



КОМПЛЕКТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИПОМЕХ И НАПРАВЛЕНИЯ

IDA-3106

smartDF[®]
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЕЛЕНГОВАНИЕ



NARDA TEST SOLUTIONS

ТЕХНОЛОГИИ ЗАВИСЯТ ОТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

**Ноу-хау предприятия,
богатого своими
традициями**

**Лидер рынка
в области
безопасности РЧ**

Фирма «Narda Safety Test Solutions GmbH» была основана в 2000 году. Она возникла на основе подразделения высокочастотной измерительной техники бывшего «Wandel & Goltermann», предприятия с богатыми традициями.

Сегодня «Narda Safety Test Solutions» входит в состав «L-3 Communications» в Нью-Йорке. Компания «L-3 Communications», основанная в 1997 году, управляет 75 филиалами во всех уголках мира и насчитывает почти 63 000 сотрудников; по итогам 2011 года чистый оборот компании составил более 15 миллиардов долларов США. В составе «L-3 Communications» группа компаний «Narda» объединяет 10 фирм, в которых занято около 2 800 человек. Самые старые предприятия группы компаний «Narda» ведут свою деятельность в течение вот уже 80 лет и владеют ключевыми технологиями в области СВЧ-компонентов, антенн и спутниковой связи.

«Narda Safety Test Solutions» входит в группу «Narda» и является ведущим поставщиком измерительной техники в сфере безопасности РЧ, ЭМС и испытания РЧ

Безопасность РЧ

Спектр продуктов охватывает широкополосные и частотноизбирательные измерители, мониторы для полного контроля над обширными территориями, а также портативные мониторы для личной безопасности.

ЭМС

В этой области техники под товарным знаком **РММ** предлагаются измерители электромагнитной совместимости приборов..

Испытания РЧ

Подразделение **Narda Test Solutions** предлагает анализаторы спектра, а также приборы для мониторинга радиочастотных полей, для идентификации и локализации источника радиоизлучения.



Направленный ответвитель «Narda» производства «Microwave East» – предприятия группы «Narda» с богатейшими традициями

Три производственных площадки

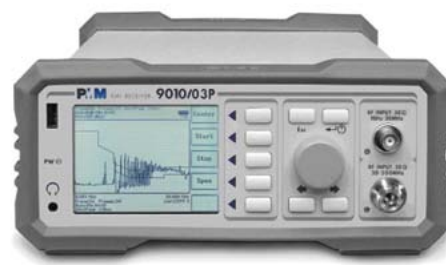
«Narda Safety Test Solutions» ведет разработки и занимается производством как в Фуллингене (Германия), где находится главный офис, так и на заводах в Хопеге (Лонг-Айленд, США) и Чизано (Италия) и имеет собственное представительство в Пекине (Китай). Международная сеть дистрибьюторов гарантирует тесный контакт с потребителем. Калибровкой и обслуживанием занимается собственная лаборатория фирмы в Германии и собственная лаборатория в Италии, получившая международную аккредитацию. Дополнительные услуги включают программы обучения. В фирме внедрена система менеджмента в соответствии со стандартами ISO 9001/2008 и ISO/IEC 17025.

Экологичность

«Narda» убеждена, что соблюдение принципа неистощительного пользования природными ресурсами и экологически целесообразные действия способствуют экономическому успеху фирмы. Поэтому основная цель фирмы заключается в производстве долговечных продуктов, экономном использовании ресурсов и предотвращении вредного воздействия на окружающую среду. В основу новых разработок заложены директивы Европейского парламента 2002/95/EG (RoHS), 2002/96/EG (об отходах электрического и электронного оборудования) и 2003/11/EG (об опасных веществах).

Ноу-хау

Ведущий поставщик высококачественного специализированного измерительного оборудования, «Narda» не начинает разработку прибора, не проведя предварительного опроса среди достаточно большого количества заказчиков. Благодаря этому соответствующий уникальный опыт людей, работающих непосредственно «в поле», находит свое отражение в продуктах «Narda» – например, в анализаторе радиопомех и направления IDA-3106.



Приемник и анализатор электромагнитных помех РММ 9010/03Р для определения электромагнитной совместимости



Широкополосный измеритель напряженности поля «Narda NBM-550»

IDA-3106

КОМПЛЕКТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИПОМЕХ И НАПРАВЛЕНИЯ

Анализатор помех и направления IDA-3106 был разработан специально для идентификации и локализации радиопомех, источников радиопомех и источников «паразитного» сигнала. Это не просто приемник с установленными на нем антеннами. IDA представляет собой единую комплексную измерительную систему, на 100 % изготовленную с учетом необходимости выполнять свою задачу по эффективной локализации источников помех. Настоящий малогабаритный радиопеленгатор с возможностями приемника.

В качестве ручного прибора IDA-3106 создан для применения непосредственно «в поле».

По сравнению с обычным ручным пеленгатором IDA обладает более широким спектром функций. Благодаря IDA-3106 свойства, до сих пор имевшиеся только в крупных системах, теперь доступны и предлагаются в компактном варианте прибора. IDA преобразует технические возможности в тактическое решение. Это прибор для измерения «последней мили» - прямого пути к цели.

Поиск помех и пеленгование представляют собой технически сложные процессы. Будучи специальным прибором, IDA прост в применении – не в последнюю очередь благодаря интеллектуальному пеленгованию с помощью **smartDF**. Таким образом тайное становится явным.

**Радиопеленгатор
с возможностями
приемника**

Сменные антенны
для диапазона частот до
6 ГГц

Ручка с встроенным
электронным компасом:
почти невесомая благодаря
питанию от основного
прибора



IDA-3106 для работы на улице и в помещении: весом менее 3 кг, прочный, брызгозащищенный, с четким монитором и клавиатурой, на которой можно работать даже в перчатках

smartDF

ЧТОБЫ ТАЙНОЕ СТАЛО ЯВНЫМ

Передатчик, работающий без лицензии или не соблюдающий спецификации? Электронная промышленная система управления, которая отбрасывает помехи в смежный диапазон частот? Или просто плохой контакт в кабельной системе здания, из-за которого создается царапающий эффект? Чем большее распространение получают мобильные коммуникации и более изоциренными становятся методы модуляции, тем более комплексным становится поиск помех и их источников в высокочастотном диапазоне. В настоящее время поиск передатчика помех часто похож на поиск иголки в стоге сена. При недостаточном техническом оснащении этот процесс может затянуться надолго.

Разработанная компанией «Narda» концепция **smartDF** обеспечивает возможность действовать последовательно с целью обнаружения аномалий в

с традиционными ручными пеленгаторами большой объем измерений и документации.

Анализ

На втором этапе производится анализ подозрительных сигналов. Здесь важно получить о них как можно больше информации с целью принятия предварительного решения о том, какие сигналы необходимо отслеживать в ходе дальнейшей работы.

Локализация

На третьем этапе появляется возможность измерить направление прохождения оставшихся «подозреваемых» и с помощью перекрестного пеленгования (триангуляции) определить местонахождение источника. Если таким образом удастся установить адрес передатчика помех, далее можно принять соответствующие меры по его устранению.



спектре радиоизлучения, анализа подозрительных сигналов и локализации их источников.

В основе **smartDF** лежит универсальная концепция. Она включает пеленгаторные антенны, у которых не только оптимизирована электрочасть с учетом особенностей применения, но и разработан эргономичный дизайн для длительной эксплуатации непосредственно на месте. Концепция включает компас и систему GPS, а также аппаратное и программное обеспечение основного прибора IDA, оснащенного целым рядом инструментов для поиска помех и их источников. Их целенаправленное применение позволяет значительно сэкономить время и повысить надежность результатов пеленгования. При этом метод **smartDF** последовательно построен на логической цепочке «обнаружение – анализ – локализация».

Обнаружение

На первом этапе в спектре радиоизлучения в месте появления помех необходимо обнаружить сигналы, вызывающие подозрение. В большинстве случаев это несколько сигналов, что обуславливает при работе

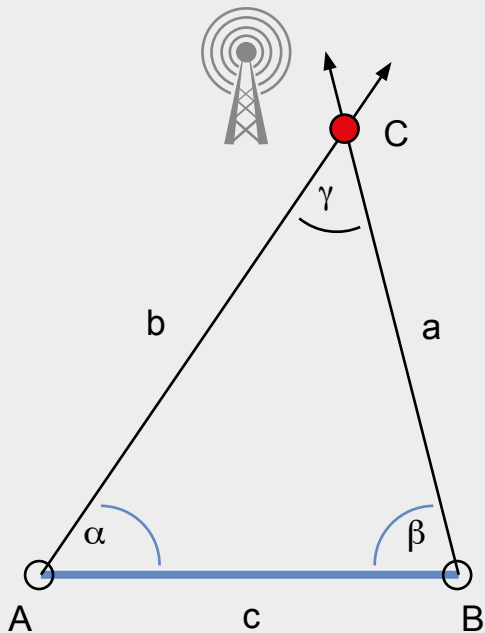
При выслеживании отдельных передатчиков помех IDA оказывает поддержку инженерам с помощью многочисленных инструментальных программных средств, которые существенно облегчают работу. Например, фильтры с очень крутым скатом обеспечивают высокую степень подавления смежных каналов, измерение изменений во времени позволяет квалифицировать импульсные сигналы, а демодуляция во время пеленгования – произвести однозначную идентификацию запеленгованного источника. Таким образом сокращается вероятность ошибочного пеленгования и исключается необходимость досадных повторных измерений.

В полную силу возможности IDA проявляются при решении комплексных задач пеленгования – необходимости пеленгования нескольких передатчиков, при сильных сигналах на смежных частотах, при передатчиках помех в одном и том же канале или отраженных сигналах. IDA помогает действовать целенаправленно и проводить все этапы высокоэффективно, быстро и безопасно. С технико-стратегической точки зрения процесс прост: формирование списка потенциально подозрительных сигналов при их обнаружении на первом этапе, сортировка этого списка на этапе анализа, так что остаются только действительно подозрительные сигналы, и оперативная обработка этого списка на этапе локализации.

В этом процессе IDA оказывает инженерам поддержку с помощью **smartDF**. На последующих страницах инструменты описаны по отдельности с технической точки зрения. Нижеследующий пример демонстрирует последовательное применение **smartDF**.

Разработан для практиков, опробован на практике

К цели – в три этапа



Локализация путем триангуляции

Принцип в том, чтобы измерить углы α и β в каждой из двух точек A и B, а также расстояние между самими точками A и B. Это расстояние IDA рассчитывает из разности данных GPS, углы можно определить в местах проведения измерений с помощью пеленгования или горизонтального сканирования. Затем IDA вычисляет местоположение C.

Математическая основа:

Из тригонометрической формулы

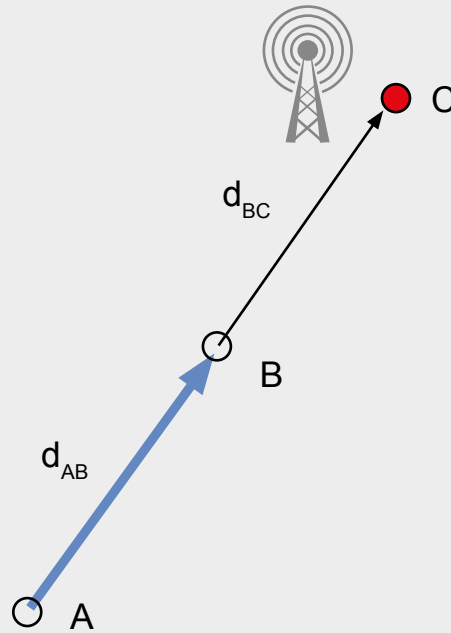
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad \text{и} \quad \alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

следует

$$a = \frac{c \times \sin \beta}{\alpha \sin \gamma} \quad \text{и} \quad b = \frac{c \times \sin \alpha}{\beta \sin \gamma} \quad \text{где} \quad \gamma = 180^\circ - \alpha - \beta$$

Для хорошей точности измерений угол γ не должен быть слишком острым. Но это означает, что для простой триангуляции необходимо проделать долгий путь между A и B, если источник находится достаточно далеко.

smartDF предлагает альтернативные варианты. С одной стороны, **smartDF** делает возможным многократное взятие пеленга сколь угодно многих мест, даже находящихся достаточно близко друг к другу, чтобы из полученных результатов вычислить наиболее вероятное местоположение источника помех. С другой стороны, **smartDF** позволяет переносить и объединять данные пеленгования, полученные с помощью разных приборов.



