

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Test & Measuring Instruments and Systems

апрель 2020

Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ Keysight



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80 лет

опыта в электронных измерениях

50 лет

сотрудничества и инноваций в России

www.keysight.com/find/poverka



KEYSIGHT
TECHNOLOGIES



НОВЫЕ ПЛАНШЕТНЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ СЕРИИ ADS-41XX

Новинка!



- ✓ 2 или 4 канала с полосой пропускания до 150 МГц
- ✓ Скорость захвата осциллограмм до 80000 осц/с
- ✓ Большой сенсорный дисплей и традиционные органы управления
- ✓ Декодирование протоколов последовательных шин
- ✓ Перезаряжаемая батарея для работы в «полевых» условиях
- ✓ Интерфейсы для подключения к ПК и периферийным устройствам

	ADS-4142	ADS-4144	ADS-4155
Количество каналов	2	4	2
Полоса пропускания	100 МГц		150 МГц
Макс. дискретизация	1 Гвыб/с		
Макс. память	28 М точек		
Гориз. развертка	2 нс/дел... 1000 с/дел		
Верт. отклонение	500 мкВ/дел... 5 В/дел		
Тип запуска	Фронт, импульс, видео, скорость нарастания, задержка, логический шаблон, N фронт, рант UART, I ² C, SPI, CAN, LIN, MIL-1553B, ARINC429		



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
 Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
 Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ
 ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

Главный редактор (Editor-in-Chief)
Александр Афонский (Alexander Afonskiy)

Учредители (Founders)
МГТУ им. Н.Э.Баумана
(MSTU named after N.E. Bauman)
РОСТЕСТ-Москва (ROSTEST-Moscow)
ВНИИФТРИ (VNIIFTRI)
ООО «ЭЛИКС+» (ELIKS+ Ltd.)

Редакционная коллегия (Editorial Board)
Александр Афонский (Alexander Afonskiy)
Татьяна Афонская (Tatiana Afonskaya)
Александр Черников (Alexander Chernikov)

Заместитель главного редактора
(Deputy Editor-in-Chief)
Татьяна Афонская (Tatiana Afonskaya)

Издательство ООО «ЭЛИКС+»

Журнал зарегистрирован
в Комитете РФ по печати.
Свидетельство о регистрации
№015442 от 25 ноября 1996 г.

This magazine has been registered at
the Russian Federation Press Committee.
Reg. №015442 granted 25th November 1996.

Подписной индекс по каталогу
Агентства «Роспечать» — 80113, 81945;
по Объединенному каталогу
«Пресса России» — 34159

Адрес редакции:
115211 г. Москва, Каширское ш., 57-5.

Телефон/факс: (495) 344-99-21
E-mail: editor@kipis.ru
Интернет: www.kipis.ru, www.tmi-s.com

По информационным материалам,
опубликованным в журнале,
редакция дает справки.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации,
опубликованной в рекламных объявлениях.

Мнение редакции не всегда совпадает
с точкой зрения авторов.

При перепечатке ссылка на журнал
«КИПИС» обязательна.

Отпечатано в типографии
ООО «Пионер».

© «КИПИС», 2020 Цена свободная

Уважаемые читатели!

Обычную жизнь людей по всему миру разрушил коронавирус. Нарушены деловые, логистические, туристические, партнерские связи. Все мы оказались неготовыми и очень уязвимыми в данной ситуации. Но, как любые другие беды человечества, проблемы, связанные с пандемией, скорее всего, дадут качественный скачок в развитии технологий для таких направлений, как: дистанционная работа, онлайн обучение, web-ивенты и т.п. Отдельная и очень востребованная сейчас развивающаяся отрасль — это медицинские роботы, благодаря которым можно избежать заражения медиков, безопасно обслуживать заболевших и предотвратить распространение инфекции.

Но есть и хорошие новости! В этом году популярной российской торговой марке АКТАКОМ исполнилось 20 лет! Контрольно-измерительное оборудование АКТАКОМ™ известно своей надежностью и доступной ценой. Широкий ассортимент приборов АКТАКОМ позволяет найти решение практически любой измерительной задачи.

Статья «Многооточечные измерения в анализаторах компонентов АКТАКОМ серии АММ-30х8» дает рекомендации для качественного анализа состояния различных электронных компонентов. Подобные измерения необходимы там, где требуется точная подгонка и настройка компонентов, при отбраковке «годен-негоден» на производстве или в научно-исследовательской деятельности.

Универсальные приборы АКТАКОМ, сочетающие в себе возможность использования сразу нескольких приборов и при этом имея доступную цену и высокую точность измерений, нашли применение практически во всех сферах деятельности. Читайте в этом номере обзор «Универсальные измерительные решения АКТАКОМ» о функциональных возможностях наиболее популярных комбинированных моделей.

Подобно любой сложной цифровой электронной системе, автомобильная электроника может быть источником электромагнитных помех и обладать большой чувствительностью к этим помехам, причем последствия отказа могут стать фатальными. В статье «Проблемы ЭМС/ЭМП в подключенном автомобиле» обсуждаются источники электромагнитных помех (ЭМП) и шаги, которые могут предпринять инженеры для выявления и снижения их влияния с помощью прибора, способного с высокой точностью измерять характеристики ЭМП: приемник ЭМП PXE от Keysight Technologies.

В настоящее время беспроводные технологии повысили для потребителей удобство пользования самыми различными устройствами. Любая радиоэлектронная аппаратура, в том числе и Интернет вещей (IoT), для получения сертификата соответствия со стороны регулирующих органов должна пройти испытания на ЭМС. Это всегда было дорогостоящим мероприятием. «Как экономически эффективно обеспечить электромагнитную совместимость IoT-устройств», вы узнаете из статьи Мэтью Максвелла, компания Rohde-Schwarz.

Еще больше информации вы найдете на сайте www.kipis.ru. Здесь же вы можете оформить подписку на 2020 год.

С уважением, Татьяна Афонская



Dear readers!

The normal life of people around the world has been destroyed by coronavirus. Business, logistics, tourism, partnership communications have been disrupted. We all have turned out to be unprepared and very vulnerable to this situation. But like any other troubles of mankind the problems associated with the pandemic are likely to lead to a substantial rise in the technology development in the areas as follows: distant work, online training, web-events, etc. A very demanded one is developing medical robots industry that makes it possible to avoid infection of medical professionals, safely serve the diseased and prevent the infection spreading.

But there is good news! This year popular Russian AKTAKOM trade mark is celebrating its 20th anniversary! AKTAKOM™ test and measurement equipment is known for its reliability and affordable prices. A wide range of AKTAKOM devices allows you to find a solution to almost any measurement task.

Article «Multipoint measurement mode in AKTAKOM AMM-30x8 component analyzer series» provides recommendations for the qualitative analysis of various electronic components condition. Such measurements are necessary in a number of works where precise adjustment and components fixture is required, in «pass-fail» sorting at manufacturing site or in research activities.

AKTAKOM universal devices combining the possibility of using several devices at once, having at the same time an affordable price and high measurement accuracy, have found application in almost all fields of activity. In the present issue you may read review «AKTAKOM universal measurement solutions» about the functionality of the most popular combined models.

Like any complex digital electronic system automotive electronics can be a source of electromagnetic interference and become very sensitive to such interference, at the same time the failure effect can be fatal. In article «EMC/EMI challenges in the connected vehicle» they discuss different sources of electromagnetic interference (EMI) and the steps that engineers can take to identify and reduce their effects. The present article describes a device capable of measuring EMI characteristics with high accuracy — this is PXE EMI receiver by Keysight Technologies.

Nowadays wireless technologies have increased the convenience level for the use of different types of devices. Any electronic equipment including IoT should meet EMC requirements in order to obtain a compliance certificate from the regulating authorities. Traditionally this can't be considered cost effective. Article «Cost effectively ensure electromagnetic compatibility in the age of IoT» by Matthew Maxwell (Rohde & Schwarz) will provide more details to you.

More information can be found on www.kipis.ru. There you may also subscribe to our magazine for 2020.

Best regards, Tatiana Afonskaya

Содержание

Contents

Новости от АКТАКОМ, Keysight Technologies, Rohde & Schwarz и др.	4	News from AKTAKOM, Keysight Technologies, Rohde & Schwarz and others
Многооточечные измерения в анализаторах компонентов АКТАКОМ серии АММ-30х8	6	Multipoint measurement mode in AKTAKOM AMM-30x8 component analyzer series
Универсальные измерительные решения АКТАКОМ	9	AKTAKOM universal measurement solutions
Проблемы ЭМС/ЭМП в подключенном автомобиле	19	EMC/EMI challenges in the connected vehicle
Как экономически эффективно обеспечить электромагнитную совместимость IoT-устройств Мэтью Максвелл	22	Cost effectively ensure electromagnetic compatibility in the age of IoT Matthew Maxwell
Измерения для глобальной торговли (послание Директора МБМВ и Директора МБЗМ к Всемирному дню метрологии 2020) Мартин Милтон, Антони Доннеллан	31	Measurements for global trade (message from the director of the BIPM and director of the BIML to World Metrology Day 2020) Martin Milton, Anthony Donnellan
Математическая теория измерительных задач: приложения. Неадекватность и достоверность в метрологии Левин С.Ф.	32	Mathematical theory of measurement problems: applications. Inadequacy and reliability in metrology S. Levin

На первой странице обложки:

Центр Сервиса и Метрологии Keysight готов обеспечивать комплексное обслуживание измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

On the first page of the cover:

Keysight service and metrology center is ready to provide a full package of services for measurement devices of Keysight, Agilent, HP.

НОВЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПЯЖЕНИЯ

В ассортименте источников питания **АКТАКОМ** появилась новая модель — **APS-4215**. APS-4215 представляет собой однофазный программируемый источник питания переменного напряжения (до 300 В) с низким уровнем гармоник и мощностью до 500 Вт. APS-4215 способен формировать на выходе как обычный синусоидальный сигнал с частотой от 45 до 500 Гц, так и эмулировать различные аномальные выходные сигналы. Кроме формирования высококачественных выходных сигналов источник питания APS-4215 может измерять и одновременно выводить на цветной дисплей напряжение, ток, мощность, пиковый ток, коэффициент мощности.



АКТАКОМ

Помимо ручного режима установки выходных параметров, APS-4215 предоставляет инженерам различные программируемые режимы управления: режим тайминга (работа по списку), режим регулировки скорости нарастания и спада во времени, режим формирования положительных и отрицательных импульсных выбросов / понижения или повышения амплитуды.

Из функциональных особенностей источника питания АКТАКОМ APS-4215 также можно выделить:

- регулировка начальной и конечной фазы;
- функция удержания;
- память на 50 профилей в ручном режиме, 50 групп по 9 шагов в группе в программном режиме;
- интеллектуальная система охлаждения;
- защита от перегрузки по напряжению, от пониженного напряжения, от перегрузки по току, от перегрузки по мощности, от перегрева, установка ограничения по току;
- поддержка дистанционного управления входными функциями (управление входом из 7 профилей памяти);
- поддержка дистанционного управления выходными функциями (PASS, FAIL, отключение выхода);
- сохранение настроек и результатов измерения;
- интерфейсы RS-232, USB;
- цветной ЖК дисплей 4,3", 24 разряда цвета, 480×272 точек.

www.aktakom.ru

ИНТЕГРИРОВАННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ 5G

Компания **Keysight Technologies, Inc.** объявила о начале реализации новых инструментов устранения неис-



**KEYSIGHT
TECHNOLOGIES**

правностей и тестирования, которые помогут производителям устройств 5G и мобильным операторам автоматизировать процессы испытаний и формирования отчетов для различных конфигураций и моделей.

Набор инструментов для тестирования устройств 5G от компании Keysight позволяет ускорить проверку эффективности 5G-оборудования перед выводом на рынок. В состав набора входят разработанные Keysight платформы *UXM 5G* и *Nemo Outdoor* для испытания беспроводных устройств, а также программный пакет *Nemo 5G Device Analytics*. Вместе они представляют собой интегрированное лабораторное решение для тестирования, устранения неисправностей и повышения качества сетевых сервисов. Предлагаемый набор инструментов для тестирования устройств 5G входит в комплект решений Keysight для эмуляции 5G-сетей и позволяет автоматически формировать стандартизированные отчеты для количественной оценки эффективности испытываемого оборудования.

Компания Keysight применила основные технологии тестирования, измерения и анализа данных для создания нового законченного пользовательского решения, которое обеспечивает корреляцию результатов испытаний для различных устройств. Это позволяет ускорить анализ первопричин и оценку эффективности при разнообразных сценариях использования.

Набор инструментов Keysight для тестирования 5G-оборудования обеспечивает следующие ключевые преимущества для пользователей:

- оценка эффективности устройств при различных сценариях эксплуатации, смоделированных с учетом реальных условий;
- поддержка сценариев тестирования по целому ряду ключевых показателей эффективности (КПЭ), таких как скорость передачи данных, успешное распределение ресурсов в сетях LTE и 5G, а также производительность сети на границе зоны покрытия;
- простое сравнение испытываемого продукта с эталонными устройствами, конкурирующими моделями и устройствами, в которых используются другие конфигурации модемов и программного обеспечения.

www.keysight.com

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ОДНОПОРТОВЫХ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ

Корпорация **Anritsu** представляет векторный анализатор цепей (ВАЦ) *ShockLine™ MS46131A* с USB-подключением — это первый в отрасли однопортовый модульный ВАЦ, поддерживающий измерения на частотах до 43,5 ГГц. Новый анализатор MS46131A повышает рентабельность и эффективность измерений антенн и других однопортовых устройств 5G, работающих на частотах до 6 ГГц, а также в диапазонах 28 и 39 ГГц (на миллиметровых волнах).

Новый анализатор ВАЦ MS46131A отличается легкостью, компактностью и простотой использования — его можно подключать непосредственно к испытываемому оборудованию без соединительных кабелей.

MS46131A можно настроить для каждого измерения в зависимости от количества тестируемых портов. При необходимости проведения измерений одновременно по 2 портам, к одному ПК можно подключить до 2 однопортовых приборов.



Anritsu

Помимо USB-подключения к внешнему управляющему ПК с ПО *ShockLine*, на MS46131A также необходимо подать питание 12 В. Преимущество внешнего ПК состоит в обеспечении лучшей сохранности результатов измерений, так как они записываются на ПК, а не в самом ВАЦ. Благодаря повышенной защищенности MS46131A хорошо подходит для испытаний в условиях ограниченного доступа.

www.anritsu.com

НОВЫЕ КАЛИБРАТОРЫ С ПОДДЕРЖКОЙ ПРОТОКОЛА HART

Компания **Yokogawa Electric Corporation** выпустила две модели новых многофункциональных калибраторов технологических процессов, которые могут генерировать и измерять электрические сигналы с высочайшей точностью — *CA500* и *CA550*. Модель CA550 — первый калибратор Yokogawa, получивший поддержку базовых функций HART-коммуникатора.

Новые калибраторы CA500 и CA550 имеют улучшенную генерацию сигнала и точность измерений, расширяя диапазон устройств, которые можно калибровать с помощью этих приборов. Один калибратор серии CA550 может

выполнять калибровочные работы, для которых ранее требовался целый комплект (магазин сопротивлений, Hart-коммутиратор и др.).

Модели CA500 и CA550 обладают ЖК-дисплеем, который легко читается под прямыми солнечными лучами. Объем данных, отображаемый на экране, также увеличен. Приборы отлично подходят для использования «в поле», за счет способности работать непрерывно до 16 часов всего на 4 щелочных батарейках AA.



YOKOGAWA ◆

Калибратор CA550 имеет функцию программируемой развертки (автоматического тестирования входов / выходов), которая устраняет необходимость вручную настраивать сгенерированные значения, записывать результаты измерений и вводить данные на ПК.

Новый калибратор CA550 поддерживает работу по HART и может выполнять настройку нуля, нижнего, верхнего пределов и другие функции HART-коммутиатора.

www.yokogawa.ru

НОВЫЕ АППАРАТНЫЕ ОПЦИИ ДЛЯ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ R&S® ZNA

Компания Rohde & Schwarz сообщила о выпуске новых аппаратных опций для векторного анализатора цепей R&S® ZNA, которые в продолжении



ROHDE & SCHWARZ

концепции «нажатием одной кнопки» максимально облегчают процедуру настройки установки и измерения тестируемого устройства.

Внутренний сумматор опции R&S® ZNAxx-B213 обеспечивает двухтональный сигнал на Порту 1, необходимый для интермодуляционных измерений или измерения ГВЗ с опцией K9. Опция предназначена для 4-портовых моделей анализаторов цепей R&S® ZNA26/43.

Опция R&S® ZNA26/43-B161/163 предоставляет возможность выбора альтернативного пути к опорному приёмнику, который обеспечивает малые шумы трассы и меньшую ошибку измерения даже при малых уровнях стимулирующего сигнала.

Опция расширения памяти R&S® ZNA-B7 увеличивает число волновых величин, используемых для измерений профиля импульса.

Опция R&S® ZNA FW 1.95, помимо поддержки вышеупомянутых аппаратных опций, реализует новый подход к процедуре калибровки — интеллектуальный помощник.

www.rohde-schwarz.com

НОВЫЙ АНАЛИЗАТОР СИГНАЛОВ

Компания Keysight Technologies, Inc., лидер в области технологий электронных измерений, оказывающий содействие предприятиям, поставщикам услуг и правительственным органам в ускорении внедрения инноваций с це-

лью объединения и обеспечения безопасности в мировом масштабе, объявила о выпуске новой модели анализатора сигналов Keysight N9021B MXA серии X, предназначенного для разработчиков и инженеров на производстве. Новый анализатор отличается исключительно низким уровнем фазовых шумов на высоких частотах и оснащен программным обеспечением для оптимизации рабочих процессов согласно требованиям стандартов 3GPP для сетей 5G New Radio (NR).

В связи с повышением объема передачи в области беспроводной и спутниковой связи требуется измерительная аппаратура с более широкой полосой анализа. Рост популярности технологий широкополосного доступа (в том числе 5G NR) определяет потребность инженеров в инструментах, обеспечивающих высокую скорость и точность измерений, а также достаточную ширину полосы анализа при валидации проектов и производстве оборудования.

Новый анализатор сигналов Keysight N9021B MXA серии X использует усовершенствованный алгоритм перестройки частоты, позволяющий сократить время испытаний без ущерба для эффективности.



KEYSIGHT TECHNOLOGIES

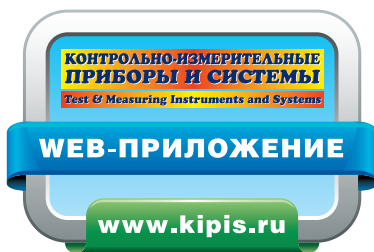
Ключевые характеристики нового анализатора сигналов N9021B MXA серии X:

- диапазон частот от 10 Гц до 50 ГГц в соответствии с техническими требованиями для диапазонов FR1 и FR2 сетей 5G NR;
- обнаружение сигналов с использованием расширенной полосы анализа (до 510 МГц) и динамического диапазона свободной от паразитных составляющих (более 72 дБ);
- наилучшие в данном классе показатели однополосных фазовых шумов в РЧ диапазоне -129 дБн/Гц (несущая частота 1 ГГц, отстройка 10 кГц), позволяющие повысить качество измерений модуля вектора ошибки (EVM) (EVM 5G NR — менее 1%);
- полный анализ спектра в режиме реального времени (Real-Time Spectrum Analysis, RTSA) для обнаружения трудноуловимых или кратковременных сигналов;
- высокая скорость и точность измерения сигналов и спектра, позволяющие увеличить пропускную способность и производительность, а также снизить расходы при изготовлении устройств 5G.

www.keysight.com

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Для удобства наших читателей, дополнительная информация к каждому номеру представлена на сайте www.kipis.ru в специальном разделе «WEB-приложение», доступном ТОЛЬКО ДЛЯ ПОДПИСЧИКОВ!



Чтобы получить доступ в этот раздел, на странице www.kipis.ru/appendix/ введите логин subscriber и пароль kipis-web-app. Надеемся, Вам будет полезна дополнительная информация к свежему номеру журнала КИПИС.

МНОГОТОЧЕЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В АНАЛИЗАТОРАХ КОМПОНЕНТОВ АКТАКОМ СЕРИИ АММ-30x8

MULTIPOINT MEASUREMENT MODE IN АКТАКОМ АММ-30x8 COMPONENT ANALYZER SERIES

Для решения различных научных и практических задач в области радиоэлектроники и полупроводниковой техники постоянно возникает необходимость измерений и качественной оценки состояния различных электронных компонентов, не только пассивных — измерение резистивности (сопротивления), емкости конденсаторов и индуктивности различных катушек или обмоток, но и полупроводниковых структур. Подобные измерения необходимы не только для оценки качества (некоторые элементы, например бумажные или электролитические конденсаторы, значительно изменяют свои характеристики с течением времени), но и в ряде работ, где требуется точная подгонка и настройка компонентов (например, для установки частоты резонанса контуров и фильтров), при определении характеристик (например, температурных зависимостей), отбраковке «годен-негоден» при допусковом контроле на производстве или в научно-исследовательской деятельности.

НЕМНОГО ТЕОРИИ

Не будем углубляться в ТОЭ — теоретические основы электротехники, но напомним, что сопротивление таких элементов, как индуктивности и конденсаторы в цепи переменного тока, сильно зависит от частоты протекающего тока и характеризуются комплексным сопротивлением или, по-другому, импедансом. Для измерения комплексных параметров цепей или импеданса на различных частотах используются, так называемые, измерители импеданса. В большинстве случаев современные приборы позволяют также измерять и ком-



плексную проводимость — амитанс, и тогда прибор называется измерителем иммитанса (анализатором компонентов или измерителем RLC).

Комплексное сопротивление (обычно обозначается буквой Z) выражается суммой активной (R) и реактивной (X) составляющих — частотнозависимых индуктивной X_L и емкостной X_C , т.е. $Z=R+j(X_L-X_C)$, а полное сопротивление участка цепи есть модуль комплексного сопротивления $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$.

