

# КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

## Test & Measuring Instruments and Systems

октябрь 2020

### ИЗМЕРИТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ



AMM-2083

AMM-2099

20 лет с Вами  
ваш АКТАКОМ!

- Измерение сопротивления до 100 ТОм
- Измерение тока утечки от 0,1 нА
- Встроенный компаратор





# 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](http://www.keysight.com/find/poverka)

 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

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 25<sup>th</sup> November 1996.

Подписные индексы по каталогу  
Агентства «Урал-Пресс» — 80113, 81945.

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  
«КИПС» обязательна.

Отпечатано в типографии  
ООО «Пионер».

© «КИПС», 2020 Цена свободная

## Уважаемые читатели!

Все мы уже устали от коронавируса. Мы все хотим вернуться в нашу «обычную» жизнь, когда дети ходят в школу, родители — в офисы, молодежь тусуется и путешествует, а старшее поколение смело посещает поликлиники и ездит на общественном транспорте... Остается надеяться, что в скором времени появится лекарство, облегчающее течение болезни или вакцина, и смертельный вирус станет не страшнее сезонного гриппа.

А пока, реальность такова, что благодаря пандемии, практически каждый человек в мире познакомился с бесконтактными измерениями, на примере инфракрасного термометра. Ассортимент измерительных приборов АКТАКОМ™ предлагает большой выбор подобных устройств. В обзоре «Дистанционное управление и измерения в приборах АКТАКОМ» рассказывается о технологиях удаленного контроля устройств и беспроводной передачи данных.

В статье «Больше товаров — хороших и разных!», на примере трех современных мультиметров АКТАКОМ, рассказывается о приборах бюджетного и среднего ценового диапазона. Возможность выбора среди приборов, принадлежащих к одному классу, но оснащенных различными дополнительными функциями, позволяет подобрать именно ту модель, которая поможет быстро и эффективно решить возникшие проблемы и задачи.

Лучшей отправной точкой для выяснения исходной причины появления битовых ошибок является анализ джиттера, но в некоторых случаях добраться до первопричины может помочь анализ сигналов схемы питания. Статья Ли Моргана (Компания Tektronix) «Выявление взаимосвязи между джиттером и шумом схемы питания» поможет Вам разобраться в битовых ошибках, рассмотрев эти два явления как во временной, так и в частотной областях.

Международная выставка electronica проводится один раз в два года в Мюнхене (Германия). Организатор выставки electronica, Messe Munchen, впервые готовится принять гостей с 10 по 13 ноября 2020 г. в виртуальных залах electronica virtual. Как это будет — узнайте из статьи «Необычный год — необычные решения... Или как пройдет выставка electronica».

Опыт решения измерительных задач установления межповерочных интервалов (МПИ) средств измерений показал, что можно выделить несколько основных факторов, влияющих на точность получаемых результатов и уровень доверия к ним. Профессор Левин С.Ф. в своей статье «Математическая теория измерительных задач: приложения. Определение и корректировка межповерочных интервалов средств измерений» рассказывает о каждом из них, акцентируя внимание на демонстрации результатов применения основных методических положений композиционного подхода в задаче определения МПИ СИ.

Еще больше информации вы найдете на сайте [www.kipis.ru](http://www.kipis.ru).

С уважением, Главный редактор Александр Афонский



## Dear readers!

We are all tired already of coronavirus. We all would like to return to our «normal» life when children go to school, parents go to offices, young people hang out and travel, and older generation visit clinics and travel by public transport without any problems and fear... We only can hope that soon there will be treatment that may ease the disease or vaccine and the deadly virus will be not worse than the seasonal flu.

Meanwhile due to the pandemia almost everyone in the world has got to know what contactless measurement is using non-contact infrared thermometer. Review «Remote control and measurements in AKTAKOM instruments» informs about the remote control and wireless data transmission technologies which are used in test and measuring equipment under AKTAKOM trademark.

Article «More goods — good and various!» using the example of three AKTAKOM multimeters informs about the devices of budget and medium price range. The ability to choose a device of some certain class but with various additional functions will allow you to sort out exactly the right model to solve the problems and tasks quickly and efficiently.

To get to the root cause of bit errors jitter analysis is the best starting point but in some cases power rail analysis can help get to the true root cause. Article by Lee Morgan (Tektronix) «Finding relationships between power rail noise and jitter» will help you to better understand bit errors considering these two phenomena in both the time and frequency domains.

International «electronica» exhibition is held once per two years in Munich (Germany). Organizer of this exhibition, Messe Munchen, is getting ready to welcome guests on November 10-13, 2020 on electronica virtual for the first time. Learn how it's going to be from article «Unusual year — unusual solutions... Or how electronica exhibition will be held».

The experience of calibration intervals determination shows that there are several factors that may affect the results. In article «Mathematical theory of measurement problems: Applications. Determination and adjustment of calibration intervals for means of measurement» professor S. Levin provides the detailed information concerning these factors, and demonstrates the results of the main methodological aspects of the compositional approach to determine the calibration intervals.

More information can be found on [www.kipis.ru](http://www.kipis.ru).

Best regards, Alexander Afonskiy, Editor-in-Chief

## Содержание

## Contents

Новости от Keysight Technologies, Rigol Technologies, Rohde & Schwarz, Tektronix и др.	<b>4</b>	News from Keysight Technologies, Rigol Technologies, Rohde & Schwarz, Tektronix and others
Больше товаров — хороших и разных!	<b>9</b>	More goods — good and various!
Дистанционное управление и измерения в приборах АКТАКОМ	<b>15</b>	Remote control and measurements in AKTAKOM instruments
Выявление взаимосвязи между джиттером и шумом схемы питания <b>Ли Морган</b>	<b>22</b>	Finding relationships between power rail noise and jitter <b>Lee Morgan</b>
Возможности расширенного анализа сигналов с применением современных цифровых осциллографов <b>Лемешко Н.В., Горелкин М.В., Струнин П.А.</b>	<b>26</b>	Expanded signal analysis capabilities using modern digital oscilloscopes <b>N. Lemeschko, M. Gorelkin, P. Strunin</b>
Необычный год — необычные решения... Или как пройдет выставка electronica <b>Александр Афонский, Татьяна Афонская, Мария Боровская</b>	<b>31</b>	Unusual year — unusual solutions... Or how electronica exhibition will be held <b>Alexander Afonskiy, Tatiana Afonskaya, Maria Borovskaya</b>
Математическая теория измерительных задач: приложения. Определение и корректировка межповерочных интервалов средств измерений <b>Левин С.Ф.</b>	<b>35</b>	Mathematical theory of measurement problems: applications. Determination and adjustment of calibration intervals for means of measurement <b>S. Levin</b>

### На первой странице обложки:

Измерители сопротивления изоляции АКТАКОМ обладают широким диапазоном и высокой точностью измерений, необходимыми как в производственных линиях, так и в научно-исследовательских лабораториях.

### On the first page of the cover:

AKTAKOM insulation testers have a wide range and high measurement accuracy required both in production lines and in research laboratories.



## НОВЫЙ БЮДЖЕТНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Компания **Rigol Technologies** сообщила о выпуске новинки — бюджетного двухканального осциллографа *DS1202Z-E* с полосой пропускания 200 МГц и максимальной частотой дискретизации 1 Гвыб/с.

В новом цифровом осциллографе Rigol DS1202Z-E применяется инновационная технология UltraVision, которая позволяет добиться высокой скорости захвата осциллограмм и большой глубины записи, а также обеспечивает удобную навигацию по захваченному сигналу.



Осциллограф DS1202Z-E может применяться для разработки и анализа встраиваемых систем за счет предусмотренной возможности синхронизации и декодирования сигналов последовательных шин.

Не смотря на невысокую цену, осциллограф Rigol DS1202Z-E предлагает инженерам внушительный перечень функций: большое количество автоматических измерений параметров сигнала, множество математических операций, включая БПФ, а также расширенный набор видов синхронизации.

[www.irit.ru](http://www.irit.ru)

## НОВАЯ СЕРИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ СМЕШАННЫХ СИГНАЛОВ

Компания **Tektronix, Inc.** объявила о выпуске осциллографов смешанных сигналов *MSO серии 6В* с полосой пропускания до 10 ГГц и частотой дискретизации до 50 Гвыб./с, расширяющих линейку осциллографов общего назначения Tektronix. Предназначенные для исследования устройств высокоскоростной передачи и обработки данных во встраиваемых системах, усовершенствованные осциллографы смешанных сигналов серии 6В предлагают исключительную точность представления сигнала, 12-разрядный АЦП, чрезвычайно низкий уровень шума, полосу пропускания 10 ГГц и до 8 входов FlexChannel™, позволяя пользователям уверенно анализировать и отлаживать современные встраиваемые системы, наслаждаясь при этом исключительной простотой использования. Наряду с приборами серии 6В, компания Tektronix также расширяет линейку TriMode™ но-

вым пробником TDP7710, возможности которого соответствуют характеристикам новых осциллографов.

«Компания Tektronix специализируется на предоставлении высокопроизводительного контрольно-измерительного оборудования, которое удовлетворяет растущие потребности отрасли в точном балансе быстродействия и точности, — отмечает Крис Витт (Chris Witt), вице-президент и генеральный менеджер компании Tektronix. — Встраиваемые устройства становятся более сложными за счёт роста числа датчиков, которые генерируют всё больший объем данных. Наш прибор отвечает новым требованиям, представляемым к тестированию этих систем с целью усовершенствования технологий обработки видео, управления движением и трехмерного сканирования».

Новая серия цифровых осциллографов смешанных сигналов 6В превзошла все ожидания, позволяя ведущим производителям выводить на промышленный, медицинский, потребительский и компьютерный рынки передовые высокопроизводительные продукты. Этот тщательно спроектированный прибор предназначен для отладки высокоскоростных встраиваемых устройств с целью увеличения скорости передачи по последовательной шине. Цифровые осциллографы смешанных сигналов серии 6В также весьма эффективны при исследовании полупроводников и качества электропитания; они могут использоваться в научных учреждениях, на предприятиях аэрокосмической и оборонной промышленности и т. д.



## Tektronix

Осциллографы смешанных сигналов серии 6В предлагают превосходное сочетание полосы пропускания, частоты дискретизации, разрешения по вертикали, низкого уровня шума и высокого эффективного числа разрядов, обеспечивая полную уверенность в результатах измерений. Благодаря возможности увеличения полосы пропускания до 10 ГГц и частоте дискретизации до 50 Гвыб./с обеспечивается достоверное представление сигнала высокопроизводительных устройств. Этот прибор гарантирует лучшее в отрасли качество сигнала, внося менее 51,1 мкВ шума при чувствительности

1 мВ/дел. и полосе пропускания 1 ГГц, и менее 1,39 мВ шума при чувствительности 50 мВ/дел. и полосе 10 ГГц. Приборы серии 6В — первые в отрасли осциллографы с полосой пропускания более 2 ГГц, предлагающие 4, 6 или 8 входных каналов. Каждый вход FlexChannel™ может быть преобразован в 8 цифровых каналов с помощью логического пробника TLP058 для более наглядного отображения сигналов.

Осциллографы смешанных сигналов серии 6В предусматривают ряд опций для упрощения декодирования протоколов, тестирования на соответствие стандартам последовательных шин, анализа джиттера и источников питания. Встроенные цифровые понижающие преобразователи частоты на выходе каждого канала позволяют выполнять многоканальный анализ спектра. Спектрограммы синхронизированы по времени с осциллограммами для обеспечения корреляции между событиями в частотной и временной областях.

Осциллографы смешанных сигналов серии 6В снабжены самым большим в отрасли чувствительным сенсорным 15,6-дюймовым HD-дисплеем с функциями масштабирования и перемещения осциллограмм, управления одним касанием и перетаскивания мышью с использованием объектно-ориентированного интерфейса пользователя. Особенностью этой серии является первая в мире модель с полосой пропускания 10 ГГц, которая способна переключаться между Windows 10 и закрытыми операционными системами без ухудшения производительности и простоты использования. Осциллографы серии 6В имеют съёмный твердотельный накопитель, который, наряду с дополнительными лицензиями на обеспечение безопасности, позволяет использовать прибор на режимных объектах, сводя к минимуму угрозы кибератак. Интерфейс TekVPI™, известный своей универсальностью и простотой в использовании, обеспечивает простое подключение широкой гаммы пробников, что упрощает настройку и сокращает количество ошибок, обеспечивая удобство применения. Новый TriMode серии TDP7710 представляет собой отличный пример пробника с полосой пропускания 10 ГГц и возможностью переключения из дифференциального в синфазный режим без необходимости переподключения.

[www.tek.com](http://www.tek.com)

## НОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Компания **Keysight Technologies** представила новый оптоэлектронный преобразователь *N7005A*, предназначенный для совместного использования с высокоэффективными осциллографами



ми реального времени Infiniium серии UXR. Это решение, основанное на новых методиках тестирования для разработчиков, обеспечивает одновременный анализ и отладку до 4 каналов в режиме реального времени.



**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

По мере роста популярности приложений для Интернета вещей, потокового воспроизведения видео в высоком разрешении, облачных сервисов и сетей 5G, стабильно увеличивается потребность в средствах высокоскоростной передачи данных и более эффективных решениях для тестирования оптических устройств. Технология 400G с использованием четырехуровневой импульсно-амплитудной модуляции (PAM4) более сложна по сравнению с технологией 100G, основанной на модуляции «без возврата к нулю» (NRZ). Поэтому тестирование систем 400G требует существенных затрат времени на проверку, оптимизацию и устранение неполадок.

Разработанные Keysight инструменты для измерения оптического сигнала с помощью осциллографа в режиме реального времени предоставляют уникальные возможности тестирования и отладки оптических устройств, особенно на этапе научно-исследовательских и проектных работ.

Оптоэлектронный преобразователь N7005A обеспечивает эффективное оптическое измерение (O/E) сигналов с полосой до 60 ГГц при совместном использовании с осциллографом Infiniium UXR от компании Keysight. Примене-

ние нового устройства позволит разработчикам упростить и ускорить отладку систем на всех этапах процесса. Кроме того, N7005A предоставляет инженеру возможность проводить оптические измерения с модуляцией PAM4 и использовать инструменты глубокого анализа (например, измерение параметра TDECQ (закрытие глазковой диаграммы передатчика и дисперсии для четырехуровневых сигналов) с помощью новой функции FlexRT, доступной в программном пакете FlexDCA для стробоскопических осциллографов).

Оптоэлектронные преобразователи N7005A от Keysight обеспечивают низкий уровень шума в ходе оптических измерений с модуляцией PAM4 при скорости передачи данных до 56 Гбод. Полный набор функций отладки позволит инженерам-разработчикам эффективно устранять неисправности в работе оптических устройств. Измеренные частотные характеристики применяются для оптимизации работы корректирующего фильтра во всех преобразователях N7005A. Эти данные необходимы для выравнивания кривой частотных характеристик с целью повышения точности измерений.

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## НОВОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ДОСТОВЕРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПИМ ПО ОПТОВОЛОКНУ И АНАЛИЗА РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА НА ОСНОВЕ I/Q-ДАННЫХ

Компания Anritsu представляет новый многопортовый анализатор для базовых станций с интерфейсом CPRI IQ Fiber Master™ MT2780A. Это первый прибор, способный измерять уровень пассивных интермодуляционных искажений (ПИМ) по оптическому волокну и анализировать радиочастотный спектр на основе I/Q-данных.

Новый Анализатор MT2780A сокращает расходы и время на проведе-

ние испытаний и является единственным инструментом для выявления радиопомех и устранения ПИМ в инфраструктуре fronthaul LTE-систем с интерфейсом CPRI для инженеров и технических специалистов, а также независимых подрядчиков.

Анализатор IQ Fiber Master использует преимущества запатентованных технологий «PIM over CPRI» и «RF over CPRI», которые позволяют проводить испытания с земли без необходимости подниматься на вышку базовой станции. Используя I/Q-данные интерфейса CPRI, пользователь может анализировать радиочастотный спектр в восходящем канале, чтобы устранить источник радиопомех. Анализатор IQ Fiber Master выполняет измерения сигналов с четырех SFP-входов посредством технологии «PIM over CPRI», что позволяет одновременно сравнивать несколько частотных диапазонов и секторов.



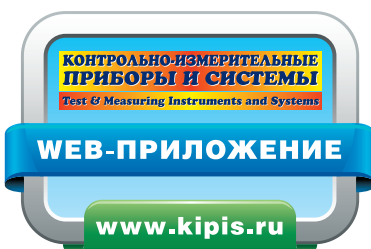
**Anritsu**

Измерения выполняются для фактического трафика базовой станции. Этот уникальный метод не только дает возможность проводить испытания на реальных данных, получая максимально достоверные результаты, но и позволяет не выводить БС из работы на это время. Все измерения основываются на немодулированных I/Q-данных. При этом анализатор IQ Fiber Master может выполнять измерения на любой частоте (либо комбинации частот) вынесенных радиомодулей, что обеспечивает чрезвычайную доступность такого решения.