Локализация с помощью функции «Расстояние» (Distance)

Инженер постепенно приближается к источнику помех и измеряет напряженность поля в двух точках A и B на этой линии. Из разности значений IDA получает вероятное местоположение C источника. Условием подходящего для работы результата является стабильный сигнал, а также, чтобы инженер находился в поле дальней зоны, чтобы источник не имел ярко выраженной вертикальной направленности и чтобы в поле не возникали сколько-нибудь заметные помехи в форме отражений. **smartDF** может включать полученный с помощью функции «Расстояние» (Distance) результат в качестве дополнительной информации в результат триангуляции.

Физическая основа: В поле дальней зоны напряженность поля падает обратно пропорционально расстоянию от источника (закон обратных квадратов). При удвоении расстояния, таким образом, напряженность поля уменьшается вдвое. Математически это отношение, например, для напряженности электрического поля E, можно выразить с помощью следующей общей формулы:

$$d_{BC} = \frac{d_{AB}}{\left(\frac{E_B}{E_A} - 1\right)}$$

Триангуляция и функция «Расстояние» (Distance)

РАСПОЗНАВАНИЕ АНОМАЛИЙ

ЧТО СЧИТАТЬ ПОДОЗРИТЕЛЬНЫМ?

Спектр со скоростью развертки 12 ГГц/с

Чувствительность - 160 дБм/Гц: скрыться не удастся

Экспресс-метод анализа: собственные передатчики помех – не помеха

Идентификация тех сигналов, которые исходят из нездоровых источников или потенциальных передатчиков помех, представляет в условиях плотной занятости спектра радиоизлучения первейшую задачу, решение которой в значительной мере предопределяет дальнейший ход работы: чем точнее обнаружение, тем менее трудоемки анализ и локализация. Для этого IDA предлагает комплексный набор инструментов. Основой для него служит спектральный анализ. Такие свойства как высокий уровень динамичности, незначительные шумы, высокая частотная избирательность и быстрая регистрация являются для этого необходимыми условиями. В IDA эти характеристики сочетаются с концепцией управления, которая интуитивно понятно ведет к цели новичков, а опытным специалистам позволяет испытать границы технических и физических возможностей метода.

Поиск опорного уровня сигнала

С помощью автоматического поиска опорного уровня сигнала нужную модуляцию можно найти всего за 15 секунд для всего диапазона частот – без перемодуляции или потери динамики. Поиск можно проводить консервативным (с высоким уровнем надежности поиска без перемодуляции) или менее консервативным способом.

Подключаемый предварительный усилитель

В ручке антенны имеется подключаемый предварительный усилитель с диапазоном усиления 20 дБ, с помощью которого IDA может измерять и самые слабые сигналы. Кроме того, между ручкой и основным прибором можно без ухудшения

динамики вводить пассивные внешние цепи. Например, можно использовать полосовые фильтры, чтобы улучшить частотную избирательность в дальней зоне и работу транзистора в режиме мощных сигналов в районе сильных источников помех.

Регулируемый входной аттенуатор

В качестве входного аттенуатора IDA использует настоящую эталонную линию, которая регулируется с шагом 1 дБ. Благодаря этому IDA может всегда полностью использовать свой динамический диапазон.

Идентификация собственных передатчиков помех

Кнопка « ± 5 дБ» позволяет переключать входной аттенуатор с шагом 5 дБ. Взглянув на спектр, можно обнаружить линии, которые происходят от возможной перемодуляции прибора, и увидеть их отличие от истинных сигналов. Таким образом можно исключить ситуацию, когда при дальнейшем поиске окажется, что отслеживаются ложные сигналы.

Быстрота даже при небольшой разрешающей способности по полосе пропускания

Благодаря анализу с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) IDA достигает скорости развертки до 12 ГГц/с. При разрешающей способности по полосе пропускания (RBW) 10 Гц развертка по диапазону частот (Fspan) 134,2 кГц длится менее 420 миллисекунд. При разрешающей способности по полосе пропускания (RBW) 500 кГц развертка на полные 6 ГГц будет готова менее чем за 0,5 секунды.

БПФ и полоса частот: взаимосвязь

IDA рассчитывает спектр с помощью одного или нескольких БПФ – в зависимости от выбранных диапазонов частот (Fspan) и разрешающей способности по полосе пропускания (RBW). Разнесение по частоте опорных точек БПФ, т.е. точек измерения по частоте, приблизительно в половину меньше заданной RBW. Для более широких диапазонов частот IDA выстраивает ряд из нескольких БПФ с частичным наложением, при необходимости он последовательно подстраивает свою аналоговую принимающую часть на несколько частот, причем делает это незаметно для пользователя, так что нет необходимости в дополнительных настройках. Таким образом, даже самые большие диапазоны частот можно измерять с высочайшим разрешением.

Преимущество небольшой разрешающей способности по полосе пропускания

Неизвестные спектры часто содержат всевозможные сигналы – от сильных источников с большой шириной спектра до слабых источников с единственной тонкой



линией. В этом случае поможет небольшая RBW, чтобы, например, разложить на составляющие отдельные несущие частоты в пределах одного частотного канала и отделить от сигналов помехи в непосредственной близости от несущей. В то же время малая RBW снижает изображенный на мониторе собственный шум прибора, так что проявляются даже передатчики помех небольшой мощности.

27 000 точек измерения в запоминающем устройстве

В целом результат измерения может содержать до 27 517 точек измерения по частоте, причем для каждой такой точки одновременно может иметься шесть типов результатов, таких как максимальное значение, среднее значение и т.д. – массив данных, который не вывести ни на один монитор. В каждом случае IDA запоминает исходный объем данных и сжимает только данные для вывода на монитор. При дальнейшей обработке данных, например, с помощью маркера, IDA прибегает к исходному объему данных. Таким образом, потери информации полностью исключены.

Многоканальное определение мощности

На основе спектрального анализа IDA рассчитывает мощности до 500 произвольно определяемых каналов – идеально для периодически повторяющихся задач мониторинга. Индивидуально для каждого канала можно задать центральную частоту, полосу частот канала и измеряемую ширину полосы частот (RBW). Таким образом, пользователь может с помощью одной развертки охватить всю интересующую полосу частот с распределением каналов и путем сравнения с предыдущими измерениями выявить аномалии.

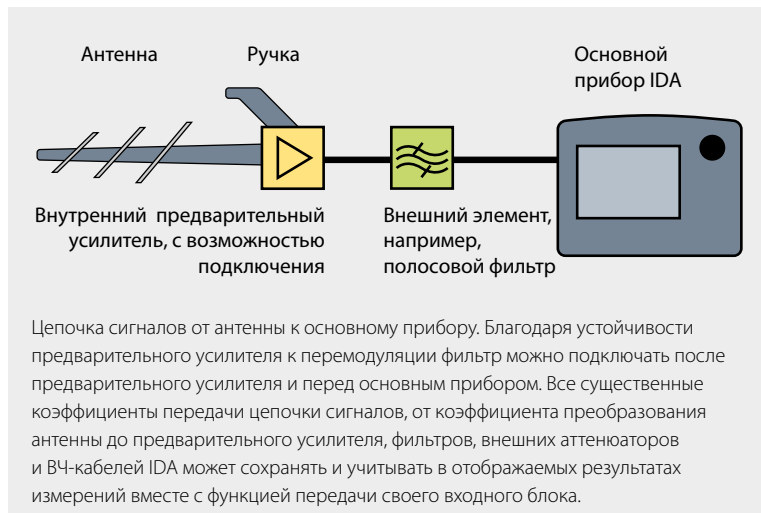


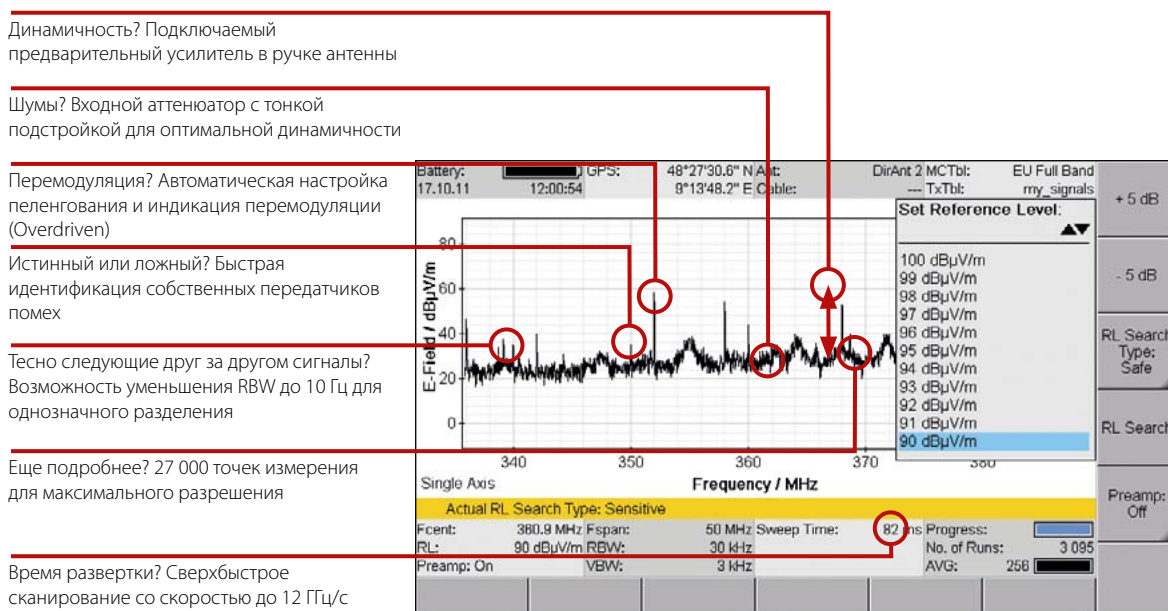
Таблица передатчиков

В спектре пользователь может пометить подозрительные сигналы и сохранить их в таблице передатчиков с соответствующими параметрами, такими как центральная частота, полоса частот, тип антенны и поляризация. Обратиться к этой таблице и последовательно обработать ее пользователь сможет в любом месте измерения и из любого режима работы прибора. Прибор автоматически выполняет соответствующие настройки и сохраняет результаты измерений и пеленгования с правильным отношением к источнику – неоценимая помощь для случаев, когда сначала необходимо отслеживать несколько «подозреваемых».

Без сжатия данных: все результаты измерений сохраняются

Таблица передатчиков: список для обработки

Типичный фрагмент сканирования частоты 50 МГц с помощью IDA



АНАЛИЗ СИГНАЛОВ

КТО ПЕРЕДАЕТ? КТО СОЗДАЕТ ПОМЕХИ?

Разрешение по полосе пропускания до 32 МГц

Степень подавления смежных каналов 80 дБ

Когда все потенциально подозрительные сигналы обнаружены, самое время перейти к этапу их анализа, чтобы уже с полной уверенностью выявить один или несколько действительно недопустимых или создающих помехи источников. Нет ничего более трудоемкого, чем отслеживание сигналов, чьи источники, как оказывается после, уже известны. Ровно так же неэффективно «на всякий случай» отслеживать многочисленные предположительно подозрительные сигналы, чтобы классифицировать их лишь на более позднем этапе проведения измерений.

Для однозначного анализа сигналов IDA предлагает инструменты, четкость анализа которых в значительной степени превосходит возможности предыдущих приемников. Сюда относятся акустическая демодуляция, представление данных с помощью осциллографа и подготовка данных синфазно-квадратурной модуляции (I/Q). В качестве результата, например, можно назвать очищенную таблицу передатчиков, содержащую только те источники, которые действительно необходимо отслеживать.

Спектр (Spectrum)

Спектральный анализ – это классический режим работы, предназначенный для обнаружения необычных сигналов; результат работы в этом режиме образует основу для дальнейших действий. Особо следует отметить, что в IDA реализована возможность проведения измерений за короткое время при высоком разрешении.

Уровнемер (Level Meter)

С помощью этого режима работы можно произвести оценку характеристики

уровня для единственного сигнала, который был, например, «арестован» в спектре. IDA производит измерения непрерывно в режиме реального времени при возможности настройки полосы частот от 100 Гц до 32 МГц; перейти на центральную частоту он может непосредственно с положения метки в спектре. Превосходное разнесение каналов с помощью RC-фильтра с крутым скатом (см. с. 21) исключает ошибочное пеленгование смежных каналов.