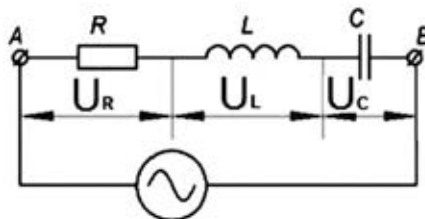


Рис. 1. Представление участка цепи в сети переменного тока

Каждый конденсатор имеет свое внутреннее конечное сопротивление диэлектрика между пластинами, которое приводит к возникновению внутренних утечек. Это сопротивление зависит от частоты, и чем меньше сопротивление, тем лучше емкость. Аналогичные потери присущи и индуктивностям — активное сопротивление провода, магнитное поле рассеивания, вихревые токи и другие параметры снижают качество компонента. Для оценки внутренних потерь в емкостях и индуктивностях

ввели понятия добротности D и тангенса угла диэлектрических потерь Q , при этом величины связаны зависимостью $D=1/Q$. Обычно, потери в емкости оценивают по тангенсу угла диэлектрических потерь, а потери в индуктивности — по добротности.

Для корректного проведения измерений необходимо выбрать и правильную эквивалентную схему — последовательную (обозначена подстрочным индексом «s») или параллельную (индекс «p»). Выбор эквивалентной схемы зависит от частоты сигнала и учитывает, какое реактивное сопротивление имеет большее влияние на этой частоте. Как правило, при больших значениях индуктивности и емкости выбирают параллельную схему, а при малых — последовательную.



Рис. 2. Экран прибора АММ-3038 в режиме измерения емкости при параллельной схеме замещения C_p и добротности D

Метод измерения и расчета результатов измерения, используемый в приборах, позволяет определять сразу пару параметров, например емкость и тангенс угла диэлектрических потерь Q или емкость и добротность D (рис. 2).

АНАЛИЗАТОРЫ КОМПОНЕНТОВ АКТАКОМ

Для определения характеристик радиоэлектронных приборов и материалов используются специализированные приборы — источники-измерители, выполняющие функции источника напряжения с измерением тока и источника тока с измерением напряжения (рис. 3), что позволяет построить вольт-амперную характеристику исследуемого прибора.

Однако, при исследовании полупроводниковых структур и специфики проводимости полупроводников этого бывает недостаточно и требуются дополнительные исследования, в частности, построение вольт-фарадных характеристик. Для таких измерений используются более сложные приборы — параметрические анализаторы или характериографы (рис. 4), позволяющие исследовать изменение характеристик тестируемых элементов в зависимости от изменений частоты и амплитуды тестового сигнала и отображающие результат изме-

Широко применяемые при исследованиях электронных устройств вольт-амперные характеристики (ВАХ) описывают зависимость тока перехода I в зависимости от приложенного напряжения U . Однако это справедливо при медленно изменяющемся напряжении U , а в случае, когда скорость изменения напряжения соизмерима с временем накопления и рассасывания неравновесного носителя заряда, применение ВАХ становится невозможным. Такой режим называется динамическим, в этом случае р-п переход является инерционным элементом по отношению к быстрым изменениям тока или напряжения, т.к. новое распределение носителей заряда устанавливается не сразу, что связано с изменением физических свойств перехода при приложении внешнего напряжения. Можно считать, что р-п переход обладает емкостью, подключенной параллельно переходу и условно состоящую из двух составляющих — барьерной и диффузной емкостей. Не вдаваясь глубоко в физику процессов, отметим, что с увеличением обратного напряжения барьерная ёмкость уменьшается, а с увеличением прямого напряжения — увеличивается. Диффузная емкость пропорциональна значению тока через переход и зависит от частоты — с увеличением частоты тока значение емкости убывает, стремясь к «0». Зависимость емкости перехода от напряжения называется вольт-фарадной характеристикой (ВФХ). Построение вольт-фарадных характеристик — один из основных способов оценки качества полупроводниковых структур, а анализ ВФХ позволяет быстро определить базовые характеристики полупроводниковых структур, недоступные к определению другими прямыми методами.

рения на экране в виде кривой (или семейства кривых). Как правило, это дорогие специализированные приборы используемые для точного измерения одной-двух задач (например СВ-метрии — построении ВФХ), но в большинстве случаев для проведения измерений можно использовать более универсальные и доступные приборы-анализаторы компонентов (измерители иммитанса), которые способны проводить значительно более широкие измерения, включая измерения емкости и индуктивности компонентов на разных частотах и при разных напряжениях и токах смещения.



Рис. 3. Источник измеритель Keithley 2460



Рис. 4. Параметрический анализатор (характериограф) Keithley 4200A-SCS

В ряду контрольно-измерительных приборов торговой марки АКТАКОМ есть разнообразные анализаторы компонентов, как переносные, в ручном исполнении, так и настольные приборы. Конечно, настольные приборы обладают значительно более широкими возможностями, в первую очередь, в разнообразии возможных установок тестового сигнала — можно изменить амплитуду, частоту, значение постоянного смещения по напряжению или по току и некоторые другие параметры. В стационарных моделях доступен режим свипирования с постоянным или произвольно устанавливаемым шагом, который позволяет проводить автоматические измерения не только в заданном диапазоне, но и детализировать измерения в отдельных областях диапазона, а с учетом встроенной функции компаратора прибор может использоваться в составе автоматизированных линий.

Изменение амплитуды тестового сигнала (например, с шагом 0,1 мВ в диапазоне 5...999 мВ или 10 мВ в диапазоне 1...10 В у АММ-3068) позволяют построить практически непрерывную сетку уровней в широком диапазоне амплитуд. Такой режим необходим для измерения значений компонентов, реактивные значения которых зависят от уровня сигнала.

Частота тестового сигнала в большинстве измерений компонентов играет определяющую роль, т.к. именно точный подбор частоты тестового сигнала позво-



Рис. 5. Анализаторы компонентов АКТАКОМ АММ-3035, АМ-3125, АМ-3026, АММ-3048, АММ-3088

лит определить уровень потерь, вносимых компонентом на рабочей частоте при дальнейшем использовании.

Применение постоянного напряжения смещения существенно при тестировании полупроводниковых структур или различного вида емкостей конденсаторов, например при тестировании полярных электролитических конденсаторов, варикапов или трансформаторов, параметры которых зависят от степени намагничивания постоянным током и насыщения сердечника.

Режим автоматического многоточечного изменения параметров тестового сигнала или режим свипирования позволяет провести измерение по заранее созданной последовательности значений (списку, LIST SWEEP) или в заданном диапазоне (TRACE SWEEP). Шаг устанавливаемых значений может быть как произвольным, так и автоматически установленным в указанных границах, распределение значений может быть линейным или логарифмическим. Подобные тесты позволяют комплексно оценить зависимость исследуемого параметра от изменения тестового сигнала во всем рабочем диапазоне.

Измерители иммитанса АКТАКОМ серии АММ-30х8 — представители «умных» измерителей импеданса, работающих с использованием АС-метода по схеме моста с автобалансировкой и измеряющих импеданс в широком диапазоне частот 20 Гц...1 МГц. В серии выделяются две

Таблица

Параметр	АММ-3038/3048/3058	АММ-3068/3088
Тестовая частота	20 Гц...300 кГц (у АММ-3038/3068) 20 Гц...500 кГц (у АММ-3048) 20 Гц...1 МГц (у АММ-3058/3088)	
Наилучшее разрешение	0,5 мГц	
Напряжение тестового сигнала	5 мВ...5 Вскз	5 мВ...10 Вскз
Наилучшее разрешение	100 мкВ	
Ток тестового сигнала	5 мкА...20 мкА	
Наилучшее разрешение	1 мкА	
Постоянное смещение	0...±10 В у АММ-3088 0...±5 В / 0...±100 мА у АММ-3038/3048/3058/3068	
Диапазон измерений		
Z , X, R, DCR	0,00001 Ом...99,9999 МОм	
Y , B, G	0,00001 мкСм...99,9999 См	
C	0,00001 пФ...9,99999 Ф	
L	0,00001 мкГн...99,9999 кГн	
D	0,00001...9,99999	
Q	0,00001...99999,9	
θ (град)	-179,999°...179,999°	
θ (рад)	-3,14159...3,14159	
Схема замещения	параллельная, последовательная	

группы приборов, отличающихся только частотой и амплитудой тестового сигнала.

Все приборы в серии имеют встроенный генератор напряжения смещения (0...±5 В или 0...±10 В у АММ-3088), а также генератор тока смещения в диапазоне от 0 до ±100 мА, что, например, может быть востребовано при тестировании транзисторных структур.

В режиме работы по списку LIST SWEEP возможно динамическое изменение параметров тестового сигнала — уровня и частоты тестового сигнала, а также величины смещения постоянного тока.

В старших приборах серии — АММ-3068 и АММ-3088 есть также режим TRACE SWEEP, но о нем чуть позже.

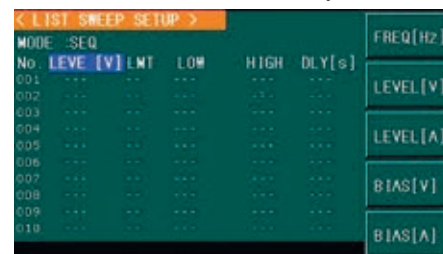


Рис. 6. Меню установки параметров режима свипирования в приборах АММ-3038/3048/3058

Какие же возможности открываются при использовании режима LIST SWEEP? Как видно из рисунка (рис. 6), прибор позволяет создать список, включающий до 200 значений изменения характеристики тестового сигнала — частоты, уровня или смещения. При установке уровня сигнала или смещения можно выбрать как установку значения напряжения, так и тока. Но, что более важно, при установке постоянного смещения можно использовать отрицательные значения от -5 В до +5 В (или от -10 В до +10 В для прибора АММ-3088), что позволяет оценивать полупроводниковые структуры и компоненты путем снятия вольт-фарадных характеристик, т.е. изменение емкости полупроводниковой структуры в зависимости от приложенного напряжения.

Ввод значений может осуществляться как пошагово, когда в каждой строке прописывается необходимое значение параметра, так и с автоматическим заполнением, указав начальное и конечное значения и используя кнопки FILL LINEAR и FILL LOG, можно заполнить все промежуточные значения по линейному или логарифмическому законам. Это особенно удобно в тестах, содержащих большое количество шагов и требующих равномерного или логарифмического распределения значений в указанном диапазоне. Дополнительно можно установить и параметры сканирования — пошаговый или последовательный режим сканирования и задержку перед

переходом к следующему шагу. В случае, если выбран пошаговый режим свипирования STEP и установлен ручной запуск, переход к следующему шагу будет осуществляться только после нажатия клавиши запуска TRIGGER, а в случае установки последовательного режима SEQ тест будет продолжаться постоянно. Так же, можно установить задержку после выполнения каждого шага, это поможет исключить влияние переходных процессов, улучшить наглядность результатов теста и т.д.

В комплекте поставки приборов имеется специализированная оснастка для подключения различных объектов, как отдельных компонентов, так и установленных на печатных платах (рис. 7).

Протестируем полупроводниковый диод в режиме LIST SWEEP прибором АММ-3038. Для этого выбираем пару измеряемых параметров — емкость в режиме параллельного подключения C_p и проводимость G и устанавливаем параметры тестового сигнала — свипирование по напряжению смещения от -2 В до +2 В с частотой 100 кГц. После нажатия FILL LINEAR прибор автоматически пошагово установил значения напряжения смещения от 1 до 10 шага (рис. 8) и после включения смещения клавишей DC BIAS измерил и заполнил таблицу значений. Отметим, что при необходимости построения более подробного графика можно задать до 200 шагов нажимая клавишу NEXT PAGE и переходя на следующие страницы.

Аналогично, для проведения других измерений можно использовать и свипирование по другим параметрам, например, исследуя зависимость емкости конденсатора от частоты, можно изменять частоту тестового сигнала (рис. 9).

В старших приборах серии — АММ-3068 и АММ-3088 — дополнительно к описанному выше режиму LIST SWEEP доступен режим TRACE SWEEP (рис. 10). Приборы оснащены функцией анализа



Рис. 7. Оснастка анализаторов компонентов АММ-3038/3048/3058/3068/3088. Вверху — 4-проводные щупы Кельвина для измерений установленных компонентов и крупногабаритных элементов, внизу — 4-проводный зажим для тестирования выводных компонентов

< LIST SWEEP DISP >					MEAS DISPLAY
MODE :SEQ	No.	BIAS [V]	Cp[F]	G [S]	CMP
001	-2.0000	615.862n	165.962n	P	
002	-1.5556	105.055n	51.5131n	P	
003	-1.1111	28.6641n	20.5149n	P	
004	-666.07n	15.0232n	9.46306n	P	
005	-222.22n	9.76945n	4.35103n	P	
006	222.22n	2.31551n	1.62517n	P	
007	666.67n	1.06058n	276.341u	P	
008	1.1111	14.9940p	0.18266u	P	
009	1.5556	8.8985Sp	0.00444u	P	
010	2.0000	10.1259p	-0.00222u	P	

Рис. 8. Измерение емкости перехода полупроводникового диода при изменении смещения от -2 В до +2 В

АЧХ и в режиме TRACE SWEEP прибор производит автоматические измерения с заданными параметрами и строит график с числом точек кривой 101, 201, 401 и 801 с выбором линейной или логарифмической шкалы. Для свипирования доступны такие же функции как и в режиме LIST SWEEP — частота и уровень тестового сигнала, а также величина постоянного смещения.

< LIST SWEEP DISP >					MEAS DISPLAY
MODE :SEQ	No.	FREQ[Hz]	Cp[F]	G []	CMP
001	100.000	92.7222u	7.59345	P	
002	11.2000k	7.64230u	0.36676	P	
003	22.3000k	2.53467u	0.21109	P	
004	33.4000k	1.38823u	0.14108	P	
005	44.5000k	605.930n	0.09279	P	
006	55.6000k	277.935n	0.05192	P	
007	66.7000k	68.5192n	0.01510	P	
008	77.8000k	80.4329n	0.02041	P	
009	88.9000k	-189.971n	0.05402	P	
010	100.000k	275.083n	0.08054	P	

Рис. 9. Измерение емкости конденсатора при изменении частоты тестового сигнала от 100 Гц до 100 кГц



Рис. 10. Кнопка включения режима TRACE SWEEP на экране меню измерений прибора АММ-3088

Посмотрим, как работает режим TRACE SWEEP на таком же примере, как и для режима LIST SWEEP прибора АММ-3038. Для этого возьмем аналогичный диод, и установим такие же параметры — строим зависимость емкости перехода в параллельном режиме включения C_p и проводимость G , и изменяем напряжение смещения при частоте сигнала 100 кГц. В отличие от предыдущего теста, для лучшей визуализации графика, незначительно изменили диапазон смещения, установили от -1 В до +3 В. Количество снимаемых точек установлено по умолчанию — 201, при увеличении числа измерений увеличивается время теста. Результат — график зависимости C_p и G представлен на рис. 11.

Режим TRACE SWEEP, как и другие измерительные режимы прибора, имеет много дополнительных функций, повышающих точность и удобство измерений — изменяемая скорость свипирования, возможность установки задержки между точками измерения для исключения влияния

переходных процессов, курсор, при движении которого по графику отображаются значения всех переменных в этой точке и другие функции.

Результаты измерений можно сохранить. В младших приборах серии сохраняется файл состояния *.sta, который может быть позднее загружен в прибор и отображен на экране. В приборах АММ-3068 и АММ-3088 помимо файла состояния результат тестирования можно сохранить в файлах типа *.csv (на внешнем запоминающем устройстве), чтобы в дальнейшем обрабатывать программными средствами, например Microsoft Excel (рис. 12).

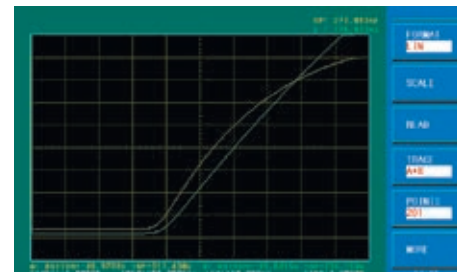


Рис. 11. Примерный график зависимости емкости перехода полупроводникового диода от изменения постоянного смещения в режиме TRACE SWEEP прибора АММ-3088

A	B	C	D
1	DATE_2020-01-14,13:27:31		
2	POINTS,BIAS [V],Cp,G		
3	1,-1.00000,10.8988p,0.71791u		
4	2,-980.000n,10.9375p,0.72930u		
5	3,-960.000n,10.9831p,0.72769u		
6	4,-940.000n,11.0359p,0.72897u		
7	5,-920.000n,11.1057p,0.73253u		
8	6,-900.000n,11.1246p,0.73768u		
9	7,-880.000n,11.1650p,0.74899u		
10	8,-850.000n,11.1881p,0.75620u		
11	9,-840.000n,11.2257p,0.81902u		
12	10,-820.000n,11.3133p,0.83966u		
13	11,-800.000n,11.3906p,0.86065u		
14	12,-780.000n,11.4472p,0.86002u		
15	13,-760.000n,11.4634p,0.85713u		
16	14,-740.000n,11.5579p,0.88663u		
17	15,-720.000n,11.6434p,0.89376u		
18	16,-700.000n,11.7153p,0.89348u		
19	17,-680.000n,11.7923p,0.90496u		
20	18,-660.000n,11.8768p,0.91316u		
21	19,-640.000n,11.9379p,0.92306u		

Рис. 12. Вид фрагмента сохраненного в *.csv файле результата измерения, приведенного на рис. 11

Подводя итог, можно сказать, что анализаторы компонентов АКТАКОМ серии АММ-30х8, благодаря возможности изменения параметров тестового сигнала, встроенному генератору напряжения и тока смещения, встроенному компаратору, режиму многоточечных измерений (работы по списку), а старшие модели серии — дополнительные функции сканирования и графического анализа, возможности документирования и сохранения результатов измерений, являются одними из самых востребованных приборов в современной радиолaborатории.

The current article describes the application of the multipoint measurement mode (automatic range or step sweeping) in AKTAKOM AMM-30x8 component analyzer series which expands the capabilities of the device, including semiconductor structures analysis, increases the results reliability and reduces the time it takes for measurements.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ АКТАКОМ

АКТАКОМ UNIVERSAL MEASUREMENT SOLUTIONS

У многих профессионалов существует предвзятое отношение к, так называемым, «универсальным» приборам, т.е. к устройствам, которые объединяют в одном корпусе сразу несколько измерительных инструментов. Почему-то считается, что для профессионального применения такие приборы не подходят — «точность измерений у них низкая, надежность, вообще, оставляет желать лучшего». Но, многолетний опыт практического применения универсальных измерителей АКТАКОМ, позволяет развеять этот миф.

Необходимость применения универсальных приборов, в большей степени, была обусловлена соображениями практичности, но затем, их достоинства были оценены во всех сферах деятельности, особенно в сервисных и ремонтных службах. Легко вспомнить эпизод, когда при вызове приходиться объяснять мастеру предположительную причину неисправности. Специалисту необходимо понимать какое оборудование следует взять с собой. Обычно, это достаточно ощутимый вес и объем, включающий множество инструментов, запасных частей и разнообразных деталей.

Если вопрос касается неисправности промышленного оборудования, то и спектр приборов для диагностики значительно увеличивается, а если неисправное оборудование находится, к примеру, в другом городе, то здесь без универсальных приборов точно не обойтись.

Рассмотрим применение такого универсального прибора на примере популярного у сервисных служб мультиметра АКТАКОМ АММ-1062 (рис. 1). Прибор сочетает в себе функции измерения как электрических, так и физических величин: температуры, влажности, уровня шума и освещенности. Немаловажно, что комбинированный мультиметр АКТАКОМ АММ-1062 включен в Госреестр СИ РФ № 50279-12, а значит, может применяться в сфере метрологического контроля и надзора. Мультиметр имеет многофункциональный ЖКИ дисплей с подсветкой, отображающий одновременно 3 измеряемых параметра, что удобно при проведении измерений и не требует дополнительных настроек прибора. Встроенный шумомер может применяться на производстве, в образовательных учреждениях, офисных и жилых помещениях, а так же звукозаписывающих студиях, концертных за-

АКТАКОМ

лах, клубах и hi-fi инсталляциях. Люксметр, встроенный в мультиметр, поможет измерить освещенность в полевых условиях и полностью адаптирован к учету угловых лучей света. В качестве измерителя влажности и температуры использованы полупроводниковый датчик и термопара типа К соответственно, а встроенный бесконтактный датчик напряжения переменного тока позволяет быстро и безопасно проверить наличие питания в цепи.



Рис. 1. Мультиметр АММ-1062

Подсчитаем приблизительно, сколько будут весить по отдельности люксметр, мультиметр, шумомер, измеритель влажности и температуры. Не менее 1200 грамм — при этом они будут занимать достаточно большой объем. В нашем же случае, модель АКТАКОМ АММ-1062 весит всего 342 грамма, обладает габаритами смартфона и при этом имеет 4-разрядный дисплей ЖКИ дисплей с подсветкой, двухслойную изоляцию корпуса, функции удержания текущих значений и относительных измерений, бесконтактный датчик напряжения переменного тока (NCV) и полную защиту от перегрузок на всех диапазонах. Кстати, диапазоны измерений АКТАКОМ АММ-1062 позволяют использовать его при решении практически любых измерительных задач, особенно в плане диагностики оборудования: постоянное и переменное напряжения до 600 В, постоянный и переменный ток до 10 А, сопротивление 40 МОм, емкость 100 мкФ; частота 10 МГц, коэффициент заполнения 99,9%, температура (окружающей сре-

ды) 50 °С, температура (термопара типа К) 1300 °С, освещенность 40000 люкс, уровень шума 35...100 dB, влажность 33...99 %RH; тест диодов 2,8 В, прозвонка цепи 30 Ом.

