерений КУ, и, как следствие, высокой погрешности измерений КШ. Источники шума серии SNS эффективно решают данную проблему за счет обеспечения разницы коэффициентов отражения между двумя рабочими состояниями менее 0,01.

В таблице 2 приведены значения пределов суммарной погрешности измерений, рассчитанные для обычного источника шума и интеллектуального источника серии SNS. В качестве ИУ в данном примере рассматривался МШУ с КШ 3 дБ, КУ 26 дБ и верхней рабочей частотой 6 ГГц. Пределы суммарной погрешности измерений при использовании источника шума серии SNS составляют $\pm 0,112$ дБ, а при использовании обычного источника – $\pm 0,213$ дБ. С меньшими показателями погрешности измерений источников серии SNS возможно добиться того, чтобы большее количество продукции отвечало заданным техническим требованиям при меньшей стоимости.

Источник шума	Пределы погрешности калибровки источника шума по ENR, $\pm$ дБ	КСВН источника шума	Пределы погрешности измерений КШ ИУ, $\pm$ дБ
Интеллектуальный источник шума	0,087	1,05	0,112
Обычный источник шума	0,180	1,25	0,213

Таблица 2. При сравнении показателей суммарной погрешности измерений КШ установлено, что при использовании источников шума серии SNS можно добиться лучших результатов, чем при использовании обычных источников шума.

Совет 3: используйте предусилитель

При использовании анализатора сигналов в качестве составной части системы для измерений КШ мы рекомендуем использовать предусилитель для улучшения собственного КШ анализатора. Если ИУ имеет очень высокий КУ, оно может ввести анализатор сигналов в режим компрессии. При решении большинства измерительных задач, включая случаи, когда ИУ одновременно имеет малые КШ и КУ, предусилитель поможет уменьшить погрешность измерений.

Большинство анализаторов сигналов опционально могут комплектоваться встроенными предусилителями. Также существуют внешние предусилители, которые могут быть включены между выходом ИУ и входом анализатора сигналов.

Интеллектуальные предусилители, представляющие собой внешние МШУ с управлением по интерфейсу USB, дают еще больший выигрыш по показателю собственного КШ системы. При подключении к порту USB анализатора сигналов они также автоматически подгружают в анализатор таблицу калибровочных коэффициентов со встроенного накопителя. Такие предусилители обеспечивают коррекцию КУ с учетом температурного дрейфа и оптимизированы для выравнивания частотной характеристики анализатора сигналов в целях уменьшения погрешности измерений.



Рисунок 2. Включение интеллектуального предусилителя между ИУ и анализатором сигналов для улучшения собственного КШ анализатора. При подключении предусилитель автоматически подгружает в анализатор сигналов таблицу калибровочных коэффициентов по интерфейсу USB.

Выполняйте высокоточные измерения коэффициента шума с помощью анализаторов сигналов серии X

Каждый из вариантов, описанных выше, поможет вам уменьшить погрешность измерений КШ. Все они могут быть реализованы с использованием компактных измерительных систем на основе анализаторов сигналов серии X компании Keysight, встроенных или внешних предусилителей, а также внешних источников шума. Добавление специального приложения для измерений КШ (N9069C) серии X даст вам возможность проводить измерения посредством нажатия одной кнопки и при этом получать точные результаты во всем диапазоне рабочих частот анализатора.

Одно из предлагаемых решений - анализатор сигналов серии EXA, обеспечивающий наилучшие результаты измерений КШ наряду с простейшими настройкой и калибровкой, которые обычно имеются только в анализаторах среднего класса. В таблице, приведенной ниже, представлены диапазоны рабочих частот анализаторов сигналов серии EXA, соответствующие встраиваемые предусилители, а также совместимые интеллектуальные источники шума серии SNS. Также вы можете использовать внешние предусилители с интерфейсом USB, такие как U7227A/C/F, которые обеспечивают передачу таблиц калибровочных коэффициентов и коррекцию температурного дрейфа в автоматическом режиме. Для получения более подробной информации перейдите по ссылке www.keysight.com/find/switch2exa.

Конфигурация анализатора сигналов N9010B серии EXA для снижения погрешности измерений КШ

Шаг 1. Выберите диапазон рабочих частот (обязательная опция)

	Опция	Описание
Опции частотного диапазона (выберите одну)	503	от 10 Гц до 3,6 ГГц
	507	от 10 Гц до 7,0 ГГц
	513	от 10 Гц до 13,6 ГГц
	526	от 10 Гц до 26,5 ГГц
	532	от 10 Гц до 32 ГГц
	544	от 10 Гц до 44 ГГц

Шаг 2. Добавьте предусилитель

Опции предусилителей (выберите одну)	P03	от 100 кГц до 3,6 ГГц
	P07	от 100 кГц до 7,0 ГГц
	P13	от 100 кГц до 13,6 ГГц
	P26	от 100 кГц до 26,5 ГГц
	P32	от 100 кГц до 32 ГГц
	P44	от 100 кГц до 44 ГГц

Шаг 3. Добавьте интеллектуальный источник шума

Модели (выберите одну)	N4000A	от 10 МГц до 18 ГГц, диапазон ENR: 4,5–6,5 дБ
	N4001A	от 10 МГц до 18 ГГц, диапазон ENR: 14–16 дБ
	N4002A	от 10 МГц до 12 ГГц, диапазон ENR: 12–16 дБ
		от 12 МГц до 26,5 ГГц, диапазон ENR: 14–17 дБ

Download your next insight

Программное обеспечение компании Keysight является воплощением профессионального опыта и знаний ее сотрудников. Мы готовы обеспечить вас инструментами, которые помогут сократить сроки сбора первичных данных и принятия решения на всех этапах – от предварительного моделирования изделия до отгрузки готового продукта заказчику.

- Системы автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных устройств
- Прикладное программное обеспечение
- Среды программирования
- Программное обеспечение для повышения производительности



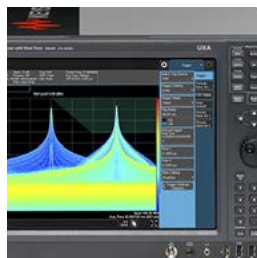
Узнайте больше на странице www.keysight.com/find/software

Бесплатная 30-дневная ознакомительная лицензия, не ограниченная по функциональности: www.keysight.com/find/free_trials

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте:

www.keysight.com/find/contactus

Российское отделение
Keysight Technologies

115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973954;
8 800 500 9286
(звонок по России бесплатный)
Факс: +7 (495) 7973902
e-mail: tmo_russia@keysight.com
www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России

115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901
e-mail: tmo_russia@keysight.com
(BP-9-7-17)

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Система управления качеством
Keysight Technologies, Inc.
сертифицирована DEKRA
по ISO 9001:2015

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Индивидуальная подборка наиболее важной для вас информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомления о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES
Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

www.keysight.com/find/service

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/switch2exa