Вместе с этим IDA рассчитывает пиковое и эффективное значения. На мониторе отображаются мгновенные значения в виде столбика и появившиеся с начала измерений максимальные значения в виде отметок. Сначала IDA производит внутренний расчет мгновенной мощности. Настраиваемый видеофильтр с экспоненциально затухающим импульсным откликом можно использовать – даже при индикации пикового значения – для надежного измерения промежуточной мощности коротких шумоподобных «всплесков», которые в наше время в телекоммуникациях не редкость.

Путем сравнения пиковых и средних значений легко установить пик-фактор сигнала. Измерения с помощью радиолокационных установок тоже не представляют трудности: необходимо только дождаться поворота радиолокатора, чтобы можно было с абсолютной точностью определить его пиковую плотность мощности.

Осциллограф (Scope)

Временная характеристика дает, прежде всего, представление о типе сигнала. В режиме работы «Осциллограф» (Scope) (опция) IDA-3106 представляет сигналы времени с разрешением до 31,25 нс. Таким образом он может выявить амплитудную модуляцию, разложить сигналы TDMA вплоть до отдельных интервалов времени и даже представить пакетные и радиолокационные сигналы. За счет этого обеспечивается возможность характеристики сигналов, которая существенно повышает надежность измерительных работ.

Триггер

Чтобы поймать «нужный момент», IDA предоставляет разнообразные возможности триггерной схемы. В качестве условия триггера пользователь может задать пусковой уровень и нарастающий или падающий фронт сигнала. Подобно запоминающим осциллографам он с помощью настраиваемой задержки триггера может смещать характеристику зависимости от времени как в положительном, так и в отрицательном направлении. В IDA триггер может срабатывать несколькими способами: однократным (Single – при первом срабатывании), многократным (Multiple – при



каждом срабатывании), вручную, с выдержкой времени – или просто в свободном режиме.

Демодуляция

В режимах работы «Уровнемер» (Level Meter) и «Пеленгование» (Direction Finding) предусмотрены амплитудная модуляция, частотная модуляция и передача с одной боковой полосой в качестве стандартных демодуляторов, которые дают оператору пеленгования дополнительную возможность акустической классификации идентифицированных сигналов. С помощью таблицы передатчиков он может последовательно вызвать и обнаружить каждый из сохраненных передатчиков, не прибегая для этого к сложной и трудоемкой настройке IDA.

Данные I/Q

IDA всегда производит внутреннюю обработку и действительной (In-phase component), и мнимой части (Quadrature component) сигнала. Если доступна опция «Область действия» (Scope), IDA позволит работать с сохраненными данными I/Q и в режиме внешнего подключения. IDA может записывать до 250 000 пар данных I/Q. Таким образом, при временной разрешающей способности 200 мкс продолжительность регистрации равна 50 секундам. Функции триггера такие же, как и в режиме «Область действия» (Scope).

Из данных I/Q IDA с помощью внешнего программного обеспечения можно извлечь всевозможную информацию, вплоть до содержания собственно информации. IDA не использует специфические форматы экспорта данных. Формат необработанных данных служит для однозначной классификации и, например, согласования с базами данных.

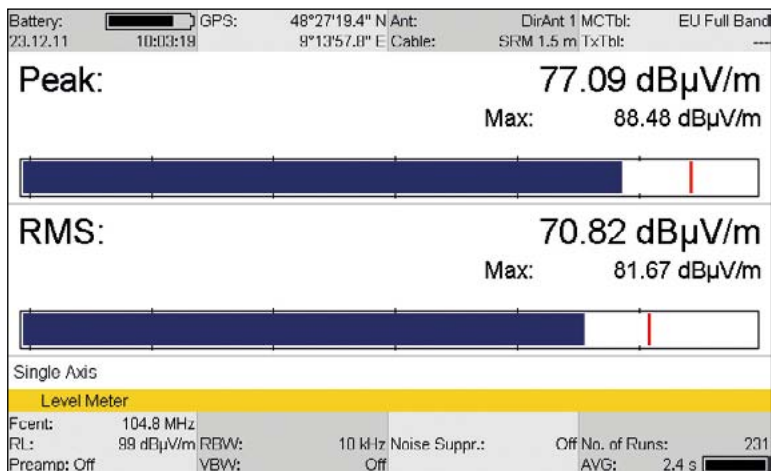
Переключение режимов работы

Каждый режим работы IDA принципиально независим от других и может иметь настройки в соответствии со своим собственным набором параметров измерения, что никак не отразится на других режи-

Зарегистрированы все события?
Непрерывный мониторинг

Еще подробнее? Возможность повысить разрешение до 31,25 нс

Пропущено единичное событие?
Многочисленные функции триггера

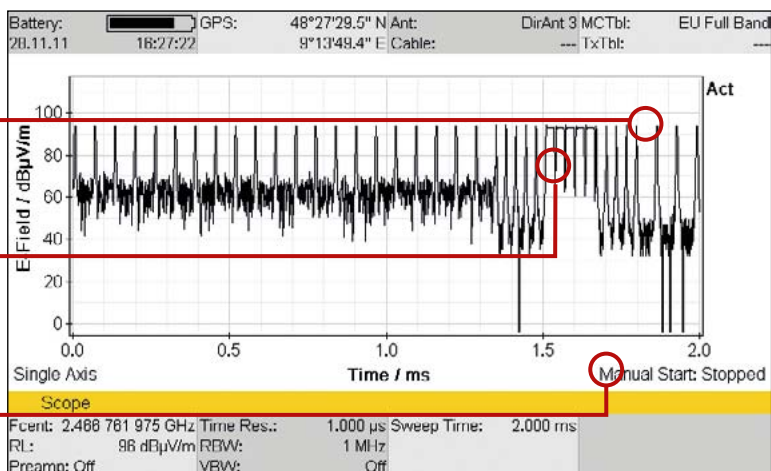


В режиме работы «Уровнемер» (Level Meter) IDA показывает мгновенные пиковые и эффективные значения в виде столбика; красные метки фиксируют появившиеся в процессе измерений максимальные значения. Также все значения имеют числовое представление.

мах работы. Особенность концепции **smartDF** заключается в том, что пользователь может изменять режимы работы напрямую, не обращаясь для этого к главному меню. При этом IDA всякий раз принимает вновь установленные параметры. Пользователь, таким образом, может выполнять различные задачи по измерению последовательно друг за другом и независимо друг от друга. Пример: мониторинг всего спектра на предмет нежелательных сигналов, наблюдение за отдельными каналами ЧМ-радиовещания на предмет неравномерной мощности / напряженности поля, измерение временной характеристики отдельного передатчика и демодуляция дополнительного сигнала. В любой момент есть возможность вернуться к первому измерению с его первоначальными настройками. Так же легко осуществляется и переход к последующему пеленгованию.

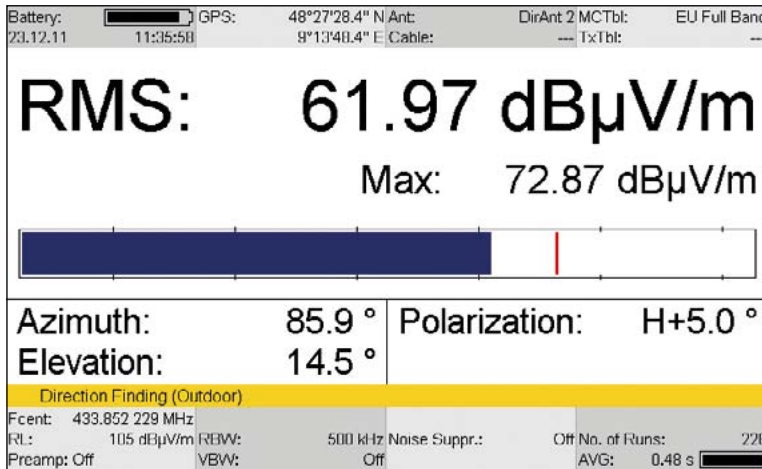
До 250 000
пар данных I/Q

Типичное представление временной характеристики сигнала в режиме работы «Осциллограф» (Scope)

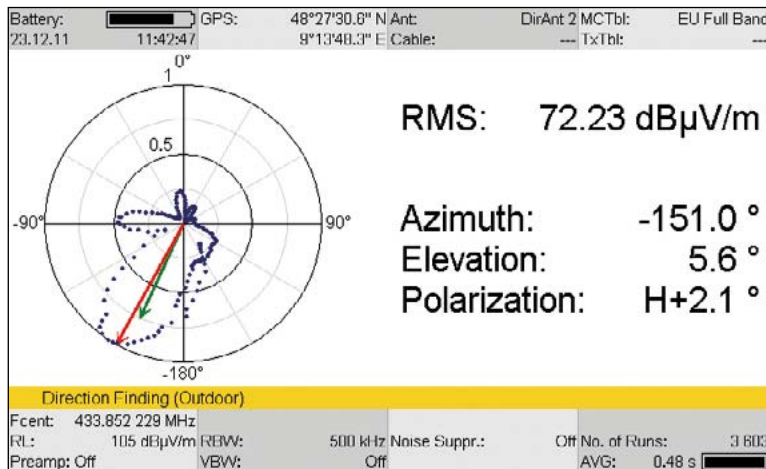


ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ

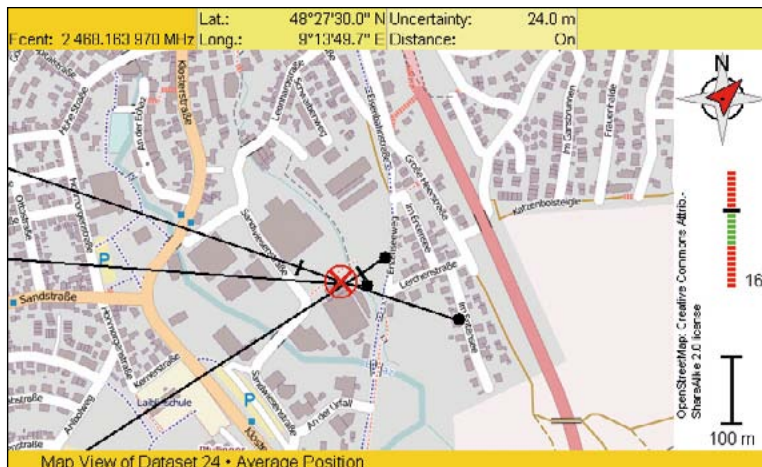
ГДЕ ТОЧКА ОТСЧЕТА?



Пеленгование с помощью нахождения максимального значения: визуально путем наблюдения за индикатором в виде столбика или акустически с помощью высоты звукового сигнала.



Результаты горизонтального сканирования: полярная диаграмма с рассчитанным направлением падения (красная стрелка), мгновенным наведением антенны (зеленая стрелка) и числовыми значениями. Отметку красной стрелкой можно также поставить вручную, чтобы принять в расчет, например, информацию, полученную на основании отражений, или откорректировать пеленгование мощного передатчика в том же канале.



Результат пеленгования, автоматически представленный на карте. Комбинация триангуляции с измерением дистанции. Красным кружком обозначено вероятное местонахождение источника.

IDA предлагает превосходные средства даже для последнего шага к цели – однозначного определения места искомого источника (источников). Часто бывает так, что исследуемый канал или частота, за которой ведется наблюдение, заняты другими передатчиками. Зачастую отраженные сигналы искажают результат пеленгования. Уровень сигнала разыскиваемого источника колеблется в зависимости от места проведения измерения. Все эти факторы могут поставить под сомнение полученный чисто автоматически результат пеленгования, - и с физической, и со статистической точки зрения. По этой причине IDA не только показывает чистые результаты пеленгования, не только осуществляет их интеллектуальную обработку, но, более того, предоставляет в распоряжение пользователя все данные измерений, благодаря которым опытные пользователи могут избежать ошибочного пеленгования и улучшить результаты пеленгования. Вот что значит smartDF: личный опыт в сочетании с тщательно разработанными алгоритмами.

Ручное пеленгование (Manual Bearing)

Ручное пеленгование представляет собой традиционный метод обнаружения направления источника с помощью максимального уровня сигнала. Благодаря IDA направление может быть установлено и визуально, и акустически. IDA показывает на мониторе результат мгновенного измерения уровня в виде столбика, а также числовое представление уровня, азимута, угла места и поляризации. Кроме того, оператор пеленгования может отслеживать уровень акустически: чем сильнее сигнал, тем выше тон.