У многих читателей может возникнуть резонный вопрос, а зачем мне измерять, к примеру, влажность в помещении, если нужно только продиагностировать неисправное оборудование и приступить к ремонту? Нередки случаи, когда неисправности оборудования связаны напрямую с окружающей средой, при этом многочисленные попытки ремонта все равно приводят к периодическим поломкам. Хороший специалист, конечно, должен обратить на это внимание, а еще лучше замерить различные параметры, чтобы убедиться, что оборудование эксплуатируется в условиях, которые не выходят за рамки допустимых значений, указанных в техническом паспорте оборудования. На самом деле это очень важно для обеих сторон. Например, если оборудование вышло из строя по причине эксплуатации в условиях повышенной влажности, гарантийный бесплатный ремонт может быть отменен поставщиком, особенно, если это дорогостоящее оборудование, требующее замены запасных частей. Для пользователя это сигнал, что необходимо привести условия помещения к значениям указанным в техническом паспорте. Приведем простейший пример — принтер HP.



Рис. 2. Контроль уровня шума

Производитель рекомендует использовать принтер при температуре 10...30 °С при относительной влажности 30%...70%. Это означает, что если принтер стоит в цеху, где температура превышает 30 °С или влажность больше 70%, устройство намного быстрее выйдет из строя, а мастер, выехавший на ремонт, пользуясь мультиметром АММ-1062, может выявить и указать, что принтер эксплуатируется в неправильных условиях и отказать в дальнейшем гарантийном обслуживании.

Встроенный шумомер также часто полезен при диагностике. Бывают случаи, когда оборудование исправно, но начало издавать «странные шумы». Специалист, используя мультиметр АКТАКОМ АММ-1062, замеряет уровень шума и, по полученным значениям, может определить, является ли это неисправностью какой-либо детали или связано, например, с проседанием пола под оборудованием.

Рассмотрим универсальность применения мультиметра АКТАКОМ АММ-1062 на конкретных примерах измерения параметров окружающей среды.



Рис. 3. Контроль влажности окружающей среды

Контроль уровня шума (рис. 2):

1. Установите ручку выбора функции в положение «dBС».
2. Возьмите прибор и, удерживая его горизонтально, поднесите микрофоном к источнику звука.
3. Уровень звукового сигнала отображается на дисплее.

Примечание: при сильном ветре (свыше 10 м/с) на подветренных участках необходимо использование ветрозащитного экрана.

Контроль влажности окружающей среды (рис. 3):

1. Переключите ручку выбора функции в положение отличное от «OFF».
2. Поместите прибор в помещение, влажность в котором необходимо контролировать.
3. Наблюдайте величину относительной влажности на экране прибора примерно через 1-2 часа.

Контроль освещенности (рис. 4):

1. Установите ручку выбора функции в положение «Lux» или «x10 Lux».
2. Поместите прибор под источник света так, чтобы фотодетектор распо-



Рис. 4. Контроль освещенности

лагался перпендикулярно источнику света.

3. Наблюдайте величину освещенности на экране прибора.

4. Выход за пределы диапазона: если прибор отображает только индикатор «1», это означает, что измеряемый сигнал выходит за пределы измерительного диапазона, и необходимо перейти к большему диапазону.

При всех достоинствах мультиметра АКТАКОМ АММ-1062 его стоимость можно отнести к бюджетной, т.е. доступной практически любой организации. При этом следует учесть что, покупая люксметр, шумомер, измеритель влажности и, собственно, сам мультиметр стоимость



Рис. 5. Профессиональный True RMS цифровой мультиметр-осциллограф АММ-4189

затрат составит как минимум 20000 рублей. Здесь же, за сумму чуть более 8000 рублей, можно получить универсальное и надежное устройство, сочетающее в себе множество полезных измерительных функций, которое прослужит много лет, а еще и включено в Госреестр РФ.

Еще один, более сложный универсальный прибор, который является также очень популярным при проведении диагностики, это АКТАКОМ АММ-4189 — профессиональный True RMS цифровой мультиметр со встроенной функцией осциллографа с полосой пропускания 10 МГц (рис. 5).


АКТАКОМ АММ-4189 — это решение, которое очень востребовано при необходимости обеспечения высокой точности измерения, особенно в случаях, когда в процессе разработки, отладки и обслуживания электронных систем на одной и той же плате нужно измерить напряжение, ток, сопротивление, а также проанализировать форму сигналов и их динамику. Благодаря использованию технологии Bluetooth, АКТАКОМ АММ-4189 позволяет легко обнаружить и решить многие технические проблемы и произвести необходимую передачу данных для дальнейшей обработки и документирования результатов измерения.



Рис. 6. АММ-4189 в режиме осциллографа

Здесь следует прерваться и уточнить, а зачем вообще понадобилось совмещать осциллограф с мультиметром? Ведь цифровой осциллограф сам способен выполнять некоторые функции мультиметра — измерять постоянное и переменное напряжение, измерять частоту сигнала. Если к осциллографу подключить токовые пробники, это расширит его возможности измерением постоянного и переменного тока... Но, надо понимать, что аналого-цифровое преобразование у осциллографа — скоростное и, как правило, 8-разрядное. Т.е. точность одиночного измерения не превышает 0,4%. У современных прецизионных мультиметров используются медленные АЦП, но имеющие большую разрядность, что обеспечивает точность зачастую на

ТОКОВЫЕ КЛЕЩИ превосходный выбор

 @aktakom

AKTAKOM



YouTube



ATK-2103

Измерение токов до 2000 А

- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,1...2000 А
- Измерение малых токов от 0,1 мкА
- Базовая погрешность: 1,2%
- Встроенный мультиметр



АСМ-2311

Большой охват магнитопровода

- Измерение переменного тока до 1000 А
- Измерение постоянного и переменного напряжения до 1000 В
- Измерение ёмкости до 100 мкФ



АСМ-2368

Универсальность и многофункциональность

- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,1...1000 А
- Измерение постоянного/ переменного напряжения: 1 мВ...600 В
- Базовая погрешность: 1,5%
- Компактный размер



АТК-2200

Измерение мощности в одно- и трехфазных сетях до 1200 кВт

- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,1...2000 А
- Измерение постоянного/ переменного напряжения: 0,1...600 В
- Базовая погрешность: 1,5%



АТК-2021В

Регистрация малых токов

- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,01...200 А
- Встроенный многофункциональный мультиметр
- Базовая погрешность: 1,5%



АТК-2011

Токовые клещи для измерения больших токов

- TrueRMS измерения
- Измерение переменного тока до 3000 А
- Гибкий магнитопровод диаметром 170 мм
- Регистрация MIN и MAX значений
- Регистрация пиковых значений



АСМ-4012

Измерение сопротивления заземления от 0,001 Ом

- Измерение переменного тока: 1 мА...30 А
- Базовая погрешность: 1,0%
- Скорость измерения: 1 изм/с
- Автоматический выбор диапазона



АТК-1010

Бюджетный вариант токовых клещей-мультиметров

- Измерение переменного тока до 1000 А
- Измерение постоянного (до 1000 В) и переменного (до 700 В) напряжения
- Измерение сопротивления, частоты и температуры



АСМ-2056

Бесконтактный датчик напряжения

- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,1...1000 А
- Измерение постоянного/ переменного напряжения: 0,1 мВ...600 В / 1 мВ...600 В
- Базовая погрешность: 1,5%
- Большой дисплей

Большинство приборов в Государственном Реестре средств измерений!



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru



НОВОЕ ПАЯЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Монтажные паяльные станции



- Компактные размеры
- Диапазон температур от 100 до 480 °С
- Керамический нагреватель
- Низковольтный паяльник
- Мощность паяльника до 60 Вт
- 3 предустановленные температуры (ASE-1115)



Термовоздушные паяльные станции

- Мощность 700 Вт
- Цифровая индикация
- Температурный диапазон 100...480 °С
- Компактные размеры
- Бесщёточный вентилятор
- Антистатическое исполнение



Индукционные паяльные станции

- Цифровой ЖК-дисплей
- Максимальная мощность 90 Вт
- Температурный диапазон 90...480 °С
- Возможность использования для бессвинцовой пайки
- Режим блокировки температуры паролем
- Быстрый нагрев жала

ASE-1202



Многофункциональные паяльные станции

- 3 канала: монтаж, демонтаж, пайка горячим воздухом
- Мощность до 520 Вт
- Термовоздушный паяльник: темп. нагрева до 500 °С / поток до 24 л/мин
- Низковольт. монтажный паяльник (до 480 °С)
- Демонтажный вакуумный паяльник (до 480 °С)
- Большой выбор наконечников для всех видов плат
- Простое управление
- 2 канала в 1 корпусе (монтаж/демонтаж)
- Цифровая индикация температуры
- Диапазон температур (монтажный канал) 200...500 °С
- Диапазон температур (демонтажный канал) 300...500 °С
- Мощность паяльников 60 Вт
- Эргономичная конструкция паяльников
- Схема контроля температуры

ATP-4302



ATP-3101



порядок лучше. С другой стороны потребность в высокой точности измерений возникает далеко не всегда, поэтому возможности измерения напряжения с помощью АЦП цифрового осциллографа небесполезна для комбинированных приборов. Осциллограф не может измерить сопротивление, как это делает мультиметр. Ведь для этого необходимо в измерительную цепь подавать тестовый ток, который не могут вырабатывать входные каскады осциллографа (да они и не рассчитаны на подачу сигнала от внешнего источника тока). По этой же причине осциллограф не может осуществлять прозвонку цепи, измерять емкость, индуктивность и тестировать диоды и транзисторы, что входит в обычный функционал мультиметра.



Рис. 7. АММ-4189 в режиме мультиметра

Также важным моментом является то, что обычно измерительные разъемы мультиметра гальванически развязаны от питающей сети. Среди осциллографов такой возможностью обладают только дорогие приборы с гальванической развязкой входов или батарейным питанием. Все это показывает, что осциллограф не может полностью заменить мультиметр, и поэтому наиболее удачно смотрится встраивание мультиметра в портативные осциллографы. Это объясняется потребностью пользователя такого прибора сэкономить место и снизить вес сумки, которую нужно брать на выезд, а также наличием в таких приборах батарейного питания и подходящим форм-фактором.

Цифровой мультиметр АКТАКОМ АММ-4189 позволяет проводить измерения постоянного и переменного напряжения до 1000 В, постоянный и переменный ток до 10 А, сопротивление до 50 МОм, емкость до 10 мФ, частоту до 10 МГц, температуру от +50 до 1000 °С, коэффициент заполнения до 99,9%, а также тестирование диодов и прозвонку целостности цепей. При этом базовая погрешность измерения составляет всего 0,025%, благодаря чему, данный прибор можно отнести к классу прецизионных цифровых мультиметров. Вследствие своей компактности и автономности,



Рис. 8. Мультиметр АКТАКОМ АМ-1016

АММ-4189 становится отличным решением для работы в «полевых» условиях, а также при выборочном контроле на производстве. Мультиметр АММ-4189 выполнен в корпусе с двойной изоляцией, обеспечивает категории электробезопасности CAT IV 600V, CAT III 1000V и обладает высокой степенью защиты от проникновения пыли и воды класса IP-67, что позволяет существенно расширить область его использования. Благодаря этим возможностям мультиметр-осциллограф АММ-4189 заслужил признание и часто используется сервисными и ремонтными службами, а также на производственных линиях для выборочного контроля качества, в лабораторных исследованиях при разработке и тестировании различного оборудования.

Мультиметр, как наиболее часто используемый прибор, является прекрасной площадкой для разработчиков, позволяя объединять в одном корпусе самые различные функции измерений, делая прибор универсальным для сразу нескольких областей применения. Таким примером является мультиметр АКТАКОМ АМ-1016 — многофункциональный прибор, объединяющий в себе функции мультиметра, тестера телефонных линий и кабелей компьютерных сетей. Высокая точность, отличные



Рис. 9. Тест телефонной линии

технические характеристики сделали мультиметр АКТАКОМ АМ-1016 настоящим помощником, как при монтаже телекоммуникационных линий, так и при проведении самых разнообразных измерений, ставя его в одну линейку с профессиональными измерительными приборами, кроме того, прибор включен в ГосРеестр.

Мультиметр АКТАКОМ АМ-1016 позволяет проводить измерения в следующих диапазонах: постоянное напряжение 0,1 мВ...1000 В, переменное (до 400 Гц) напряжения 0,1 мВ...700 В; постоянный и переменный ток 0,1 мА...10 А; сопротивление 0,1 Ом...200 МОм. Мультиметр имеет базовую погрешность 0,8%, удержание показаний, тестирование батарей 1,5 В, 6 В, 9 В и защиту от перегрузок.

Мультиметр АКТАКОМ АМ-1016 часто используется для тестирования телефонных линий (RJ-11) и кабелей компьютерных сетей стандартов T568A, T568B, 10Base-T и TokenRing (RJ-45). Для расширения круга решаемых задач мультиметр имеет большой ассортимент дополнительных аксессуаров: измерительные соединительные кабели PTL904-3, PTL904-4, PTL904-5, PTL908-1, PTL908-2, зажим-насадка типа «крокодил» 1000 В / 12 А PTL909-5 (цвета: красный / черный), переходник-шунт PTL-2172, универсальный набор аксессуаров АСА-2907 и др.



Рис. 10. Тест витой пары

Рассмотрим использование мультиметра АКТАКОМ АМ-1016 при проведении тестирования телефонных линий (RJ-11) и кабелей «витая пара» (RJ-45). Проверка наличия неисправности кабеля «витая пара» осуществляется путем отправки тестовых сигналов в кабель, с последующей обработкой отклика. Определение наличия и индикация неисправности обрабатывается по принципу «одна проверка — одна неисправность». После устранения обнаруженной неисправности, рекомендуется проверить кабель снова, для выявления других возможных неисправностей.

Для доступа к тестовым гнездам RJ-11 и RJ-45 необходимо снять за-

шитную крышку в верхнем торце прибора и подключить один разъем кабеля к соответствующему тестовому гнезду RJ-11 или RJ-45. Второй разъем сетевого кабеля подключается к гнезду приставки RJ-45, а телефонной розетки (коннектор типа UAX — Telephone Unit Automatic Exchange). Устанавливаем поворотный переключатель в положение Cable/Line RJ-11 или RJ-45 и нажимаем кнопку TEST. На дисплее отобразится результат теста. Последовательное нажатие кнопки Test осуществляет переход между парами.

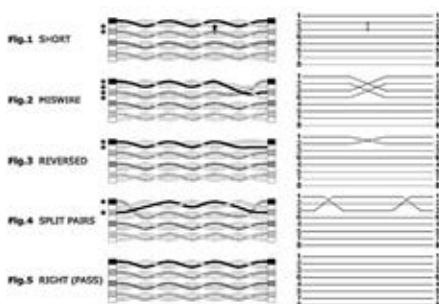


Рис. 11. Индикаторы ошибок при тестировании витой пары

Для телефонной линии RJ11 (индикаторы в верхней части дисплея): PASS — исправно, FAULT — неисправно (рис. 9).

Для кабеля «витая пара» RJ45 (индикаторы в нижней части дисплея) (рис. 10): если имеется повреждение, под номерами пар появляется соответствующий индикатор ошибки. Последующие нажатия кнопки TEST осуществляют отдельную проверку каждой пары по очереди для выявления поврежденной или неправильно подключенной пары (рис. 11).

SHO. — короткое замыкание пары (например, при замыкании пар 1-2 и 4-5 при последовательных нажатиях кнопки TEST на дисплее прибора для этих пар отобразится индикатор «SHO»); MIS. — перепутанные пары; REV. — перепутанные жилы в паре (например, провод 7 подключен к выходу 8, а провод 8 — к выходу 7, при проверке такого кабеля последовательным нажатием кнопки TEST прибор на паре 7-8 отобразит индикатор «REV»); SPL. — перепутаны жилы между парами (например, 1-2 и 4-5 «SPL»). При обрыве одного из проводов кабеля на дисплее в центральной части не будет отображаться пара с обрывом связи. Например, при разомкнутых парах 1-2 и 4-5, прибор покажет только пары 3-6 и 7-8. При подключении исправного кабеля RJ-45 и нажатии кнопки TEST на экране будет гореть только номера пар и индикатор RJ-45.

Остановимся еще на одном виде универсальных приборов — токовых

клещах, а если быть точным, сочетанию токовых клещей с мультиметром. Этот интересный вид приборов быстро стал одним из самых часто используемых устройств для сервисных и эксплуатационных служб, мастерских по ремонту техники и аппаратуры, специалистов, осуществляющих входной контроль на предприятиях.

Рассмотрим токовые клещи-мультиметр-регистратор АКТАКОМ АСМ-2159 (рис. 12). Модель АСМ-2159 позволяет измерять постоянный и переменный ток, постоянное и переменное напряжение, сопротивление, емкость, частоту, температуру, при помощи подключаемых термопар К-типа, выполнять тестирование р-п переходов и прозвонку цепи. Токовые клещи АКТАКОМ АСМ-2159 могут подключаться к компьютеру, а, кроме того, имеют возможность сохранения измеренных данных на карту SD в формате Excel в режиме реального времени, без использования специального программного обеспечения.

Токовые клещи имеют охват 57 мм, работают в TrueRMS режиме (40 Гц...1 кГц) и позволяют проводить измерения постоянного и переменного токов 6 А...2000 А, постоянного и переменного напряжений 0,1 мВ...1000 В, сопротивления 0,1 Ом...1000 Ом, емкости 1 пФ...600 мкФ, частоты 40 Гц...1 кГц, и опционально температуры. Кроме этого, с помощью токовых клещей можно провести тестирование диодов и осуществить прозвонку линий. Клещи имеют автоматический и ручной выбор диапазонов, при этом защита стоит на всех диапазонах. Регистратор осуществляет запись данных на SD-карту. Немаловажно, что клещи имеют интерфейс как стандартный RS-232, так и USB.



Рис. 12. Токовые клещи-мультиметр-регистратор АКТАКОМ АСМ-2159

Для наглядности проведем несколько измерений токовыми клещами АСМ-2159.

Измерение электрической емкости токовыми клещами АКТАКОМ АСМ-2159:

1. Вставьте черный провод в разъем «COM».
2. Вставьте красный провод в разъем «V/Ω/| |».
3. Установите вращающийся переключатель в положение «-| |»-. В нижнем правом углу дисплея будут отображаться символы «nF», что соответствует режиму измерения емкости (рис. 13а).

4. Для компенсации паразитной емкости внутренней платы или тестовых проводов необходимо перед измерением емкости обнулить показания ЖКИ. Для этого, не подключая измеряемую емкость, нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку «REL». Прибор перейдет в режим относительных измерений. На экране отобразится нулевое значение и символы «REL» (рис. 13б). Это важно при измерении небольших значений емкостей. После этого подключите конденсатор к щупам и проведите измерения.

5. Для выхода из режима относительных измерений нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку «REL» и символы «REL» пропадут с экрана.



а)



б)

Рис. 13. Дисплей АСМ-2159 в режиме измерения электрической емкости

Измерение силы постоянного или переменного тока токовыми клещами АКТАКОМ АСМ-2159:

1. Переключатель выбора режима измерения установите в положение «А», соответствующее режиму измерения силы постоянного или переменного тока. Если прибор находится в режиме измерения силы постоянного тока, то в левом верхнем углу дисплея видны символы «DC» (рис. 14а).

2. При измерении силы постоянного тока нажмите кнопку «DCA ZERO» и удерживайте ее нажатой две секунды, значение обнулится и на дисплее отобразится «ZERO» (рис. 14б).

3. Разомкните магнитопровод клещей и замкните его вокруг проводника таким образом, чтобы проводник с протекающим током находился в середине токового зажима. Измеренные показания появятся на экране.

4. Для перехода в режим измерения силы переменного тока нажмите кнопку FUNC. В верхнем левом углу дисплея отобразятся символы «AC» (рис. 14в).

Для возврата в режим измерения силы постоянного тока повторно нажмите кнопку FUNC. В верхнем левом углу дисплея отобразятся символы «DC», а символы «AC» исчезнут с экрана.

5. Если в правом верхнем углу экрана горят символы «AUTO», то прибор находится в режиме автоматического выбора диапазона.

Для ручного выбора диапазона нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку ▼RANGE. В правом верхнем углу экрана вместо символов «AUTO» отобразятся символы «MANU» (рис. 14г). Выбор нужного



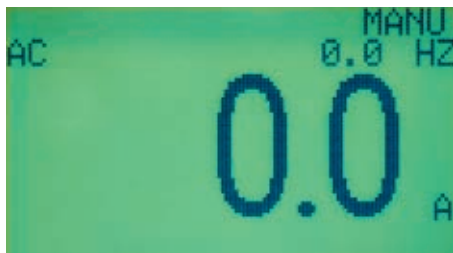
а)



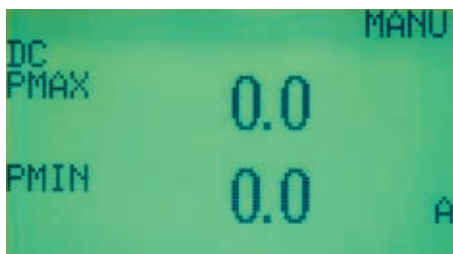
б)



в)



г)



д)

Рис. 14. Дисплей ACSM-2159 в режиме измерения постоянного или переменного тока



Рис. 15. Дисплей ACSM-2159 в режиме измерения температуры

диапазона измерения силы тока производится последовательным нажатием кнопки ▼RANGE.

Для перехода обратно в режим автоматического выбора диапазона опять нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку ▼RANGE. В правом верхнем углу экрана вместо символов «MANU» отобразятся символы «AUTO».

6. В режиме измерения силы постоянного и переменного тока имеется возможность измерять и отображать пиковые максимальные и минимальные значения. Для перехода в этот режим нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку ►PEAK. Максимальные пиковые значения «Pmax» будут отображаться в верхней строке, минимальные «Pmin» — в нижней (рис. 14д).