Результаты анализа спектра IQ Fiber Master позволяют провести полноценную диагностику ПИМ в системе сотовой связи. В нем будут содержаться сведения о факте наличия ПИМ в системе, ее природе (внутренняя или внешняя), а также о расстоянии до ее источника. Кроме того, с помощью уникальной запатентованной «тепловой карты» распространения ПИМ можно быстро просмотреть те передатчики, которые вносят максимальный вклад в ПИМ. Комплексная диагностика позволяет сократить время, требуемое на поиск ПИМ. При этом инженеры и технические специалисты гораздо

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Для удобства наших читателей, дополнительная информация к каждому номеру представлена на сайте [www.kipis.ru](http://www.kipis.ru) в специальном разделе «WEB-приложение», доступном ТОЛЬКО для подписчиков!



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

быстрее получают информацию о возможной причине возникновения помех и ее местоположении.

Для непрерывного мониторинга анализатор IQ Fiber Master можно установить на базовой станции, чтобы проводить долгосрочные измерения по технологии «PIM over CPRI» и получать аналитическую информацию. При использовании такой конфигурации можно оценивать величину нежелательных явлений, связанных с ПИМ, например нерегулярные ПИМ по определенным дням и в определенное время суток, а также изменения ПИМ в зависимости от нагрузки на базовую станцию в течение суток. Сохраненные результаты измерений могут использоваться для сравнительного анализа.

Анализатор IQ Fiber Master MT2780A также может использоваться операторами связи и без привязки к диапазону — при первичном определении источника возможных помех и его местоположения. Таким образом можно определить наиболее эффективный подход к решению проблемы.

[www.anritsu.com](http://www.anritsu.com)

## НОВЫЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ НАБОРЫ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ

Компания **Rohde & Schwarz** дополнила линейку ручных прецизионных калибровочных комплектов собственного производства ZN-Z2xx наборами в коаксиальных трактах 2,4 мм и 1,85 мм, до 50 и 67 ГГц, ZN-Z224 и ZN-Z218.



**ROHDE & SCHWARZ**

Точная механика, лазерная гравировка, индивидуальные data-based характеристические данные к каждому набору (с возможностью получить и полиномиальные для ВАЦ, не поддерживающих data-based) — не полный перечень показателей качества этих изделий. Наборы с данными о погрешностях могут быть использованы для отображения точности измерений в реальном времени на ВАЦ ZNA с опцией ZNA-K50. Специфицированные эффективные параметры позволяют заявлять о точностях измерения коэффициента отражения от 0,12 дБ и от 0,03 дБ коэффициента передачи до 18 ГГц, а также от 0,36 дБ КО и от 0,09 дБ КП до 67 ГГц. Это эквивалентно погрешности  $\pm 0,03$  при измерении КСВН = 2 до 18 ГГц.

Наборы могут использоваться с любым анализатором цепей при измерениях в указанных коаксиальных трактах.

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

## НОВЫЕ РАДИОЧАСТОТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ

Серия радиочастотных генераторов сигналов **Rigol DSG800** пополнилась новыми моделями: *DSG821A* с диапазоном частот 9 кГц...2,1 ГГц, *DSG836* и *DSG836A* с диапазоном частот 9 кГц...3,6 ГГц.

**RIGOL**



Отличительными особенностями новых генераторов с индексом «А» (*DSG821A* и *DSG836A*) является наличие встроенных модулятора и векторного генератора сигналов с I/Q модуляцией с соответствующими входами и выходами на панели прибора.

Новые генераторы обладают высоким разрешением по частоте (0,01 Гц), высокой стабильностью опорного генератора и низким фазовым шумом. Все генераторы сигналов Rigol серии DSG800 предлагают различные интерфейсы для дистанционного управления и передачи данных, среди них: USB и LAN (LXI-C).

[www.irit.ru](http://www.irit.ru)

## МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИМИТАТОР ЦЕЛЕЙ

Компания **Keysight Technologies, Inc.** добавила в свой постоянно расширяющийся портфель решений для автомобильной промышленности два новых продукта для тестирования — имитатор целей и усовершенствованное автомобильное программное обеспечение для сетей Ethernet. Они помогут инженерам, конструкторам и производителям разрабатывать высококачественные, и эффективные изделия, повышающие безопасность в любых условиях движения и обеспечивающие функционирование современных систем помощи водителю (ADAS).

Бурное развитие технологий в сфере

беспилотных автомобилей и спрос на более надежные средства обеспечения безопасности подпитывают потребность в чувствительных и точных радиолокационных технологиях для автомобильной промышленности. Опираясь на свой опыт в области технологий тестирования радиолокаторов, Keysight предлагает новый имитатор целей (RTS), который позволит производителям автомобильной электроники с уверенностью моделировать радиолокационные цели в различных реалистичных сценариях.

Новый RTS производства Keysight предусматривает выполнение многоцелевого, тестирования радиолокационных модулей в лабораторных условиях для нескольких угловых позиций. Это решение обеспечивает быстрые, точные и надежные результаты, представляя собой оптимальное сочетание производительности и качества. Инженеры-разработчики и инженеры-программисты, занимающиеся верификацией программного обеспечения, получают возможность оперативно проверить работоспособность радиолокационной аппаратуры, а инженеры по производству и проверке правильности проектного решения смогут моделировать несколько объектов на различных расстояниях. Имитатор целей для тестирования автомобильных радаров производства Keysight позволяет пользователям задействовать в своих испытательных лабораториях условия тестирования с применением реальных данных, что обеспечивает существенную экономию времени и бюджетов.

Ключевые характеристики нового программного решения Keysight для тестирования автомобильных каналов Ethernet:

- разработка плана тестирования, включающего все необходимые испытания в соответствии со спецификацией;
- автоматическая настройка анализатора на протокольном уровне для каждого измерения и применение заданных допусков;
- подробный отчет по каждому проведенному тесту.

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## НОВАЯ СЕРИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ДУХПОРТОВЫХ ВЕКТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ЦЕПЕЙ

Компания **Anritsu** представляет семейство модульных двухпортовых векторных анализаторов цепей (ВАЦ) серии *ShockLine™ ME7868A*, которые способны производить полные векторные измерения параметров рассеяния и передавать результаты на расстояние до 100 метров. ВАЦ ME7868A состоит из двух однопортовых ВАЦ





MS46131A и могут быть дополнены оборудованием для синхронизации PhaseLync™ и аксессуарами. ВАЦ ME7868A используют портативные анализаторы MS46131A в качестве портов для непосредственного подключения к тестируемым устройствам — это позволяет отправлять результаты векторных измерений передачи на большее расстояние при меньших расходах. Новые ВАЦ предоставляют ряд преимуществ по сравнению с обычными решениями, которые используют двухпортовые анализаторы с очень широким динамическим диапазоном и требуют подключения к тестируемым устройствам через длинные и дорогостоящие фазостабильные СВЧ-кабели.



Анализаторы ME7868A представлены в серии моделями на 8, 20 и 43,5 ГГц и могут применяться как в давно существующих, так и в новых коммерческих и военных областях, в том числе с оборудованием связи 5G. ME7868A — это первый модульный ВАЦ с изменяемым числом портов. Ему не нужны длинные портовые кабели для измерения параметров передачи на расстоянии в таких случаях, как: проверка антенн, установленных вне помещений; испытания в камере для тестирования беспроводных устройств; определение электромагнитных характеристик крупногабаритных транспортных средств (самолетов и кораблей); измерение вносимых потерь на большом расстоянии.

Новая технология PhaseLync впервые позволяет двум однопортовым ВАЦ MS46131A синхронизироваться по фазе на расстоянии до 100 метров. PhaseLync расширяет динамический диапазон и повышает стабильность измерений параметров рассеяния, одновременно устраняя необходимость в длинных кабелях, подключаемых к обычным настольным ВАЦ. Результатом становятся высокая эффективность и снижение затрат при измерении параметров передачи на расстоянии.

Два очень легких и необыкновенно компактных однопортовых ВАЦ MS46131A, из которых состоит ME7868A, контролируются с помощью ПО ShockLine на внешнем компьютере через USB-подключение. Инженеры могут без труда настраивать ВАЦ MS46131A и управлять ими с одного компьютера, получая число портов, соответствующее проводимым испытаниям. Данные надежно защищены: все результаты измерений сохраняются на компьютере, а не в памяти ВАЦ, благодаря чему реше-

ние отлично подходит для тестирования в условиях конфиденциальности. Анализ и регистрация данных также упрощаются, поскольку не требуется передавать их из внутренней памяти прибора на внешние устройства.

[www.anritsu.com](http://www.anritsu.com)

### НОВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ R&S ZNA

Компания Rohde & Schwarz сообщила об обновлении ПО для R&S® ZNA. Теперь в программное обеспечение добавлены следующие возможности: действительные дифференциальные измерения ZNA-K61, опция ZNA-K50P, автоматические измерения гармоник, АРУ для миллиметрового диапазона частот, возможность добавления пользовательских подпрограмм.

При работе в дифференциальном режиме можно использовать новую опцию ZNA-K61, которая позволяет считывать показания сразу в действительном дифференциальном режиме, автоматически поддерживая разницу фаз в 180 градусов между парными портами анализатора цепей в каждой точке развёртки, измеряя при этом все 16 параметров, характеризующих ИУ. Также добавлены два новых режима развёртки — качание фазы и амплитуды входного сигнала, для проверки работоспособности линий в не ассиметричном режиме.

Опция ZNA-K50P полностью повторяет функционал ранее анонсированной опции ZNA-K50 (для работы которой было необходимо скачать, установить и зарегистрировать программное обеспечение расчёта погрешности «METAS VNA Tools II» с веб-сайта METAS), но не требует регистрации и установки ПО «METAS VNA Tools II»



Функция «автоматической регулировки уровня» (ALC) динамически управляет мощностью в опорной плоскости. С помощью измерения на опорном приемнике, источник контролируется для поддержания его уровня мощности после калибровки мощности — таким образом, компенсируется отклонение и нестабильность в испытательной установке (например, изгиб кабеля, температурные колебания или рассогласование ИУ). Ранее эта возможность была реализо-

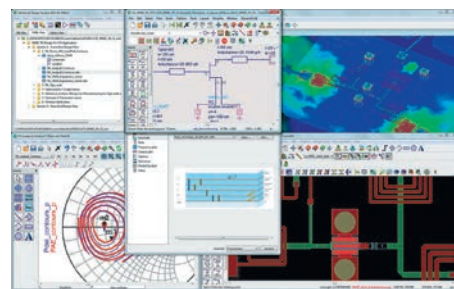
вана только для режима работы без преобразования частоты, теперь она поддерживается и при работе с конверторами серии ZVA-Zxxx и ZCxxx после выполнения соответствующей процедуры калибровки.

В дополнение к широкому спектру опций и функций, теперь в R&S ZNA можно интегрировать пользовательские подпрограммы. В версии ПО 2.10 ZNA позволяет загружать и выполнять пользовательские библиотеки DLL. Практическим примером применения этой функции можно привести сопряжение с внешними блоками питания и датчиками для измерения КПД.

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

### НОВЫЙ ПАКЕТ ПРОГРАММ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ УСТРОЙСТВ И СЕТЕЙ 5G

Компания Keysight Technologies выпустила открытое, масштабируемое программное решение для проектирования сетей 5G и миллиметрового диапазона — PathWave Design 2021, которое позволит инженерам-проектировщикам и тестировщикам ускорить разработку микросхем, печатных плат и системных продуктов благодаря точной и высокоэффективной интеграции процессов проектирования устройств, схем и систем.



Рынок 5G-технологий развивается стремительными темпами. По всему миру сетевые операторы переходят от использования стандарта 4G к коммерческому развертыванию 5G сетей. Для того, чтобы занять лидирующие позиции в основных сегментах рынка 5G-технологий, производителям и поставщикам оборудования необходимо оптимизировать эффективность, стоимость (доход от продаж) и время выхода на рынок своих разработок. Тем не менее, необходимость использования более высоких частот в сочетании с усилением интеграции процессов проектирования и ростом сложности систем 5G требует единого и комплексного подхода, позволяющего с первого раза получать удовлетворительные результаты без необходимости проектных доработок на поздних этапах.

Новые возможности PathWave позволяют решить вопросы, возникающие на всех этапах разработки от моде-

лирования до верификации, а также в процессах тестирования и производства устройств 5G. Инженеры смогут сократить длительность разработки продукции для высокочастотного/микроволнового (RF/MW) диапазона на несколько месяцев за счет внедрения следующих рекомендованных практических методов:

- ускорение и снижение сложности процессов анализа и проверки на уровне микросхем благодаря встроенной функции моделирования электромагнитных взаимодействий;
- прогнозирование характеристик устройств на схемотехническом и системном уровнях при анализе с модулированными сигналами;
- масштабирование всей экосистемы (от среды разработки устройств и печатных плат до процессов тестирования и производства) с помощью проектирования на основе моделей;
- ускорение процесса проверки благодаря параллельному запуску моделирования и высокопроизводительных облачных вычислений.

Функции программного пакета Path-Wave Design 2021 от Keysight:

- моделирование температурных эффектов и эффектов захвата носителей заряда при проектировании усилителей мощности с РЧ компонентами на основе нитрида галлия (GaN), обеспечивающего огромные преимущества с точки зрения мощности, габаритов и эффективности;
- технологии быстрого и эффективного моделирования взаимовлияний при проектировании интерфейсных модулей и высокочастотных приемопередатчиков;
- прогнозирование характеристик высокочастотных схем при проектировании 5G-сетей системными интеграторами;
- высокоточное моделирование при разработке системной архитектуры с помощью комбинированной платформы для моделирования цифровых, антенных и высокочастотных систем;
- быстрое и высокоточное моделирование систем с приёмопередающими модулями и фазированными антенными решетками.

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## ФГУП «ВНИИМС» ОТМЕЧАЕТ СВОЕ 120-ЛЕТИЕ!

Всероссийскому научно-исследовательскому институту метрологической службы ВНИИМС Росстандарта 1 октября 2020 года исполнилось 120 лет!

## ИСТОРИЯ ВНИИМС

Учрежденный по инициативе Д.И. Менделеева и начинавший с поверки и клеймения мер и весов, ВНИИМС сегодня стал ведущим научно-практи-

ческим центром метрологического обеспечения различных отраслей национальной экономики, включая электроэнергетику, нефтегазовую промышленность, станкостроение, химико-технологический комплекс и др.

ВНИИМС проводит фундаментальные исследования и измерения, направленные на развитие эталонной базы страны, осуществляет эффективную разработку нормативно-правовых документов по обеспечению единства измерений.

Институт координирует участие российских организаций в международном сотрудничестве по метрологии в рамках Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ), Метрической Конвенции, Международной организации по стандартизации (ИСО), Евро-азиатского сотрудничества государственных метрологических учреждений (КООМЕТ), Азиатско-Тихоокеанского Форума по законодательной метрологии (АТФЗМ), в двустороннем научно-техническом сотрудничестве, а также по обеспечению взаимодействия России в области метрологии со странами СНГ.

Нельзя не отметить деятельность ВНИИМС в образовательной сфере. Институт проводит обучение по программам дополнительного профессионального образования для работников метрологических служб, организует ежегодные научно-технические и научно-практические конференции по актуальным вопросам обеспечения единства измерений, а также семинары для специалистов в области метрологии. Кроме того, ВНИИМС предоставляет обучение в аспирантуре по направлениям подготовки научно-педагогических кадров.

Желаем Всероссийскому научно-исследовательскому институту метрологической службы ВНИИМС Росстандарта достижения поставленных целей, удачи и благополучия!

[www.vniims.ru](http://www.vniims.ru)

## РОССТАНДАРТУ 95 ЛЕТ!

15 сентября 2020 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии отметило свой юбилей — 95 лет с момента основания!

Росстандарт входит в систему федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации и находится в ведении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных

услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии. До внесения изменений в законодательные акты Российской Федерации Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии осуществляет лицензирование деятельности по изготовлению и ремонту средств измерений, а также функции по государственному метрологическому контролю и надзору. Федеральное агентство осуществляет также контроль и надзор за соблюдением обязательных требований национальных стандартов и технических регламентов до принятия Правительством Российской Федерации решения о передаче этих функций другим федеральным органам исполнительной власти.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии осуществляет свою деятельность непосредственно, через свои территориальные органы и через подведомственные организации.