Горизонтальное сканирование (Horizontal Scan)

При горизонтальном сканировании замерщик один раз поворачивается с антенной на 360°. При этом при нажатии кнопки «старт-стоп» на ручке антенны IDA записывает результаты измерений либо непрерывно – с максимальной скоростью измерения, либо дискретно, и представляет их в виде полярной диаграммы. Одновременно он рассчитывает главное направление падения источника. Представление результатов измерений уникально, т.к. в полярной диаграмме в это же время появляется текущее направление антенны, автоматически вычисленное значение главного направления падения, а также все результаты измерений, полученные в процессе сканирования.

Дополнительно в помощь предусмотрен уровень с акустическим сигналом: при отклонении положения антенны более чем на $\pm 5^\circ$ относительно нормального направления поляризации (угол поворота) раздастся предупреждающий высокий акустический сигнал, при углах возвышения (углах места) более $\pm 5^\circ$ появляется предупреждающий низкий акустический

сигнал. Таким образом, оператор пеленгования может, например, следить за уровнем на мониторе, не глядя при этом на антенну.

Ручная коррекция

В поле без помех, образуемом единственным источником, полярная диаграмма отображает характеристику направленности антенны. Отклонения, которые ухудшают результат пеленгования, в большинстве случаев объясняются отражениями, дифракцией или передатчиками помех в одном канале. Например, отражения можно распознать путем повторного измерения со смещением места проведения измерения, передатчики помех в одном канале можно идентифицировать на основании синхронной демодуляции. Возможность корректировки в IDA уникальна: в случае неоднородности на полярной диаграмме оператор пеленгования может повторить отдельные этапы измерения, сколь угодно часто корректировать график измерений и сохранить результат только тогда, когда он будет приемлемым.

Триангуляция

Два или более результатов ручного пеленгования или горизонтального сканирования являются основой перекрестного пеленгования или триангуляции. Их целесообразно снимать с разных мест проведения измерения. Места проведения измерения IDA регистрирует автоматически с помощью GPS и рассчитывает вероятное местонахождение источника. Два результата измерений дают точку пересечения обеих линий пеленга. В случае нескольких мест измерения получается несколько точек пересечения, вблизи которых с высокой степенью вероятности следует искать источник.

Результаты пеленгования из других мест проведения замеров

Для более точного перекрестного пеленгования места проведения измерений должны находиться достаточно далеко друг от друга (см. с. 5). Тем не менее, в случае удаления от источника на большое расстояние необязательно проходить большие дистанции: можно задать и результаты других пеленгаторов, чтобы сократить дорогу или чтобы убедиться в правильности собственных результатов. IDA использует чужие результаты для обработки и анализа точно так же, как и собственные. Например, замеры можно проводить одновременно в нескольких точках, а результаты сообщаются по радию или мобильному телефону.

Локализация с помощью измерения расстояния

Еще одна возможность сократить длинные дистанции заключается в локализации источника с помощью функции IDA «Расстояние» (Distance). После того



как оператор пеленгования найдет направление местонахождения источника, он начинает перемещаться по прямой линии по направлению к источнику, а IDA рассчитывает вероятное местонахождение источника из разности уровней (см. с. 5). Как правило, функцию «Расстояние» (Distance) используют вместе с триангуляцией. IDA объединяет оба результата, отмечает вероятное местонахождение источника и обозначает погрешность, обводя рассматриваемую территорию в круг. Позволит ли дополнительное измерение расстояния более точно определить местоположение, очень быстро можно оценить на практике путем включения и выключения функции «Расстояние» (Distance): соответственно будет изменяться изображение круга вокруг предположительного местонахождения источника.

Представление на карте

Места проведения измерений и расчетное местонахождение источника однозначно определяются их координатами, полученными с помощью GPS. Тем не менее, с целью географической привязки будет полезно представить их на карте. С помощью опции «Карта» (Map) IDA может импортировать карты из картографического веб-ресурса OpenStreetMap и сохранять на них результаты. Пользователь может сохранять карты с помощью программного обеспечения NardaMapTools на флеш-карте microSD, которая устанавливается в IDA.

Автоматическая или ручная оценка данных

Если в разных точках измерений при пеленговании были получены результаты с сильными отклонениями, необходимо отбраковать данные с сильными отклонениями и допустить к использованию для локализации только данные, в значительной мере согласующиеся друг с другом. В этом случае ключом к успеху может оказаться собственный опыт: оператор пеленгования может вручную исключить из расчетов неправ-

Уровень с акустическим сигналом позволяет не отвлекаться на антенну

Возможность корректировки до тех пор пока не будет получен результат

Опция «Карта» (Map): географическая привязка результатов

Возможность игнорировать неправдоподобные результаты

РУЧКА

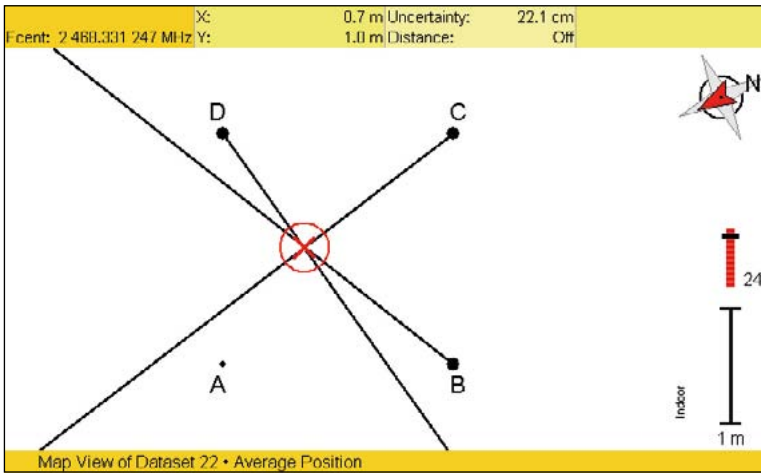
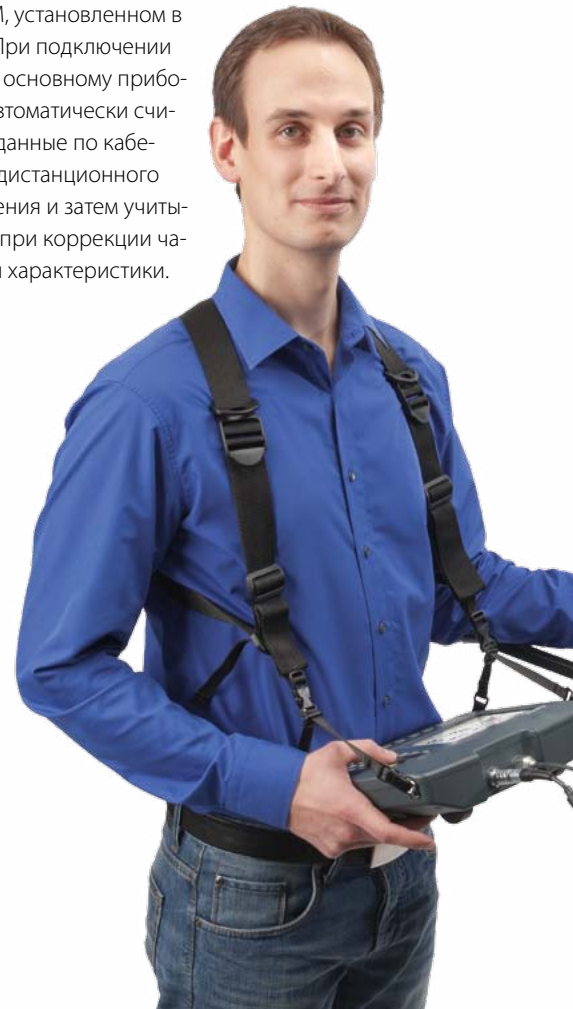
БОЛЬШЕ, ЧЕМ ПРОСТО ДЕРЖАТЕЛЬ

Ручка имеет эргономичный дизайн, удобно лежит в руке и является при этом сложным техническим прибором со многими функциями. Он может производить съемку антенн в горизонтальном и вертикальном положении, имеет подключаемый предварительный усилитель (см. с. 7), компас, датчики положения, а также кнопку «старт-стоп» для измерений. Связь между ручкой антенны и основным прибором IDA осуществляется по кабелю для дистанционного управления.

Надежное ВЧ-соединение с выравниванием частотной характеристики

Точный и способный нести нагрузку стопорный механизм фиксирует антенну и устанавливает надежное ВЧ-соединение с ручкой. В качестве ВЧ-соединения между ручкой и основным прибором IDA служит кабель в оболочке с ферритовыми кольцами, который не искажает характеристику направленности антенн даже при низких частотах. Благодаря этому повышается достижимая точность пеленгования.

Реализованная в ручке функция передачи вместе с кабелем при включенном и выключенном предварительном усилителе тестируется на заводе-изготовителе и сохраняется на EEPROM, установленном в ручке. При подключении ручки к основному прибору он автоматически считывает данные по кабелю для дистанционного управления и затем учитывает их при коррекции частотной характеристики.



Пеленгование (в помещении) (Direction Finding (Indoor)): IDA обозначает место нахождения источника как значение x/y относительно точки A

доподобные результаты. Тем не менее, чтобы не полагаться только на «шестое чувство», можно использовать функцию IDA «Автоматическое отключение пеленгования» (Auto Disable Bearings). В соответствии с тем, что предложено в руководстве Международного союза электросвязи по мониторингу радиочастотного спектра, IDA сначала присваивает каждому пеленгу свой сектор, который определяется линией пеленга и устанавливаемой в зависимости от опытных данных погрешностью пеленгования. IDA учитывает те замеры пеленга, чьи секторы пересекаются в одном и том же месте. Все остальные он игнорирует, т.к. они противоречат результату лучших замеров пеленга.

Применение в помещении

При взятии мелкомасштабного пеленга, например, в зданиях, определение точки проведения измерения с помощью GPS не работает или по меньшей мере работает не так, как требуется. И для такого случая у IDA есть готовое решение: функция «Пеленгование (в помещении)» (Direction Finding (Indoor)). Пользователь определяет в помещении виртуальный прямоугольник, задавая размеры и азимут. Четыре вершины углов прямоугольника, или точки отсчета, можно выбрать независимо от геометрии помещения; необходимо только, чтобы они были доступны для измерения и находились на достаточном расстоянии от стен и отражающих объектов, чтобы отражения не исказили результаты. Теперь источник можно локализовать путем проведения измерений из точек отсчета. Для этого в распоряжении пользователя находятся те же возможности, что и при пеленговании на открытом пространстве: ручное пеленгование (Manual Bearing), горизонтальное сканирование (Horizontal Scan) и последующая триангуляция. IDA показывает результат в декартовой системе координат и представляет координаты на схеме помещения.

В помещении:
локализация в виртуальном пространстве

Питание основного прибора и ручки

Для электропитания активной ручки антенны не требуется дополнительной аккумуляторной батареи. Ручка запитана непосредственно от основного прибора по кабелю для дистанционного управления. Благодаря этому ручка стала еще легче, кроме того, не требуется отдельной аккумуляторной батареи, которую, возможно, понадобилось бы заменять в процессе длительного измерения. Литий-ионную аккумуляторную батарею основного прибора можно заменить прямо в процессе измерения не выключая прибор (возможность «горячей» замены).

Автоматическое распознавание антенн и поляризации

По кабелю для дистанционного управления основной прибор IDA автоматически распознает тип антенны и направление поляризации и блокирует диапазоны частот, которые не захватываются антенной, чтобы исключить ошибочное пеленгование.

Компас

В ручке антенны находится точный электронный компас с компенсированной девиацией, показания которого также передаются в основной прибор IDA по кабелю для дистанционного управления. Компас калибруется в уже встроенном виде на заводе-изготовителе и поэтому не показывает магнитного склонения из-за ручки антенны. Калибровка силами пользователя не требуется. При необходимости пользователь может задать в основной прибор IDA числовое значение локального магнитного склонения, т.е. угол между географическим и магнитным северным направлением.

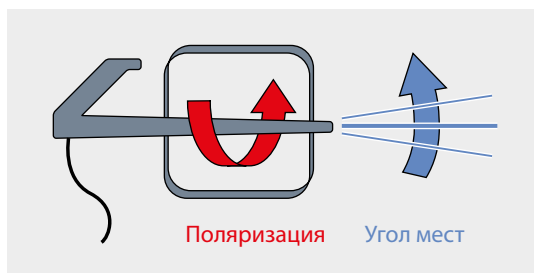
Второй компас находится в основном приборе и предназначен для быстрой ориентации на север электронных карт на мониторе IDA. При необходимости и в этом компасе можно задать поправку для магнитного склонения в зависимости от места измерения.