Для возврата в предыдущий режим измерения повторно нажмите и удерживайте нажатой около двух секунд кнопку ►PEAK.



Рис. 16. Отсек для батарей и micro SD

Измерение температуры токовыми клещами ACSM-2159:

1. Подключите температурный пробник (опция) в разъем «TEMP».

2. Установите вращающийся переключатель в положение «Temp». В верхней строке на экране отобразится тип термопары «Type K» и измеренные значения температуры в °C (рис. 15).

Напоследок проведем регистрацию данных в токовых клещах АКТАКОМ ACSM-2159

В приборе предусмотрен режим регистратора данных. Этот режим доступен только при установленной в прибор SD карте (рис. 16). Интервал сэмплирования, названия папок и файлов задаются в настройках прибора. Запись осуществляется в реальном времени с временными метками.

1. Если в установках прибора пара-

метры START TIME и STOP TIME установлены в 00:00 (рис. 17), то по нажатию кнопки REC запустится регистратор данных и до 30000 записей смогут автоматически быть записаны на SD карту. Запись происходит до принудительной остановки или до заполнения SD карты.

Для выхода из режима регистратора повторно нажмите кнопку REC.



Рис. 17. Установка параметров режима регистратора данных

2. Если в настройках прибора параметры START TIME и/или STOP TIME установлены не равными 00:00, то после нажатия кнопки REC в нижнем левом углу дисплея отобразятся символы «REC» (рис. 18).



Рис. 18. Дисплей ACSM-2159 в режиме регистрации данных по расписанию

Когда наступит время начала записи START TIME (например, 08:00), регистратор автоматически запустится и будет регистрировать данные до достижения времени остановки STOP TIME. Данное действие будет повторяться ежедневно.

Для выхода из режима регистратора повторно нажимаем кнопку REC.

3. Если нажать и удерживать нажатой около двух секунд кнопку REC, то, независимо от установленного времени начала записи START TIME, прибор немедленно начнет регистрацию данных и будет их записывать до достижения времени остановки STOP TIME, а в нижнем левом углу отобразятся символы «REC» (рис. 19). Следующий цикл

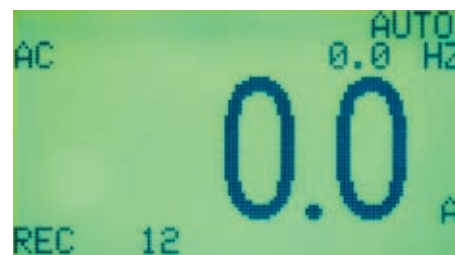


Рис. 19. Дисплей ACSM-2159 в режиме регистратора данных

регистрации будет проходить от заданных в настройках времени начала записи START TIME до времени остановки записи STOP TIME.

Надо заметить, что в ассортименте токовых клещей АКТАКОМ присутствуют другие универсальные модели, например АКТАКОМ АСМ-1803, которые предназначены для использования совместно с мультиметрами, а при подключении устройства к осциллографу, они также позволяют исследовать форму сигнала. Еще одна, можно сказать, уникальная модель — это профессиональные клещи АКТАКОМ АТК-2200 — универсальный и надежный прибор, который позволяет измерять силу тока и напряжение, а также значения активной, реактивной и полной мощности в трех- и четырехпроводных трехфазных цепях, трехфазных цепях с симметричной нагрузкой, двух- и трехпроводных однофазных цепях, что делает его идеальным инструментом для электрика и энергетика.



Рис. 20. Универсальный измеритель АКТАКОМ АТЕ-9508

Конечно, не во всех случаях нужен мультиметр или токовые клещи, особенно, когда вопрос касается внутреннего аудита рабочих мест сотрудников или требуется контроль условий окружающей среды в помещении. Здесь на помощь приходит универсальный измеритель АКТАКОМ АТЕ-9508 (рис. 20). Этот компактный прибор сочетает



Рис. 21. Измерение скорости воздушного потока



Рис. 22. Измерение влажности и температуры воздуха

в себе сразу четыре изделия в одном корпусе. С его помощью можно легко провести измерения скорости воздушного потока, влажности, температуры и уровня освещенности. Температура измеряется с помощью выносной термопары. Нажатием всего одной кнопки, выбирается нужный режим измерений и прибор готов к работе. Измеритель АКТАКОМ АТЕ-9508 работает в диапазонах измерения: скорости воздушного потока 0,4...30 м/с, влажности 10...95%, освещенности 0...20000 люкс, температуры -132...1300 °С.

Рассмотрим несколько примеров применения измерителя АКТАКОМ АТЕ-9508.

Измерение скорости воздушного потока (рис. 21):

1. Нажимаем кнопку «FUNCTION» и выбираем функцию анемометра.

2. Нажимаем кнопку «UNIT/ZERO» для выбора единиц измерения и располагаем прибор так, чтобы его лицевая поверхность была направлена навстречу измеряемому потоку воздуха.

3. Ждем некоторое время для получения точных показаний. Скорость воздушного потока может колебаться.



Рис. 23. Измерение температуры термопарой

4. Значение температуры воздуха будет отображаться на дополнительном цифровом индикаторе.

Измерение влажности и температуры воздуха (рис. 22):

1. Нажимаем кнопку «FUNCTION» и выбираем функцию измерения влажности (%).

2. Значения температуры и относительной влажности отобразятся на экране. Ждем, пока значения стабилизируются.

Измерение температуры термопарой типа К (рис. 23):

1. Подключаем к прибору термопару типа К.

2. Нажимаем кнопку «FUNCTION» и выбираем функцию измерения температуры.

3. Погружаем термопару в измеряемую среду или касаемся измеряемого объекта. Результаты отобразятся на экране прибора.

Измерение освещенности (рис. 24):

1. Нажимаем кнопку «FUNCTION» и выбираем функцию измерения освещенности. Показания, обозначающие значение освещенности, расположены на 180° по отношению к другим показаниям на дисплее.



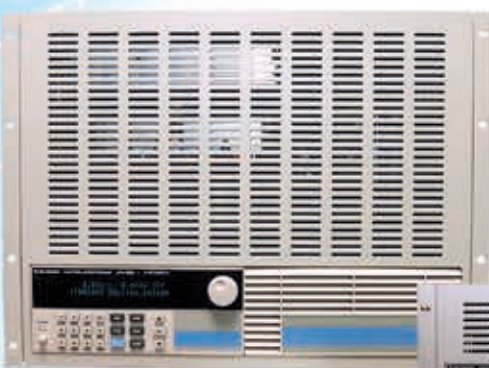
Рис. 24. Измерение освещенности

2. Для выбора единиц измерения «люкс» или «фт-кд» нажимаем кнопку «Lux/Ft-cd».

В 2020 году торговая марка АКТАКОМ отмечает свой 20-летний юбилей! Сегодня АКТАКОМ по праву остается самой известной и востребованной торговой маркой в России и странах СНГ в области контрольно-измерительного и паяльного оборудования, радиомонтажного инструмента и промышленной мебели. Непрерывно меняющиеся и развивающиеся современные технологии требуют разработок все более совершенных стандартов. Благодаря этому, средства измерений и контроля АКТАКОМ постоянно развиваются, модернизируются, соответствуя всем требованиям рынка, и являются неотъемлемой частью научно-технического прогресса. АКТАКОМ — ТОЧНО | НАДЕЖНО | ДОСТУПНО! 📷

AKTAKOM universal measuring devices are widely used in almost all kinds of spheres especially in service and repair due to their capability of combining multifunctionality, affordable price and high measurement accuracy. The present article describes the characteristics and functional capabilities of the most popular combined AKTAKOM models, provides the examples of their application for a wide range of measurement tasks.

Профессиональные программируемые нагрузки постоянного тока Актаком



ATH-8360 ATH-8365 ATH-8366
AEL-8600, AEL-8605, AEL-8608



ATH-8180 ATH-8185
ATH-8240 ATH-8245



ATH-8020
ATH-8030
ATH-8036



ATH-8060 ATH-8065
ATH-8120 ATH-8125

- Высокая точность установки / измерения параметров - 0,03% / 0,015%
- Четыре основных режима (CV, CC, CR, CW) и два комбинированных (CC+CV, CR+CV) режима стабилизации
- Статический, динамический, импульсный режимы работы
- Автоматическое тестирование
- Работа по пользовательскому списку
- Режим тестирования батарей
- Защита от перегрузки по напряжению, по току, по мощности, переплюсовки и перегрева
- Дистанционное управление от персонального компьютера
- Возможность поставки электронных нагрузок мощностью до 200 кВт

Модель	ATH-8020	ATH-8030	ATH-8036	ATH-8060	ATH-8065	ATH-8120	ATH-8125
Мощность	200 Вт	300 Вт	300 Вт	600 Вт	600 Вт	1200 Вт	1200 Вт
Входной ток	0...30 А	0...30 А	0...15 А	0...120 А	0...30 А	0...240 А	0...60 А
Входное напряжение	0...150 В	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В
Модель	ATH-8180	ATH-8185	ATH-8240	ATH-8245	ATH-8360	ATH-8365	
Мощность	1800 Вт	1800 Вт	2400 Вт	2400 Вт	3600 Вт	3600 Вт	
Входной ток	0...240 А	0...120 А	0...240 А	0...120 А	0...240 А	0...120 А	
Входное напряжение	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В	
Модель	ATH-8366	AEL-8600	AEL-8605	AEL-8608			
Мощность	3600 Вт	6000 Вт	6000 Вт	6000 Вт			
Входной ток	0...480 А	0...240 А	0...120 А	0...240 А			
Входное напряжение	0...150 В	0...150 В	0...500 В	0...500 В			

Оборудование включено в Государственный реестр средств измерений

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА www.eliks.ru



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный);
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



Узнайте цену

ЦИФРОВЫЕ RLC-МЕТРЫ

Контроль тестового уровня



Эконом-класс



Встроенный компаратор



**Графический анализ
кривых резонанса**



**Встроенный
источник смещения**



Анализ трансформаторов



Параметры	АММ-3148	АМ-3001	АММ-3044/3046	АММ-3038/3058	АММ-3068/3088	АМ-3028
Точность	0,1 %		0,05 %		0,05 %	0,05 %
Тестовая частота (макс.)	100 кГц		200 кГц		300 кГц/ 1 МГц	1 МГц
ЖК-дисплей	5 разрядов	6 разрядов LED	6 разрядов TFT	6 разрядов TFT (480x272)	6 разрядов TFT (800x480)	6 разрядов (320x240)
Ёмкость	0,001 пФ...10 мФ	0,0001 пФ...100 Ф			0,00001 пФ...10 Ф	
Индуктивность	0,001 мкГн...100 кГн	0,0001 мкГн...100 кГн			0,01 нГн...100 кГн	
Сопротивление	0,0001 Ом...100 МОм	0,0001 Ом...2000 МОм			0,01 МОм...100 МОм	



Параметры	АМ-3055	АММ-3033	АММ-3035	АММ-3320	АМ-3123/АМ-3125
Точность	1,2 %	0,5 %	0,5 %	0,3 %	0,25 %
Тактовая частота (макс.)	3 Гц	10 кГц	100 кГц	100 кГц	10 кГц (АМ-3123) 100 кГц (АМ-3125)
ЖК-дисплей	3 1/2 разряда; однострочный	3 5/6 разрядов; однострочный	4 1/2 разряда; двухстрочный	4 1/2 разряда; двухстрочный	5 разрядов; двухстрочный
Схемы измерения	2-х проводная	2-х проводная	4-х, 5-ти проводная	2-х проводная	3-х, 5-ти проводная
Ёмкость	1 пФ...60 мФ	0,1 пФ...600 мкФ	0,01 пФ...20 мФ	200 пФ/.../20 мФ	0,01 пФ/0,001 пФ...20 мФ
Индуктивность	—	0,1 мкГн...100 Гн	0,001 мкГн...20 кГн	20 мкГн/.../20 кГн	0,01 мкГн/0,001 мкГн...1 кГн
Сопротивление	0,1 Ом...60 МОм	0,1 Ом...60 МОм	0,001 Ом...200 МОм	20 Ом/.../2 МОм	0,1 Ом...10 МОм



Читайте об измерении паразитных параметров и сортировке RLC-компонентов на www.eliks.ru в разделе "Мне нужно измерить..."
ЗЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ
ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

ПРОБЛЕМЫ ЭМС/ЭМП В ПОДКЛЮЧЕННОМ АВТОМОБИЛЕ

EMC/EMI CHALLENGES IN THE CONNECTED VEHICLE

В 1915 году вышла книга «Автомобиль Ford T — конструкция, принцип действия и ремонт», написанная Виктором У. Пейджем [1]. Она пояснила «принципы действия всех узлов автомобиля» и состояла всего из 302 страниц (вместе с рекламой). Какого размера была бы книга, описывающая принципы действия современного автомобиля? Только 100 с лишним миллионов строк кода в 100 с лишним встроенных процессорах заняли бы примерно 10000 книг. Сложность современного автомобиля бесконечно возросла за счет множества интерфейсных функций, функций управления, систем безопасности, систем помощи водителю, систем связи и информационно-развлекательных электронных систем (рис. 1).

Эта картина ещё более усложнилась с появлением взаимодействия «V2X»: автомобиль-автомобиль, автомобиль-инфраструктура, автомобиль-человек и автомобиль-сеть. А с появлением полуавтономного и полностью автономного вождения сложность и проблемы безопасности дополнительно возрастают.

Ясно, что для обеспечения безопасности быстро мчащегося тяжёлого автомобиля, начинённого взрывоопасным топливом или аккумуляторными батареями большой ёмкости, все бортовые системы должны безукоризненно взаимодействовать между собой. И хотя высокое инженерное мастерство позволяет правильно спроектировать



электрические и механические интерфейсы и корректно ими управлять, электромагнитные эффекты и электромагнитную совместимость (ЭМС) предсказать значительно труднее. Последствия помех могут быть воистину ужасными — известны случаи, когда подушки безопасности случайно срабатывали под воздействием ВЧ излучения передатчика автомобиля аварийной службы, или когда система управления двигателем и круиз-контролем давала «полный газ» под воздействием ЭМП [2].

Следовательно, нужно очень тщательно подходить к разработке, гарантируя электромагнитную совместимость всех систем, и выполнять их проверку путём моделирования и тестирования на соответствие автомобильным стандартам.

СОГЛАСОВАННЫЙ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

В то время как общепринятые нормы проектирования и применение моделирования ЭМС/ЭМП могут повысить устойчивость электронной системы к помехам и минимизировать уровень излучаемых помех, характеристики устройства часто зависят от условий его установки и соединений с другим оборудованием. Когда отдельные компо-

ненты, модули и подсистемы поставляются различными производителями, ЭМС можно охарактеризовать только в строго оговоренных «стандартных» условиях, которые могут не соответствовать предполагаемым условиям эксплуатации. Тем не менее, совместимость на уровне всех компонентов, модулей и систем является хорошей отправной точкой.

Конечной целью является сертификация автомобиля на соответствие необходимым стандартам, включая ЭМС с маркировкой E, обязательной в ЕС и других странах, подписавших это соглашение. Маркировка E применяется к компонентам, отдельным техническим узлам (STU) и электрическим подсистемам (ESA), а также к автомобилю в целом. В большинстве стран в качестве стандарта ЭМС автомобиля принят стандарт ООН ECE R10 (текущая версия 5), который охватывает также требования ЭМС для электромобилей (EV) и гибридных автомобилей (HEV). В США стандарты устанавливаются Ассоциацией инженеров автомобилестроения (SAE) и производителями автомобилей. Как правило, в отношении уровней ЭМП и методов испытаний эти стандарты опираются на международные стандарты, такие как ISO, IEC, CISPR, а также американские стандарты ANSI. Другие страны, например, Индия и Китай, используют собственные стандарты. Кроме того, автомобилестроители имеют внутренние стандарты, зачастую с более строгими требованиями, такие как Ford CS2009, Chrysler-Fiat CS-11979 или Nissan NDS02.

Автомобильная среда весьма неблагоприятна и характеризуется высокими уровнями излучаемых и кондуктивных помех от мощных импульсных преобразователей и линий передачи данных, а также от переходных процессов и провалов напряжения, возникающих из-за скачков нагрузки и бросков тока, а новые автомобильные технологии и условия работы лишь усугубляют эту картину, поэтому стандарты тестирования должны разрабатываться, учитывая эти изменения. Например, требования к ЭМС стандарта ECE R10 отличаются теперь для электромобилей на зарядной станции и на дороге. Кроме того, появление новых ВЧ технологий, таких как автомобильные радары, работающие на частотах 24 / 77 / 79 ГГц, и системы 5G, работающие в диапазоне от 24 до



Рис. 1. Электронные системы автомобиля (источник Keysight)

86 ГГц, требует проверки их совместимости между собой и с существующими автомобильными системами.

Применение стандартов ЭМС и привлечение сертификационных организаций для получения маркировки E на компоненты и подсистемы с соответствующим моделированием, испытательной документацией и производственным контролем качества является обязательным и необходимым, поскольку исправление отказа, вызванного ЭМС, на уровне автомобиля может обойтись очень дорого.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

Проблемы ЭМС затрагивают все автомобильные системы — от тяговых двигателей в электромобилях до соединений Bluetooth™ в информационно-развлекательных системах, и охватывают спектр от килогерцового до гигагерцового диапазона (рис. 2).



Рис. 2. ЭМП в автомобиле занимают весь радиочастотный спектр (источник Keysight)

Характеристики ЭМП подразделяются на четыре типа — кондуктивные/излучаемые помехи и устойчивость к кондуктивным/излучаемым помехам, — к каждому из которых относятся соответствующие стандарты и ограничения. Кондуктивные помехи можно измерять в обычных лабораторных условиях, но измерение излучаемых помех требует применения открытых измерительных полигонов (OATS) или безэховых камер для подавления паразитных сигналов. Возьмём, например, излучаемые помехи. Стандарт ECE R10 ссылается на CISPR 16 для широкополосных и узкополосных излучений в диапазоне от 30 МГц до 1 ГГц с предельными значениями, показанными на рисунке 3, для автомобиля в целом на расстоянии 10 м (слева) и для подсистем/компонентов (справа). Полоса разрешения при измерении равна 120 кГц.

Спецификации США могут ссы-

латься на стандарты ANSI C63.2 и C63.4 в отношении методов измерения излучений и измерительных приборов, соответственно, охватывая диапазон от 9 кГц до 50 ГГц.

Ключевым прибором для измерения кондуктивных или излучаемых помех является приёмник ЭМП, соответствующий требованиям стандарта CISPR 16. Основными необходимыми характеристиками этого прибора являются возможность выбора метода детектирования сигнала и полосы разрешения (RBW), определяющей способность выделять спектральные компоненты. Полоса разрешения меняется от стандарта к стандарту и может лежать в диапазоне от 9 кГц до 1 МГц. Приёмники ЭМП предлагают несколько вариантов детектирования сигнала, определённых в CISPR 16: в зависимости от используемого стандарта можно вы-

этом параметр. В отличие от этого, пиковый детектор выполняет практически мгновенное измерение, поэтому время задержки на частоте может быть меньше, и такой детектор всегда показывает большее значение, чем квазипиковый или усредняющий, поэтому, если предельные значения удовлетворяются с пиковым детектором, то всё хорошо. Если пиковый детектор покажет выход за установленные пределы, то для демонстрации соответствия остаётся только использовать квазипиковый или усредняющий детекторы, которые с традиционными приёмниками работают очень медленно.

НОВЫЕ ПРИЁМНИКИ СУЩЕСТВЕННО УСКОРЯЮТ ИЗМЕРЕНИЯ

Однако приёмники, построенные с применением новых технологий, могут выполнять измерения с квазипиковым и усредняющим детектором гораздо быстрее. Приёмник ЭМП PXE компании Keysight Technologies [3] использует технологию «программного радио» (SDR), в которой традиционная «промежуточная частота» классического супергетеродинного приёмника непосредственно оцифровывается с применением функций фильтрации, детектирования и усиления, выполняемых цифровым сигнальным процессором (DSP). Этот метод обладает следующими преимуществами: повышенная точность измерения, лучшая воспроизводимость, лучший коэффициент формы фильтра и возможность выполнения быстрого преобразования Фурье (БПФ) над цифровым сигналом, что, в свою очередь, позволяет выполнять «Сканирование во временной области» (TDS). Этот метод может значительно ускорить свипирование с квазипиковым и усредняющим детектором, задерживаясь лишь один раз в полосе БПФ, которая для Keysight PXE равна 59 МГц или 350 МГц в режиме «Ускоренного сканирования во временной области». Такая полоса охватывает сотни, если не тысячи значений полосы разрешения и дополнительно повышает скорость за счёт сокращения числа полных сканирований, что требует меньшего числа шагов изменения частоты гетеродина и соответствующих задержек.

брать пиковый, квазипиковый или усредняющий детектор, причём каждый из них может иметь разные постоянные времени детектирования, позволяющие увеличивать или уменьшать подавление случайных или непериодических составляющих измеряемого сигнала. Например, квазипиковый детектор выполняет взвешивание в соответствии со скоростью повторения сигнала, и приёмник должен задерживаться на измеряемой частоте, чтобы позволить детектору оценить

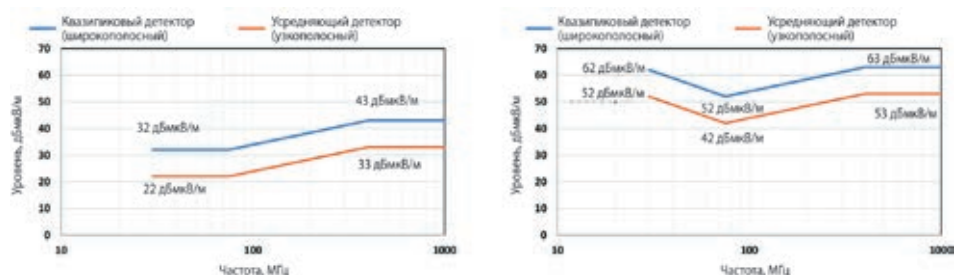


Рис. 3. Предельные значения для излучаемых помех согласно стандарту ECE R10 (на основе CISPR 16) для автомобиля в целом (слева) и подсистем/компонентов (справа)

Например, квазипиковое сканирование в диапазоне от 30 МГц до 1 ГГц (рис. 3) с применением традиционного метода пошагового сканирования для четырёх положений антенны займёт примерно 36 часов, тогда как Keysight PXE сокращает это время менее чем до 40 секунд (рис. 4).