*Поздравление Алексея Абрамова с 95-летием Росстандарта*

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

В этом году Росстандарт отмечает свое 95-летие. Инженер ВНИИМ им. Д.И. Менделеева Инна Владимировна Короткова трудится в институте уже почти 60 лет. Захар Григорьевич Ильин всю свою жизнь посвятил работе в Ставропольском ЦСМ. А во ВНИИФТРИ сложились сразу несколько метрологических династий.

Я работаю в Росстандарте со 2 сентября 2013 года. За эти годы Росстандарт стал для меня (и, уверен, для многих из нас) не просто работой, а семьей. А в каждой семье есть свои ценности. Это компетентность, развитие и лидерство — мы занимаем первые позиции по уровню метрологической и испытательной базы не только в России, но и в мире. Это качество и добросовестность — мы постоянно учимся и меняемся в соответствии с трендами и вызовами будущего. Это доверие и открытость — мы всегда готовы к сотрудничеству и регулярно взаимодействуем с другими ведомствами, бизнесом, общественными организациями, экспертным сообществом. И, конечно, это команда — то, чем являемся все мы — почти 17 тысяч человек системы Росстандарта.

Благодарю за работу каждого из вас — сотрудников центрального аппарата, инспекторов, стандартизаторов, ученых, специалистов метрологических институтов и региональных центров. Наши успехи — это полностью ваша заслуга. Желаю крепкого здоровья, успехов в вашей работе и прорывных идей!

Руководитель Росстандарта  
Алексей Абрамов

[www.gost.ru](http://www.gost.ru)



# БОЛЬШЕ ТОВАРОВ – ХОРОШИХ И РАЗНЫХ!

## MORE GOODS – GOOD AND VARIOUS!

**М**ы не зря вынесли в заголовок статьи популярный на заре перестройки слоган. Действительно, большой выбор позволяет точно определить необходимую модель прибора для удобного и эффективного использования.

Знакомя читателей с новинками приборов АКТАКОМ, мы рассказывали и про планшетные осциллографы, и про источники питания, и про калибраторы и про анализаторы компонентов. И как-то



из поля нашего внимания выпали новинки, наверное, самых распространенных приборов, без которых не обходится ни один специалист или просто человек с руками из плеч. Мы говорим об Универсальных Измерителях — мультиметрах. То, что мы написали их с заглавной буквы — это не ошибка, это дань уважения приборам, которые сопровождают нас везде,

неприхотливо и безотказно позволяя решать проблемы, связанные с электричеством и не только. Про них можно сказать, что это первая линия обороны при аварийных ситуациях, будь то неработающая розетка, невключающийся телевизор или незаводящийся автомобиль.

Безусловно, поскольку прибор технологически простой (в сравнении, например с тем же осциллографом или анализатором спектра), то разработчики, стремясь выплыть в море конкуренции, всячески пытаются улучшить характеристики прибора и наделять свои детища «умными» или удобными свойствами.

В этой статье мы расскажем о новых мультиметрах АКТАКОМ. В обзор вошли три мультиметра (рис. 1) бюджетного и среднего ценового диапазона. При взгляде на эти приборы, сразу бросается в глаза различие во внешнем виде, и это не просто так. Дело в том, что представленные приборы относятся к разным группам мультиметров, если АММ-1012 и АММ-1178, в синих защитных чехлах, как в синих лабораторных халатах, относятся к группе прецизионных приборов с низким значением базовой погрешности (0,05%), то мультиметр АММ-1014, в черном корпусе, с заметным орebrением в зоне удержания, относится к группе профессиональных приборов, жизнь которых не всегда протекает в стенах теплых и сухих лабораторий. Прибор также в защитном чехле, но с первого взгляда кажется, что это корпус прибора, с развитыми угловыми дугами и высокими бортиками для защиты экрана, который целиком сделан из мягкого эластичного полимера. Кстати, о его профессиональном предназначении также говорит и петля на задней стенке, куда можно вставить ремешок или иное приспособление для переноски и фиксации.

Поскольку все приборы относятся к мультиметрам, базовые измерительные функции у них одинаковые, отличие в диапазонах измерений и погрешностях. А вот что касается управления, эргономики и дополнительных функций, то здесь у каждого прибора свои плюсы и особенности.

Чуть ниже мы представим все приборы, а начнем с основных характеристик (таблица 1).

Таблица 1 дает представление об общности базовых измерений и различии в дополнительных функциях и сервисах, и, как следствие — поможет вам в выборе того или иного прибора для своих задач.

### ПРЕЦИЗИОННЫЙ МУЛЬТИМЕТР АММ-1012

Базовая погрешность в 0,05% позволяет отнести этот мультиметр к прецизионным приборам. По внешнему виду, характеристикам и функциям это типичный представитель лабораторных приборов. Среди функций прибора — измерение коэффициента усиления транзисторов по то-



Рис. 1. Новинки мультиметров АКТАКОМ: АММ-1012, АММ-1014 и АММ-1178

Таблица 1

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕТРОВ АКТАКОМ АММ-1012, АММ-1014 И АММ-1178

Параметр	АММ-1012	АММ-1014	АММ-1178
<b>Постоянное напряжение</b>			
Диапазон измерения	1000 В	1000 В	1000 В
Разрешение	0,01 мВ	0,1 мВ	0,01 мВ
Погрешность измерения	±(0,05%+5)	±(0,5+3)	±(0,05%+10)
<b>Переменное напряжение</b>			
Диапазон измерения	750 В	750 В	1000 В
Разрешение	0,01 мВ	0,1 мВ	0,01 мВ
Погрешность измерения	±(0,8%+25)	±(0,8%+5)	±(0,5%+40)
<b>Постоянный ток</b>			
Диапазон измерения	20 А	10 А	10 А
Разрешение	0,01 мкА	0,01 мкА	0,01 мкА
Погрешность измерения	±(0,5%+4)	±(1,2%+3)	±(0,2%+10)
<b>Переменный ток</b>			
Диапазон измерения	20 А	10 А	10 А
Разрешение	1 мкА	0,01 мА	0,01 мкА
Погрешность измерения	±(1,5%+15)	±(1,5%+3)	±(0,8%+30)
<b>Частотный диапазон при измерении переменного тока и напряжения</b>			
Частота	0,001 Гц...2 МГц	0,001 Гц...10 МГц	0,001 Гц...10 МГц
<b>Кoeffициeнт заполнения</b>			
Сопротивление	нет	да	да
Емкость	200 МОм	0,1 Ом...60 МОм	50 МОм
Температура	1 пФ...2 мФ	0,001 нФ...100 мФ	0,01 нФ...100 мФ
Проверка диодов, неразрывности цепи, удержание показаний	нет	-20...1000 °С	-200...1372 °С
Автoвыбор диапазона	да	да	да
Мин./макс. / пиковые значения / относительные измерения	да	нет	да
Дисплей	нет/нет/нет	да/нет/нет	да/да/да
Дисплей	ЖК, 19999 отсчетов	ЖК, 6000 отсчетов	ЖК двустрочный, 22000/2200 отсчетов
Дополнительные возможности	Измерение коэффициента усиления транзисторов	Датчик бесконтактного определения напряжения (NCV), проверка сопротивления батарей, фонарик	Регистратор измеренных значений

ку, трудно себе представить, что может возникнуть необходимость подбирать транзисторы по параметрам, например, в комплементарную пару, не в условиях лаборатории или радиолюбительской мастерской. Состав других измерительных функций традиционен для большего числа мультиметров: постоянный и переменный ток (до 20 ампер!) и напряжение, сопротивление, электрическая емкость, частота. Здесь надо отметить, что АКТАКОМ АММ-1012, как в прочем все приборы этого обзора, измеряет истинное среднеквадратичное значение (TrueRMS) переменного тока и напряжения в диапазоне частот от 40 до 1000 Гц. Известно, что применение метода TrueRMS значительно повышает точность измерений несинусоидальных или синусоидальных искаженных периодических сигналов (подробнее можно прочитать в Энциклопедии измерений журнала «КИПиС», [www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT\\_ID=50187](http://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=50187)).



Рис. 2. Мультиметр АММ-1012

К редко встречающимся функциям можно отнести так же и функцию измерения электропроводности — режим «pS» на поворотном переключателе. В данном приборе измеряется проводимость по постоянному току и определяется как величина, обратная сопротивлению проводника (в цепях переменного тока несколько сложнее, необходимо учитывать комплексную составляющую, подробнее об



Рис. 3. Дисплей и функциональные клавиши мультиметра АММ-1012



Рис. 4. Измерительные провода из комплекта поставки мультиметра АММ-1012

измерении проводимости также можно прочитать в Энциклопедии измерений журнала «КИПиС», [www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT\\_ID=49403](http://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=49403)).

К достоинствам прибора можно отнести расширенный до 20 ампер диапазон измерения тока и измерение частоты до 2 МГц. Конечно, прибор не предназначен для длительного измерения тока 20 ампер, длительность измерения не превышает 10 секунд, но зачастую эта возможность становится «вишенкой на торте», так как большинство компактных (ручных) мультиметров рассчитаны на измерение максимального тока 10 ампер, а дальше срабатывает защита (перегорает предохранитель).

Мультиметр имеет отключаемую функцию автовыключения, автоматический и ручной выбор диапазона, проверку диодов и неразрывности цепи («прозвонку»). Клавишей HOLD (рис. 3) включается режим удержания измеренных значений на экране, а длительное — более 2 секунд — удержание клавиши включит подсветку экрана, отображающего измеренные значения (19999 отсчетов) и служебные символы.

#### ПРЕЦИЗИОННЫЙ МУЛЬТИМЕТР АММ-1178

Следующий прибор в нашем обзоре также относится к группе прецизионных приборов, как и АММ-1012, но это прибор более высокого уровня. Отличие видно сразу и при взгляде на дисплей прибора, и изучая его технические характеристики. Прибор имеет такую же, как и АММ-1012 базовую погрешность 0,05%, а погрешности измерений тока и напряжения значитель-

но ниже. Но, конечно, основное различие в доступных функциях и сервисах.

Для начала, скажем об измерениях. Прибор позволяет проводить базовые измерения — постоянное и переменное напряжение до 1000 В, ток до 10 А, сопротивление до 50 МОм и электрическую емкость до 100 мФ. При этом, как и АММ-2012, прибор измеряет TrueRMS переменного тока и напряжения в диапазоне частот от 40 до 1000 Гц.



Рис. 5. Мультиметр АММ-1178

Часто необходимо измерить параметры сигнала сложной или нестандартной формы, которая содержит переменную, так и постоянную составляющую. В таком случае, при проведении измерений в режиме измерения переменного или постоянного напряжения, полученный результат будет недостоверен. Для таких сигналов используют режим измерения переменного тока и напряжения с учетом постоянной составляющей (AC+DC). В этом режиме значения постоянной и переменной составляющих будут суммироваться, и результат будет соответствовать действительному эффективному значению.

В числе дополнительных измерений — измерение частоты и коэффициента заполнения, температуры с помощью термопары типа К или платиновых тер-

#### Что такое режимы MAXMIN и PEAK в мультиметре и чем они отличаются?

Многие модели современных мультиметров среднего и высшего ценового диапазона оснащены функцией фиксации минимальных и максимальных значений за определенный период времени, клавиша MAXMIN. В этом режиме измерений прибор позволяет «ловить» редкие изменения параметров измеряемого сигнала, прибор фиксирует минимальное (или максимальное) значение и отображает на экране. Если следующее измеренное значение превышает зафиксированное, то прибор запоминает его и обновляет значение на экране. Т.к. частота выборок входного сигнала, как правило, около 10 Гц или меньше, метод можно применять практически ко всем основным измерительным функциям прибора. При этом в большинстве приборов дисплей позволяет отображать как зафиксированное максимальное или минимальное значение, так и текущее измеренное значение. В случае, если прибор имеет возможность подключения к ПК, такие изменения могут фиксироваться и тогда прибор выступает как регистратор.

Режим фиксации пиковых значений, как правило, обозначается как PEAK. В обычном режиме измерений частота обновления значений на экране составляет 2-3 раза в секунду. В ряде случаев необходимо зафиксировать кратковременные аномалии длительностью 300-500 мкс, которые в обычном режиме прибор не отображит. В таких случаях используют режим фиксации пиковых значений PEAK.



# НОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ С УНИКАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ!



## Прецизионный TrueRMS мультиметр с функцией мегаомметра АММ-1179

- Высокая точность 0,06%
- ЖК индикатор 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub> разряда (40000 отсчётов)
- Измерение сопротивления изоляции до 4 ГОм на тестовом напряжении до 1000 В
- Измерение постоянной и переменной составляющей (AC+DC)
- Рабочий диапазон частот от 50 Гц до 1 кГц
- Функция захвата пиков >1 мс
- Регистратор данных до 255 с
- Измерение токовой петли %4-20 мА
- Защита от пыли и влаги IP-67



## Промышленный TrueRMS мультиметр АММ-1037

- ЖКИ 19999 отсчетов
- Частотный диапазон 40 Гц...1 кГц
- Базовая погрешность 0,1%
- Измерение пост. и перем. 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

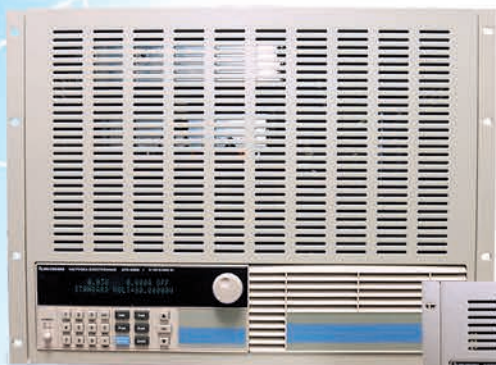




# Профессиональные программируемые нагрузки постоянного тока Актаком



ATH-8020  
ATH-8030  
ATH-8036



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



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



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
- Вход внешнего запуска
- Режим тестирования батарей
- Встроенные вольтметр и амперметр
- Защита от перегрузки по напряжению, по току, по мощности, переплюсовки и перегрева
- Дистанционное управление от персонального компьютера

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	ATH-8366
Мощность	1800 Вт	1800 Вт	2400 Вт	2400 Вт	3600 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	0...480 А
Входное напряжение	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В	0...150 В	0...500 В	0...150 В

 Оборудование включено в Государственный реестр средств измерений

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА [www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)



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



Узнайте цену



морезисторов типа Pt100, а также проверка диодов и неразрывности электрической цепи.

Чтобы облегчить проведение или повысить точность измерений, прибор имеет несколько сервисных опций. Если функцией удержания измеренных значений уже никого не удивишь, клавиша HOLD есть и в самых простых мультиметрах, то различные варианты фиксации измеряемых значений встречаются значительно реже. В



Рис. 6. Мультиметр АММ-1178 и защитный чехол

АММ-1178 доступны как режим PEAK — фиксации пиковых значений, когда прибор фиксирует кратковременные минимальные и максимальные значения измеряемой величины, так и режим MAXMIN, в котором прибор фиксирует максимальное и минимальное значение и при необходимости определяет среднее значение (AVG) с сохранением временных меток.

Не менее интересен режим относительных измерений, вызываемый клавишей REL. В этом режиме измерения проводятся относительно предварительно зафиксированного опорного значения величины. При этом на экране дисплея одновременно отображаются опорное значение, измеренное значение и разница между ними. Причем, отображение возможно как в абсолютных значениях, так и относительных — разница между опорным и измеренным значениями будет отображаться в процентах, а на экране отобразится значок «%» (рис. 7).

Теперь самое время обратить внимание на дисплей. Дисплей двухстрочный, имеет три поля для отображения цифровых данных, главное и два дополнительных поля во второй строке. Так, например, в приведенном выше описании режима относительных измерений расположение значений было бы таким (рис. 7) — левое дополнительное поле — опорное значение, правое дополнительное поле — измеренное значение, в центральном поле — разность между ними. В режиме MAXMIN в центральном поле будет отображаться измеренное значение, в левом дополнительном поле — зафиксированное максимальное или минимальное значение, а в правом будет отображаться время от начала включения режима (рис. 8).

Для отображения быстроизменяю-



Рис. 7. Функциональные клавиши и дисплей АММ-1178 в режиме относительных измерений (значок % на экране — разность между опорным и измеренным значениями выражена в процентах)

щихся значений прибор имеет аналоговую шкалу емкостью 51 сегмент и частотой обновления 24 раза в секунду.

Заканчивая описание мультиметра АММ-1178 нельзя не сказать про систему сохранения данных. Прибор позволяет сохранять измеренные значения в память двумя способами. В первом случае пользователь нажимает клавишу SAVE и данные записываются в одну из 1000 ячеек, при этом номер ячейки отображается на экране и в последствии может быть вызван из памяти. Другой вариант использования системы сохранения — это режим регистратора LOG. В этом случае в общих настройках задается интервал регистрации (сэмплирования), доступно от 0 до 9999 секунд, после чего включается режим LOG и прибор регистрирует 1000 значений с заданным интервалом.