Удобная ручка – удобно держать: благодаря опоре для руки антенну можно удерживать за ручку даже одним пальцем



Возможность замены аккумулятора во время работы



Датчики положения в ручке антенны регистрируют угол поворота (поляризацию) и угол возвышения (угол места) антенны.

Распознавание положения с помощью уровня с акустическим сигналом в формате 3D

В ручке антенны содержатся также датчики положения, которые измеряют угол возвышения антенны (угол места) и угол поворота (поляризацию). При ручном пеленговании (Manual Bearing) угол места и поляризация имеют большое значение для определения направления источника сигнала. Напротив, при горизонтальном сканировании для создания полярной диаграммы необходимо учитывать постоянные величины угла поворота и угла возвышения при движении по кругу. Ценную помощь в этом оказывает уровень с акустическим сигналом, который звуком сообщает об отклонениях, благодаря чему пользователю не нужно смотреть на монитор прибора.

Кнопка «старт-стоп»

Казалось бы, ничего необычного, однако на практике возможность начинать, останавливать или корректировать измерения с помощью нажатия на кнопку на ручке антенны именно большим пальцем руки оказывается невероятно удобной. Для сохранения результатов пеленга кнопку «Сохранить» на основном приборе следует нажимать только после достижения удовлетворительного результата.

АНТЕННЫ

ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕСЯ ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ, ЯВНО ВЫРАЖЕННАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ

Рационально охватить широкий диапазон частот основного прибора IDA с помощью одной направленной антенны невозможно. Поэтому в комплект IDA-3106 входит три антенны, чувствительность и характеристика направленности каждой из которых оптимизирована для каждого конкретного диапазона частот, благодаря чему достигается превосходная точность пеленгования. С тактической точки зрения большую ценность представляет тот факт, что диапазоны частот этих антенн взаимно перекрываются приблизительно на 20 %.

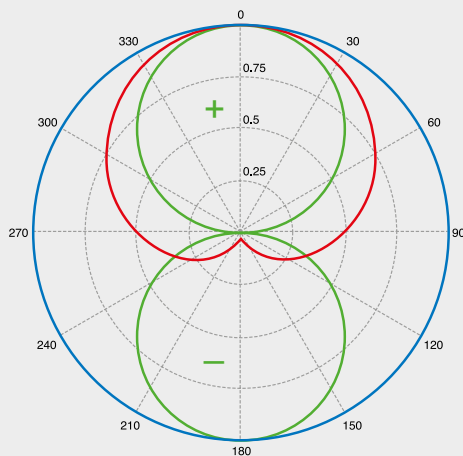


Рис. 1: Характеристика направленности рамочной антенны (красный) образуется вследствие наложения характеристик направленности магнитной петли (зеленый) и электрического диполя (синий).

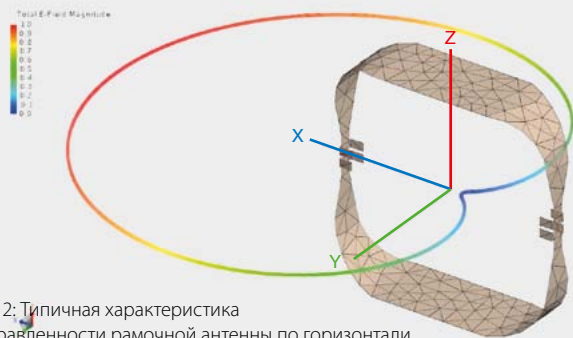


Рис. 2: Типичная характеристика направленности рамочной антенны по горизонтали, рассчитана для поля дальней зоны

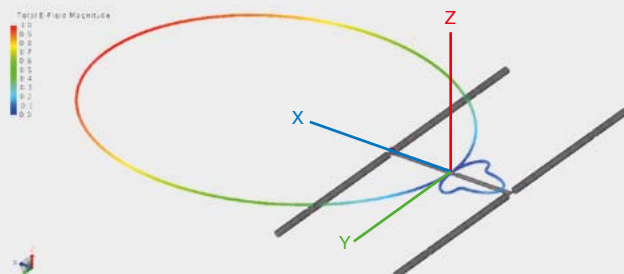


Рис. 3: Типичная характеристика направленности направленной дипольной антенны по горизонтали, рассчитана для поля дальней зоны.

Антенна 1 охватывает диапазон частот от 20 МГц до 250 МГц. Рассчитанная на работу в диапазоне ISM начиная с частоты 27 МГц, антенна особенно подходит для поиска помех и интерференции в радиодиапазоне УКВ и, кроме того, захватывает нижний метровый диапазон ТВ, включая диапазон ЦРВ.

Антенна 2 охватывает диапазон частот от 200 МГц до 500 МГц и прекрасно подходит для поиска помех и интерференции во всех расположенных в этом диапазоне служб связи и включает также частоту 433 МГц диапазона ISM.

Антенна 3, рассчитанная на работу в диапазоне частот от 400 МГц до 6 ГГц, охватывает весь спектр мобильных радиослужб, включая WLAN (беспроводную ЛВС) и технологию LTE; она также улавливает работу радиолокаторов на частотах диапазонов L (1-2 ГГц), S (2-4 ГГц) и C (4-8 ГГц).

Вообще основой прибор IDA может работать и с антеннами других производителей. Тем не менее, использование антенн «Narda» имеет то преимущество, что основой прибор IDA через ручку антенны автоматически распознает тип антенны и направление поляризации и точно так же автоматически учитывает типичные коэффициенты усиления антенны, зависящие от диапазона частот, на который она рассчитана. Для антенн других производителей эти данные можно загрузить в основной прибор IDA с помощью программного обеспечения IDA Tools.

Все антенны «Narda» чрезвычайно легкие и при этом очень прочные. Глядя на них, трудно предположить, что это высокотехнологичные продукты. Поэтому далее следует их более детальное описание.

Антенна 1: рамочная антенна

Принцип работы такой антенны давно известен; еще в 1971 году компанией «Sony» была запатентована особая конструкция для телевизионного приема (патент США № 3573830). На ее основе фирма «Narda» разработала улучшенную модель с целью получения относительно узких основных лепестков диаграммы направленности, а именно для частот до 250 МГц. Механическая устойчивость легкой антенны в форме металлической петли обеспечивается с помощью вогнутого желобка.

Принцип работы основан на комбинированном измерении электрического и магнитного полей. На рис. 1 и 2 показана взаимосвязь между горизонтально поляризованной магнитной составляющей поля и вертикально расположенной относительно нее электрической составляющей поля. Магнитная со-

ставляющая поля индуцирует в петле напряжение, величина и положение по фазе которого зависят от направления падающей волны. В диаграмме направленности характеристика имеет вид лежащей восьмерки. В принципе, этого было бы достаточно для определения направления, однако, возникла бы неточность в $\pm 180^\circ$. Поэтому дополнительно используют напряжение, которое образует электрическая составляющая поля. Для этого петлю используют в качестве диполя, что возможно до тех пор, пока размеры антенны малы относительно длины волны. В горизонтальной плоскости характеристика приема имеет вид круга без преимущественного направления. За счет наложения обоих напряжений образуется кардиоида, которая имеет один широкий максимум в основном направлении и один минимум в противоположном направлении.

Антенна работает также в горизонтальном положении: в этом случае характеристика напряженности электрического поля имеет форму восьмерки, характеристика напряженности магнитного поля имеет форму круга, так что в итоге снова получается аналогичная кардиоида.

Антенна 2: направленная дипольная антенна

Начиная с частоты 200 МГц можно использовать дипольную антенну, характеристика направленности которой тоже была оптимизирована. По сравнению с рамочной антенной дипольная антенна имеет четко выраженное направленное действие. Типичный коэффициент усиления дипольной антенны равен 23 дБ (1/м) при 300-400 МГц, при котором она характеризуется высокой чувствительностью.

Антенны подобного типа применялись уже в 50-е годы и известны радиолюбителям под сокращенным названием HB9CV. Принцип основан на комбинации двух диполей Герца, т.е. диполей, размер которых короче длины волны. Требуемое направленное действие достигается путем работы обоих диполей в противофазе и выбора соответствующих размеров и расстояний. На рис. 3 характеристика направленности в горизонтальной плоскости представляет относительно узкий лепесток в основном направлении и небольшой боковой лепесток в противоположном направлении. В вертикальной плоскости образуется кардиоида, аналогичная кардиоиде рамочной антенны. На рис. 4 характеристика направленности представлена в трехмерном изображении, полученном с помощью компьютерного моделирования.

Антенна 3: логопериодическая антенна

Логопериодические антенны относятся к стандартной измерительной технике для оценки ЭМС. Ло-

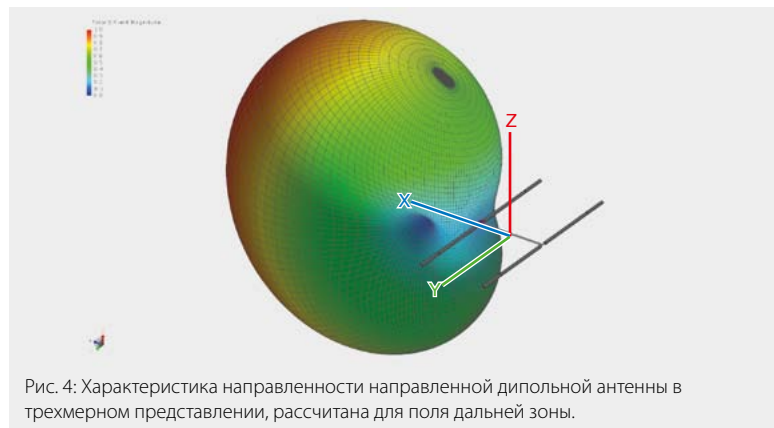


Рис. 4: Характеристика направленности направленной дипольной антенны в трехмерном представлении, рассчитана для поля дальней зоны.

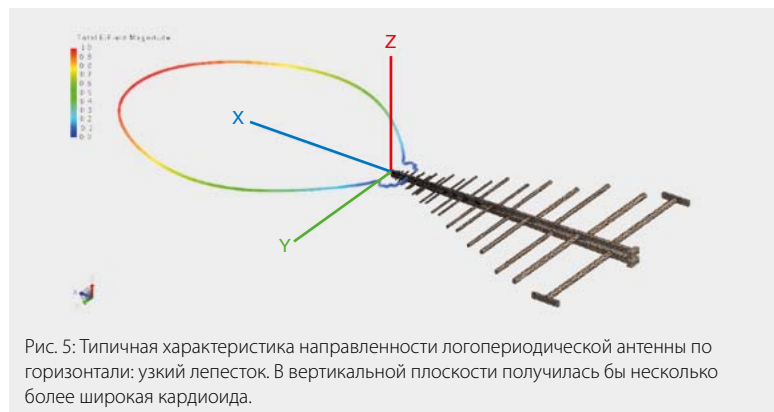


Рис. 5: Типичная характеристика направленности логопериодической антенны по горизонтали: узкий лепесток. В вертикальной плоскости получилась бы несколько более широкая кардиоида.

гопериодическая антенна компании «Narda» имеет оптимизированную чрезвычайно постоянную характеристику направленности для всего рабочего частотного диапазона от 400 МГц до 6 ГГц. Работа антенны исключает такие обычные для высоких частот эффекты как расширение основного лепестка и появление явно выраженных боковых лепестков. На частотах ниже 400 МГц антенна вызывает сильное «подавление частотной модуляции». Элементы антенны заключены в прочный пеноматериал, который – в отличие от жесткой оболочки – проницаем для электромагнитного поля.

Антенна представляет собой конструкцию из нескольких диполей, длина которых и расстояние между которыми уменьшаются в основном направлении. Они подключены в противофазе. В зависимости от частоты в качестве фазового центра образуется активная зона, в которой длина элемента соответствует приблизительно половине длине волны. Поэтому на длинные, расположенные позади элементы приходится нижний диапазон частот, при более высоких частотах фазовый центр перемещается вперед. Таким образом получают псевдо-частотно-независимую антенну.