Диапазон приёмника PXE (рис. 5) простирается от 2 Гц до 26,5 ГГц в полном соответствии с требованиями стандартов ЭМС CISPR 16-1-1:2015, MIL-STD-461G (2015) и ANSI

оборудования, и могут воспользоваться опытом экспертов в области измерения ЭМС, а также уникальным оборудованием. Услуги оплачиваются по мере их предоставления, что снова снижает затраты и риски. Перечень услуг охватывает предварительные и полные испытания в Бёблингене в соответствии с широким диапазоном стандартов ЭМС, безопасности и защиты окружающей среды, включая маркировку E для автомобильной ЭМС.

является неординарной задачей. Ставки высоки, поскольку от этого зависит время выхода изделий на рынок, но ещё больший приоритет имеет безопасность пользователя. Применение приёмников ЭМП Keysight Technologies серии PXE гарантирует наилучшую точность измерений, выполняемых с максимальной скоростью, и предоставление консультационных услуг и услуг по проведению испытаний с поддержкой пользователей на всём пути от начального проектирования до заключительного тестирования на соответствие стандартам.



CISPR диапазон C/D	Пошаговое сканирование	Сканирование во временной области	Ускоренное сканирование во временной области
30 МГц – 1 ГГц Квазипиковый детектор Задержка 1 с Полоса разрешения 120 кГц	~9 часов	< 60 с	< 10 с
4 положения антенны левая сторона правая сторона вертикальная ориентация горизонтальная ориентация	~36 часов	< 240 с	< 40 с

Рис. 4. Приёмник ЭМП Keysight PXE существенно сокращает время тестирования

С63.2, причём приёмник может использоваться для проведения регламентированных испытаний вместе с совместимыми принадлежностями и испытательной площадкой. Кроме того, пользователи считают приёмник PXE незаменимым для предварительных испытаний на соответствие стандартам, поскольку это позволяет снизить риск провала дорогостоящих испытаний в испытательных лабораториях. Точность амплитуды составляет $\pm 0,2$ дБ на частоте 1 ГГц при лучшей в отрасли чувствительности -169 дБм/Гц на частоте 1 ГГц. Управление выполняется через интуитивно понятный интерфейс на базе Windows™ 10 с сенсорным экраном.

УСЛУГИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ

Некоторые пользователи могут захотеть дополнить собственные испытания испытаниями в специализированных автомобильных испытательных лабораториях, особенно когда поджимают сроки, что позволяет снизить затраты и ускорить вывод изделий на рынок. Компания Keysight Technologies [4] предлагает такие услуги в своей аккредитованной испытательной станции в Бёблингене (Германия), а вскоре откроется новая площадка в Кремниевой долине. При этом пользователи минимизируют экономические риски, связанные с приобретением контрольно-измерительного

Консультационные услуги включают проектирование и 3D-моделирование с активной поддержкой в настройке моделирования и разработке стратегии испытаний. Возможно также предоставление услуг регрессивного тестирования и диагностики экспертами в области ЭМС. В ходе испытаний используется следующее программное обеспечение: Genesys™ для синтеза и моделирования ВЧ плат



Рис. 5. Приёмник ЭМП Keysight PXE с технологией «Ускоренного сканирования во временной области» и подсистем, ADS™ для проектирования и моделирования входных цепей, GoldenGate™ для разводки ВЧ печатных плат и проверки выходных цепей, EMPro™ для проектирования антенн и 3D-анализа ЭМ/ЭМС/ЭМП эффектов и SystemVue™ для моделирования виртуальных систем и проверки системного уровня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка электромагнитной совместимости большого числа различных систем в автомобильных приложениях

ЛИТЕРАТУРА

- <https://archive.org/details/modelfordcarits00pagrich/page/n1>
- Уведомления агентства радиосвязи по ЭМС — <http://www.emcia.org/awareness/Pages/InterferenceExamples/Automotive.htm#MobileTrans>
- <https://www.keysight.com/en/pdx-2959855-pn-N9048B/pxe-emi-receiver-2-hz-to-265-ghz?nid=-55381.5116252&cc=GB&lc=eng>
- <https://www.keysight.com/gb/en/products/services/test-as-a-service-taas.html>

Our cars are becoming «connected» to information networks and increasingly dependent on wireless communication channels. And at the same time the number of on-board computing systems is rapidly growing. Like any high-speed and complex digital electronic system automotive electronics can be a source of electromagnetic interference and at the same time have great sensitivity to this interference. This article is dedicated to the discussion of electromagnetic interference (EMI) sources and the steps that engineers can take to identify, localize, and reduce their effects. The present article describes a device capable of measuring EMI characteristics with high accuracy — this is PXE EMI receiver by Keysight Technologies.

КАК ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНО ОБЕСПЕЧИТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ IoT-УСТРОЙСТВ

COST EFFECTIVELY ENSURE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN THE AGE OF IoT

Мэтью Максвелл (Matthew Maxwell), компания Rohde & Schwarz

Любая радиоэлектронная аппаратура (РЭА), в том числе и устройства Интернета вещей (Internet of Things, далее IoT-устройства) для того чтобы получить столь желанный сертификат соответствия со стороны регулирующих органов, должны пройти полный цикл испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС) [1]. Традиционно это всегда было дорогостоящим мероприятием [2], состоявшим из нескольких поездок, как правило, в удаленный испытательный центр, где для окончательного утверждения порой требовались многочисленные переделки [3]. В эпоху Интернета вещей (IoT) это не самый удобный путь, которым можно принять как неизбежную данность, есть куда более целесообразные варианты.

В настоящее время Интернет вещей изменил буквально все. Уже сейчас беспроводные технологии дали нам самую широкую возможность сбора данных для анализа и, благодаря комплексным решениям, повысило для потребителей удобство пользования самыми различными устройствами. Для нужд промышленности аналитика с поддержкой IoT эти технологии улучшают рабочие процессы, повышают их безопасность, а в итоге положительно влияют на показатели использования оборудования и производительность производственных мощностей, одновременно открывая возможности для новых бизнес-моделей, например, прогнозного, а не планового технического обслуживания. Тем не менее, для разработчиков электронных систем и потребительских товаров это вызвало и целый ряд проблем. Некоторые из них очевидные, а некоторые скрыты и потому — коварны.

Начнем с того, что, как уже было сказано, в настоящее время существует повсеместный спрос на беспроводные соединения, будь то Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, сотовая связь или различные варианты, например, с низким энергопотреблением, с большим покрытием, такие как LoRaWAN, Sigfox, Narrowband-IoT (NB-IoT) или LTE Cat 1 [4]. Кроме



RONDE & SCHWARZ

того, мы сталкиваемся с ситуацией, когда в одном устройстве присутствуют несколько различных радиочастотных интерфейсов. Это очень удобно пользователям, но, одновременно, это кошмар для разработчиков и конструкторов, многие из которых не являются экспертами в области техники высоких частот и теории электромагнитных волн. Возможно, они овладели искусством обеспечения того, чтобы источники питания больше не мешали цифровым каналам, даже при компактной упаковке. Проблема здесь в том, что беспроводное соединение переводит все это на совершенно новый уровень сложности — от размещения и прокладки антенны до проектирования высокочастотных цепей от 900 МГц до 5 ГГц, где каждая линия связи может и должна рассматриваться как микрополосковая с расщепленными параметрами. Трудности в решении этой непростой задачи сильно повлияли на многие графики поставки продукции, и проблема только усугубится с широким внедрением технологии 5G, миллиметровыми волнами и частотами 28 ГГц и выше.

Несомненно, что амбициозные разработчики будут «создавать свои собственные» радиочастотные схемы и в этом нет ничего плохого. Но это, как правило, под силу большим проектным группам, так как требуется не только разработка схемы такого масштаба, но и увязка его в систему. Можно, конечно не изобретать велосипед, на первый взгляд кажется достаточно простым, получить от известного производителя хорошую радиочастотную интегральную микросхему, посмотреть ее спецификацию (datasheet), сделать ей рекомендуемую обвязку, наложить на нее какое-то экранирование, разместить и проложить антенный фидер, и все готово. Может быть. Однако упомянутые тенденции изменили подходы к проектированию и, особенно, к конструированию, что заставило разработчиков переосмыс-

лить свой подход к проектированию современной РЭА.

Основными факторами, влияющими на конструкцию современной малогабаритной РЭА, а тем более на IoT-устройства, являются меньшие форм-факторы, более высокая степень интеграции и высокая плотность электронных компонентов на квадратный дюйм площади печатной платы. Кроме того — общая сложность системы, более высокие тактовые частоты, множественные и распределенные шины питания с быстродействующими переходными процессами и не забываем про излучение ЖК-дисплея. Все это интегрируется в одном IoT-устройстве и направлено на то, чтобы обеспечить более высокую скорость передачи данных между центральным процессором (ЦП) и памятью. Это очевидные и классические тенденции, которые создают интересные, но при этом еще и сложные проблемы, которые дизайнеры на самом деле любят решать, хотя время выхода на рынок и сокращающиеся бюджеты могут быть для кого-то, буквально, смерти подобные, а для других — брошенным вызовом.

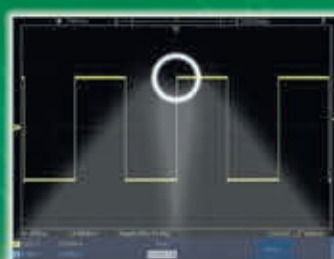
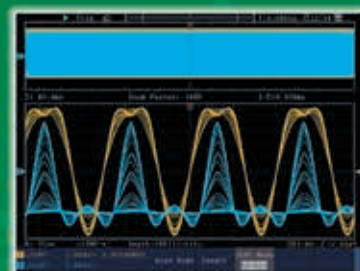
Однако, как уже упоминалось, при проектировании есть еще два момента, и именно они являются причиной сильной головной боли и одновременно дают больше возможностей для дифференциации, благодаря инновационным подходам к ускорению перехода на новые подходы для обеспечения ЭМС РЭА и, в частности, устройств IoT.

Все перечисленные факторы и тенденции, которые являются прямым результатом самой природы IoT-устройств, заключаются в необходимости сочетать источники питания, высокопроизводительные цифровые схемы и радиочастотные интерфейсы в компактных форм-факторах для продуктов, которые быстро падают в цене. Причем удешевление идет настолько быстро, что соотношение сложности и цены становится неприемлемым для создания высококачественных, но при этом недорогих систем, например, для умного дома, который является привлекательным

ПЕРВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ АКТАКОМ С РАЗРЕШЕНИЕМ 12 И 14 БИТ!



- ✓ До 4-х приборов в 1 корпусе :
 - Цифровой осциллограф с полосой 300 МГц
 - 1 или 2-х канальный генератор сигналов*
 - Цифровой мультиметр 3 ¾ разряда*
 - Анализатор протоколов I²C, SPI, RS-232, CAN*
- ✓ Большая глубина записи 40 миллионов точек
- ✓ Высокая скорость захвата осциллограмм 75000 осц/с
- ✓ 28 типов автоматических измерений
- ✓ Анализ спектров на основе БПФ
- ✓ Батарейное питание*
- ✓ Возможность установки сенсорного дисплея*
- ✓ Дружественный экранный интерфейс



Новинка!

8 бит

12 бит



14 бит!

Смотрите видео применения на сайте www.aktakom.ru

	ADS-6062H	ADS-6122	ADS-6122H	ADS-6142H	ADS-6222	ADS-6222H	ADS-6322
Количество каналов	2 + внешний запуск						
Полоса пропускания**	60 МГц	100 МГц			200 МГц		300 МГц
Максимальная дискретизация**	1 Гвыб/с				2 Гвыб/с	1 Гвыб/с	2,5 Гвыб/с
Скорость захвата	75000 осц/с						
Максимальная глубина записи**	40 М точек						
Горизонтальная развертка**	2 нс/дел до 1000 с/дел				1 нс/дел до 1000 с/дел с.		
Вертикальное разрешение	8 / 12 бит	8 бит	8 / 12 бит	8 / 12 / 14 бит	8 бит	8 / 12 / 14 бит	8 бит
Вертикальное отклонение	1 мВ/дел...10 В/дел						
Тип запуска	фронт, импульс, видео, скорость нарастания, рант, окно, по истечению времени, N фронт, логический шаблон, сигналы последовательных шин						
Интерфейсы	Штатно: USB-device, USB-host, LAN; Опционально: VGA и AV выход						
Дисплей	Цветной 8", TFT, 800×600, 65535 цветов; опция сенсорный IPS дисплей 1024×768						

* - дополнительная опция при предварительном заказе; **- параметры указаны для режима разрешения 8 бит



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ
ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

НОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ С УНИКАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ!



Прецизионный TrueRMS мультиметр АММ-1149

- Высокая точность 0,05%
- Суперчёткий ЖК-индикатор 50000 отсчётов
- Одновременное отображение трёх измеренных параметров
- Измерение постоянной и переменной составляющих (AC+DC)
- Высокое разрешение (0,01 мВ; 0,01 мкА; 0,01 Ом; 0,001 Гц; 0,001 нФ)
- Удержание пиковых значений (PEAK) и режим относительных измерений (REL)
- Режим измерения токовой петли 4-20 мА с отображением в % (LOOP)
- Регистратор измеренных значений (9999 ячеек)
- Защита от пыли и влаги IP67



Промышленный TrueRMS мультиметр АММ-1015

- ЖКИ 19999 отсчетов
- Частотный диапазон 40 Гц...1 кГц
- Базовая погрешность 0,1%
- Измерение пост. и перемен. тока до 20 А
- Измерение емкости до 2000 мкФ



TrueRMS мультиметр со встроенным измерителем RLC АММ-3033

- ЖКИ 6000 отсчётов с подсветкой
- Базовая погрешность 0,5%
- Тестовая частота до 10 кГц
- Регистратор данных на SD карту
- Измерение индуктивности до 100 Гн
- Измерение емкости до 600 мкФ



Мультиметр с функцией мегаомметра АМ-1018В

- Базовая погрешность 0,2%
- Измерение сопротивления изоляции до 2 ГОм
- Тестовое напряжение 50 В/ 100 В/ 250 В/ 500 В/ 1000 В
- Измерение частоты синусоидального сигнала, прямоугольных импульсов и коэффициента заполнения
- Режим измерения емкости 1000 мкФ



Комбинированный мультиметр АМ-1016

- 3 прибора в 1 корпусе
- Частотный диапазон мультиметра 40 Гц...400 Гц
- Тестовое гнездо телефонной линии RJ-11
- Тестовое гнездо кабеля «витая пара» RJ-45
- Тестирование батарей 1,5 В, 6 В, 9 В



Многофункциональный прибор «6 в 1» АММ-1062

- Классический мультиметр
- Измерение температуры окр. среды
- Измерение влажности
- Встроенный шумомер
- Измеритель освещенности — люксметр
- Контактный термометр (термопары типа К)



Мультиметр со встроенным фонариком АММ-1048

- ЖКИ 3 3/4 разрядов (4000 отсчётов)
- Широкий набор измерительных функций
- Бесконтактный индикатор напряжения
- Категория защиты: CAT III 1000V
- Эргономичный корпус



Бюджетный цифровой мультиметр АММ-1042

- Измерение токов с высоким разрешением 0,1 мкА
- Автоматический и ручной выбор диапазонов
- Компактные размеры



местом для такой РЭА, как IoT-устройства. Даже производители мобильных телефонов и планшетов, которые, как правило, могут взимать дополнительную плату за сам бренд, более высокие характеристики и функциональные возможности, по мере роста сложности и уменьшением форм-факторов так же испытывают трудности, но уже по причине высокой конкуренции.

Для решения проблем ЭМС и, в частности, влияния электромагнитных помех (ЭМП) ранее вполне достаточно было просто разместить экранирование вокруг ключевых компонентов, таких как радиочастотные цепи. Накрыв их штампованным экранчиком и спи спокойно. Это позволяло уменьшить их восприимчивость к помехам от высокоскоростных цифровых тактовых импульсов и гармоник от переходных процессов, а также для того чтобы помешать им самими быть источниками помех для других каскадов и работающего рядом оборудования. Тем не менее, поскольку плотность и сложность возросли, теперь нередко приходится экранировать буквально все и вся, как, например, в случае с планшетом Galaxy Tab S4 LTE компании Samsung [5], приведенном на рисунке 1.

Планшет Galaxy Tab S4 LTE компании Samsung является ярким примером современного конструктивного решения «в лоб» и дизайнера потребительского уровня с точки зрения плотности, производительности и сложности, при этом это не дешевое удовольствие — цена планшета в РФ — 42 999 руб, что эквива-

лентно 670 долларов США. Однако большинство проектов в пространстве IoT, от бытовой техники и аудиопотоковых систем со встроенными голосовыми помощниками до носимых устройств, не могут стоить так дорого, что вынуждает дизайнеров находить способы снизить затраты как на их разработку (ОКР), так и на тестирование, включая сертификацию.

УСКОРЕНИЕ И УПРОЩЕНИЕ ЭМС-ТЕСТИРОВАНИЯ — ПУТЬ К СНИЖЕНИЮ СТОИМОСТИ

Можно ли ускорить цикл проектирования и тестирования при использовании в РЭА модулей питания и радиочастотных модулей? Ответ — можно, так как все они, если это не безымянная подделка («не гонялся, бы ты, поп, за дешевизной» — помните?), уже предварительно сертифицированы, что экономит и время, и ресурсы. Тем не менее, многие проектировщики наивно и ошибочно полагают, что покупка готового модуля означает, что в отношении соблюдения требований и соответствия национальным и международным регулирующим документам по ЭМС и получению сертификата соответствия, все будет само-собой гарантировано. Святая наивность — нет ничего более далекого от правды [3].

Сложность задачи, решаемой разработчиком современной РЭА, а тем более компактных IoT-устройств, состоит в том, чтобы понять проблемы ЭМС применительно к конкретному проекту, а также учесть влияние на него ЭМП и найти их источники, а затем, для выявления и устранения



Рис. 2. Внедрение схемы проверок в контрольных точках проекта перед сертификацией может значительно повысить вероятность выполнения плана разработки РЭА в срок и в рамках бюджета

проблем, еще до отправки во внешнюю лабораторию для сертификации, провести самостоятельно тестирование системы на соответствие заданным требованиям. Наряду с затратами времени сами тесты на соответствие по стоимости могут достигать до десятков тысяч долларов США. Кроме того, необходимо учитывать, что до 90 процентов устройств в первый раз показывает в той или степени отрицательные результаты. Это приводит к доработкам и повторному тестированию, иногда по несколько раз. Затраты быстро накапливаются, особенно если исправление требует не корректировки номиналов или замены тех или иных компонентов РЭА, а полного или частичного изменения конструкции или дизайна. (Переводчик данной статьи как раз попал в такую ситуацию, которая отодвинула на два года выход сложной продукции на рынок [3] по причине того, что Главный Конструктор проигнорировал требования по ЭМС и понадеялся на свой опыт проектирования и «русский авось».) Здесь, для того чтобы помочь избежать дорогостоящих задержек проекта, очень важно инициировать профилактические меры, такие как контрольные точки цикла проектирования, показанные на рисунке 2. Чем раньше разработчик начнет решать проблему ЭМС, тем более низкими будут затраты на корректировки проекта.

Еще одна важная причина для проведения предварительных самостоятельных испытаний на соответствие стандартам по ЭМС — это избежать чрезмерных затрат на конструктивное решение устройства. Часто конструкторы не отказывают себе в том, чтобы, как говорится — от греха подальше, добавить дополнительные экраны или другие меры предосторожности, которые увеличивают вес, время разработки, повышают энергопотребление и себестоимость (как пример см. рис. 1). Задача, собственно, состоит в том, чтобы с первого раза пройти испытания на полное соответствие, не выходя за установленные сроки и средства. А стоимость? Ну, для этого есть реклама и потребитель.

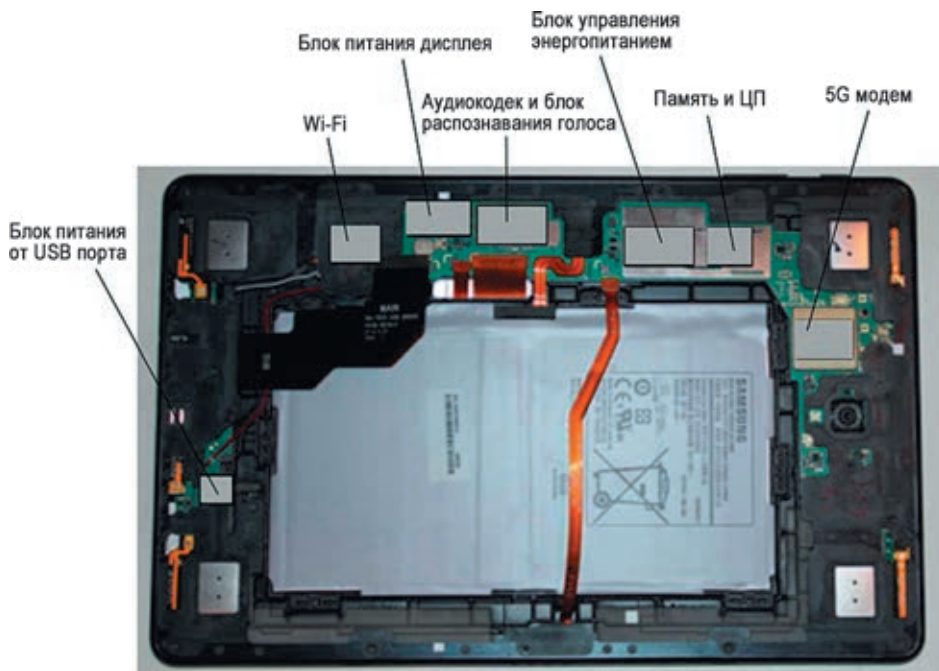


Рис. 1. Раньше было вполне достаточно экранировать пару ключевых цепей, но разработчики планшета Galaxy Tab S4 LTE, для того чтобы гарантировано обеспечить требования по ЭМС, заэкранировали буквально каждый блок (четыре прямоугольных серебристых элемента по углам это — динамики, не цепи). Здесь и далее изображения представлены компанией Rohde & Schwarz

Чтобы свести к минимуму вероятность проведения нескольких заходов на сертификацию и доработок изделия на соответствие требованиям стандартов по ЭМС, разработчику необходимо самому получить предварительные данные по соответствию требованиям ЭМС. Это не так сложно, как кажется на первый взгляд. В сочетании с широкодоступным испытательным оборудованием и некоторыми «хитростями» можно быстро выявить и устранить проблемы с ЭМС, прежде чем отправлять систему на официальную сертификацию.