Рис. 8. Экран мультиметра АММ-1178 в режиме усреднения измеренных значений

К сожалению, формат статьи не позволяет еще более подробно описать возможности прибора, но и по приведенной информации можно составить впечатление о приборе, как о серьезном измерительном инструменте, не только с прекрасными метрологическими характеристиками, но и удобным функционалом, облегчающем проведение измерений.

Перейдем к третьему участнику нашего обзора.

#### МУЛЬТИМЕТР АММ-1014

Это прибор даже по внешнему виду отличается от описанных выше мультиметров. Конечно, классификация условная, но этот мультиметр больше относит-

В последнее время в компактных (ручных) измерительных приборах получила распространение функция бесконтактного определения проводника, по которому течет ток. Сокращенно функция обозначается аббревиатурой NCV (англ. non-contact voltage detector), как правило, в качестве детектора используется датчик Холла. Может иметь разное исполнение в зависимости от прибора — включать световой или звуковой сигнал, изменять частоту сигнала по мере приближения к проводнику и другие варианты. Наиболее частое использование — определение места прохождения проводника в стенах, перекрытиях и иных скрытых местах, что значительно сокращает время проведения работ и снижает риск повреждения проводки и последующего дорогостоящего ремонта.

В мультиметре АММ-1014 в режиме «NCV» применена следующая схема индикации — если датчик определяет низкое напряжение, на дисплее отображается буква «L», над дисплеем включается световой сигнал зеленого цвета и звуковой сигнал («пикает» с частотой примерно 2 Гц), а если детектор определяет более высокое напряжение (примерно больше 20 В), то цвет индикации изменяется на красный, на дисплее отображается буква «H» и частота звукового сигнала увеличивается в 2 раза.

Вторая функция безопасности в АММ-1014 несколько другого плана — позволяет определить фазный провод одной рукой и не замкнуть цепь «на себя». В этом случае используется один измерительный провод, который подключается к гнезду измерения напряжения мультиметра. Мультиметр также переводится в режим «NCV» и нажатием функциональной клавиши FUNC включается режим Live — определения фазного проводника. При этом на экране отображается надпись «Live». Как и в режиме «NCV», если напряжение в проводнике низкое, то загорается зеленая подсветка и раздаются редкие звуковые сигналы, если напряжение высокое, то частота звуковых сигналов увеличивается, экран дисплея подсвечивается красным светом и на дисплее появляется надпись «LIVE».



Режим бесконтактного определения напряжения у мультиметра АММ-1014



Определение фазного проводника мультиметром АММ-1014

ся к утилитарным приборам, место которым не в лаборатории, а в руках инженера эксплуатирующей организации.

Все представленные приборы относятся к цифровым мультиметрам, все измеряют примерно одни физические величины. Так в чем же их различие? Вероятно, в первую очередь в том, как хорошо они справляются со своими обязанностями — т.е. насколько точно измеряют, и насколько они удобны в работе, а удобство в работе — это эргономика и дополнительные функции.

Рассмотрение прибора начнем с внешнего вида. Прибор имеет угловатый корпус и защитный эластичный чехол с хорошо развитыми угловыми элементами и валиками по бокам дисплея, предупреждающими его повреждение. Чехол настолько плотно интегрирован в корпус и имеет такой же цвет, что первоначально складывается ощущение, что это монолитная конструкция. Форма чехола в зоне удержания и крупное оребрение рассчитаны таким образом, чтобы прибор удобно лежал руке, тоже можно сказать и про ручку переключателя — массивная глубокая ручка хорошо ощущается и удерживается даже при работе в перчатках (рис. 9).



Рис. 9. Мультиметр АММ-1014

Прибор не имеет отдельной клавиши включения питания и включается при выборе поворотным переключателем необходимого вида измерения, при этом раздается звуковой сигнал и включается подсветка гнезд для подключения измерительных проводов. Подсветка гнезд «интеллектуальная», она включается каждый раз при повороте переключателя и на несколько секунд подсвечивает те гнезда, которые необходимы для этого типа измерений (рис. 10).

Работу вне помещений облегчит и встроенный фонарик и подсветка экрана, включаемые одной клавишей при любом включенном положении переключателя. Рядом с фонариком петелька, куда можно вставить ремешок для переноски или фиксации (рис. 11).

Прибор оснащен большим однострочным дисплеем на 6000 отсчетов, цвет подсветки белый.



Рис. 10. Подсветка гнезд измерительных проводов мультиметра АММ-1014

Мультиметр имеет базовую погрешность 0,5% и позволяет измерять постоянное и переменное напряжение (до 1000 и 750 вольт соответственно), постоянный и переменный ток до 10 А, сопротивление до 60 МОм и электрическую емкость до 100 мФ. Измерение TrueRMS производится в диапазоне частот 40...1000 Гц. Помимо базовых величин, прибор позволяет измерять частоту сигнала в диапазоне от 0 до 10 МГц и коэффициент заполнения (1...99%).

В дополнительных функциях — фонарик, о котором мы уже писали выше, и ставшие уже привычными, диодный тест и проверка неразрывности цепи. Измерение температуры возможно как внутренним датчиком (при включении режима сразу отображается температура окружающей среды), так и с помощью термодатчика типа К из комплекта прибора.

При выполнении работ с электрическими проводами удобно использовать режим бесконтактного определения наличия переменного напряжения в проводнике (NCV), датчик находится в верхней части прибора (рис. 11). Если расположить датчик NCV рядом с проводником «под напряжением», прибор определит высокое или низкое переменное напряжение в проводнике и сигнализирует звуковыми и цветовыми сигналами — при низком напряжении индикатор будет светиться зеленым цветом и звуковые сигналы будут редкими, а если напряжение высокое, то цвет индикации будет красным и частота повторения звуковых сигналов увеличится. Помимо функции NCV в мультиметре есть еще одна функция, направленная на



Рис. 11. Петля для ремешка, фонарик и датчик системы NCV (над фонариком)

обеспечение электробезопасности пользователя — определение фазного провода. В этом режиме прибор выступает как карманный пробник фазы — неотъемлемый атрибут всех электриков.

И еще одна удобная функция — определение заряда батареек 1,5 В и 9 В (рис. 12). При этом тесте прибор автоматически «нагружает» тестируемый элемент питания внутренним сопротивлением 30 Ом для батарей 1,5 В и 300 Ом для батарей 9 В.

Как и большинство современных приборов мультиметр имеет возможность удержания измеренного значения нажатием клавиши HOLD, а также режим MAXMIN — фиксации максимального и минимального значений измеряемой величины, но, в отличие от АММ-1178, прибор не вычисляет усредненного значения.



Рис. 12. Режим тестирования батарей на поворотном переключателе АММ-1014

Мы рассказали о трех новых мультиметрах АКТАКОМ. Как мы и говорили в начале статьи, три прибора, похожие как измерительные инструменты и совершенно различные по «характеру» — дополнительные функции диктуют сферу применения. Простой, но точный АММ-1012 для радиолюбительской практики или небольшой ремонтной мастерской, АММ-1178 по своим функциям и дисплеем, позволяющим выводить сразу несколько типов значений на трех полях, претендует на сложные измерения и не будет избыточен в среде научных измерений, а немного брутальный АММ-1014, с фонариком, подсветкой гнезд и функциями электробезопасности, будет уместен в руках эксплуатационного персонала на объекте. Возможность выбора среди приборов, оснащенных различными дополнительными функциями, позволяет подобрать именно ту модель прибора, которая поможет быстро и эффективно решить возникшие проблемы и задачи. ☑

*The present article introduces new models of AKTAKOM digital multimeters. There are three multimeters with different functionality and price category represented in this article, you will be able to check the comparison table of technical characteristics, individual features of every device, their additional functions and services. All of the descriptions go with pictures and explanations. The current article will be useful for a broad audience of readers who are interested in innovations of measuring instrument market.*



# ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЯ В ПРИБОРАХ АКТАКОМ

## REMOTE CONTROL AND MEASUREMENTS IN АКТАКОМ INSTRUMENTS

Фраза «дистанционное управление» часто вызывает ассоциации с пультом дистанционного управления телевизором, разблокировки автомобиля, автоматического открытия шлагбаума и т.д. Но на самом деле, прилагательное «дистанционно» подразумевает огромное количество функциональных операций и возможностей, широко применяемых не только в потребительской сфере, но и в науке, технике, производстве, медицине, практически во всех сферах деятельности человека. При этом нередко такие понятия как: «удалённое управление», «дистанционное измерение», «дистанционная передача данных» трактуются достаточно свободно, что часто приводит к неправильному пониманию функциональных возможностей прибора.

Для того, чтобы исключить подмену этих понятий, мы расскажем в нашем обзоре о приборах АКТАКОМ, которые могут: а) проводить измерения бесконтактным способом, то есть без контакта непосредственно с предметом измерения, б) передавать данные на другое устройство посредством беспроводных технологий, в) дистанционно управляться посредством сетевых технологий.

Множество устройств и приборов, управляемых дистанционным способом или передающих данные на расстоянии, прочно вошли в жизнь человека, отчасти благодаря лени создателей, хотя в некоторых сферах, например металлургии или медицине, это было вызвано технической необходимостью. Сегодня дистанционно не только управляются различные процессы, но и снимаются показания в тех случаях, когда контакты с объектом измерения нежелательны или невозможны. С этой категории приборов мы и начнем наш обзор.

Пандемия коронавируса познакомила практически каждого человека с бесконтактными инфракрасными термометрами, применявшимися в медицине и ранее, но их звёздный час настал только весной 2020 года. Эти приборы измеряют поверхностную температуру объектов, от которой напрямую зависит спектр ИК-излучения нагретого тела. Оптика прибора улавливает излучённую, отражённую и переданную энергию и фокусирует её на детекторе. Электроника прибора выдаёт величину этой энергии и преобразует её в цифро-



вую величину температуры на экране прибора.

Однако следует понимать, что инфракрасные термометры существуют как медицинские, предназначенные для измерения температуры тела человека, так и промышленные, рассчитанные на измерение диапазона высоких температур — пирометры. И, если медицинские термометры только недавно приобрели известность, то промышленные пирометры уже давно используются на различных предприятиях, в службах сервиса и наладки, авторемонтных мастерских и во многих других областях.

Ярким примером таких устройств в ассортименте АКТАКОМ является пирометр АТЕ-2530, представляющий собой удобный инструмент для бесконтактного измерения температуры поверхности объектов в диапазоне  $-20...+537\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 1). Применение пирометра АКТАКОМ актуально в тех случаях, когда нужно измерить температуру движущегося предмета, поверхности под напряжением, загрязненной или труднодоступной поверхности. Благодаря большому оптическому разрешению, пирометр АКТАКОМ АТЕ-2530 легко справляется с такими задачами. Для более точного целеуказания в пирометре



Рис. 1. Пирометр АКТАКОМ АТЕ-2530

АКТАКОМ АТЕ-2530 используется лазерный маркер.

Надо ли говорить, что пользоваться пирометром очень просто? Действительно для начала работы следует только нажать и удерживать курок. На дисплее появится моргающий индикатор включённого режима измерений «SCAN» и при отпускании курка на дисплее отобразится текущее измеренное значение температуры. Пирометр АКТАКОМ АТЕ-2530 измеряет температуру любого обнаруженного объекта: защитного стекла, пыли или тумана, при этом максимальное расстояние до измеряемого объекта составляет 1,5 м.



Рис. 2. Анемометр-регистратор АКТАКОМ АТЕ-1034 с опцией интерфейса Bluetooth

Стоит отметить, что многие приборы АКТАКОМ из ассортимента измерителей неэлектрических величин относятся к устройствам с дистанционным снятием показаний. Действительно, такие приборы, как анемометры, шумомеры, люксметры, измерители влажности и измерители электромагнитного фона и др. не требуют непосредственного контакта с объектом измерений, а также позволяют передавать показания на другие устройства с помощью пространственных протоколов (Bluetooth, Wi-Fi и др.).

К таким приборам относятся анемометр-регистратор АТЕ-1034ВТ с выносным телескопическим датчиком для измерения скорости потока воздуха  $0,2...25\text{ м/с}$  и температуры  $0...50\text{ }^{\circ}\text{C}$  и крыльчатый анемометр-регистратор АТЕ-1033ВТ с выносным датчиком для измерения скорости потока воздуха  $0,4...30\text{ м/с}$  и температуры  $0...50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (рис. 2). Интерфейс Bluetooth этих приборов обеспечивает беспроводное соединение для отображения и регистрации данных на любом мобильном устройстве, содержащем данный интерфейс и ОС Android.

На практике такая система беспроводного соединения отлично себя зарекомендовала, ведь проведение измерений, особенно в труднодоступных местах, требует выполнения сразу нескольких действий: фиксации человека, удержание прибора, поиск технологических отверстий и, собственно, само проведение измерений и т.п. Хорошо, когда вентиляционные каналы расположены на уровне досягаемости, другое дело, когда они расположены на высоте, куда ещё надо добраться. Здесь выручает дистанционная передача показаний. Пока один сотрудник проводит измерения в вентиляционных каналах, не отвлекаясь на результаты, другой сотрудник получает и контролирует данные, выявляет проблемные места.



Рис. 3. Измеритель-регистратор влажности АКТАКОМ АТЕ-5035ВТ с интерфейсом Bluetooth

В ассортименте АКТАКОМ широкий ряд измерителей имеет возможность удалённой передачи данных. Как и в случае с анемометром-регистратором АТЕ-1034ВТ, эта функция часто используется, когда необходимо проводить множественные замеры, например при обследовании вентиляционной системы здания или измерение влажности в складах, имеющих большие площади. Для последнего примера применяется измеритель-регистратор влажности АТЕ-5035ВТ, который предназначен для измерения относительной влажности в диапазоне 5...95%, точки росы 25,3...48,9 °С, температуры воздуха 0...50 °С, а также измерения температуры при помощи термопар типа К и J в диапазоне -100...+1300 °С (рис. 3). Этот измеритель также имеет интерфейс Bluetooth и обеспечивает беспроводное соединение для регистрации данных на любом мобильном устройстве. Этот же интерфейс используется в портативном шумомере-регистраторе АТЕ-9030ВТ — измерителе уровня звука с диапазоном измерения 30...130 дБ в полосе частот от 31,5 Гц до 8 кГц (рис. 4) и в портативном люксметре-регистраторе АТЕ-1537ВТ с возможностью температурных измерений, который предназначен для измерения освещённости от различных источников света при помощи выносного датчика.



Рис. 4. Шумомер-регистратор АКТАКОМ АТЕ-9030 с интерфейсом Bluetooth

Функция беспроводной передачи данных стала востребованной и в таких популярных приборах, как мультиметры. Особенно часто она используется при проведении множественных замеров, например в распределительных стойках, когда удобно сначала произвести все замеры, а затем анализировать все собранные данные. Здесь следует выделить сразу несколько моделей мультиметров, часть из которых использует интерфейс Bluetooth, а другая беспроводные USB технологии. Одним из самых востребованных приборов является прецизионный мультиметр АММ-1139 (рис. 5). Этот промышленный водонепроницаемый TrueRMS мультиметр обеспечивает безопасность и точность измерений в любых условиях, в диапазонах постоянного и переменного напряжений до 1000 В, постоянного и переменного токов до 10 А. Прибор имеет multifunctional ЖКИ высокого разрешения с подсветкой и аналоговой шкалой, а также пик-детектор, функцию регистратора и режим измерения токовой петли. Передача данных в



Рис. 5. Профессиональный промышленный цифровой водонепроницаемый мультиметр АКТАКОМ АММ-1139

радиусе 10 метров осуществляется с помощью беспроводного приёмника, подключенного к порту USB. После установки соответствующего программного обеспечения на ПК, запускается управляющая программа, нажимается кнопка на мультиметре и прибор переходит в режим беспроводной передачи данных. Беспроводной приёмник получает сигнал и результаты измерения сразу же начинают передаваться на компьютер.

Аналогично передача данных осуществляется и в TrueRMS мультиметре с функцией мегаомметра АКТАКОМ АММ-1179 (рис. 6). Прибор позволяет проводить измерения постоянного и переменного (50 Гц...1 кГц) напряжений в диапазонах 0,01 мВ / 0,1 мВ...1000 В; постоянного и переменного тока 0,01 мкА / 0,1 мкА...10 А; сопротивления 0,01 Ом...40 МОм; ёмкости 1 пФ...40 мФ; частоты; коэффициента заполнения; температуры, а также проводить измерения токовой петли 4...20 мА с отображением в %. Кроме того, мультиметр позволяет проводить тест изоляции до 4 ГОм (тестовое напряжение 125...1000 В).