ПРИМЕР

ПОДРОБНО O smartDF

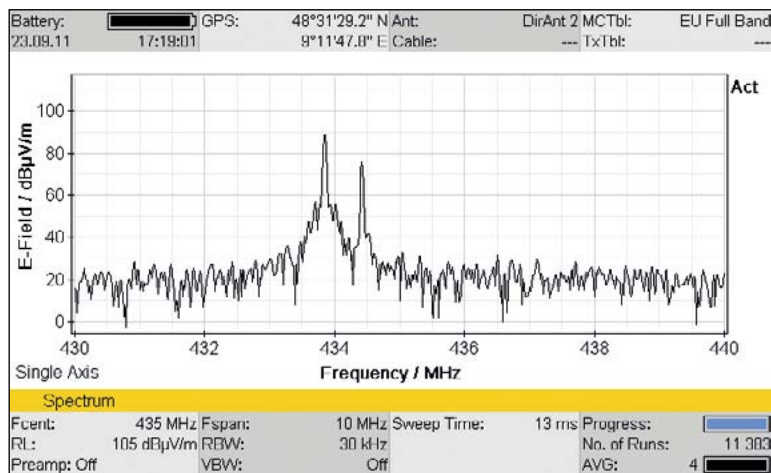


Рис. 1: Развертка по диапазону частот ISM с разрешением 30 кГц. IDA регистрирует ее за 13 миллисекунд.

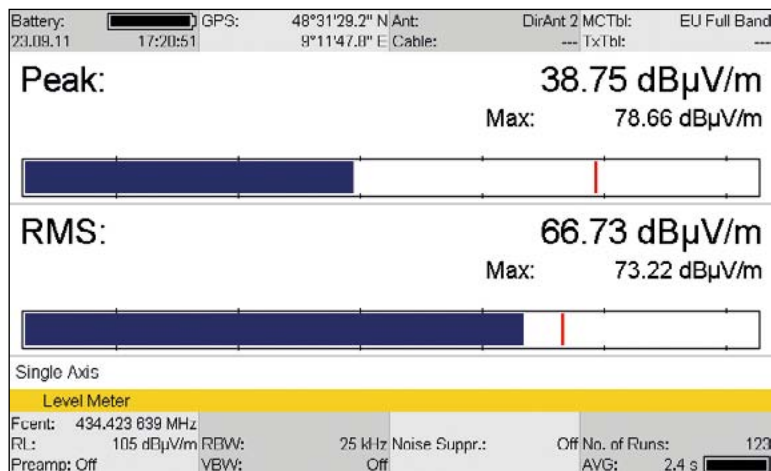


Рис. 2: Уровень сигнала данных, как правило, очень неустойчив: максимум пикового значения естественным образом выше эффективного значения, в то время как мгновенное пиковое значение ниже эффективного значения, которое усреднено за 2,4 с. В результате демодуляции получены различные интерференционные тоны.

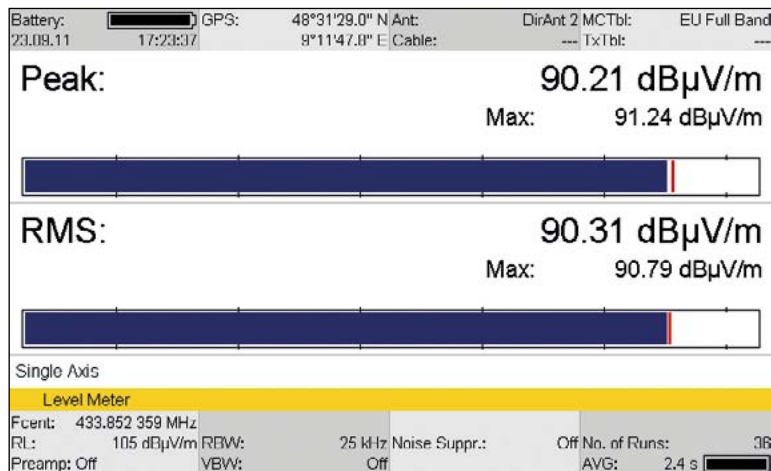


Рис. 3: Уровень явно создающего помехи ЧМ-сигнала, как правило, достаточно устойчив.

Когда в пятницу под вечер в парки с пивными ресторанами устремляются массы людей, на первый план выходит оперативность. Предприятия общественного питания справляются с наплывом клиентов только благодаря слаженной работе команды шеф-повара, бойкому обслуживанию и современной кассе с беспроводным доступом: заказанные блюда и напитки вводятся обслуживающим персоналом в мобильный терминал официанта непосредственно при приеме заказа; заказ передается на кухню с помощью радиосигнала, и в самом конце счет тоже выдается моментально, стоит только нажать на кнопку – если все работает так, как надо. Но связь между стационарной кассой с беспроводным доступом и мобильным терминалом официанта то и дело оказывается неисправной, несмотря на то что, как утверждают производители, устройства должны работать безупречно. Таким образом, очевидно было бы предположить наличие внешних передатчиков помех.

Касса с беспроводным доступом работает в диапазоне ISM на частоте 433 МГц, так называемом «диапазоне для всех», который «населен» радионянями, метеорологическими станциями, выключателями освещения, дистанционным управлением гаражными воротами и другими всевозможными электронными промышленными устройствами. Трудность при выявлении помех заключается в том, что почти все такие устройства не включены на передачу сигнала постоянно – как и касса с беспроводным доступом. Тем не менее, процесс передачи сигнала с кассы с беспроводным доступом можно инициировать целенаправленно. Появления внешнего передатчика помех необходимо дожидаться - и действовать очень быстро. Случай как раз для smartDF.

Обнаружение

17:19. Развертка по частоте 430-440 МГц, включающая и значительную часть диапазона ISM (433,05-434,79 МГц), показывает два очевидно модулируемых сигнала (рис. 1). С помощью метки можно точно определить центральные частоты: 433,852 и 434,424 МГц.

Анализ

17:20. При переключении в режим работы «Уровнемер» (Level Meter) и включении демодуляции достаточно слабый сигнал на частоте ок. 434,4 МГц идентифицируется как сигнал данных (рис. 2). Источником такого сигнала мог бы быть автомобильный ключ. Однако, поскольку такой сигнал можно достоверно воспроизвести с помощью мобильного терминала официанта, его источник не вызывает сомнений.

17:23. В результате выявления частотной модуляции выяснилось, что более сильный сигнал на частоте приблизительно 433,9 МГц является музыкальной программой (рис. 3). Предположительно он идет от беспроводных наушников, работающих в диапазоне ISM. Более точный спектральный анализ с разрешением 300 Гц показывает типичный спектр частотной модуляции, однако не дает новой информации: просто «послушать» здесь – как и в большинстве случаев – самый быстрый способ.

17:30. Сигнал помехи периодически исчезает. Представление временной характеристики одной операции на кассе с беспроводным доступом в режиме «Область действия» (Scope) показывает неискаженный сигнал данных (рис. 4).

Локализация

17:37. Сигнал помехи возвращается. Теперь можно запустить горизонтальное сканирование, которое более точно, чем при ручном пеленговании, отображит направление.

17:39. Результат получен (рис. 5). Направление указывает на расположенный напротив дом.

17:42. Второе горизонтальное сканирование дает возможность произвести триангуляцию (рис. 6). Источник находится в одном углу дома. Последующее ручное пеленгование с акустическим поиском максимума позволяет предположить, что источник находится на верхнем этаже.

17:58. Источник найден: опрос жителей дома привел к студенту, который, пытаясь отвлечься от народной музыки, звучащей в пивной в парке, слушает в беспроводных наушниках хард-рок.

Таким образом, заданным оказывается и способ устранения помехи: замена наушников достаточно старого производства на модель, работающую в диапазоне 860 МГц (для SRD - устройств короткого радиуса действия). Это выгодно и студенту, т.к. диапазон SRD разделен на поддиапазоны для специального пользования во избежание взаимных помех со стороны аналоговых и цифровых сигналов.

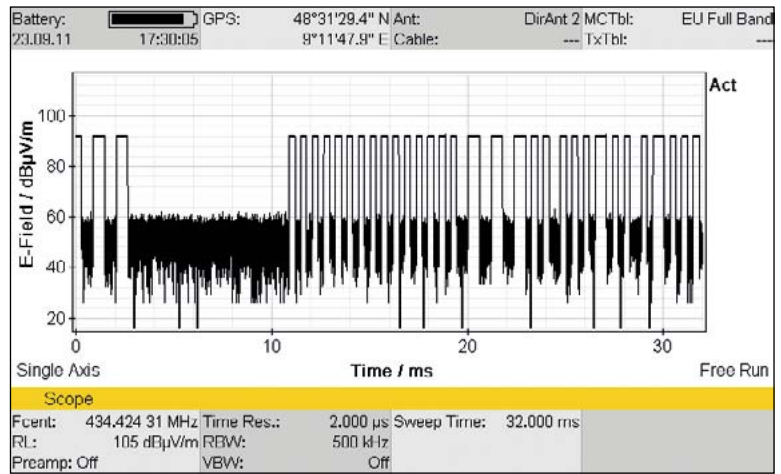


Рис. 4: Временная характеристика сигнала данных, здесь показана без искажения. Хорошо видны импульсы информации и синхронизирующие импульсы.

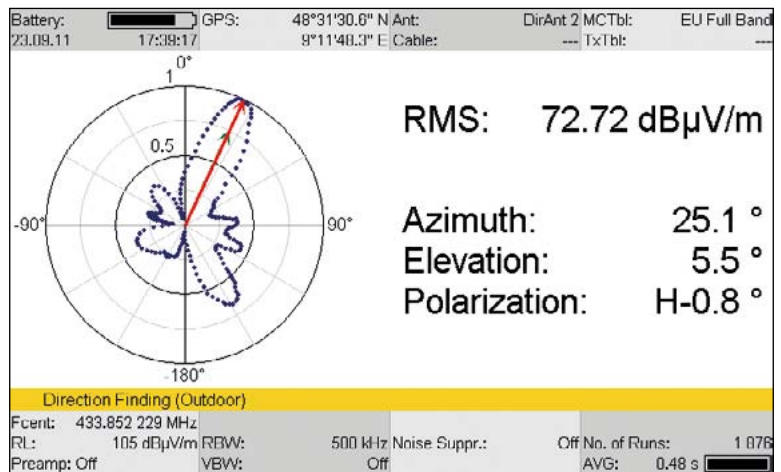


Рис. 5: Результат горизонтального сканирования, представлен на полярной диаграмме.



Рис. 6: Локализация с помощью триангуляции на сохраненном в приборе плане города.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

ЦЕЛЬ ОПРЕДЕЛЯЕТ СРЕДСТВА

Чтобы проанализировать частоты сигналов до 6 ГГц с высокой чувствительностью и широкой динамикой, полностью цифровые способы необходимо исключить. Поэтому IDA использует комбинацию из аналоговой предварительной обработки и последующей цифровой обработки – и то и другое в соответствии с новейшим уровнем техники.

АНАЛОГОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

В принципе аналоговая часть IDA работает как классический супергетеродинный радиоприемник. Тем не менее, у нее есть несколько особенностей, на которых стоит остановиться подробнее.

Предварительная избирательность

Сначала входная часть защищена с помощью емкостного разделения от постоянного напряжения до 50 В. Диплексер разделяет входные сигналы по частотам выше и ниже 42 МГц. Таким образом исключается, например, ситуация, когда сильный передатчик с амплитудной модуляцией блокирует избирательный тракт для более высоких частот. Дальнейшие процессы предварительной избирательности производятся полосовыми фильтрами.

Тракт А: нижний диапазон частот

Зачем преобразовывать, если аналого-цифровой преобразователь (ADC) может сразу же обрабатывать низкие частоты? Для частот до 42 МГц* IDA обходится без преобразования и благодаря этому обеспечивает до сих пор не имевшие себе равных точность и динамику.

Тракт В: средний диапазон частот

Частоты между 42 МГц и 3 ГГц* проходят три этапа преобразования. Перекрытие по изменяющейся частоте локального осциллятора 1 в смесителе 1 вызывает преобразование входного сигнала с повышением параметра до промежуточной частоты 5320 МГц. Затем следует два преобразования с понижением частоты сначала до 2360 МГц и наконец до 40 МГц – частоты, на которой аналого-цифровой преобразователь (ADC) может беспрепятственно работать.

Тракт С: верхний диапазон частот

Для центральных частот между 3 и 6 ГГц* локальный осциллятор 1 с изменяющимися частотами включают напрямую на смеситель 2. Поэтому входной сигнал преобразуется с понижением частоты сразу же до 2360 МГц, а затем – до 40 МГц.