ДИАГНОСТИКА ПРОБЛЕМ ЭМС И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭМП

Такие понятия как ЭМС и ЭМП часто путают. Чтобы мы могли обсуждать проблемы дальше давайте внесем ясность. ЭМС занимается проблемами, связанными с тем, чтобы различные части электрического и электронного оборудования могли работать в одной и той же электромагнитной среде, а также влиянием одного оборудования на другое. Это требует, чтобы оборудование имело минимальное нежелательное электромагнитное излучение — то есть, уровень ЭМП, а также минимизировало свою восприимчивость к окружающей электромагнитной обстановке, как правило, от близлежащего оборудования или радиопередатчиков большой мощности.



Рис. 3. Четыре механизма воздействия ЭМП на РЗА — по полю, через индуктивную и емкостную связь, а также в виде кондуктивной помехи

Что касается ЭМП — то это фактическая нежелательная электромагнитная энергия, которую разработчики, причем как условно «электронщики», так и ответственные за превращение из идей в «в металл» конструктора, должны в своих проектах подавлять. А также защищать свои конструкции от внешних источников таких помех. Этими источниками могут быть статическое электричество, другие радиостанции, излучения от электродвигателей или источников питания, помехи по сети электропитания, микроволновые печи, гармоники и субгармоники цифровой (читай — импульсной) части системы, а также аудиосигналы. Уровень этих помех зависит от рабочей частоты испытываемого оборудования (ИО), и они могут проявляться как в виде не-

прерывных, так и случайных сигналов помех. При этом не забываем делать оценку во всех режимах функционирования, в том числе и с допустимыми отказами.

На языке ЭМС система, вызывающая помехи, является источником, а система, которой она подвержена, является ее жертвой. Между ними, источником и его жертвой, находятся четыре варианта связи или, как говорят — воздействия, ЭМП. Это может быть воздействие по полю (электромагнитное излучение), индуктивная и емкостная связи и кондуктивная помеха (электромагнитная помеха, распространяющиеся по проводникам, проводящим конструкциям и земле) или любая комбинация из всех перечисленных (см. рис. 3). ЭМП можно рассматривать фрактально в том смысле, что она применяется между малыми или

- будьте предельно внимательны при трассировке сигнальных проводников;
- помните, что более высокие скорости передачи данных означают больше проблем с электромагнитными помехами;
- близкое расположение плат ухудшает проблемы, связанные с ЭМП;
- избегайте острых углов на проводниках печатных плат (хорошие инструменты для разработки печатных плат могут сами определять предельно допустимый угол для печатного проводника на данной рабочей частоте);
- необходимо иметь максимально большие плоскости заземления;
- используйте экранированные кабели и корпуса;
- избегайте разрывов, неоднородностей и резонансов на пути передачи сигналов.

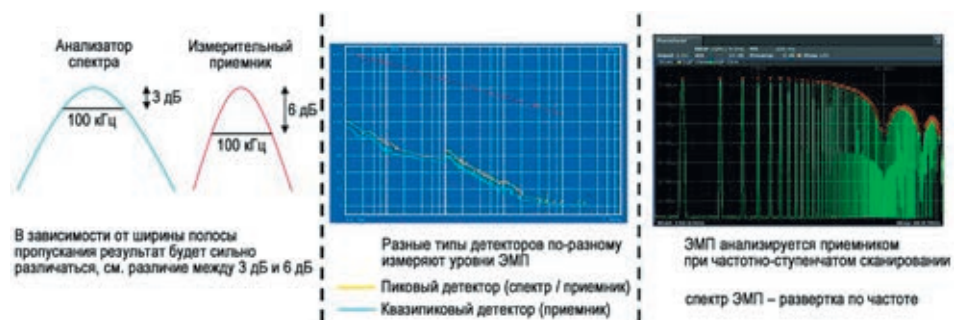


Рис. 4. В режиме приемника анализаторы спектра могут имитировать работу более дорогостоящих измерительных приемников ЭМП, однако следует убедиться, что у вас имеется квазиимпульсный (QP) детектор, а также подходящая измерительная антенна

большими системами, которые находятся близко или далеко друг от друга, а также между подсистемами, компонентами, трассировками и антеннами внутри системы. Не то, чтобы антенны были особенно интересны, поскольку они не только передают и принимают преднамеренные излучения, но дело в том, что они также служат идеальными связующими звеньями проникновения ЭМП в систему и выхода из нее.

Принципы ЭМС и механизмы действия ЭМП одинаковы, как для соседних устройств, так и для узлов внутри систем. Для простоты в этой статье основное внимание будет уделено единой системе и тому, как спроектировать радиоэлектронное устройство с выполнением требований по ЭМС и как выполнить его тестирование на соответствие требованиям и отладку с помощью стандартного осциллографа среднего уровня.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ С УЧЕТОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ЭМС

Давайте рассмотрим следующие основные принципы ЭМС, чтобы продемонстрировать, что они не изменились еще со времен первого издания знаменитой и популярной книге «Electrical Engineering 101» [6]:

К сожалению, как бы мы не старались, ЭМП не может быть устранена полностью. Таким образом, работа проектировщика состоит в том, чтобы управлять помехой и снижать ее уровень, применяя для этого фундаментальные принципы в сочетании с накопленным опытом и собственными ноу-хау.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОТЛАДКА

Как только проект IoT-устройства уже находится на стадии прототипа и установлены контрольные этапы проверки предварительного соответствия требованиям по ЭМС, следующая задача разработчика — либо полностью изолировать ИО от окружающей среды во время проведения испытаний. Опять же, источники помех также не могут быть устранены, но вероятность действия таких помех может быть определена, а уровни их воздействия уменьшены.

Для сканирования и поиска помех в широком диапазоне частот необходимо использовать хороший измерительный приемник электромагнитных помех с фильтрами преселекции и широким динамическим диапазоном, например, R&S® ESW, R&S® ESR. Такое

решение представляется лучшим вариантом, однако является далеко не бюджетным и не всегда практически удобным. В качестве альтернативы, но с некоторыми допущениями, можно также использовать и анализаторы спектра. Начните с измерения уровня электромагнитного фона и учета любых присутствующих в нем сигналов. Анализаторы спектра,

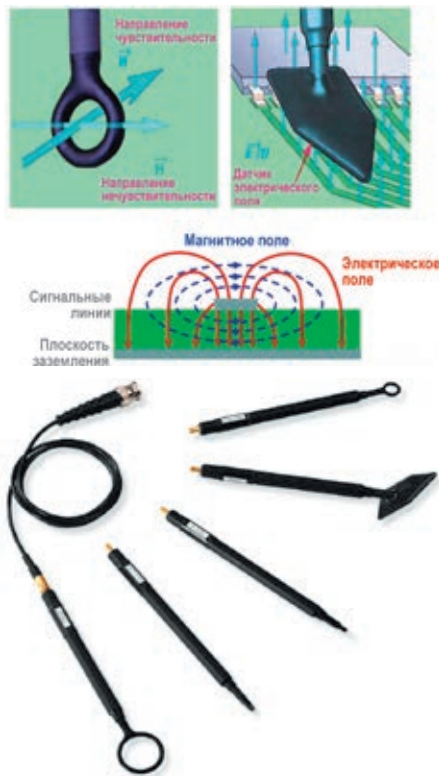


Рис. 5. Чем больше размер зондов электрического (E) и магнитного (H) полей, тем выше их чувствительность, но, соответственно, ниже точность обнаружения. Точно локализовать источник электромагнитных помех позволяют зонды меньшего размера

такие как R&S® FPC1500, компании Rohde & Schwarz [7], дополненные специальным программным обеспечением R&S® ELEKTRA [8], позволяют проводить измерение ЭМП с

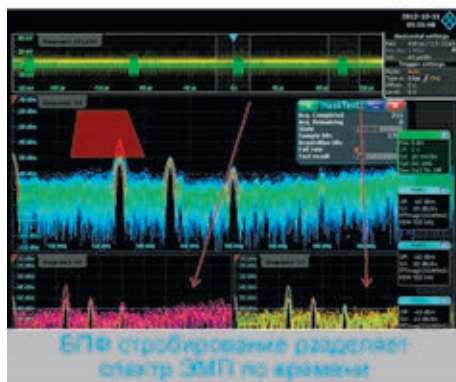


Рис. 6. Многофункциональные цифровые осциллографы с возможностью реализации быстрого преобразования Фурье и функцией выделения областей анализа, помогают отлаживать РЗА, позволяя проводить корреляцию во времени событий возникновения ЭМП и находить их источник

заданными предельными линиями определенных стандартов или заданных вручную пользователем (рис. 4). Программное обеспечение для испытаний на ЭМС R&S® ELEKTRA — это модульное программное решение, позволяющее проводить как анализ помехоэмиссии с помощью анализаторов спектра, так и полностью автоматизировать весь процесс испытаний на ЭМС в соответствии с требованием стандартов по уровням излучения ЭМП и помехоустойчивости. ПО R&S® ELEKTRA существенно упрощает настройку испытательного оборудования, его калибровку, а также значительно ускорить выполнение испытаний, свести к минимуму возможные ошибки оператора и создавать подробный протокол испытаний.

При использовании анализатора спектра, для получения минимальных имеющих практическую ценность значений, требуется наличие квазипикового (QP) детектора и направленной антенны. Для IoT-устройств желательно использовать анализатор спектра с частотным диапазоном от 5 кГц до 5 ГГц, поскольку понадобится не только обнаружение помеховых сигналов в диапазоне частот до 1 ГГц, в соответствии с требованиями стандартов [2], но и помех от сетей Wi-Fi с частотой до 5 ГГц. Кроме того, будет крайне полезен встроенный векторный анализатор цепей (vector network analyzer, VNA), поскольку его можно использовать для согласования полного сопротивления антенны с радиочастотным модулем, в случае если встроенная радиочастотная антенна отсутствует. Некоторые анализаторы спектра также имеют встроенный генератор сигналов, который можно использовать для того чтобы генерировать заданный сигнал в дополнении к сигналу передатчика. Этот «источник помех» проверяет и дает вам возможность убедиться, что у вашего

приемника имеется достаточная селективность для приема полезного сигнала.

Перед запуском предварительных измерений на соответствие стандартам, следует провести быстрые и несложные измерения с использованием пикового детектора (Peak Detector). Затем используйте квазипиковый детектор (QP) для выборочной проверки любых выявленных потенциальных проблемных частот. Для проверки используйте датчики ближнего поля электрического (E-field) и магнитного типов (H-field), как это показано на рисунке 5. Датчик магнитного поля имеет петлю, в которой наводятся токи при перпендикулярной ориентации относительно линий магнитного поля от источника сигнала, позволяя измерять величину напряжения.

При использовании пробников ближнего поля важно помнить, что выходное напряжение очень сильно зависит от его ориентации относительно излучателя. Кроме того, необходимо найти компромисс: чем больше размеры пробника, тем чувствительность выше, однако точность обнаружения источника помехи будет ниже. Поэтому, когда источник электромагнитных помех становится более четко определен, возьмите пробник меньшего размера, приблизьтесь как можно ближе к источнику помехи и убедитесь, что показания ниже максимально допустимых уровней мощности излучения ЭМП.

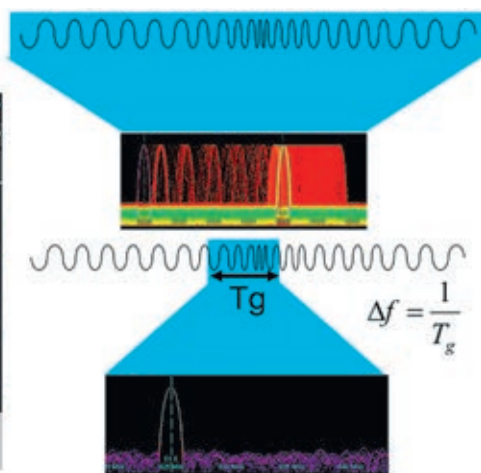
Однако, такие измерения требуют глубокого понимания и опыта у разработчика в области ЭМС. Многие источники помех можно локализовать, зная тактовые частоты, частоты коммутации импульсного источника питания и ожидаемых гармоник.

Так же, не менее важно знание схемы и разводки платы, последнее помогает определить, например, что линия синхронизации оказалась разведенной слишком близко к радиочастотному модулю. Здесь нет мелочей, на все необходимо обращать внимание, так как найденная помеха может быть тем негативным явлением, которое воздействуя на каскады, вызывает другую помеху, которая проявится уже в другой части спектра.

Тем не менее, независимо от того, насколько хорошо разработчик знает физическое расположение и параметры схемы, ничто не сравнится с проверкой посредством специального программного обеспечения и временной корреляцией излучений ЭМП в процессе отладки.

ИСПЫТАНИЕ С ВРЕМЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИЕЙ И ОТЛАДКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Учитывая бюджетные и ресурсные ограничения многих разработ-



чиков IoT-устройств, даже такой не слишком дешевый прибор, как анализатор спектра, может быть не всегда доступен. Тем не менее, в каждой лаборатории имеется осциллограф, а хороший цифровой осциллограф уже может позволить провести тестирование на электромагнитные помехи. Раньше такого функционала в осциллографах просто не было, поскольку в прежних приборах аппаратные возможности проведения быстрых преобразований Фурье (БПФ) были недоступны. Сейчас ситуация изменилась, так в некоторых моделях цифровых осциллографов среднего класса уже аппаратно реализован функционал БПФ с цифровым переносом частоты и наложением блоков БПФ.

Выбирайте для таких задач цифровой осциллограф с такими ключевыми характеристиками как: достаточная глубина памяти не менее 500 тыс. точек, входной импеданс 50 Ом для обеспечения достаточной полосы пропускания и частота дискретизации, превышающие как минимум в два раза максимальную частоту в сигнале, начиная со значения 2,5 Гточек/с для сигналов в полосе частот от 0 до 1 ГГц. Если тестируются системы с рабочими частотами 2,45 ГГц или 5 ГГц, то частота дискретизации должна быть увеличена соответственно. Также обратите внимание на низкий уровень собственных шумов и хорошую вертикальную чувствительность, доступ-



Рис. 7. 10,1-дюймовый емкостный сенсорный экран осциллографа R&S® RT02000 компании Rohde & Schwarz позволяет пользователям быстро перемещаться по всплывающим меню и регулировать масштабирование путем увеличения или перемещения сигнала. Рядом (внизу) показан анализатор спектра серии R&S® FPC компании Rohde & Schwarz с пробниками ближнего поля

ные во всей полосе пропускания при коэффициентах вертикального отклонения от 500 мкВ/дел до 5 мВ/дел для достижения высокой чувствительности.

Поскольку пробник будет перемещаться по плате или системе, важно, чтобы время отклика осциллографа было быстрым. Это крайне необходимо для того, чтобы не было задержки при попытке соотнести сигнал ЭМП с его представлением во временной области. Некоторые осциллографы выполняют функцию БПФ только программно, поэтому будьте внимательны, чтобы убедиться, что временная и частотная области видны в реальном времени. По мере того как источник ЭМП локализован, представление во временной области должно позволить соотнести влияние на этот источник ЭМП таких изменений, как переключение уровня шины (см. рис. 6).

Существуют и другие важные функции, которые желательно иметь в осциллографе, включая режим послесвечения экрана и цветовую градацию отображения сигнала. Это даст возможность легко обнаруживать и различать постоянно присутствующие и периодически возникающие компоненты в сигнале и проводить необходимое масштабирование (см. рис. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В эпоху IoT с повсеместным беспроводным подключением удовлетворение требований стандартов по ЭМС становится все более трудным и трудоемким делом. Проблема усугубляется ужесточением стандартов и снижением стоимости IoT-устройств, что стимулирует разработчиков, чтобы избежать дополнительных затрат на сертификацию и переделку, с самого начала сделать все должным образом [1, 3]. В этом случае, проведение строгих предсертификационных испытаний на заданных контрольных этапах разработки с помощью стандартного настольного оборудования, такого как цифровые осциллографы, может помочь ограничить формальные и дорогостоящие сертификационные испытания ЭМС одной успешной попыткой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рентюк В. Электромагнитная совместимость: проблема, от решения которой не уйти // Компоненты и технологии. 2017. № 7.
2. Рентюк В. Что нужно знать об испытаниях на выполнение требований по ЭМС для изделий коммерческого назначения // Компоненты и технологии. 2017. № 7.
3. Уайт К., перевод, дополнения и комментарии: Рентюк В. Устранение проблем, выявленных в ходе испыта-

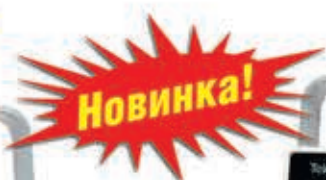
ний изделия на выполнения требования по ЭМС // Компоненты и технологии. 2017. № 10.

4. Рентюк В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей». Часть 1. Сети, шлюзы, облака и протоколы // Control Engineering Россия. 2017. № 6.
5. Galaxy Tab S4 LTE // <https://www.samsung.com/ru/tablets/galaxy-tabs4-t835/SM-T835NZKASER/>.
6. Ashby, Darren. Electrical engineering 101: everything you should have learned in school... but probably didn't. Third Edition. 2012 Elsevier Inc. // https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123860019/Front_Matter.pdf.
7. Анализатор спектра R&S® FPC // https://scdn.rohde-schwarz.com/urpws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/FPC_bro_ru_5214-7112-18_v0500.pdf.
8. R&S® ELEKTRA — программное обеспечение для испытаний на ЭМС // https://www.rohde-schwarz.com/ru/product/elektra-emc-productstartpage_63493-584628.html.

In the age of IoT, with ubiquitous wireless connectivity, meeting EMC requirements for any standard is becoming more difficult and time consuming. This article describes implementing a pre-compliance test with typical benchtop equipment, such as digital oscilloscopes.

Осциллографы смешанных сигналов

Tektronix®



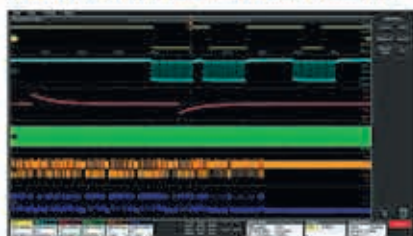
MDO Серии 3



MSO Серии 4



Максимальная гибкость и наглядность представления исследуемой системы



Быстрый всесторонний анализ характеристик сигналов



Запуск по сигналам последовательных шин и их анализ



- Инновационный интерфейс пользователя с управлением сенсорными жестами на экране
- Самый большой в отрасли сенсорный дисплей с высоким разрешением (HD 1920x1080)
- Для MSO серии 4: 4 или 6 входов FlexChannel, каждый вход можно использовать для регистрации и отображения 1 аналогового сигнала или 8 цифровых логических сигналов путём простой замены пробника
- Расширенный анализ сигналов: декодирование и синхронизация по сигналам последовательных шин I²C, SPI, USB 2, Ethernet, CAN, LIN и др., расширенный анализ джиттера, автоматические измерения и анализ мощности

Параметр	MDO32	MDO34	MSO44	MSO46
Полоса	100 МГц, 200 МГц, 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц		200 МГц, 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 1,5 ГГц	
Максимальное число аналоговых каналов	2	4	4	6
Максимальное число цифровых каналов (опция – кратно 8 каналам)	16	16	32	48
Максимальная частота дискретизации (все аналоговые и цифровые каналы)	5 Гвыб/с		6,25 Гвыб/с	
Глубина записи (все аналоговые и цифровые каналы)	10 М		31,25 М / 62,5 М (опция)	
Максимальная скорость захвата осциллограмм	280000 осц./с		500000 осц./с	
Разрешение АЦП	8 бит		12 бит	
Анализатор спектра	1 ГГц / 3 ГГц (опция)		—	
Генератор сигналов	До 50 МГц (опция)			
Интерфейс пробника	TekVPI		FlexChannel / TekVPI	
Дисплей	Сенсорный, 11,6" HD		Сенсорный, 13,3" HD	



ЗАО «НПП ЭЛИКС» — официальный дистрибьютор Tektronix
 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
 Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
 Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ
ИНФОРМАЦИИ НА
www.eliks.ru

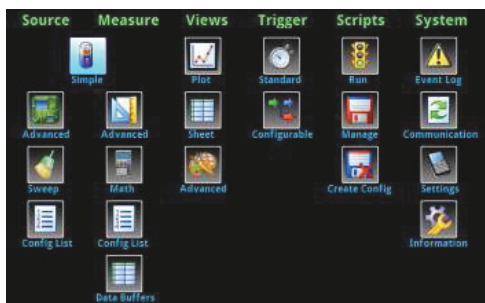
ИСТОЧНИК-ИЗМЕРИТЕЛЬ KEITHLEY 2450/2460/2461

Инновационный и компактный характериограф с сенсорным дисплеем



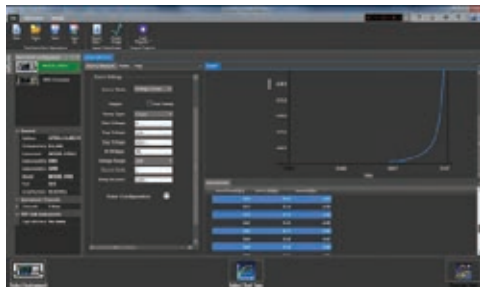
- Одновременная подача и измерение тока или напряжения
- Встроенный TSP-процессор позволяет расширять число каналов без шасси и поддерживает параллельное исполнение тестов
- Технология TSP-Link® упрощает объединение нескольких приборов в одну измерительную систему
- Расширенные возможности работы с малыми напряжениями, токами и сопротивлениями
- Интерактивный емкостной сенсорный экран обеспечивает превосходное восприятие отображаемой информации
- Графический интерфейс представляет функции построения вольт-амперных характеристик
- Работа в импульсном режиме с мощностью до 1000 Вт (для 2461)

Параметр	2450	2460	2461	
Максимальная мощность	20 Вт	100 Вт	100 Вт / 1000 Вт (имп.)	
Напряжение (ист./изм.)	Макс. значение	200 В	100 В	
	Точность	±0,015% / ±0,012%		
	Разрешение	500 нВ / 10 нВ	5 мкВ / 100 нВ	5 мкВ / 100 нВ
Ток (ист./изм.)	Макс. значение	1 А	7 А	7 А ; 10 А (имп.)
	Точность	±0,02% / ±0,02%		
	Разрешение	500 фА / 10 фА	50 пА / 1 пА	50 пА / 1 пА



Система меню на основе пиктограмм может на 50% сократить число операций настройки и позволяет обойтись без сложных многоуровневых структур.