Рис. 6. TrueRMS мультиметр АКТАКОМ АММ-1179

Этот же способ передачи информации используется и в токоизмерительных TrueRMS клещах-мультиметре АСМ-2056 с возможностью измерения постоянного и переменного напряжений до 600 В и токов в обоих диапазонах до 1000 А, имеющих двойную изоляцию (рис. 7). С одной стороны можно задаться вопросом, а зачем эта технология нужна в токовых клещах. На практике данная функция применяется в случаях, когда нужно производить множественные замеры многочисленных трасс электропроводов в зданиях. Понятно, что в этом случае проведение измерений и непосредственно анализ данных на месте суще-



# ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

## ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПО ДОСТУПНОЙ ЦЕНЕ

### APS-1602



- 1 канал
- Выходное напряжение до 60 В
- Выходной ток до 2 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-3020

- 1 канал
- Выходное напряжение до 30 В
- Выходной ток до 20 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-7325

**Программируемый**

- Канал 1 и 2: 0...32 В / 0...5 А
- Канал 3: 0...6 В / 0...3 А
- Параллельное и последовательное соединение каналов
- Разрешение 1 мВ / 1 мА
- Режим тайминга
- 5-разрядный светодиодный дисплей





# 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 <sup>2</sup> 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](http://www.eliks.ru); E-mail: [eliks@eliks.ru](mailto:eliks@eliks.ru)



БОЛЬШЕ  
 ИНФОРМАЦИИ НА  
[www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)



ственно замедлят работу, если не говорить больше — покажут крайне низкую эффективность. В этом случае применение клещей АСМ-2056 становится наилучшим решением, поскольку наличие беспроводного интерфейса USB с радиусом действия до 100 метров позволяет передать данные в персональный компьютер для регистрации, дальнейшей архивации и последующего анализа полученных результатов.



Рис. 7. Токоизмерительные клещи-мультиметр АКТАКОМ АСМ-2056

Цифровой мультиметр с функцией регистратора АКТАКОМ АММ-1218 использует для передачи данных беспроводной интерфейс Bluetooth, с помощью которого можно не только контролировать измерения, но и выполнять дистанционное управление, записывать данные и т.д. (рис. 8). Записанные данные можно сохранить в файл CSV. Максимальное число записей, которые могут быть сохранены, зависит от свободного места в памяти мобильного устройства. Как правило, подключение по Bluetooth действует на расстоянии до 7-8 метров между устройствами, но на открытом пространстве и без источников помех дальность связи может достигать 20 метров. Мультиметр АММ-1218 позволяет использовать программное обеспечение для отправки команды на начало записи данных в «offline» режиме. После получения команды, соединение будет автоматически разорвано. Мультиметр сохраняет измеренные данные в своей



Рис. 8. Цифровой мультиметр с функцией регистратора и интерфейсом Bluetooth АКТАКОМ АММ-1218



Рис. 9. Мультиметр с опцией Bluetooth АКТАКОМ АМ-1171

собственной памяти. После завершения записи, используя программное обеспечение на мобильном устройстве для повторного подключения к мультиметру, можно сохранить данные измерений в устройство с ОС Android в виде файла CSV. Стоит отметить, что мультиметр АММ-1218 относится к бюджетной ценовой категории, однако имеет функционал, присущий профессиональным моделям: измерение постоянного напряжения до 1000 В, переменного напряжения до 750 В, постоянного/переменного тока до 20 А, сопротивления до 60 МОм, ёмкости до 60 мФ, частоты до 10 МГц, коэффициента заполнения, температуры -50...400 °С. Кроме того, этот мультиметр имеет бесконтактный датчик напряжения, функцию регистратора, позволяет проводить относительные измерения и озвучивать результат.

Аналогично работает и мультиметр АКТАКОМ АМ-1171, предназначенный для измерения постоянного и переменного токов до 10 А, напряжения, сопротивления до 60 МОм, ёмкости до 200 мкФ, частоты до 30 МГц, проверки диодов и прозвонки электрических цепей (рис. 9). Модель АМ-1171 предусматривает возможность измерения температуры и подключения к ПК через интерфейс USB. Программное обеспечение Aktakom DMM Light обеспечивает отображение текущего значения и истории измерений в виде таблицы и графика с определением максимального, минимального и среднего значений, обработку и сохранение данных в файлы на ПК. Интерфейс Bluetooth также обеспечивает беспроводное соединение для отображения и регистрации данных на любом мобильном устройстве.

Если немного расширить понятие дистанционного измерения, то в эту

категорию попадают и такие незамеченные приборы, как трассоискатели. Конечно, они ничего не измеряют и служат для определения пути прохождения кабеля в стенах и под землёй, идентификации предохранителей и автоматов в щите электрооборудования, обнаружения мест обрыва и замыкания жил кабелей и незэкранированных проводов «теплых полов», а также определения пути прокладки металлических труб отопления и водоснабжения. Яркий пример такого прибора в ассортименте АКТАКОМ представлен профессиональным трассоискателем АКТАКОМ АСТ-1112 (рис. 10). Одним из основных его преимуществ является то, что прибор может работать как с обесточенными кабелями, так и с кабелями под нагрузкой. Трассоискатель АСТ-1112 успешно применяется для обнаружения кабелей, проложенных под землёй на глубине до двух метров, что помогает сократить время проведения земляных работ. Принцип работы основан на том, что модулированный сигнал, генерируемый передатчиком, создаёт вокруг исследуемого проводника электромагнитное поле, которое индуцирует напряжение в обмотке приёмника, затем усиливается и декодируется, а результат отображается на экране прибора.



Рис. 10. Трассоискатель АКТАКОМ АСТ-1112

Часто при выборе того или иного оборудования не уделяется должного внимания возможностям дистанционного управления, если это не обусловлено рабочей необходимостью. И, к сожалению, совершенно напрасно, ведь во многих случаях с помощью, как этой функции, так и с помощью удалённой передачи данных можно серьезно реорганизовать операционные действия, тем самым сэкономив время, а иногда и финансовые расходы.

К примеру, необходимость управления осциллографом на расстоянии возникает достаточно часто, например, при ремонте автомобилей, когда производится полная диагностика электронных схем. При тестировании системы датчика положения коленчатого вала, который передает сигналы контроллеру ЭБУ для определения положения поршней, нужно записывать данные, поскольку производить заме-

ры и одновременно их анализировать крайне затруднительно. Кроме того, ставить дорогой осциллограф в смотровую яму может оказаться слишком рискованно. На самом деле, осциллографы АКТАКОМ имеют возможности намного шире, чем этот самый простой пример (рис. 11).

Для подключения к компьютеру с целью удалённого управления и сохранения данных осциллографы используют интерфейс USB device. В стандартной комплектации с осциллографом поставляется программное обеспечение Aktakom DSO-Reader Light, а версия программы Aktakom DSO-Reader Pro имеет большие возможности по обработке и визуализации полученных данных (математическая обработка, статистика, построение графиков и спектрограмм, возможности по цифровой фильтрации сигнала, курсорные и автоматические измерения и другие функции).

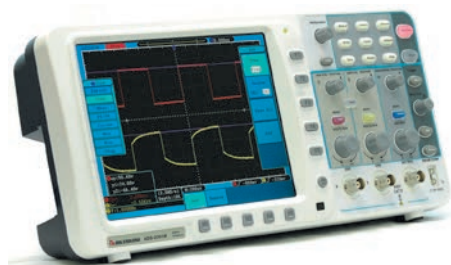


Рис. 11. Осциллограф цифровой АКТАКОМ ADS-2061M

В настоящее время цифровой осциллограф часто используется совместно с другими приборами для проведения сложных комплексных измерений и последующей обработки данных в составе измерительной системы. Например, комбинация с генератором сигналов позволяет снимать амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) цепей, измерять задержки в линиях связи, характеризовать качество передачи сигнала и пр. Объединение нескольких осциллографов в одну измерительную систему позволяет осуществлять многоканальный сбор данных в сложных системах. Специальные разъёмы осциллографов можно подключить к внешним устройствам и управлять всей системой, например, работой отбраковщика тестируемых устройств, что позволяет эффективно использовать цифровой осциллограф как часть автоматизированной системы контроля качества изделий на производстве.

В действительности, удалённое управление приборами часто используется как в научных лабораториях, так и на производственных предприятиях, при этом область их применения не относится сугубо к процессам, когда прибор находится в защищённой зоне, без присутствия человека. Дистанционное управление очень удобно при организации сразу нескольких процес-

сов. В таких случаях управление, например, источником питания с компьютера исключает необходимость находиться постоянно рядом с прибором. Одно дело, когда все устройства находятся в области рабочего места сотрудника, другое дело, когда речь идет о производственной лаборатории, наладке оборудования, конвейерном тестировании, если прибор находится на значительном удалении от оператора, при этом необходимо последовательно переключать диапазоны подаваемого напряжения, как в случае с источниками питания. При обычном управлении сотруднику надо подойти к прибору, установить значение подаваемого тока или напряжения и вернуться на рабочее место, чтобы снять показания. Минуты, затраченные на эту операцию, складываются в часы, а эффективность работы снижается. Можно, конечно, задействовать несколько сотрудников, но это уже дополнительные финансовые расходы, к тому же нельзя исключить человеческий фактор, который недопустим в некоторых операциях, например, там, где требуется синхронная подача тока сразу с нескольких источников. Поэтому во многих случаях дистанционное управление используется для работы сразу с несколькими приборами, позволяет сравнивать различные процессы, тестировать сразу несколько электронных компонентов.

Для примера, рассмотрим несколько популярных дистанционно-управляемых источников питания АКТАКОМ, предназначенных для питания радиотехнических устройств и незаменимых при исследовании реакции радиоэлектронной аппаратуры на изменения питающего напряжения. Эти источники широко используются в научно-исследовательских лабораториях, предприятиях по производству аппаратуры и техники, сервисных службах и в учебных технических заведениях.



Рис. 12. Источник питания с дистанционным управлением АКТАКОМ APS-3103L

Одноканальный источник питания АКТАКОМ APS-3103L с выходным напряжением до 120 В и током до 3 А — настоящая находка, когда требуется высокая точность стабилизации выходного напряжения или тока (рис. 12). Используя 4-проводную схему подключения нагрузки для уменьшения влияния сопротивления соединительных проводов источник питания

APS-3103L применяется для проверки или калибровки различных приборов, когда нужно с высокой точностью подать питающее напряжение или ток на устройство.

Управление источниками питания АКТАКОМ может осуществляться как с передней панели, так и через интерфейс RS-232, USB или LAN. Программное обеспечение АКТАКОМ Power Manager, поставляемое вместе с источниками питания, предлагает широкие возможности по управлению



Рис. 13. Линейный источник питания с дистанционным управлением АКТАКОМ APS-7306L

выходным напряжением и током стабилизации как в произвольном, так и в функциональном режимах. Режим функционального управления в программе АКТАКОМ Power Manager позволяет автоматически управлять выходными параметрами (напряжение или ток) источника питания по закону, заданному при помощи графического или табличного редакторов. В удобном графическом редакторе можно задать как 10 стандартных форм изменения параметров (среди которых: синусоида, прямоугольник, треугольник, пила, вспышка, импульс, 2 типа экспонент, 2 типа S-кривых), так и практически любую произвольную форму, которую можно описать формулой. Одной из отличительных особенностей программы АКТАКОМ Power Manager является возможность задания условий «аварийной сигнализации». Запуск аварийной сигнализации может быть осуществлён как по сигналам аппаратной синхронизации, так и по достижению заранее установленных (пороговых) значений тока и напряжения. В программе есть график отображения значения мощности (как произведение тока на напряжение), выдаваемой в подключенную нагрузку и, соответственно, можно задать порог, при достижении которого срабатывает аварийная сигнализация. Данный режим особенно интересен для применения источников питания с дистанционным управлением АКТАКОМ в промышленности, напри-



мер, в составе автоматизированной установки, которая при достижении критических, заранее заданных, параметров должна информировать оператора. Кроме звуковой и световой индикации, программа и прибор могут отправлять сообщения по электронной почте. Срабатывание сигнализации также может запускать любую другую программу на ПК. Такие возможности программы АКТАКОМ Power Manager создают условия для её использования в качестве основы построения современных испытательных систем.

Стоит выделить также ещё одного яркого представителя источников питания с возможностью управления по интерфейсам USB и LAN и встроенной схемой синхронизации — источник питания АКТАКОМ APS-7306L, который до сих пор является самым востребованным и надёжным прибором (рис. 13). Модели этой серии из года в год становятся всё технологичнее, оставаясь самыми популярными

протоколу HTTP. Для связи между удаленным прибором и программой управления через интерфейс LAN используется технология AUL Net, которая в качестве конечных точек сетевых коммуникаций использует стек протоколов TCP/IP, знакомых пользователям операционных систем.

Ещё одним преимуществом лабораторного источника питания APS-7306L является возможность синхронизировать изменение выходного напряжения с различными внешними событиями, такими как, сигналы запуска внешних устройств и реакция питаемого устройства на поданное напряжение. Стоит отметить, что все модели источников питания АКТАКОМ серии APS-7xxx с индексом «L» имеют встроенный модуль USB и LAN управления. При этом интерфейс USB не является гальванически развязанным с «землей» источника питания, в то время как интерфейс LAN обеспечивает полную гальваническую развязку источника питания и ПК управления.



Рис. 14. Электронные программируемые нагрузки с дистанционным управлением АКТАКОМ AEL-8320L и AEL-8321L

приборами, предназначенными для питания радиотехнических устройств стабилизированным напряжением или током при проведении работ в процессах наладки, ремонта и лабораторных исследований.

Одноканальный источник питания APS-7306L построен по линейной схеме стабилизации и выдает регулируемое стабилизированное напряжение в диапазоне 0...30 В и ток в диапазоне 0...5 А. Пульсации выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения (среднеквадратическое значение) — не более 2 мВ. Подключение источника питания APS-7306L к персональному компьютеру может осуществляться либо по интерфейсу USB, либо по интерфейсу Ethernet (LAN). При подключении по интерфейсу Ethernet источник питания может работать как с программным обеспечением АКТАКОМ, так и через Web-браузер по

Дистанционное управление применяется и при испытании, настройке и регулировке блоков питания, усилителей, звуковоспроизводящей аппаратуры и других радиотехнических устройств, когда используется нагрузка. Одним из самых применяемых приборов при таких операциях является электронная программируемая нагрузка АКТАКОМ AEL-8321L с возможностью дистанционного управления. Этот прибор предназначен для работы в качестве нагрузки с напряжением питания до 80 В, током нагрузки до 40 А, потребляемой мощностью до 400 Вт (рис. 14). Применение программного обеспечения АКТАКОМ Electronic Load Manager позволяет, с одной стороны, обеспечить дистанционное управление прибором, что является необходимым элементом при построении распределённых измерительных систем, и с



Рис. 15. Программируемый импульсный тестер обмоток АКТАКОМ AM-3083

другой, автоматизировать повторяющиеся операции, например, циклические испытания.

Полностью поддерживает удалённое управление по интерфейсам RS-232 и GPIB с помощью стандартных команд для программируемых приборов SCPI и уникальный, практически не имеющий аналогов, прибор — тестер обмоток АКТАКОМ AM-3083, предназначенный для проведения испытаний обмоток электродвигателей, трансформаторов и катушек индуктивности импульсным напряжением и обеспечивающий высокоскоростную обработку измерений (рис. 15). При этом тестер обмоток AM-3083 применяется как для тестирования изделий, так и используется при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ на производстве. Удалённое управление особо эффективно при поточном контроле, когда тестирование изделий нужно производить при разных режимах работы.

В заключении стоит отметить, что в ассортименте продукции АКТАКОМ большое количество современных приборов имеют возможность дистанционного (удалённого) управления, а также передачи данных на расстоянии. В нашем обзоре, от самых простых приборов до технически сложных, мы лишь коснулись темы дистанционных технологий, которая в современной научно-производственной сфере имеет большое значение. Внедрение технологий удалённого управления — это, прежде всего, повышение эффективности организации работы, сокращение финансовых издержек и, конечно, возможность решения более сложных измерительных научно-практических задач, с которыми эффективно справляются приборы АКТАКОМ. ☑

*From the current review you will get to know about the technologies of remote measurements, wireless data transmission as well as remote control functions implemented and used by AKTAKOM test and measuring devices in the up-to-date scientific and industrial fields.*



# ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ДЖИТТЕРОМ И ШУМОМ СХЕМЫ ПИТАНИЯ

## FINDING RELATIONSHIPS BETWEEN POWER RAIL NOISE AND JITTER

Ли Морган (Lee Morgan), Tektronix

Лучшей отправной точкой для выяснения исходной причины появления битовых ошибок является анализ джиттера, но в некоторых случаях добраться до первопричины может помочь анализ сигналов схемы питания. Чтобы разобратся в битовых ошибках, мы рассмотрим джиттер и шум схемы питания как во временной, так и в частотной областях. Сравнение частот периодического джиттера (PJ) в спектре TIE с вызванными пульсациями выбросами в спектре сигнала питания является быстрым и точным способом определения проблем целостности сигнала в схеме питания.

### ВЛИЯНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛА И ЦЕЛОСТНОСТИ ПИТАНИЯ НА ОШИБКИ

Ошибки в цифровых сигналах вызываются джиттером и шумом. Шум — это широкий термин, обозначающий случайные неперіодические изменения амплитуды сигнала. Джиттер — это изменение времени битовых переходов по отношению к периоду тактовой частоты передачи данных или так называемая ошибка временного интервала. Джиттер вызван как фазовым шумом, так и преобразованием амплитудного шума в джиттер. Преобразование шума в джиттер вызывает такие проблемы, как перекрестные помехи, ЭМП (электромагнитные помехи) и случайный шум.

Анализ целостности сигналов нацелен на исследование характеристик передатчика, генератора тактовой частоты, канала и приемника, где основным показателем является коэффициент битовых ошибок (BER). Целостность питания подразумевает способность схемы питания обеспечивать поддержание постоянного напряжения и низкий импеданс цепей питания и обратных проводников. Целостность сигнала и целостность питания находятся в большой зависимости друг от друга. В схеме питания может возникать шум и джиттер. Особенности схемотехни-

# Tektronix

ки и используемые компоненты — корпуса микросхем, выводы, печатные проводники, переходные отверстия, разъемы — влияют на импеданс цепи питания и, следовательно, на качество подаваемого питания.

### УСТРАНЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛА НАЧИНАЕТСЯ С ГЛАЗКОВОЙ ДИАГРАММЫ

Отладку аппаратной части можно начать с анализа глазковой диаграммы. Глазковая диаграмма — это суммарный вид всех битовых периодов измеряемого сигнала, наложенных друг на друга, см. рис. 1.

Ширина области наложения по горизонтали соответствует джиттеру, а тол-

щина, случайный джиттер (RJ) и детерминированный джиттер (DJ). DJ далее разделяется на джиттер, который коррелирован с последовательностью битов в данных — DDJ (джиттер, зависящий от данных), и некоррелированный джиттер, например, PJ (периодический джиттер).

Ширина наложений на глазковых диаграммах соответствует величине RJ. Глазки, которые, как кажется, состоят из множества почти различных линий, указывают на DDJ, вероятно, вызванный рассогласованием импеданса в сигнальном тракте. Для определения типов джиттера, которые могут указывать на ошибки в аппаратном обеспечении, необходимы более подробные измерения: TIE, RJ, DJ, DDJ, PJ, TJ (полный джиттер), EH (высота глазка), EW (ширина глазка), высокий уровень глазка и низкий уровень глазка. В таблице 1 перечислены типы джиттера и некоторые причины их появления. Пульсации в цепи питания являются общей причиной PJ, а иногда также RJ.

### ДЖИТТЕР И СХЕМА ПИТАНИЯ

Задачей схемы питания является поддержание стабильного напряжения и подача достаточного тока в компонентах системы. Это влияет на характеристики каждого компонента системы — активного или пассивного. В понятие схемы питания входят не только преобразователи постоянного тока и линии распределения питания внутри микросхемы, а каждое межсоединение, трасса, переходное отверстие, разъем, конденсатор, корпус, штырьковые и шариковые выводы.

### ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ НА СЛУЧАЙНЫЙ И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ДЖИТТЕР

Шум схемы питания, часто называемый пульсациями, обычно составляет несколько милливольт. Для точного измерения милливольтного шума цепей питания на частотах в несколько гигагерц требуются широкополосные пробники с высоким импедансом по

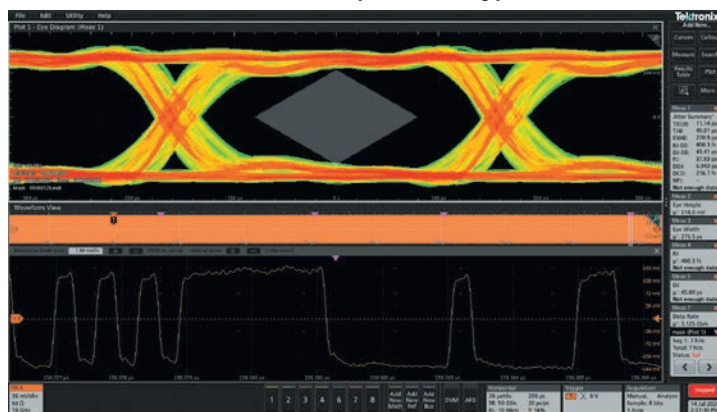


Рис. 1. Глазковая диаграмма с маской (сверху) и соответствующий сигнал (снизу)

щина верхней и нижней линий — шуму. Широко раскрытый глазок соответствует низкому BER. Если BER очень высок, то следующим шагом будет анализ джиттера. На рис. 2 показаны компоненты и подкомпоненты, из которых состоит джиттер. На рис. 3 показана сводка измеренных параметров джиттера, включая U-образную кривую, глазковую диаграмму, спектр TIE и гистограмму, численные значения и осциллограмму.

Разложение джиттера начинается с разделения распределения TIE на случайную и детерминированную составляю-

Таблица 1

### ИЗМЕРЕНИЯ ДЖИТТЕРА С ПРИМЕРАМИ ЕГО ОБЩИХ ПРИЧИН

Категория джиттера	Аббревиатура	Пример причины
Случайный джиттер	RJ	Тепловой шум
Детерминированный джиттер	DJ	PJ, DDJ
Периодический джиттер	PJ	Проникновение сигнала питания
Синусоидальный джиттер	SJ	Электромагнитные помехи
Джиттер, зависящий от данных	DDJ	Рассогласование импеданса в канале
Нарушение скважности	DCD	Отклонение тактовой частоты
Субскоростной джиттер	SRJ	Плохой мультиплексор

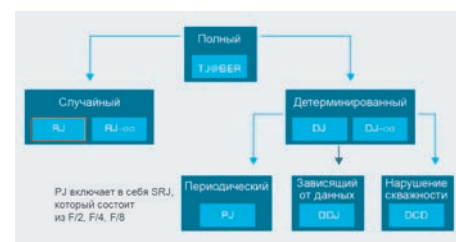


Рис. 2. Разложение джиттера на компоненты



# Осциллографы смешанных сигналов

Tektronix®

Новинка!



**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 I<sup>2</sup>C, SPI, USB 2, Ethernet, CAN, LIN и др., расширенный анализ джиттера, автоматические измерения и анализ мощности

Параметр	MD032	MD034	MS044	MS046
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](http://www.eliks.ru); E-mail: [eliks@eliks.ru](mailto:eliks@eliks.ru)



БОЛЬШЕ  
ИНФОРМАЦИИ НА  
[www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)

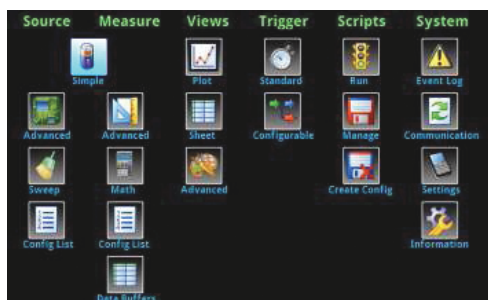


## Инновационный и компактный характериограф с сенсорным дисплеем



- Одновременная подача и измерение тока или напряжения
- Встроенный TCP-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)

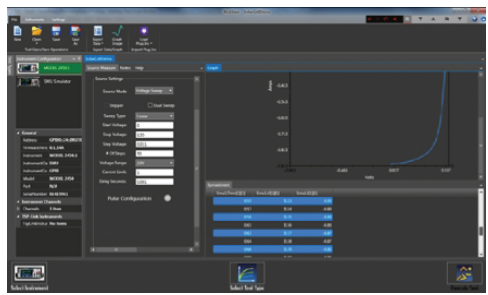
Параметр	2450	2460	2461	
Максимальная мощность	20 Вт	100 Вт	100 Вт / 1000 Вт (имп.)	
Напряжение (ист./изм.)	Макс. значение	200 В	100 В	
	Точность	±0,015% / ±0,012%		
	Разрешение	500 нВ / 10 нВ	5 мкВ / 100 нВ	5 мкВ / 100 нВ
Ток (ист./изм.)	Макс. значение	1 А	7 А	7 А ; 10 А (имп.)
	Точность	±0,02% / ±0,02%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

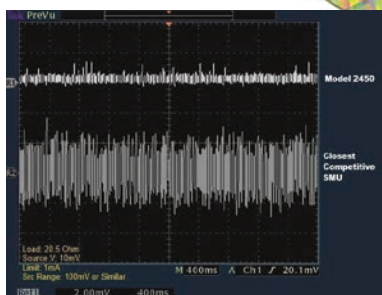
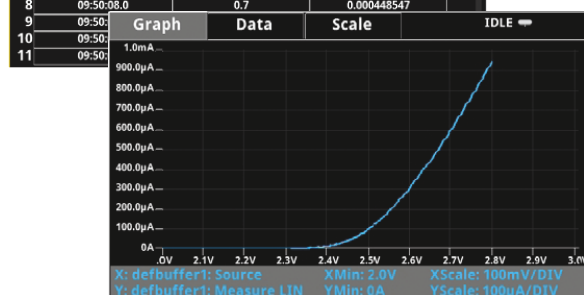


DATA SHEET

Buffer: defbuffer1

Time	Source	Measure
1 05:08 09:50	0	-2.51326e-07
2 09:50:02.6	0.1	6.38803e-05
3 09:50:05.3	0.2	0.000127991
4 09:50:05.8	0.3	0.00019225
5 09:50:06.4	0.4	0.000256259
6 09:50:06.9	0.5	0.000320488
7 09:50:07.5	0.6	0.000384533
8 09:50:08.0	0.7	0.000448547
9 09:50:		
10 09:50:		
11 09:50:		

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





постоянному току, которые действуют как 50-омные линии передачи на высоких частотах. Пробники шины питания разработаны специально для этой цели.

Импульсные источники питания регулируют напряжение между линией питания и обратным проводником (т. н. «земля») путем постоянного переключения между состояниями ВКЛ. и ОТКЛ. с низким уровнем рассеиваемой мощности. К сожалению, импульсы, которые управляют коммутируемыми элементами, могут создавать шум коммутации и вызывать RJ.

Коммутация происходит на фиксированных частотах, которые должны быть указаны в перечне технических характеристик преобразователя постоянного тока. Если спектр пульсаций (в верхнем левом углу на рис. 4) и спектр TIE (прямо под ним) имеют выбросы на частотах коммутации или гармониках частот коммутации, то мы знаем их источники и можем найти их в схеме. Обратите внимание на большой совпадающий выброс, отмеченный красным маркером на рис. 4. Гистограмма TIE справа от спектра TIE имеет характерное распределение синусоидального джиттера (седлообразное), RJ на одной частоте.

Источники питания могут вносить случайный шум, который способствует возникновению RJ. Случайный шум схемы питания отображается в виде собственных шумов на спектрограмме в верхнем левом углу рис. 4. Значение RJ вычисляется из уровня собственных шумов на спектрограмме TIE. В этом примере случайный шум, возникший из-за пульсаций питания, очень мал, и RJ незначительный, около 0,84 пс.

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ДЖИТТЕР И ЗВОН ЗЕМЛИ

Во время логических переходов датчики и приемники получают или потребляют ток из линии питания. При одновременном переключении уровня нескольких сигналов может происходить накопление или разрядка значительных зарядов или с линии питания и/или земли. Резкое изменение заряда вызывает падение напряжения на общем проводнике. Результирующее изменение напряжения называется звоном земли или, что эквивалентно, шумом коммутации (SSN).

Прежде чем продолжить, мы должны попросить пару вещей. Во-первых, под «землей» мы подразумеваем общее

опорное напряжение обратного проводника, которое обычно должно быть равным 0 В. Во-вторых, «одновременный» означает, что компоненты получают или отдают заряд во временном интервале, когда фронты их сигналов (нарастание/спад) перекрываются.

SSN выглядит случайным во временной области, но не в частотной. Сигналы передачи данных состоят из многих частотных составляющих — основной гармоники или частоты Найквиста и, возможно, двух высших гармоник, плюс субгармоники от последовательных идентичных битов. Одновременная коммутация может происходить на любой из этих частот. Таким образом, SSN — это периодический шум с многочисленными выбросами малой амплитуды, которые вызывают PJ.

Для подтверждения того, что PJ вызван SSN, сравните спектр сигнала линии питания в левом верхнем углу рис. 5 со спектром TIE прямо под ним. Выбросы большой амплитуды, появляющиеся на одинаковой частоте в обоих спектрах, указывают на большую долю PJ в SSN.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целостность сигнала и качество электропитания находятся в полной взаимосвязи. Каждый элемент схемы питания, каждая трасса, переходное отверстие, разъем, вывод, корпус и т. д. влияют на импеданс цепи питания и импеданс каждого канала, а каждый активный компонент может изменять напряжение цепи питания и земли.

Глазковая диаграмма может многое рассказать о целостности сигнала, но она редко помогает распознать специфические проблемы. Анализ распределения TIE подразумевает разложение джиттера на компоненты, которые дают ключ к разгадке проблем. Высокий RJ обычно указывает на шум тактового генератора, но он также может указывать на случайные шумы от источника питания.

RJ может указывать на неисправность тактового генератора, коммутационный шум источника питания или звон земли/SSN. Сравнивая спектр сигнала цепи питания со спектром TIE, можно выделить проблему в два этапа. Выбросы в спектре TIE без соответствующих выбросов в спектре сигнала цепи питания указывают на тактовый сигнал. Один или два выброса на одинаковых частотах в обоих спектрах указывают на шум коммутации, а большое количество выбросов, общих в обоих спектрах, указывает на SSN. В обоих этих случаях сочетание анализа джиттера и анализа схемы питания позволяет выделить сложные проблемы.

Целостность сигнала и качество электропитания часто считаются отдельными предметами, но мы показали, что для обнаружения проблем, связанных с большим джиттером, необходимо понимать и тот, и другой. ☑

*To get to the root cause of bit errors, jitter analysis is the best starting point but in some cases power rail analysis can help get to the true root cause. To get to the bottom of bit errors, we look at jitter and power rail noise in both the time and frequency domains.*

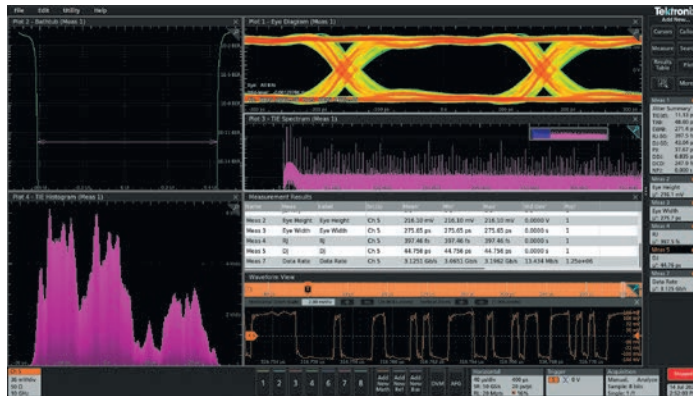


Рис. 3. Снимок экрана со сводкой параметров джиттера, по часовой стрелке с верхнего правого угла: U-образная кривая, глазковая диаграмма, спектр TIE, результаты анализа джиттера, осциллограмма, гистограмма TIE

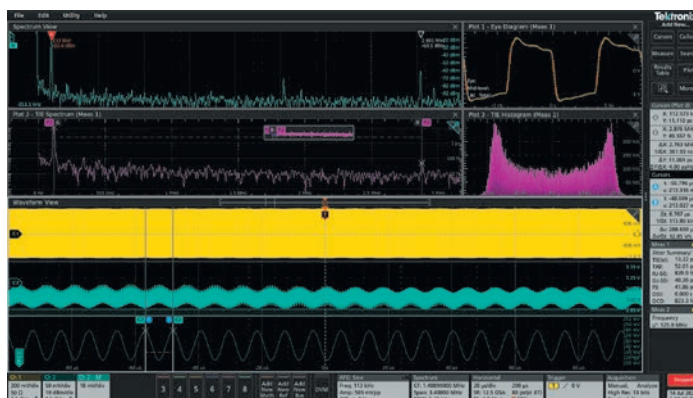


Рис. 4. Спектр шума схемы питания (верхний левый угол) и спектр TIE (прямо под ним), осциллограммы информационного сигнала и сигнала цепи питания, а также гистограмма TIE



Рис. 5. Спектр пульсаций линии питания (а) и спектр TIE/джиттера (б)

# ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕННОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

## EXPANDED SIGNAL ANALYSIS CAPABILITIES USING MODERN DIGITAL OSCILLOSCOPES

Лемешко Н.В. (N. Lemeshko), д.т.н., нач. отдела АО «Корпорация «Комета», Горелкин М.В. (M. Gorelkin), инженер по продукту «Осциллографы» ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС», Струнин П.А. (P. Strunin), директор департамента продаж ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС»

### ВВЕДЕНИЕ

Сегодня осциллография стала привычным спутником практической деятельности инженеров, наладчиков, специалистов сервисных центров. В условиях острой рыночной конкуренции, а также мирового экономического кризиса их труд должен сопровождаться минимизацией затрат времени и сопутствующим повышением личной эффективности, что немислимо без использования современных средств измерений.