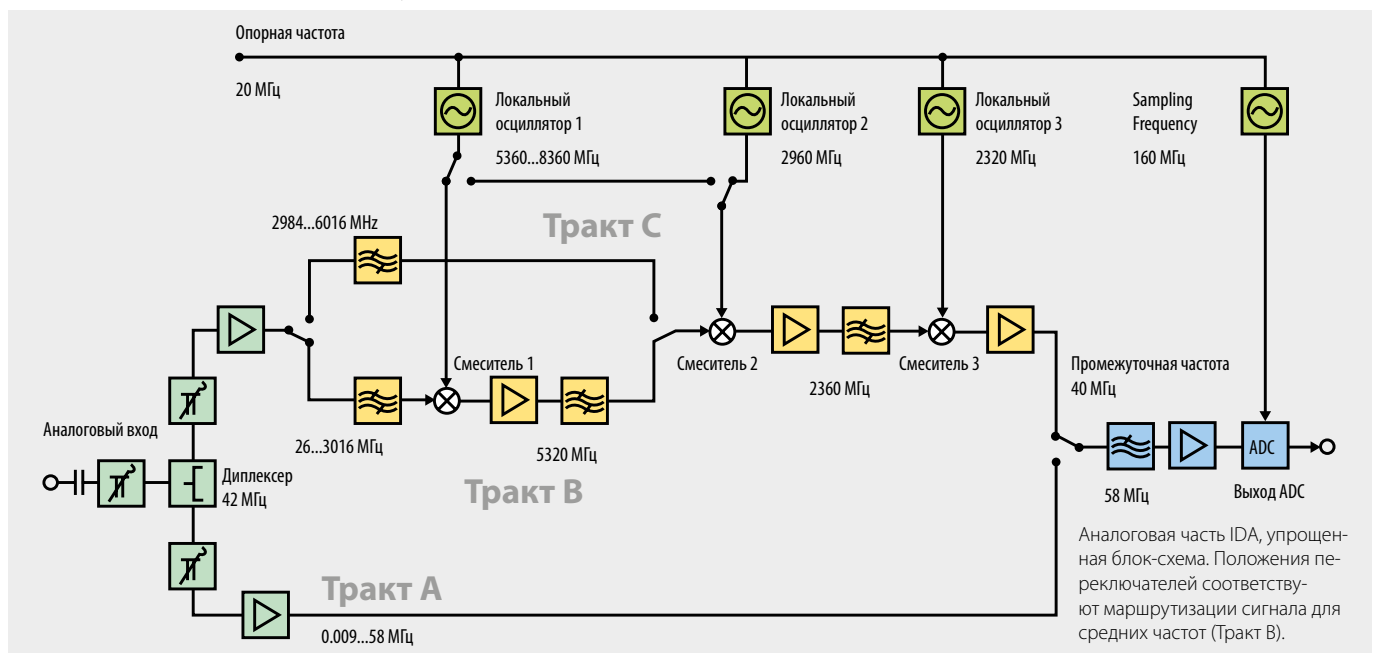
Входной аттенюатор

Для настройки чувствительности IDA использует калиброванную измерительную линию с мелкой градацией с шагом 1 дБ. Благодаря этому высокий уровень динамичности IDA можно использовать в полной мере. И даже больше: эксперты могут определить по спектру, что означают слабо выраженные линии – истинные сигналы или только продукты взаимной модуляции внутри аппаратуры, которые, начиная с определенной модуляции, неизбежны даже в самых лучших приборах. Для этого в приборах

* номинальная центральная частота. Тракт должен быть открыт дополнительно для максимальной разрешающей способности по полосе пропускания 32 МГц, т.е. 42 ± 16 МГц, 3000 ± 16 МГц и т.д.

Классический принцип гетеродина

Входной аттенюатор: настоящая эталонная линия



изменяют опорную частоту, а вместе с ней и диапазон измерений на несколько дБ. Для истинных сигналов это выражается в линейной зависимости, при взаимной модуляции, напротив, приводит к непропорциональной зависимости. Таким образом всегда можно установить оптимальный диапазон измерений, кроме того, исключается возможность впасть в заблуждение из-за виртуальных источников сигнала.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Значения сканирования, поступающие с частотой выборки 160 МГц, сначала проходят через цифровой понижающий преобразователь (Digital Down Converter). Он выполнен в форме демодулятора I/Q: путем умножения косинуса на синус колебаний локального осциллятора на выходе получают отдельно действительную (In-phase component, I) и мнимую часть (Quadrature component, Q). Данные I/Q предоставляются в режиме реального времени; частота выборки соответствует полосе частот, т.е. максимально 32 МГц. IDA может сохранять до 250 000 пар данных I/Q для последующей обработки!

ПРЕИМУЩЕСТВА

С одной стороны, преимущество в том, что данные поступают в режиме реального времени с высокой скоростью передачи, с другой - это возможности запоминающего устройства: такое сочетание обеспечивает IDA превосходство по качествам.

Сложение с верным результатом

IDA производит расчет квадрата значений действительной и мнимой части (I, Q) в режиме реального времени. Таким образом получают показатели мощности в виде мгновенных значений (ACT), которые могут быть напрямую представлены в режиме работы «Область действия» (Score).

Необработанные данные

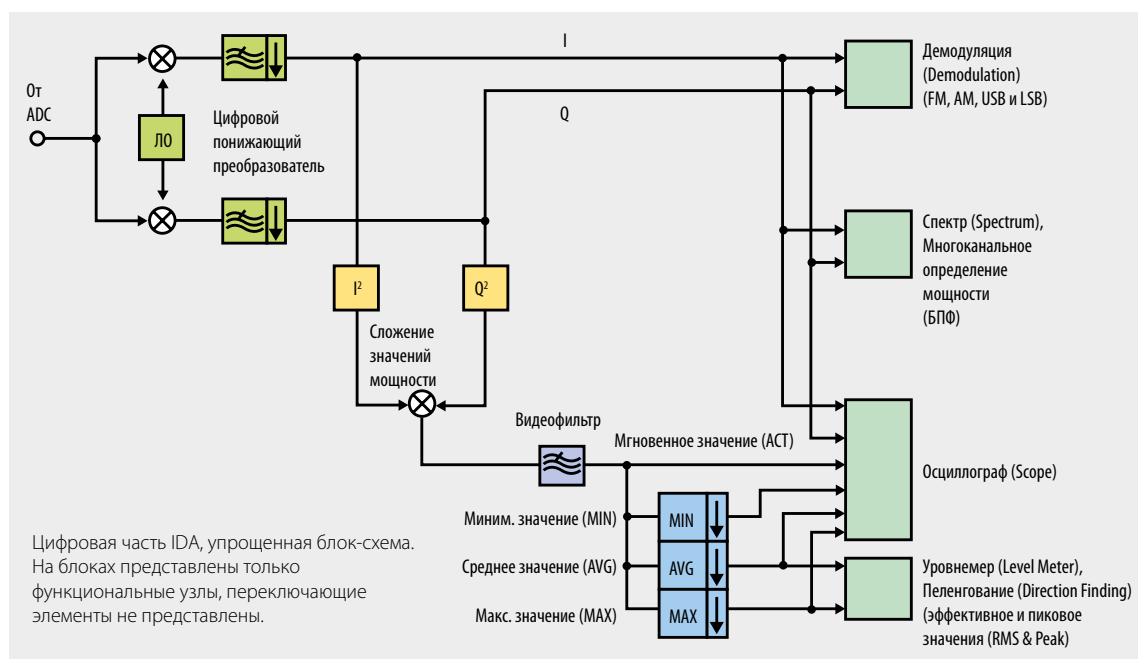
В сравнении с обычными анализаторами спектра в IDA нет общей предварительной обработки данных под разрешение монитора. В фоновом режиме сохраняются все данные независимо от текущего представления. В режиме работы «Спектр» (Spectrum), таким образом, в распоряжение пользователя может быть предоставлено до 27 517 значений, полученных при спектральном анализе.

Прямая демодуляция

Демодуляция также возможна в режиме реального времени: для сигналов с частотной модуляцией (FM), сигналов с амплитудной модуляцией (AM), верхней (USB) и нижней (LSB) боковой полосы частот при однополосной модуляции.

Все в одном: программируемый приемник

Комбинация аналоговой и цифровой обработки сигналов делает IDA универсальным инструментом. Это одновременно и пеленгаторное устройство, и анализатор спектра, и приемник сигналов с частотной и амплитудной модуляцией, а также радиосигналов в диапазонах вплоть до UMTS, LTE и WLAN.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ: ПРОДОЛЖЕНИЕ

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Спектр (Spectrum)

IDA рассчитывает спектр с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) с количеством опорных точек до 32 768. Для диапазонов частот более, чем приблизительно 27 МГц, IDA выстраивает ряд из нескольких БПФ. Разнесение по частоте опорных точек БПФ примерно вполуполовину меньше заданной разрешающей способности по полосе пропускания (RBW); для эффективного расчета IDA использует только ряды БПФ, соответствующие числу 2, возведенному в степень. Для точного измерения частоты и уровня спектральных линий, которые не попадают строго в какую-либо точку частотной сетки БПФ, IDA предлагает функцию маркера пиковых значений (Peak-Marker). В основе

этой функции лежит алгоритм, который с высокой точностью интерполирует действительные значения частоты и уровня.

В режиме «Спектр» (Spectrum) IDA может реализовать функцию видеопрофиля, сплошным потоком записывая данные I/Q о нескольких рядах БПФ. Из этого он вычисляет следующие друг за другом и сильно перекрывающиеся по времени БПФ. Для каждой частотной точки в спектре, таким образом, имеется несколько следующих друг за другом по времени значений мощности, на основании которых IDA рассчитывает и отображает среднее значение.

Пример слева показывает результаты сканирования до частоты 6 ГГц с сильными радио- и ТВ-сигналами на частоте в несколько сотен МГц, на частоте GSM-900 (положение маркера), GSM-1800 и UMTS на частоте ок. 2,2 ГГц.

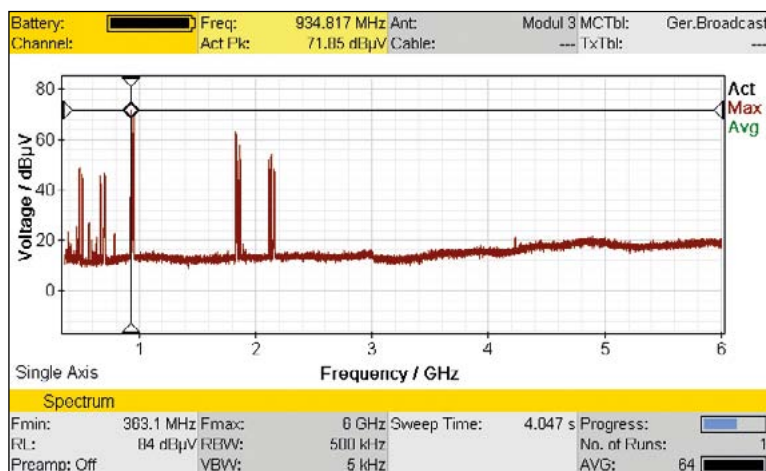
Многоканальное определение мощности (Multi-Channel Power)

На основе режима «Спектр» (Spectrum) IDA рассчитывает мощности каналов по макс. 500 произвольно определяемым каналам. Для каждого канала можно индивидуально задать центральную частоту, полосу частот канала и измеряемую ширину полосы частот (RBW).

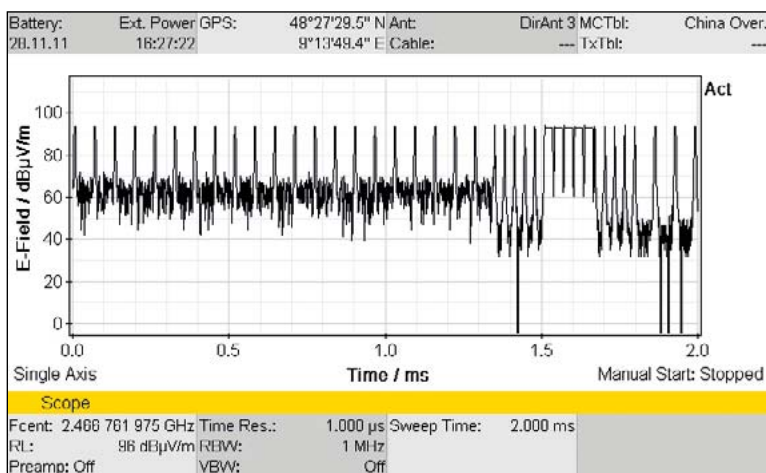
Осциллограф (Scope)

Этот режим предлагает широкие возможности для анализа сигналов, т.к. в процессе работы в нем дается очень много информации. IDA может представить данные I/Q сплошным потоком и с максимальной частотой выборки, по отдельности или одновременно в течение определенного времени. Временная разрешающая способность соответствует обратному значению разрешающей способности по полосе пропускания (RBW). Таким образом, на полосе частот 32 МГц это составляет 31,25 нс – точность, достаточная, чтобы уловить радиолокационный импульс. На полосе частот 5 кГц – типичной для сигналов с амплитудной модуляцией – это 200 мкс. При возможности сохранения до 250 000 пар значений продолжительность регистрации здесь равна 50 секундам.