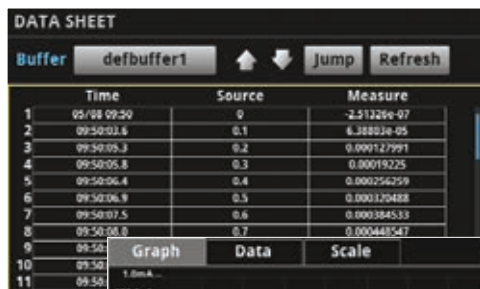
- Источник-измеритель Keithley 24xx объединяет в одном корпусе:
- Высокостабильный малошумящий программируемый источник питания
 - Электронную нагрузку
 - Прецизионный 6½-разрядный мультиметр
 - Генератор тока (TrueRMS)
 - Новую систему синхронизации TriggerFlow



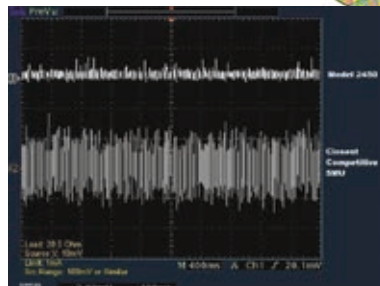
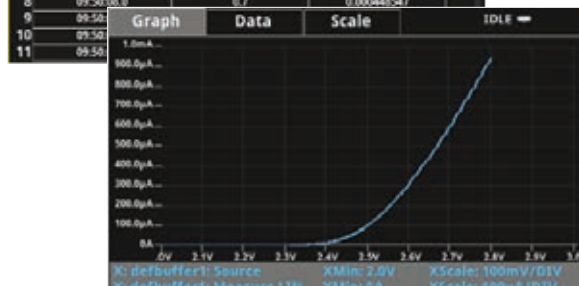
Измерительное ПО Kickstart позволяет и новичку, и опытному специалисту начать измерения в считанные минуты без какого-либо программирования.



Начальная страница меню источника-измерителя содержит подробную информацию о состоянии прибора и позволяет изменять диапазоны, устанавливать выходные значения и выбирать пороги защиты, ускоряя проведение экспериментов.



Функции отображения данных, построения диаграмм и экспорта в электронные таблицы позволяют преобразовать необработанные результаты измерений в структурированную информацию.



Значительно меньший широкополосный шум по сравнению с аналогичными приборами других производителей делает модели 2450/2460 наилучшим выбором для измерения ВАХ новейших электронных устройств.



Официальный дистрибьютор KEITHLEY в Российской Федерации
 «ЭЛИКС»: Москва, 115211, Каширское шоссе, дом 57, корпус 5
 Телефоны: (495) 781-4969 (многоканальный), 344-9765, 344-9766
 Факс: (495) 344-9810 E-mail: eliks-tm@eliks.ru Internet: www.eliks.ru



ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ТОРГОВЛИ (ПОСЛАНИЕ ДИРЕКТОРА МБМВ И ДИРЕКТОРА МБЗМ К ВСЕМИРНОМУ ДНЮ МЕТРОЛОГИИ 2020)

MEASUREMENTS FOR GLOBAL TRADE (MESSAGE FROM THE DIRECTOR OF THE BIPM AND DIRECTOR OF THE BIML TO WORLD METROLOGY DAY 2020)

Мартин Милтон (Martin Milton), Директор МБМВ, Энтони Доннеллан (Anthony Donnellan), Директор МБЗМ

Задумывались ли вы над тем, сколько товаров и услуг продается во всем мире, или подсчитывали ли вы, сколько энергии в виде электричества или газа проходит через границы? Вы можете не знать точные количества и принимаете результаты измерений без доказательств, полагаясь на то, что делают производители, транспортная система и правительства для обеспечения равноправия и безопасности при торговле и транспортировке товаров.

Однако, созданы такие международные системы, обеспечивающие необходимую гарантию и уверенность в точности этих измерений, которые являются надежной основой глобальной торговли.

По данным Всемирной торговой организации (ВТО)¹ в 2018 году мировая

Международное бюро мер и весов (МБМВ, BIPM) — межправительственная организация, задачей которой является обеспечение основы для единой, целостной системы измерений во всем мире, прослеживаемой к Международной Системе единиц (СИ). МБМВ играет ведущую роль в устранении технических барьеров в торговле путем предоставления открытой, прозрачной и всеобъемлющей системы для взаимного признания национальных эталонов и сертификатов о калибровке и измерениях, выдаваемых национальными метрологическими институтами. Эта система дает пользователям надежную количественную информацию о сравнимости национальных метрологических услуг и обеспечивает техническую основу для более широких соглашений, заключенных в области международной торговли, коммерции и законотворческой деятельности.

Совет директоров при Международном бюро мер и весов (МБМВ), который работает через Комитеты с целью продвижения международного единства измерений — Международный комитет мер и весов (МКМВ, CIPM).

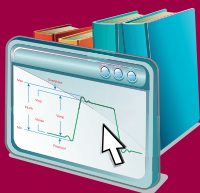
По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info/)



Международное бюро законодательной метрологии (МБЗМ — BIML) является Секретариатом и штаб-квартирой Международной организации по законодательной метрологии (МОЗМ, OIML). Бюро обеспечивает функционирование организации и планирование долгосрочных действий. Задачами Бюро являются:

- организовывать встречи Международной конференции по законодательной метрологии (высшего органа принятия решений МОЗМ) и Комитетов;
- заботиться о реализации решений Конференции и Комитета;
- обеспечивать секретариат Совета при Президенте и соответствующие рабочие группы;
- контролировать и координировать техническую работу МОЗМ;
- публиковать бюллетень МОЗМ, поддерживать веб-сайт;
- поддерживать контакты с международными организациями, проводящими деятельность, связанную с работой Организации;
- готовить и реализовывать бюджет МОЗМ, представить финансовые отчеты Международному комитету законодательной метрологии (МКЗМ, CIML — функциональному органу принятия решений в МОЗМ).

По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info/)




торговля составила рекордную сумму в 19,67 трлн долларов США. Учитывая тот факт, что цены значительной части продукции мировой торговли установлены с использованием узаконенных единиц измерений, становится ясно, что метрология играет огромную — и поистине решающую — роль в глобальной торговле.

Правительствами для защиты производителей и потребителей принимаются технические регламенты и стандарты на национальном и международном уровнях. По оценкам Организации экономического

сотрудничества и развития (ОЭСР) приблизительно в 80% глобальной торговли используются стандарты или технические регламенты. Необходимо иметь надежную систему измерений, чтобы применение стандартов и технических регламентов не создавало бы излишних технических барьеров в торговле (ТБТ), ведущих к дополнительным затратам, не препятствовало бы свободному потоку товаров, не вызывало бы необходимость проведения повторных испытаний. Уверенность в оценке соответствия установленным требованиям сокращает затраты и повышает доверие предпринимателей и потребителей. Это

поддерживается прочной и эффективной всемирной метрологической системой.

Мы все не можем обойтись без поставок товаров либо из ближайшего магазина, либо из страны на другом конце света. Точные измерения гарантируют, что нужные нам товары и услуги будут доставлены своевременно и в сохранности.

Мы, как директора Международного бюро законодательной метрологии (МБЗМ) и Международного бюро мер и весов (МБМВ), активно работаем для повышения важной роли, которую измерения играют в глобальной торговле, чтобы обеспечить справедливость, доверие и защиту интересов как производителя, так и потребителя. 

The theme for World Metrology Day 2020 is Measurements for global trade. And this theme was chosen to create awareness of the important role measurement plays in facilitating fair global trade, ensuring products meet standards and regulations, and satisfying customer quality expectations.

Indeed more widely metrology, the science of measurement, plays a central role in scientific discovery and innovation, industrial manufacturing and international trade, in improving the quality of life and in protecting the global environment.

Read the following message from Martin Milton (Director of the BIPM) and Anthony Donnellan (Director of the BIML) to World Metrology Day 2020 and get to know their opinion about the important role of precise measurements and metrology for global trade affairs.

¹ https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts19_toc_e.htm

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ: ПРИЛОЖЕНИЯ

НЕАДЕКВАТНОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ В МЕТРОЛОГИИ

MATHEMATICAL THEORY OF MEASUREMENT PROBLEMS: APPLICATIONS

INADEQUACY AND RELIABILITY IN METROLOGY

Левин С.Ф. (S. Levin), д.т.н., профессор, зав. кафедрой метрологии и метрологического обеспечения МИЭИ

ПРЕДЫСТОРИЯ ВОПРОСА

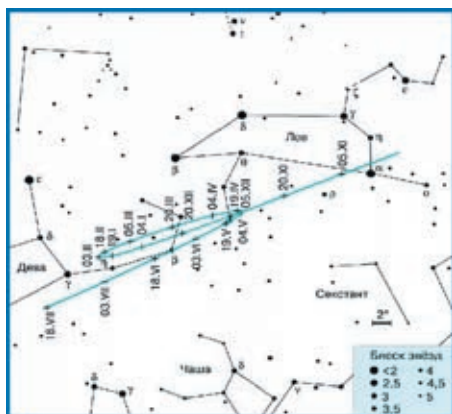
Основой античной метрологии была геометрия. С ней греков познакомил в VII веке до н.э. Фалес Милетский. Он учился в школах Мемфиса и Фив у египетских жрецов, тысячелетиями наблюдавших за движением небесных светил. Фалес основал в Милете философскую школу, был первым греческим астрономом и предсказал полное солнечное затмение 28 мая 585 года до новой эры, остановившее войну между лидийцами и мидянами в Малой Азии.



Система мира Фалеса Милетского

По представлению Фалеса, Ойкумена была плоским кругом под небесным сводом, с летящими по нему светилами.

«Теорией математических моделей» Ойкумены стало основанное в V веке до н.э. учение Пифагора Самосского о числах как мистической сущности вещей, о математических абстракциях, которые таинственно руководят миром, устанавливая в нем порядок.



Петлеобразное движение Марса

В учении Пифагора возникло представление о шарообразности Земли, ставшее основой моделей «системы мира» с учетом особенностей движения доступных наблюдению невооруженным глазом небесных тел — Солнца, Луны, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна и Меркурия: Солнце и Луна двигались по кругу, а остальные светила периодически совершали странное петлеобразное движение.

Объяснение петлеобразному движению планет [лат. planeta < гр. (aster) planētēs блуждающая (звезда)] в системе с Землей в центре мира дал в IV веке до н.э. Аристотель, для этого ему понадобилось более 50 сфер и сфера неподвижных звезд. В то же время Аристарх Самосский, утверждал, что Земля вращается вокруг Солнца, но по взглядам Аристотеля, все тяжелое при падении стремится сверху вниз к центру мира, а движение Земли в пространстве должно было бы вызвать кажущееся смещение звезд. Однако для астрономии того времени это явление было недоступно.



Система мира Аристотеля

Пифагор заметил, что результаты измерений выражают рациональными дробями, а результаты вычислений могут быть получены с любой наперед заданной точностью. Это было первой философской констатацией различий между измерениями и вычислениями.

В IV веке до н.э. Евдокс Книдский разработал аксиоматику геометрии. Обобщил ее для положительных рациональных чисел Евклид Александрийский и дополнил аксио-

мой измеримости в III веке до н.э. Архимед Сиракузский.

Открытие Пифагором несоизмеримых отрезков вызвало в античной математике кризис, появление теории иррациональных величин Таэтета и учения Евдокса о несоизмеримости. Решению проблемы не хватало понятия действительного числа.



Система мира Гиппарха

Во II веке до новой эры Гиппарх заменил систему сфер системой круговых орбит, деферентов и эпициклов, что позволило корректировать эфемериды — таблицы предсказаний положений планет на небесной сфере.



Система мира Н. Коперника

Радикально изменил модель системы мира в XVI веке Н. Коперник, но для согласования с наблюдениями ему пришлось сохранить 34 эпицикла.

О том, что планеты двигаются вокруг Солнца не по круговым орбитам, стало известно лишь в начале XVII века.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ СЕРИИ AWG-41XX

- ✓ Прямой цифровой синтез (DDS)
- ✓ Вертикальное разрешение 14 бит
- ✓ Режимы модуляции: АМ, ЧМ, ФМ, ЧМн, ШИМ
- ✓ Режим свипирования по частоте
- ✓ Режим формирования пачек импульсов
- ✓ Форма вых. сигнала: 5 стандартных и до 45 пользовательских
- ✓ Встроенный частотомер до 200 МГц
- ✓ Входы/выходы внешней синхронизации и тактирования
- ✓ Дисплей: 3,9" ЖК TFT (480x232) поддержка графического отображения формы
- ✓ Интерфейсы USB-device/host; LAN*, RS-232*



Новинка!



	AWG-4112	AWG-4124	AWG-4152	AWG-4164	AWG-4151
Количество каналов	2	2	2	2	1
Частотный диапазон (синус)	1 мГц...10 МГц	1 мГц...25 МГц	1 мГц...50 МГц	1 мГц...60 МГц	1 мГц...150 МГц
Разрешение по частоте	1 мГц				
Амплитуда (50 Ом)	1 мВ _{п-п} ...10 В _{п-п}				10 мВ _{п-п} ...10 В _{п-п} (<10 МГц)
Разрешение по амплитуде	1 мВ _{п-п} или 14 бит				
Формирование сигнала	125 Мвыб/с, 14 бит, 8 К точек		250 Мвыб/с, 14 бит, 1 М точек		400 Мвыб/с, 14 бит, 1 М точек

* только для AWG-4151



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ
НА www.eliks.ru



ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ



www.aktakom.ru www.aktakom.com

ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПО ДОСТУПНОЙ ЦЕНЕ

APS-1721



- 1 канал
- Выходное напряжение до 120 В
- Выходной ток до 1 А
- 4-проводная схема
- Защита от перегрузок
- Режим стабилизации тока и напряжения
- Кнопочное управление током
- Двухстрочный ЖК-дисплей

APS-1306



- 1 канал
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 5 А
- Защита от перегрузки по току
- Режим стабилизации тока и напряжения
- 2 LED дисплея

APS-3310L



Дистанционное управление

- 1 канал
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 10 А
- 4-проводная схема
- Кнопка включения и отключения нагрузки
- Двухстрочный ЖК-дисплей
- Интерфейсы USB и LAN



APS-3030

- 1 канал
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 30 А
- Защита от перегрузки и перегрева
- Двухстрочный ЖК-дисплей

APS-2236



- 2 канала
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 5 А
- Последовательное/параллельное соединение каналов
- Режим стабилизации тока и напряжения
- Защита от короткого замыкания
- Четыре цветных LED дисплея

APS-2231



- 2 канала
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 10 А
- Последовательное/параллельное соединение каналов
- Трекинг-режим
- Кнопка включения и отключения нагрузки
- Режим стабилизации тока и напряжения
- Защита от короткого замыкания
- Четыре 3-разрядных LED дисплея



ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ
НА www.eliks.ru



Узнайте цену

Анализируя исключительные для того времени по точности данные наблюдений Т. Браге, его помощник И. Кеплер обнаружил, что при замене круговых орбит планет эллипсами необходимо в эпициклах отпадает. Законы Кеплера показали совпадение для четырех планет, незначительно отличаясь для Юпитера и Сатурна.

В 1772 году И. Бодде сформулировал закон планетных расстояний на основе правила, установленного ранее И. Тициусом. Если к каждому числу из ряда 0-3-6-12-24-48-96 прибавить по 4, то полученные числа 4-7-10-16-28-52-100 достаточно близко выразят средние расстояния от Солнца до планет, если принять среднее расстояние Земли от Солнца за 10. Не было планеты, соответствующей числу 28. В XIX веке там обнаружили пояс астероидов.

В 1781 году В. Гершель открыл новое светило. А.И. Лексель вычислил его орбиту и доказал, что это — планета. И. Бодде предложил ей название — Уран. По правилу Бодде-Тициуса ему соответствовало число 196 или 1,96 в астрономических единицах. Дальнейшие наблюдения показали, что и для Урана имеют место отклонения, аналогичные отклонениям Юпитера и Сатурна. Это позволило А.И. Лекселю, учитывая закон всемирного тяготения И. Ньютона, предположить наличие за Ураном еще одной планеты. За эту задачу взялись Дж. Адамс и У. Леверье.

Первым решил задачу и указал положение планеты на небе Дж. Адамс, но английские астрономы не позаботились вовремя сделать соответствующие наблюдения. Зато теперь известен метод Адамса численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.

У. Леверье упростил вычисления, приняв за начальное приближение большой полуоси орбиты число 38,8 по правилу Бодде-Тициуса, и 18 сентября 1846 года отправил свои результаты берлинскому астроному И. Галлею. Вечером 23 сентября в 52' от указанного места была обнаружена звезда 8-й величины, которой не было на карте. На следующий вечер звездочка переместилась относительно ближайших звезд, а при сильном увеличении у нее был виден маленький диск. Планету назвали Нептун. Однако большая полуось орбиты Нептуна оказалась равной почти 30 расстояниям от Земли до Солнца, т.е. значительно отличалась от значения по правилу Бодде-Тициуса.

В середине XIX века точность измерений возросла настолько, что был обнаружен годичный параллакс ближайших звезд, и в том же 1846 году У. Леверье обнаружил невязку порядка 38" за столетие в движении перигелия Меркурия.

На этом фоне фантастической кажется точность календаря древних майя, который точнее современного: разность в одни сутки в нем набегает за пять тысяч лет. Для этого, по всей видимости, нужно вести регулярные наблюдения не менее десяти тысяч лет. Правда, археологи оценивают возраст цивилизации майя порядка трех тысяч пятисот лет.



Календарь древних майя

В 1874 году аксиоматику действительных чисел замкнула аксиома непрерывности Дедекинда-Кантора-Вейерштрасса.

Это сформировало определение скалярной величины как алгебраической системы или математической модели измеримых свойств и основы классификации шкал измерений как **отображения** количественного проявления размерных свойств физических объектов.

Скалярная величина — математическая модель, подмножество действительных чисел, соответствующее с определенной полнотой алгебраической системе множества действительных чисел.

Проявляется значением.

Благодаря понятию **отображения** для алгебраических систем как соответствию между элементами множеств, оказалось, что математической моделью вообще может быть:

величина (скалярная) — множество чисел или интервал на действительной числовой оси;

функция — отображение величин (аргументов) на величину (функцию);

функционал — отображение множества функций на числовое множество (величину);

оператор — отображение множества функций на множество функций.

В 1915 году П. Ловелл вычислил орбиту планеты за Нептуном по остающимся неправильностям в движении Урана, а не Нептуна. Со времени первых его наблюдений он не успел закончить одного полного оборота вокруг Солнца, и отклонения от таблиц его движения лишь немного превосходили возможные ошибки наблюдений.

Плутон был открыт в 1930 году, но

его орбита уже сильно отличалась от расчетов.

Так накопленный за две с половиной тысячи лет в астрономии опыт построения математических моделей «мира» сформировал понятие **точности** как совпадение расчетных предсказаний модели с фактическим положением небесного светила, как совпадение **результатов вычислений и измерений**. Расхождение выражалось ошибкой или погрешностью — **числом**.

С появлением теории вероятностей и математической статистики, благодаря работам П. Лапласа, К. Гаусса и А. Лежандра на рубеже XVIII и XIX веков стало формироваться представление о расхождении результатов вычислений и измерений «с точностью до **распределения вероятностей**».

Но до сих пор многие метрологи представляют погрешность как точечную величину.

К середине XIX века простота вычислений разделила модели.

Для линейных моделей основным **распределением** стал «нормальный закон» и его **моменты (моментный подход)**. Для нелинейных моделей в 1834 году К. Якоби получил **композицию** (при единичном якобиане — **свертка**) — **распределение** вероятностей выходной переменной модели как функциональное преобразование **распределений** вероятностей аргументов (**композиционный подход**).

В XX-м веке философская интерпретация **измерений и вычислений** как операций в сферах реального и идеального нашла математическое выражение.

По А. Лебегу «измерение начинается как физический процесс, но завершение его имеет характер метафизический».

Метафизика измерения как отображения выражается **изоморфизмом** — одинаковостью строения множеств, **безразличного к природе элементов**.