Совершенствование осциллографов, пожалуй, началось в момент их изобретения, и с тех пор ведется темпами, определяемыми научно-техническим прогрессом. Для приборов с электронно-лучевой трубкой одной из первых была реализована модуляция яркости луча внешним сигналом (Z-вход), а общие тенденции состояли и состоят в повышении чувствительности каналов, в расширении полосы рабочих частот и в снижении погрешности измерений. Однако качественный скачок в развитии осциллографов как класса средств измерений произошел тогда, когда они стали реализовывать вторичную обработку результатов измерений, тем самым взяв на себя часть труда пользователей.

К настоящему времени осциллография как таковая, реализуемая на базе современных цифровых осциллографов, всегда сопровождается какими-либо надстройками, номенклатура и функциональность которых постоянно расширяются сообразно потребностям практики. Вместе с тем, ведущие мировые производители средств измерений не ставят перед собой задачу реализовать все возможные виды анализа сигналов на одной аппаратно-программной платформе. Причина этого кроется в необходимости оптимизации стоимости средств измерений: каждый потребитель или лаборатория имеют свою специализацию, и в этой связи избыток функциональности попросту не будет востребован и приведет лишь к финансовым затратам. Поэтому все аппаратные и почти все программные опции, за исключением разве что универсальных, поставляются как дополнение к базовой комплектации, что позволяет сконфигурировать приборы под решение конкретных задач и в тоже время не исключает будущей модернизации.

Настоящая статья посвящена обзору возможностей расширенного анализа сигналов с использованием аппаратно-



### РОНДЕ & ШВАРЦ

программных опций (АПО), функционирующих на базе современных цифровых осциллографов. В качестве таковых мы рассмотрим осциллографы серий R&S RTO и R&S RTP, являющиеся одними из самых функциональных на рынке средств измерений.

### ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ОПЦИЙ НА БАЗЕ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Развитие электроники, в первую очередь, цифровой, привело к необходимости анализа сложных сигналов непериодического характера, зачастую формируемых многими независимыми источниками, не предусматриваемыми каких-либо специальных средств для синхронизации запуска развертки. В этом случае даже простая регистрация машинных слов, сформированных некоторым устройством, представляет собой весьма непростую задачу, если не используются специальные методы автоматического их поиска. Не менее значимым фактором явилась необходимость групповой вторичной обработки нескольких цифровых сигналов параллельных интерфейсов. По сути, каждая из рассматриваемых ниже групп АПО имеет своё обоснование актуальности, следующее из конкретных задач практики, которая и является движущим началом в совершенствовании АПО.

Со стороны средств измерений предпосылками развития АПО являются:

- совершенствование аппаратной платформы, в первую очередь, улучшение характеристик радиотракта осциллографа, которое позволило, например, реализовать функции анализатора спектра на основе быстрого преобразования Фурье при приемлемом уровне отображаемого шума;
- переход к цифровой обработке сигналов, при которой достигается высочайшая гибкость в настройке режимов измерений, в т.ч. вспомогательной обработки в виде фильтрации либо предварительной обработки сигналов, например, реализацией функции «Deembedding» для учета влияния измерительной оснастки на результаты измерений [1];
- переход к программному управлению

анализом, дающему возможность задания сложных условий запуска, декодирования сигналов стандартных протоколов, статистической и математической обработки и т.д.

Некоторые проблемы, препятствующие развитию АПО, были решены сравнением функций осциллографа с другими приборами. Так, например, ранее логические анализаторы традиционно выпускались как отдельные сугубо специализированные средства измерений. В то же время для анализа сигналов в параллельных шинах четырех осциллографических каналов во многих случаях оказывается недостаточно. Учитывая этот факт, логический анализ также стал реализовываться в осциллографах с применением необходимого аппаратного обеспечения, а также единой с основными каналами приборов шкалы времени.

Важнейшим аспектом развития и практического использования опций является запас производительности аппаратных платформ. Так, для сигналов стандарта USB 3.1 gen.1/2 [2] может потребоваться одновременное выполнение нескольких видов анализа с использованием параллельно работающих опций, например, анализ джиттера и декодирование машинных слов. Увеличение производительности аппаратных платформ осциллографов, как и персональных компьютеров, обычно достигается увеличением объема памяти, переходом к более быстродействующим её поколениям и использованием более совершенного центрального процессора. Таким образом, приборы рассматриваемого класса в большинстве случаев имеют значительный потенциал к модернизации.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ОПЦИЙ ОСЦИЛЛОГРАФОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

Опции для осциллографов, реализующие расширенный анализ сигналов, принято разделять на аппаратно-программные и программные. С учетом реализации преимущественно цифровой обработки подавляющая часть опций является программными и реализуют те или иные алгоритмы вторичной обработки захваченных выборок сигнала.

Обзор рынка средств измерений, а также содержания руководств по эксплуатации современных осциллографов, включая [3, 4], показал, что опции, реализующие расширенный анализ сигналов, например,



для приборов серии R&S RTO, могут быть классифицированы следующим образом.

1. Опции, повышающие качество отображения осциллограмм. В цифровых осциллографах отображение осциллограмм выполняется на основе массивов выборок, сформированных по результатам аналого-цифрового преобразования. Разрешение по уровню будет тем выше, чем больше разрядность АЦП, причем повышение разрешения за счет разрядности осуществляется на основе цифровой фильтрации с уменьшением полосы пропускания. Возникают и другие функциональные ограничения. Так, например, работа опции высокого разрешения R&S RTO-K17 при увеличении разрешения до 16 бит сопровождается почти двукратным увеличением объема данных при экспорте осциллограмм, уменьшением полосы пропускания в типовом случае до значений 50...100 МГц, сокращением возможностей по архивации данных, недоступностью режима записи Ю-составляющих (опция R&S RTO-K11). Однако режим высокой четкости позволяет выявить такие особенности сигналов, которые при обычном разрешении скрыты шумами квантования по уровню, и хорошо зарекомендовал себя, например, при измерении сигналов с крайне низким индексом амплитудной модуляции и для детального исследования формы импульсов в радарных приложениях.

2. Опции зонального запуска развертки, позволяют анализировать сигналы сложных форм, для которых запуск по классическим условиям не дает требуемого результата. В наиболее распространенных случаях условия запуска развертки задаются пользовательскими масками, в которых осциллограмма должна, либо не должна находиться. Режим зонального запуска реализует, например, опция R&S RTO-K19, допускающая задание зон в табличном, графическом либо формульном варианте и во многом родственная широко распространенной функции тестирования по маске.

3. Опции анализа смешанных сигналов реализуют функции логического анализатора на аппаратной базе осциллографа. Такие опции являются аппаратно-программными. В отличие от обособленной реализации, такое решение позволяет, например, использовать условия запуска по параллельному коду и реализовывать измерения цифровых сигналов при нехватке основных каналов осциллографа. Примером является опция R&S RTO-B1, которая может иметь до 16 логических входов, причем каждый из них может использоваться как источник сигналов при анализе протоколов передачи данных.

4. Опции анализа цифровых интерфейсов, шин и протоколов передачи данных являются наиболее распространенными и предназначены для декодирования машинных битовых слов, сформированных в соответствии со стандартными протоколами передачи данных. Все такие опции являются программными и реализуют алгоритмы декодирования, определяемые соответствующими стандартами.

5. Опции анализа спектра, позволяющие выполнять анализ сигналов в частотной области. Они реализуются в дополнение к базовой функции анализа на основе быстрого преобразования Фурье, но имеют менее жесткие ограничения в части установки настроек спектрального анализа. Примером является программно-аппаратная опция R&S RTO-K18.

6. Опции записи сигналов, реализующие сохранение выборок для последующего анализа в MATLAB, либо в других математических пакетах, а также для воспроизведения с использованием векторных генераторов. Примером является опция программного интерфейса I/Q R&S RTO-K11.

7. Опции анализа джиттера и восстановления тактового сигнала (BTC) применяются для оценки временных вариаций амплитуды и битовых интервалов цифровых сигналов, выполняемой на основе высокоточного восстановления опорного сигнала. Они позволяют оценивать достаточность качества цифровых сигналов заданных стандартов для восстановления передаваемой информации, например, на основе глазковых диаграмм [5]. В качестве примеров таких опций можно отметить R&S RTO-K12 и R&S RTO-K13.

рительной цепи являются новым достижением в сфере временного анализа сигналов [4, 7]. Они позволяют использовать характеристики измерительной оснастки для исключения её влияния на результаты измерений путем их учета непосредственно при цифровой обработке сигналов в осциллографах. Такая функция («Deembedding») может быть реализована в осциллографах R&S RTP на программном (опция R&S RTP-K121) или аппаратном (опция R&S RTP-K122) уровне и позволяет перенести измерительное сечение в требуемое место схемы измерений. Описание собственных свойств измерительной оснастки может быть получено экспериментально с использованием векторных анализаторов цепей типа R&S ZVA.

Представленная классификация опций анализа сигналов показана на рис. 1.

Важно подчеркнуть, что помимо опций, реализующих возможности по расширенному анализу сигналов, существуют и другие, предоставляющие полезные возможности для отладки электронных устройств, но не относящиеся к рассматриваемой группе. Примером является аппаратная опция R&S RTO-B6, которая реализует функции двухканального генератора сигналов произвольной формы и

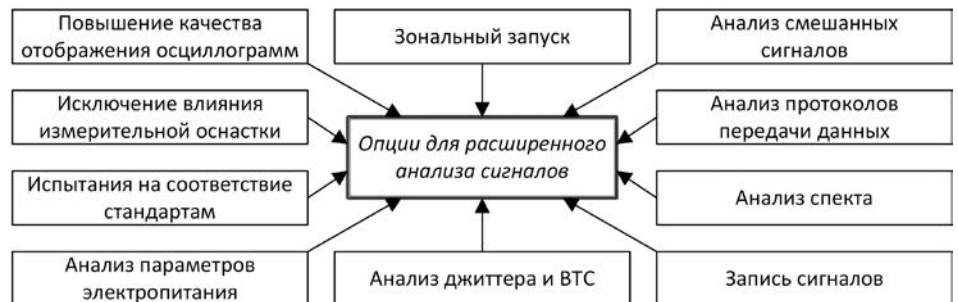


Рис. 1. Классификация опций для расширенного анализа сигналов по функциональному назначению

8. Опции анализа параметров электропитания используются для определения входных, выходных и передаточных характеристик импульсных и линейных источников вторичного электропитания [6]. В качестве примера, можно упомянуть опцию R&S RTO-K31, для которой измерения предваряются компенсацией временного смещения между пробниками для минимизации погрешности измерений.

9. Опции испытаний на соответствие стандартам предназначены для комплексного тестирования устройств. При этом тестирование на уровне протокола и на уровне стандарта принято различать, поскольку второе имеет более широкий охват и не может быть заменено первым. Так, например, для осциллографов серии R&S RTO в приложении к тестированию устройств USB2.0 разработаны опции R&S RTO-K60 (уровень протокола) и R&S RTO-K21 (уровень стандарта), и для последней предусмотрено использование специальной измерительной оснастки, обеспечивающей регламентированные условия тестирования.

10. Опции исключения влияния изме-

формирователя битовых последовательностей. Её применение в осциллографах серии R&S RTO позволяет проводить многие виды измерений без привлечения дополнительных средств измерений. Это все более приближает осциллографы к воплощению концепции универсального средства для сервисного обслуживания и отладки электронных устройств.

Помимо предложенных для опций классификационных признаков, могут использоваться и другие, не базирующиеся на их функциональности.

**ОХВАТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ  
ОПЦИЙ ОСЦИЛЛОГРАФОВ СЕРИЙ R&S RTO  
И R&S RTP**

Функциональные возможности опций, реализующих расширенный анализ сигналов, в целом были охарактеризованы выше, однако они не дают полного представления о сферах потенциального применения. Для того, чтобы определить, какие измерительные задачи могут решаться при помощи опций, необходимо рассмотреть номенклатуру опций для конкретных серий осциллографов, в качестве ко-

торых рассмотрим приборы высшего класса — R&S RTO и R&S RTP. Сводка опций для них представлена на рис. 2.

Для охвата той или иной практической задачи соответствующей автоматизацией измерений необходимо выполнение некоторых условий. В частности, для её решения должен иметься однозначный алгоритм, а сама задача не должна являться слишком частной, иначе это крайне ограничит потребность в таком решении. По этим причинам большая часть опций относится к анализу цифровых протоколов, шин и стандартов передачи данных, т.е. к измерительным задачам, решение которых опирается на соответствующие широко распространенные стандарты. Если говорить об опциях R&S RTO-K50/RTP-K50, предназначенных для декодирования машинных слов пользовательских протоколов, то они требуют существенно большего объема настройки, чем для стандартных протоколов. На этапе подготовки к измерениям пользователь должен, по сути, задать формат всех используемых машинных слов, в минимально достаточном объеме определив их битовый состав.

Как следует из рис. 2, номенклатура опций для осциллографов серий R&S RTO и R&S RTP позволяет решать следующие практические задачи:

- отладка цифровых устройств, включая поиск схемотехнических и программных ошибок;

- отладка цифро-аналоговых устройств с одновременным анализом аналоговых и цифровых сигналов;
- тестирование компонентов и устройств по принципу «годен/не годен»;
- испытания на соответствие стандартам;
- комплексное тестирование источников вторичного электропитания;
- тестирование электронных узлов и компонентов, функциональность которых в целом совпадает с аналогичной для отдельных опций.


Вместе с тем, реализация расширенного анализа имеет и свои ограничения. В большинстве случаев в конкретный момент времени используется одна из опций; задействование аппаратных ресурсов может исключить возможность одновременной их работы. Некоторые опции блокируют штатную работу некоторых узлов осциллографа. Так, например, при активации опции BTC R&S RTO-K13, при аппаратной её реализации, один из осциллографических каналов не может быть задействован, поскольку на него через внутренние цепи прибора подается сформированный аппаратным модулем тактовый сигнал. Собственно осциллографический анализ, маркерные и курсорные измерения, использование быстрого преобразования Фурье, выполнение математических операций каким-либо ограничениям при использовании опций, как правило, не подвергаются.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные цифровые осциллографы наряду с классическим анализом во временной области способны реализовывать расширенный анализ сигналов, включая декодирование и автоматизированные измерения. Использование соответствующих опций позволяет повысить эффективность работы инженеров при отладке и сервисном обслуживании изделий электронной техники самого разнообразного назначения. При этом функции поиска информации в захваченном потоке данных исключают их длительную вторичную обработку пользователем.

Важно отметить, что работа с опциями, выпускаемыми для осциллографов, не требует специальной инженерной подготовки, поскольку сопровождается минимальным объемом настроек при интуитивно понятном интерфейсе. Реализация альтернативных способов обработки захваченной осциллографами первичной информации, например, реализуемых в MatLAB, оказываются куда более нетривиальной и затратной по времени.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Realtime deembedding with the R&S® RTP. — Application Card | Version 01.00.
2. Universal Serial Bus 3.2 Specification. Rev.1, 22.09.2017. — Интернет-ресурс <http://www.usb.org> (дата обращения 01.07.2020).
3. Осциллографы цифровые R&S RTO. Руководство по эксплуатации. v.06. — 1332.9725.02 — 1086 с.
4. Осциллографы цифровые R&S RTP. Руководство по эксплуатации. v.01. — 1337.9952.02 — 856 с.
5. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. — М.: Грифон, 2017. — 424 с.
6. Лемешко Н.В. Анализ динамических характеристик нагрузок и параметров источников вторичного электропитания с использованием осциллографов R&S RTO. — Электронные компоненты, № 10, 2014. — с. 24-28.
7. Лемешко Н.В., Струнин П.А., Горелкин М.В. Функция Deembedding в осциллографах R&S RTP: учёт и компенсация амплитудно-фазовых искажений для пробников и измерительной оснастки. — Современная электроника, №1, 2020. — с. 48-54. 