При более длительной продолжительности записи IDA может произвести предварительную обработку данных во временном интервале. Она осуществляется путем формирования среднего значения (AVG) и сохранения максимальных и минимальных значений (MAX, MIN). IDA всегда сохраняет все три значения и показывает их параллельно. Хотя в результате предварительной обработки данных теряется временная раз-



Режим работы «Спектр» (Spectrum), замерено на частоте 6 ГГц с разрешающей способностью по полосе пропускания (RBW) 500 кГц и шириной полосы частот видеосигнала (VBW) 5 кГц.



Режим работы «Область действия» (Scope), замерена временная характеристика с разрешающей способностью по полосе пропускания (RBW) 1 МГц и временной разрешающей способностью 1 мкс.

решающая способность, данные по уровню сохраняются в полном объеме.

На примере слева показан сигнал видеокamеры на частоте 2,4 ГГц в высоком разрешении. В правой части рисунка представлен типичный блок синхронизации с пятью передними уравнивающими импульсами, пятью синхронизациями кадровой развертки и пятью задними уравнивающими импульсами.

Уровнемер (Level Meter)

Представление уровня сигнала также базируется на формировании среднего значения и сохранении максимального значения. При этом IDA использует перекрывающиеся временные интервалы, чтобы из каждого усреднения (AVG) получить корректное эффективное значение (RMS) с устанавливаемым временем интегрирования. Пиковое значение хранится в течение 480 мс, чтобы выявить даже самые короткие импульсы.

ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ

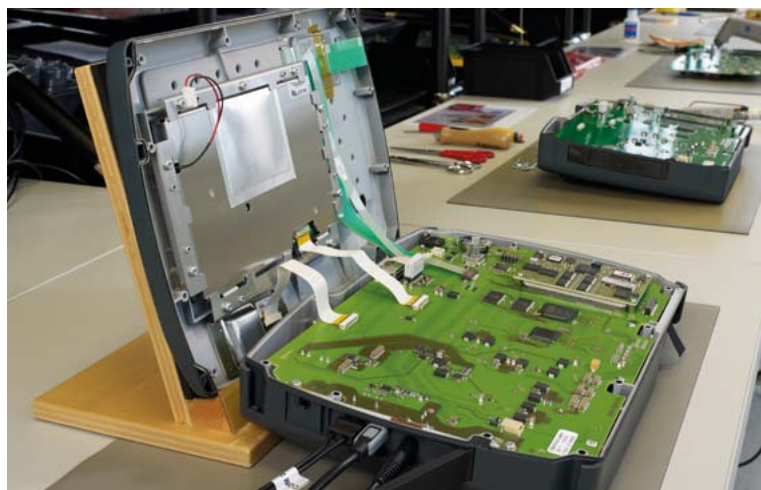
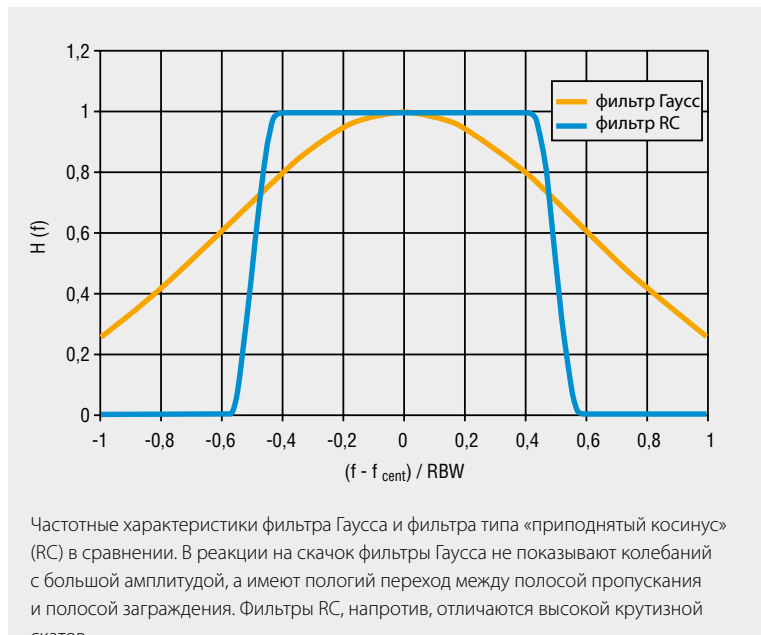
Разнесение каналов с помощью фильтра с крутым скрезом

Фильтры нижних частот цифрового понижающего преобразователя имеют характеристику типа «приподнятый косинус» (RC) с коэффициентом избирательности 0,16. В режимах «Уровнемер» (Level Meter) и «Область действия» (Score), где важное значение имеет высокая степень разнесения каналов, такие фильтры благодаря крутизне скатов обеспечивают чистое разнесение смежных каналов. Даже при слабом сигнале источника сильные передатчики на смежных частотах не поставят под сомнение результаты пеленгования.

В режиме «Спектр» (Spectrum) в распоряжении пользователя имеются традиционные фильтры Гаусса. Они приводятся в действие с помощью соответствующей функции заполнения прямоугольника данными БПФ.

Задаваемая ширина полосы частот видеосигнала

Видеофильтр из режима работы «Спектр» (Spectrum) уже был описан на предыдущей странице. В режимах «Область действия» (Score) и «Уровнемер» (Level Meter) в распоряжении пользователя также имеется видеофильтр. Он реализуется через рассчитанный в режиме реального времени рекурсивный фильтр нижних частот. Умелый выбор ширины полосы частот видеосигнала позволит пользователю увидеть сильно осциллирующие сигналы и таким образом снизить шум без потери пиков сигнала.



Вид «внутренностей» IDA-3106 на завершающем этапе монтажа: сочетание самых разных форм схемотехники на ограниченном пространстве

Параллельная демодуляция

В режимах работы «Уровнемер» (Level Meter) и «Пеленгование» (Direction Finding) IDA может демодулировать сигналы параллельно с проведением измерений: частотная модуляция до полосы частот 200 кГц, амплитудная модуляция – до полосы частот 20 кГц, модуляция с одной боковой полосой – до 10 кГц. Генератор биений (BFO) поможет на слух настроить частоту принимаемого сигнала. С помощью функции бесшумной настройки можно подавить слишком маленькие звуковые сигналы. Автоматический контроль уровня (ALC) автоматически настраивает громкость контрольного прослушивания. Еще одна практическая особенность: IDA может сохранять звуковые данные в формате wav!

КОМПЛЕКТ IDA

В СБОРЕ С АНТЕННАМИ И ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ

IDA-3106 представляет комплексную измерительную систему. «Комплексную» - значит, что все компоненты изготовлены одним производителем. Это значит также, что все они согласованы друг с другом и взаимно опознаваемы. При применении непосредственно «в поле» их можно быстро и без проблем комбинировать друг с другом. Само собой, все, что для этого нужно иметь под рукой, мы включили в комплект поставки.

можно также приобрести по отдельности. Режимы работы «Осциллограф» (Scope) / «Устройство записи данных I/Q» (I/Q Recorder) и функция «Карта» (Map) являются платными опциями.



Активная ручка антенны

Основной прибор IDA-3106,
9 кГц – 6 ГГц

Направленная антенна 1,
20 МГц – 250 МГц

Карт-ридер microSD

Конфигурационное программное
обеспечение

Руководство по эксплуатации IDA-3106,
сертификаты о прохождении
калибровки для основного прибора
и ручки антенны

Жесткий кейс

Направленная антенна 3,
400 МГц – 6 ГГц

Опора для руки

Плечевой ремень
для основного прибора

Наушники,
разъем 3,5 мм

Направленная антенна 2,
200 МГц – 500 МГц

Кабель USB-2,0
A/B mini, 1,8 м

Блок питания 12 В (DC),
100 В – 240 В (AC)

Анализатор помех IDA-3106,
комплект включает антенны с рабочим
диапазоном 20 МГц – 6 ГГц
Номер изделия 3106/102



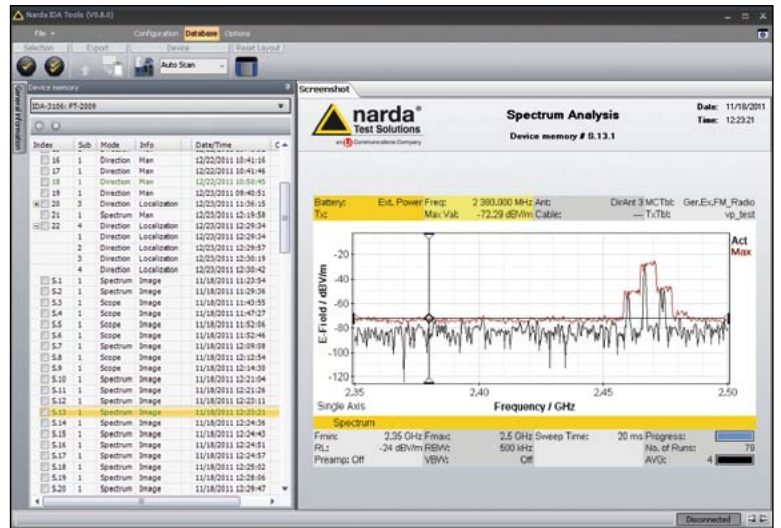
Направленная антенна 1, 20 МГц – 250 МГц



Направленная антенна 2, 200 МГц – 500 МГц



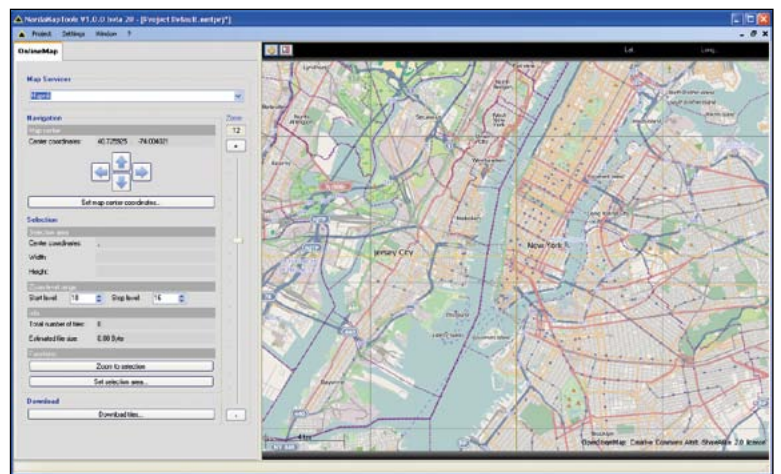
Направленная антенна 3, 400 МГц – 6 ГГц



Удобная обработка результатов с помощью инструментальных средств IDA

Инструментальные средства IDA

Это бесплатное программное обеспечение для компьютера предназначено для конфигурации основного прибора IDA, считывания данных измерений, а также для модернизации встроенного программного обеспечения. С помощью инструментальных средств IDA можно, например, создавать таблицы передатчиков и передавать их в прибор или запрашивать данные в приборе, например, файлы WAV с записями демодуляции или «скриншоты».



Подготовка картографического материала с помощью NardaMapTools

Опция «Карта» (Map)

Эта опция обеспечивает возможность сохранения результатов пеленгования на картах в IDA. Картографические материалы можно легко подготовить с помощью программного обеспечения NardaMapTools и сохранить на флеш-карте microSD, которая устанавливается в основной прибор IDA.



Narda Safety Test Solutions GmbH

Sandwiesenstrasse 7
72793 Pfullingen, Deutschland
Телефон: +49 (0) 7121-97 32-0
Факс: +49 (0) 7121-97 32-790
support@narda-sts.de
www.narda-sts.de

Narda Safety Test Solutions GmbH

Beijing Representative Office
Xiyuan Hotel, No. 1 Sanlihe Road, Haidian
100044 Beijing, China
Телефон: +86 10 68305870
Факс: +86 10 68305871
support@narda-sts.cn
www.narda-sts.cn

Специальный сайт IDA в Интернете:
www.narda-ida.com

© Narda Safety Test Solutions 2012

® Все названия и логотип являются зарегистрированными товарными знаками «Narda Safety Test Solutions GmbH» и «L3 Communications Holdings, Inc.» – названия компаний являются торговыми знаками владельцев