В этой связи знаменитые «задачи» А.Н. Колмогорова о 2 чемоданах и 1 арбузе, а также вопросы типа «сколько будет 20 градусов плюс 20 градусов» обратили внимание на **физический смысл математических действий с величинами** при измерениях [1]. И речь идет уже о **гомоморфизме** — отображении, сохраняющем в алгебраических системах заданные операции.

Тем не менее, оказалось, что при измерениях существует и обратная связь. Отображение в сфере идеального может влиять на сферу реального самым катастрофическим образом [2].

Вот только корни этого влияния связаны с проблемой неадекватности отображений.

ПРОБЛЕМА НЕАДЕКВАТНОСТИ

Расхождение предсказаний результатов *вычислений* по моделям результатов измерений свойств физических объектов в различных условиях характеризует степень познаваемости явлений природы, возможности прогноза их динамики и практического использования. Разность измеренных и предсказываемых расчетами значений физических величин называли «ошибками». Однако неизбежность появления «ошибок» привела к их *переименованию* по источникам происхождения в погрешности показаний средств измерений или *погрешности измерений* и в погрешности результатов вычислений по моделям — *погрешности неадекватности*.

Напомним, тематику Всесоюзной дискуссии по проблемам применимости статистических методов уточнил катастрофический феномен 1985–1986 годов как синхронное возникновение потоков массовых отказов наиболее сложных видов техники [3].

По статистике Международной организации гражданской авиации ИКАО 1985 год стал рекордным в истории авиации по аварийности и числу погибших: только в 34 крупных авиакатастрофах погибло 1893 человека. В общей сложности от отказов только двигателей самолетов в 1985 году погибло более 6000 человек.

Для ракетно-космической техники рекордным за четверть века стал 1986 год. Гибель экипажа Challenger, 7 неудачных запусков полезной нагрузки NASA и Пентагона только за первые восемь месяцев этого года вызвали растерянность специалистов аэрокосмической промышленности США. К 1987 году из 37 коммерческих запусков спутников на геостационарные орбиты 11 оказались неудачными, а 9 из них пришлось на 1984–1986 годы. Запуски по программе Space Shuttle были прерваны на 32 месяца, ракет Titan-34D и Atlas-Centaur — на 19, Delta — на 4 и Scout — на 6 месяцев. Потеряв подряд 2 носителя Ariane, на 16 месяцев запуски прервала и Франция.

Крупнейшей ядерной катастрофой после Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 года стал 26 апреля 1986 года Чернобыль. Тогда впервые в СССР сработала радиационная сигнализация, рассчитанная на случай атомной войны, а автор столкнулся с дозиметрами ДП-5В. Градуировка этих дозиметров не была рассчитана на смешанное излучение в Чернобыле. Там их показания давали 200-кратное расхождение, что привело к недооценке опасности.

Подвиг С.А. Преминина (орден Красной звезды посмертно в 1986 г., звание Героя России в 1997 г., золотая

медаль Конгресса США?) и Н.Н. Беликова предотвратил «второй Чернобыль» севернее Бермудских островов при столкновении АПЛ СССР К-219 и АПЛ США «Augusta».

Список «феномена» дополнили тепловой взрыв реактора АПЛ К-431, 12 аварий реакторов и 7 пожаров на АПЛ СССР, 50 пожаров на АПЛ США.

31 августа 1986 года «Адмирал Нахимов», не маневрируя, мог пройти в километре от «Петра Васева», и минимум 423 человека остались бы в живых.

Межведомственная группа специалистов в области контроля надежности и метрологии в ходе проекта «Прогноз-ММК» [4] установила ряд факторов феномена катастроф и их связь с проблемами метрологии:

- необоснованное увеличение периодичности технических осмотров самолётов Boeing и сокращение сроков межполётного обслуживания системы Space Shuttle вопреки требованиям безопасности;

- различие погрешностей средств измерений в реальных и лабораторных условиях;

- расчёты характеристик погрешностей по приближённым формулам без проверки условий их применимости;

- неверное назначение допуска на аварийные параметры сложных объектов и выбор самих аварийных параметров;

- несоответствие достоверности контроля объектов нормам доверительной вероятности, установленным в государственных поверочных схемах;

- ориентировка методов статистической обработки данных измерений на «нормальный» закон с подменой СКО на «СКО среднего арифметического»;

- отсутствие определения погрешности неадекватности.

Проведенный анализ выявил и позволил оценить неизвестный ранее существенный фактор катастроф — *погрешность неадекватности* математических моделей объектов, к надежности которых предъявлялись повышенные требования.

«Погрешность неадекватности» как понятие вошло в условия проверки правильности постановки измерительных задач МИ 2091–90 «ГСИ. Измерения физических величин. Общие требования»: «2.2.1. ... погрешность, обусловленная несоответствием модели объекту измерений, не должна превышать 10% от предела допускаемой погрешности измерений; ... 2.2.2. Если выбранная модель не удовлетворяет требованиям п.2.2.1, то следует перейти к другой модели объекта измерений. Подробнее о выборе измеряемой модели изложено в МИ 1967–89».

В МИ 1967–89 «ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения» эти «подробности» ограничились перечислением факторов, характерных для задач измерений, и примечанием: «Способы определения методической погрешности измерений, обусловленной *неадекватностью* принятой модели объекта измерений, относятся к *наименее развитым областям метрологии*. Это объясняется практическим отсутствием формальных методов установления таких моделей объектов измерений, которые строго адекватны объектам и задачам измерений, поэтому определение данной методической погрешности измерений требует не только высокой квалификации, но также опыта и инженерной интуиции разработчиков МВИ».

Однако к моменту появления МИ 1967–89 решение проблемы этой «наименее развитой области метрологии» уже было получено на основе обобщения критерия Колмогорова и схемы перекрестного наблюдения погрешности неадекватности, а первым практическим использованием этого решения стали РМ-89 «ГСИ. Методика назначения сроков очередной аттестации и поверки средств измерений высшей точности в приборостроении. М.: ВНИИМИСП, 1989».

Ситуация «на уровне перечислений понятий» без конкретных указаний на методы идентификации неадекватности математических моделей характерна ГОСТ Р 22.2.04-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила», ГОСТ Р 8.563–96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» и его очередной редакции ГОСТ Р 8.563–2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений».

После катастрофического феномена 1985–1986 годов в результате «перестройки» были отменены 24 государственных стандарта по статистическим методам из 31, а стандарты по прикладной статистике просто аннулированы.

Но свято место пусто не бывает, и синхронное появление переводов на русский язык руководства Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), стандартов ISO 3534.1-93 «Statistical methods. Probability and general statistical terms. Terms and definitions» [ГОСТ Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»] и ISO 5725:1994 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results [ГОСТ Р ИСО 5725–2002

«Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений»] некоторые отечественные теоретики метрологии восприняли как новый этап развития науки.

ГОСТ Р 50779.10–2000 отличился **отсутствием** важных с точки зрения проблем неадекватности и достоверности терминов теории вероятностей.

Композиция — распределение вероятностей функции, аргументы которой описываются распределениями вероятностей.

Определяется совместным распределением аргументов и якобианом их функционального преобразования. При единичном якобиане композиция вырождается в свёртку.

Свёртка — композиция для линейной функции аргументов.

Смесь распределений — нормированная сумма распределений вероятностей.

Вероятность согласия — вероятность эквивалентности распределений стохастических величин.

Равна площади пересечения плотностей распределений вероятностей, в простейшем случае — единица минус расстояние Колмогорова или максимум модуля разности их функций распределения.

Что же касается GUM и ISO 5725, то в вопросах оценивания точности они основаны на гипотезе о «нормальном законе» и *методе моментов* К. Пирсона, причем согласно центральной предельной теореме, без проверки условий ее применимости, данным повторных измерений приписаны оценки моментов этого распределения: среднее арифметическое, СКО и СКО среднего. Хотя в вопросе об СКО имеются расхождения.

Моментный подход к оцениванию точности измерений был представлен еще ГОСТ 8.207–76, а позже — ГОСТ Р 8.736–2011, авторы которого, соглашаясь с заимствованием положений ISO 5725, связь с GUM отрицали. Но формулы-то те же.

Там же, и снова без пояснений, появился термин *композиция*.

В явном виде слово *композиция*, если не считать намека на нелинейные модели, в GUM не встречается. Упомянута *свёртка*, но ее использование тоже не считается целесообразным.

Зато в GUM есть *дефиниция* [5, п.3.1.3], *неадекватность* [5, п.4.1.2] и *inadequacy* в оригинале. Подробно о *неадекватности* как о «неполноте модели» указано в [5, п.D.1.1; 6].

«Первым шагом при проведении измерения является определение измеряемой величины, т.е. той величины, которую предстоит измерить. При этом измеряемая величина не может быть определена через неко-

торое значение, а только через свое *описание*. Однако, в принципе, *полное описание* измеряемой величины требует неограниченного количества информации. Неполнота описания измеряемой величины оставляет пространство для того или иного истолкования и, таким образом, вносит в неопределенность результата измерения составляющую, которая может быть, а может и не быть *значимой* по сравнению с точностью, требуемой от измерения». При этом «На любом уровне детализации определения измеряемой величины последняя будет иметь такую *«врожденную» неопределенность*, которую, в принципе, можно оценить тем или иным способом. Эта неопределенность характеризует предельную точность, с которой может быть известна измеряемая величина, и каждое измерение, при котором достигается такая неопределенность, можно рассматривать как наилучшее возможное измерение данной величины. Для получения результата измерения с меньшей неопределенностью необходимо будет определить измеряемую величину с большей полнотой» [5, п.D.3.4].

«Поскольку математическая модель может быть неполной, для оценивания неопределенности на основе данных наблюдений следует обеспечить диапазоны вариативности влияющих величин, соответствующие тем, что имеют место в практических условиях измерений. Для получения *достоверных* оценок неопределенности рекомендуется по возможности использовать эмпирические математические модели, основанные на долговременных измерениях количественных величин, а также эталоны сравнения и контрольные карты, позволяющие судить, находится ли измерение под *статистическим контролем*. Если данные наблюдений, включая результаты статистически независимых измерений одной и той же измеряемой величины, свидетельствуют о неполноте модели, то модель должна быть пересмотрена. Использование хорошо спланированных экспериментов позволяет существенно повысить *достоверность* оценок неопределенности, поэтому планирование эксперимента следует рассматривать как важную часть в технике проведения измерений» [5, п.3.4.2].

Но, теория планирования эксперимента, адекватность или неадекватность, рассматривает по статистическим критериям при заданном уровне значимости.

В примечании к [5, п.D.3.4] указано, что «Хотя измеряемая величина должна быть определена достаточно подробно, чтобы любая неопределенность, обусловленная неполнотой ее

определения, была пренебрежимо малой по сравнению с требуемой точностью измерения, следует признать, что это не всегда будет практически (реализуется на практике — правка ГОСТ Р 54500.3)».

«Признание» означает, что проблема меры неадекватности в GUM не решена и что применение GUM ограничено случаями, когда «врожденной» неопределенностью можно пренебречь. Только вот когда?

НЕАДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛИ

В 2004 году на семинаре во ВНИИМ имени Д.И. Менделеева зарубежные метрологи М. Кокс, В. Вёгер, П. Харрис и Б. Зиберт познакомились с идентификацией погрешностей неадекватности математических моделей [6]. А в 2007 году в словаре [7], затем в РМГ 29–2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения», появился термин:

«2.27 **Дефинициальная неопределенность** — составляющая неопределенности измерений, являющаяся результатом ограниченной детализации в определении измеряемой величины.

Примечания: 1. Дефинициальная неопределенность есть практический минимум неопределенности измерений при любом измерении данной величины. 2. Любое изменение детализации в определении величины ведет к другой дефинициальной неопределенности».

Здесь *детализация* ассоциируется с *кодом структуры модели* Р 50.2.004–2000 «ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами. Основные положения» при выборе вариантов структуры искомой модели по критерию минимума погрешности неадекватности в классе, определяемом моделью максимальной сложности.

Так проблема *дефинициальной неопределенности* стала центральной для GUM при фактическом отказе от ее решения.

Проблемы неадекватности и проверки статистических гипотез при сути всем методикам, в которых за результат измерения принято среднее арифметическое результатов повторных измерений или вычислений, а не распределение возможных значений искомой в задаче величины. И пока можно говорить о косвенных признаках осознания этого факта и его отражения в международных документах, так как проблема достоверности в метрологии напрямую связана с проблемой *дефинициальной неопределенности*.

По идее GUM, *дефинициальная неопределенность* — стандартное отклонение или СКО. И хотя принцип ее идентификации не указан, опре-

деляющим в постановке измерительной задачи согласно Р 50.2.004–2000 является указание цели в терминах характеристик модели объекта измерений и формы представления результата согласно Приложению Д МИ 1317–2004 «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров».

Задача идентификации *дефинициальной неопределенности* в примере калибровки «по GUM» термометра [5, Н.3] решена для функции преобразования и градуировочной характеристики термометра [9], линейным регрессионным анализом [8], а также на основе «СКО композиции» в рамках композиционного подхода [10].

Дефинициальная неопределенность как «СКО композиции» оказалась величиной одного порядка с суммарной стандартной неопределенностью u_c , оцененной в примере «калибровки по GUM» [5, Н.3], и, в зависимости от принятой гипотезы о виде распределения вероятностей случайной составляющей функции поправок, колеблющейся в пределах от 74% до 154% u_c . При этом оценивались обе составляющие неадекватности: параметрическая — за счет гипотезы о структуре калибровочной кривой, непараметрическая — за счет гипотезы о виде распределения вероятностей для диаграммы калибровки. Эти же составляющие неадекватности оценивают и при расчетах достоверности результатов поверки и калибровки [11, 12].

В отношении же достоверности известно: вероятность охвата, уровень доверия и доверительная вероятность — не одно и то же. Проблема оказалась и в том, что сам способ оценивания «*врожденной*» *неопределенности* конкретно указан не был, не говоря уже о принципе. А полагать неопределенность, обусловленную неполнотой определения величины пренебрежимо малой по

сравнению с требуемой точностью измерения — «предложение» рискованное, но от него калибровочные лаборатории отказаться не могут по причине известного «Руководства» по оформлению областей аккредитации с учетом неопределенности от 19 апреля 2017 года [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метрология — это фундаментальная наука о методах и средствах отображения свойств физических объектов математическими моделями. И, как показала предыстория, проблема неадекватности всегда была центральной для метрологии.

В GUM проблема дефинициальной неопределенности не решена, хотя и подведена к статистическому контролю «уравнения измерений», который равносителен метрологической аттестации, которая в GUM не предусмотрена.

Для испытательных и калибровочных лабораторий это обстоятельство препятствует выполнению требований ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» по оценке риска *ложного принятия* и *ложного отклонения* решений о соответствии, а также *статистических предположений*, не говоря уже о главной цели Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач: приложения. Метрология: понятия и термины, фразеологизмы и катахрезы // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2017. № 1, с. 35–38; № 2, с. 35–38.
2. Левин С.Ф. Катастрофический феномен «1985–1986»: расчеты точности // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2013. № 3, с. 31–35.
3. Левин С.Ф. Погрешности измерений и вычислений как причина «ка-

тастрофического феномена 1985–1986 годов» в авиационной и ракетно-космической технике // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2000. № 3. С. 21–24.

4. Левин С.Ф. Метод максимума компактности и комплексные измерительные задачи // Измерительная техника. 1995. № 7. С. 15–21.
5. Руководство по выражению неопределенности измерения. Пер. с англ. Научный редактор проф. Слаев В.А. СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999.
6. Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач: Приложения. Можно ли применять «Руководство по выражению неопределенности измерения» в задачах обеспечения единства измерений? // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2012. № 2. С. 28–37.
7. JCGM 200. International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms. VIM. 3rd ed. 2007.
8. Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач: Приложения. Калибровка средства измерений — Три решения одной измерительной задачи // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2018. № 1. С. 35–38.
9. Левин С.Ф. Метрология. Математическая статистика. Легенды и мифы XX-го века: Легенда о неопределенности // Партнеры и конкуренты. 2001. № 1. С. 13–25.
10. Левин С.Ф. Дефинициальная неопределенность и погрешность неадекватности // Измерительная техника. 2019. № 11. С. 7–17.
11. Левин С.Ф. Еще раз о «достоверности» в метрологии // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2019. № 5. С. 30–34.
12. Левин С.Ф. Измерительная задача проверки соответствия средств измерений установленным требованиям // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2016. № 6. С. 27–33.
13. Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач: Приложения. Новое руководство OIML G 19: Роль неопределенности измерений в решениях об оценке соответствия // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2019. № 4. С. 34–38. ✉

Методы решения измерительных задач согласно Р 50.2.004–2000:

Метод прямого измерения — Метод решения измерительной задачи одним из методов измерений (нулевого, замещения) без использования вычислений и введения поправок по данным вспомогательных измерений.

Метод многократных измерений — Метод решения измерительной задачи на основе многократных измерений одной и той же величины в неизменных условиях путем статистической обработки полученного ряда значений для нахождения характеристик ее вероятностной модели.

Метод косвенного измерения — Метод решения измерительной задачи на основе измерений физических величин, функционально связанных с искомой величиной в явном виде, путем вычислений по уравнению связи.

Метод может применяться в сочетании с методом многократных измерений.

Метод совокупных измерений — Метод решения измерительной задачи на основе измерений физических величин, функционально связанных с искомыми величинами в неявном виде путем решения системы уравнений связи.

Метод совместных измерений — Метод решения измерительной задачи путем одновременных измерений всех физических величин, входящих в математическую модель объекта измерений данной структуры при различных сочетаниях их значений в диапазонах изменения, на основе решения системы уравнений связи между ними относительно параметров.

Metrology is a fundamental science about the methods and means to reflect the physical objects nature with the help of mathematical models. And for metrology the problem of inadequacy has always been the central one. The present article by Professor S. Levin keeps very interesting centuries-old history facts that will help you to better understand this problem.

Новые комбинированные цифровые осциллографы



Генераторы сигналов



Источники питания



Анализаторы спектра



Система коммутации и сбора данных

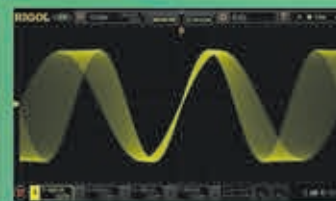


Цифровые мультиметры



Генераторы СВЧ-сигналов

- До семи приборов в одном корпусе
- Полоса пропускания до 2 ГГц
- Количество аналоговых каналов 2 или 4
- Количество цифровых каналов – 16 (для моделей с индексом MSO)
- Процессор собственного производства Phoenix
- Уникальная технология UltraVision 2
 - дискретизация до 10 Гвыб/с в реальном времени
 - большая глубина записи (до 500 М точек)
 - высокая скорость захвата осциллограмм (до 600000 осц/с)
 - регистрация сигналов в реальном времени с возможностью анализа записанных сигналов
- Расширенная система синхронизации, включая запуск по сигналам последовательных шин и зональный триггер
- Функция восстановления тактовой частоты и измерение джиттера (для MSO8000)



	MSO5000	DS/MSO7000	MSO8000
Полоса	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 350 МГц + апгрейд	100 МГц, 200 МГц, 350 МГц, 500 МГц + апгрейд	600 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц + апгрейд
Аналоговые каналы	2 или 4 + апгрейд с 2 до 4	4	4
Цифровые каналы	16 (опция)	16 (MSO7000)	16 (опция)
Встроенный генератор сигналов	2 канала (опция)	2 канала (опция для MSO)	2 канала
Макс. дискретизация	8 Гвыб/с	10 Гвыб/с	10 Гвыб/с
Скорость захвата	500000 осц/с	600000 осц/с	600000 осц/с
Память (макс.)	100 М / 200 М (опция)	100 М / 250 М, 500 М (опции)	500 М
Анализ последовательных шин	I ² C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I ² S, MIL — опции	I ² C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I ² S, MIL — опции	I ² C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I ² S, MIL — опции
Дисплей	9" сенсорный 1024x600	10,1" сенсорный 1024x600	10,1" сенсорный 1024x600



«ИРИТ»: Москва, 115211,
Каширское шоссе, дом 57, корпус 5
Телефон/факс: (495) 344-97-65,
Телефон: (495) 781-79-97
E-mail: irit@irit.ru

Ознакомьтесь с
«Руководством пользователя»
и скачайте каталог продукции
Rigol на сайте www.irit.ru





R&S® Scope Rider

3 года
гарантия

RTH $\frac{1002}{1004}$ PLUS

СПЕЦИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ

Оптимальный состав комплектов

- Портативный осциллограф RTH1002 или RTH1004
- Опция полосы пропускания 200 МГц – RTH-B222 / RTH-B242
- Опция беспроводных WLAN сетей – RTH-K200
- Опция дистанционного управления через web-интерфейс – RTH-K201
- Жесткий пластиковый кейс для переноски – RTH-Z4

До 8 приборов в одном
компактном корпусе

Беспроводное и проводное
удалённое управление

Превосходные характеристики

- 2 или 4 изолированных канала
- Полоса пропускания 200 мГц (опционально до 350 или 500 МГц)
- Частота дискретизации до 5 млрд отсчетов/с
- Глубина памяти до 500 тыс. отчетов
- Разрешение АЦП 10 бит
- Встроенный мультиметр / вольтметр
- Высокая скорость захвата осциллограмм

Интуитивно-понятное
управление
(сенсорное и кнопочное)

по уникальной цене

 ГОСРЕЕСТР
6 3 9 5 7 - 1 6

2 КАНАЛА
RTH1002PLUS
КОМПЛЕКТ

~~547 596 руб.~~
355 890 руб.

4 КАНАЛА
RTH1004PLUS
КОМПЛЕКТ

~~620 760 руб.~~
437 586 руб.

Оформите заказ на www.eliks.ru



ЗАО «НПП ЭЛИКС» - официальный дистрибьютор компании Rohde & Schwarz
Россия, 115211, Москва, Каширское шоссе, д. 57, корп. 5. Телефон (495) 781-49-69
www.eliks.ru; E-mail: eliks-tm@eliks.ru