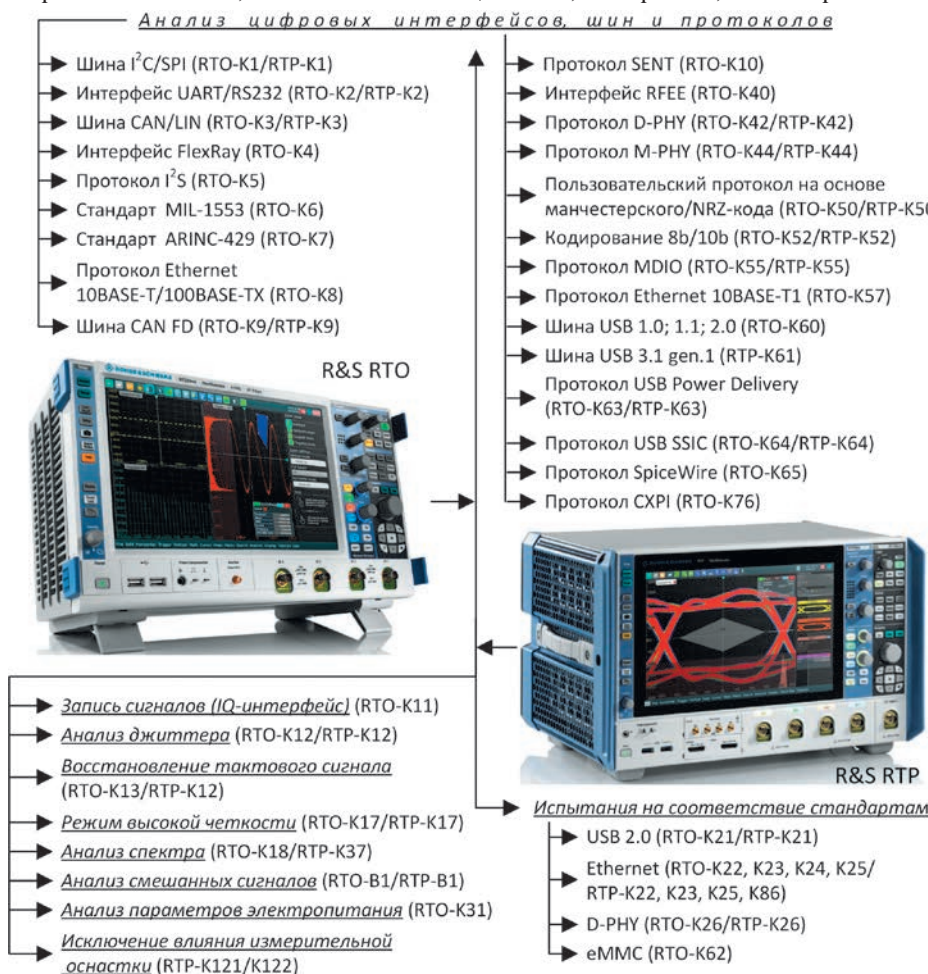


Рис. 2. Номенклатура опций для осциллографов серий R&S RTO и R&S RTP, реализующих расширенный анализ сигналов

*The article describes the expanded signal analysis capabilities based on measurements with postprocessing implemented using hardware and software options of modern digital oscilloscopes. There is also prerequisite analysis made for the development of such options, as well as their classification introduction. The present article will inform you of the whole range of practical tasks that can be solved with the options functional capabilities of R&S RTO and R&S RTP series oscilloscopes as one of the most advanced measuring instruments in the market.*



# 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 мкГц...10 МГц	1 мкГц...25 МГц	1 мкГц...50 МГц	1 мкГц...60 МГц	1 мкГц...150 МГц
Разрешение по частоте	1 мкГц				
Амплитуда (50 Ом)	1 мВ <sub>п-п</sub> ...10 В <sub>п-п</sub>				10 мВ <sub>п-п</sub> ...10 В <sub>п-п</sub> (≤10 МГц)
Разрешение по амплитуде	1 мВ <sub>п-п</sub> 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](http://www.eliks.ru); E-mail: [eliks@eliks.ru](mailto:eliks@eliks.ru)

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ  
НА [www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)





# ЦИФРОВЫЕ RLC-МЕТРЫ

Контроль тестового уровня



**Встроенный источник смещения**

**Анализ трансформаторов**



**CV-метрия!**



**AMM-3044/3046**

**AMM-3068/3088**

**AMM-3038/3058**

**Графический анализ кривых резонанса**



**1 МГц!**

**0,05%**

**AM-3028**

Параметры	AMM-3044/3046	AMM-3038/3058	AMM-3068/3088	AM-3028
Точность	0,05 %	0,05 %		0,05 %
Тестовая частота (макс.)	200 кГц	300 кГц/ 1 МГц		1 МГц
ЖК-дисплей	6 разрядов TFT	6 разрядов TFT (480x272)	6 разрядов TFT (800x480)	6 разрядов (320x240)
Ёмкость	0,00001 пФ...10 Ф			
Индуктивность	0,01 нГн...100 кГн			
Сопротивление	0,01 МОм...100 МОм			

**AM-3055**



**карманный**

**AMM-3033**



**Регистратор**

**+ мультиметр**

**AMM-3035**



**100 кГц**

**IP-67**

**+ графическая шкала**

**AM-3123  
AM-3125**



**USB**

**DCR**

**10/100 кГц**

Параметры	AM-3055	AMM-3033	AMM-3035	AM-3123/AM-3125
Точность	1,2 %	0,5 %	0,5 %	0,25 %
Тактовая частота (макс.)	3 Гц	10 кГц	100 кГц	10 кГц (AM-3123) 100 кГц (AM-3125)
ЖК-дисплей	3 ½ разряда; однострочный	3 5/6 разрядов; однострочный	4 ½ разряда; двухстрочный	5 разрядов; двухстрочный
Схемы измерения	2-х проводная	2-х проводная	4-х, 5-ти проводная	3-х, 5-ти проводная
Ёмкость	1 пФ...60 мФ	0,1 пФ...600 мкФ	0,01 пФ...20 мФ	0,01 пФ/0,001 пФ...20 мФ
Индуктивность	—	0,1 мкГн...100 Гн	0,001 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	0,1 Ом...10 МОм

Читайте об измерении паразитных параметров и сортировке RLC-компонентов на [www.eliks.ru](http://www.eliks.ru) в разделе "Мне нужно измерить..."



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



БОЛЬШЕ  
ИНФОРМАЦИИ НА  
[www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)

Подписывайтесь на каналы aktakom:





# НЕОБЫЧНЫЙ ГОД — НЕОБЫЧНЫЕ РЕШЕНИЯ... ИЛИ КАК ПРОЙДЕТ ВЫСТАВКА ELECTRONICA



## UNUSUAL YEAR — UNUSUAL SOLUTIONS... OR HOW ELECTRONICA EXHIBITION WILL BE HELD

**Александр Афонский (Alexander Afonskiy), Татьяна Афонская (Tatiana Afonskaya), Мария Боровская (Maria Borovskaya)**

**М**еждународная выставка electronica проводится раз в два года в Мюнхене, и мы никогда не оставляем ее без внимания. Как правило, именно на electronica можно увидеть все самые интересные новинки. Обычно мы рассказываем о данной выставке в нашем декабрьском выпуске, подводя итоги, информируя о представленных новинках и, конечно, делая впечатлениями от самого мероприятия. Чем примечателен этот год, наверное, не стоит и говорить. Тем не менее... В нашем предыдущем выпуске мы уже сообщали о выставке CES, которая полностью перейдет в цифровой формат в виду опасений организатора за здоровье посетителей и участников и в целях предотвращения распространения коронавируса. Организатор выставки electronica, Messe Munchen, решил пойти по такому же пути и готовится впервые принять гостей с 10 по 13 ноября в виртуальных залах electronica virtual, которая так же будет проведена в online-режиме. Поэтому данную статью мы хотели бы сделать не итоговой, а наоборот — предшествующей, неким путеводителем для всех, кто пожелает принять участие в electronica нового формата.



**Фальк Зенгер, управляющий директор Messe Munchen**

Надо отметить, что Messe Munchen, в лице управляющего директора Фалька Зенгера, прокомментировал ситуацию следующим образом: «Первоначально мы думали о проведении выставки в привычном формате. Мы бы предприняли все необходимые меры по безопасности и гигиене, это не было бы большой проблемой. Но наша выставка международная, и большинство наших уважаемых гостей из-за границы. А сейчас, к сожалению, во многих странах

введены ограничения на выезд, а значит большой процент посетителей просто не смог бы приехать. Поэтому мы решили адаптировать наши планы под сложившуюся ситуацию и теперь ориентируемся исключительно на виртуальный формат. Международные экспоненты и посетители — это сердце electronica. Без них выставка не сможет пройти в полную силу и произвести должное впечатление».

Многие представители ведущих отраслей промышленности выступили в поддержку такой идеи. Например, Курт Сиверс, председатель научно-консультационного совета выставки electronica и генеральный директор NXP Semiconductors, высказал свою точку зрения: «После переоценки ситуации я считаю решение Messe Munchen самым правильным, организаторы подошли к этому вопросу со всей ответственностью. Мы рады, что electronica virtual позволит экспонентам поддержать связь с международными клиентами даже в продолжающийся трудный период пандемии. Через эту цифровую платформу экспоненты смогут представить свои инновации, узнать о тенденциях в отрасли и эффективно пообщаться с клиентами и поставщиками».

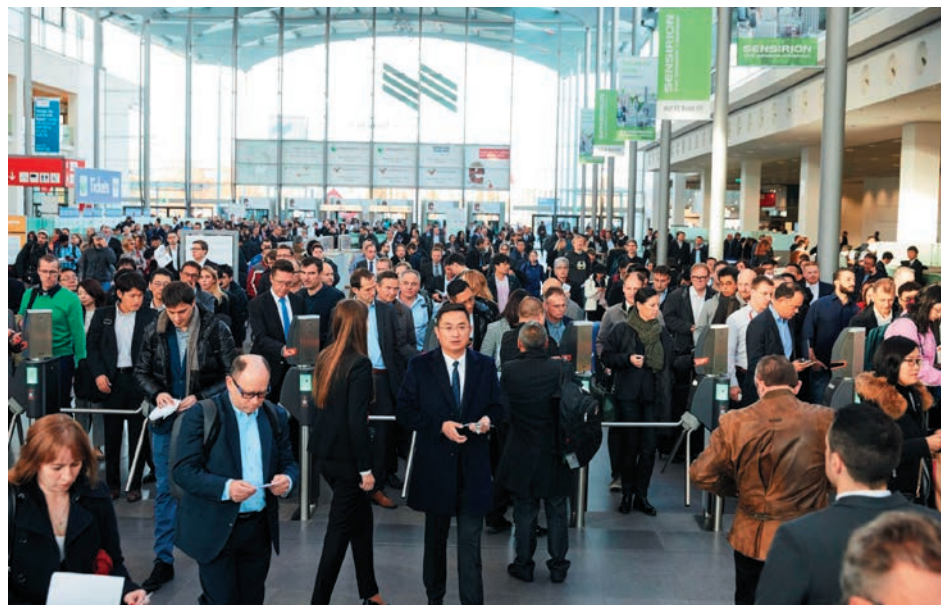
Messe Munchen выделяет несколько основных причин, почему electronica обязательна к посещению. Во-первых, эта выставка является одной из самых



**Курт Сиверс, председатель научно-консультационного совета выставки electronica и генеральный директор NXP Semiconductors**

крупных в Европе, и она не должна лишаться этого статуса из-за своей трансформации в онлайн-формат. Достаточно вспомнить хотя бы цифры прошлой выставки — 2018 года. Мероприятие посетило более 81400 человек из 101 страны! Число экспонентов составило свыше 3100! electronica широко освещалась в СМИ — было аккредитовано 512 журналистов из 30 стран!

Во-вторых, организатор планирует сохранить деловую программу в ее первоначальном виде. А это значит, что можно будет стать виртуальным участником сразу нескольких онлайн-конференций и дискуссий без опасения, что



**Выставка electronica 2018 встречает гостей**

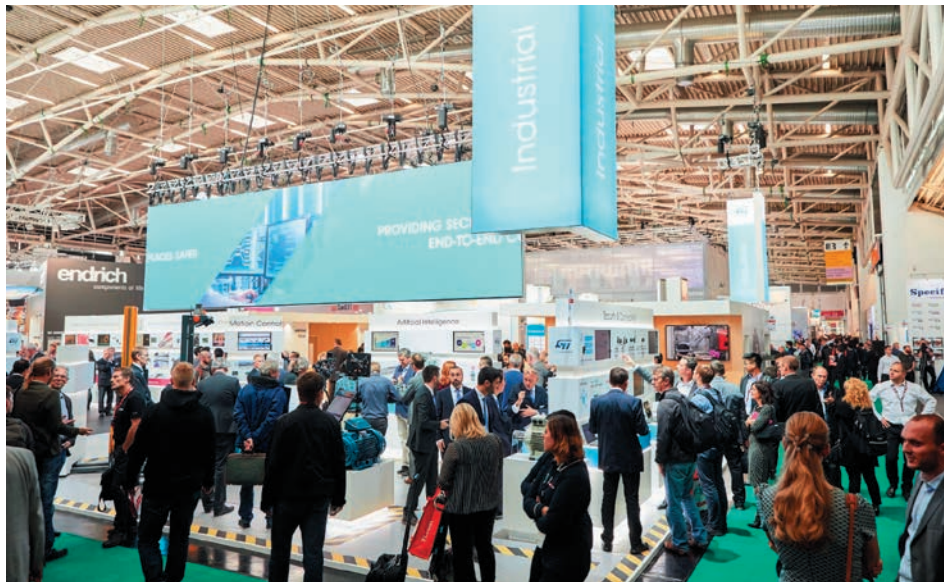


вам не хватит места в зале. Вы всегда сможете занять место в первом ряду.

В-третьих, обычные выставочные стенды превратятся в виртуальные. Вы абсолютно так же сможете увидеться со всеми участниками, получить ответы по интересующей вас продукции и даже обсудить ее дальнейшее приобретение.

Кроме того, у участников будет уникальная возможность посетить специальную площадку, оформленную для

И главное — остается по-настоящему внушительным тематический план, который будет охватывать практически все отрасли промышленности. Это медицинское оборудование, встраиваемая электроника, носимая электроника, беспроводные технологии, автомобильная электроника, программное и аппаратное обеспечение, интернет вещей (IoT), LED-технологии, силовая электроника, полупроводники, дисплеи,



Экспозиция выставки electronica 2018

стартапов. Мир электроники очень изменчив, всегда появляются новые идеи, которые потом воплощаются в готовые решения. Это уникальная онлайн-платформа для новичков, которые хотят набраться опыта, раскрыть свой потенциал и сделать шаг в направлении развития своего будущего бизнеса. А для компаний и специалистов уже опытных — это возможность узнать как можно больше о современных тенденциях, лучше ориентироваться в новинках, возможно, внедрить их в свою деятельность, наконец, это просто источник вдохновения и поток свежих идей.

сенсоры, печатные платы и многое другое. Этот список можно еще продолжать, ведь масштаб демонстрируемых разработок действительно впечатляет — от простых компонентов до комплексных устройств.

Стоит выделить три основных направления, которым в этом году будет уделено особое внимание — искусственный интеллект для встраиваемых систем, защита от кибер-атак, а также развитие скорости передачи данных посредством 5G и обеспечение их повышенной безопасности. Последняя из тем, действительно, в наше время явля-




На выставке electronica 2018



Кристоф Стоппок, глава подразделения Компоненты и мобильные системы Немецкой ассоциации производителей электроники ZWEI

ется популярной и очень актуальной. Например, по прогнозам Gartner, исследовательской и консалтинговой компании, специализирующейся на рынках информационных технологий, к 2023 году сети 5G будут востребованы в сегменте IoT, и база конечных точек IoT 5G увеличится с 3,5 млн. до 49 млн. Также, примерно через 3 года, автомобильная промышленность станет крупнейшим рынком для решений 5G IoT, а доля автомобилей, подключенных к сети 5G, вырастет до 74%.

В этом году многие мероприятия вынужденно перешли на онлайн-формат и были успешно проведены. Жизнь не должна останавливаться даже в подобной непростой ситуации. И здесь как нельзя лучше подходит высказывание Кристофа Стоппока, главы подразделения Компоненты и мобильные системы Немецкой ассоциации производителей электроники ZWEI: «Электронная промышленность и предлагаемые ею решения являются одной из основных движущих сил для перехода на цифровые технологии. Давайте проявим изобретательность и соберемся в этом году на виртуальной выставке! Это как раз подходящее время, чтобы наладить диалог и помочь дальнейшему развитию экономики. Будем надеяться, что со временем мир вернется к привычному ритму, а выставку electronica 2022 можно будет посетить уже лично».

По материалам Messe Munchen — организатора electronica 2020 ([www.electronica.de](http://www.electronica.de), [www.messe-muenchen.de](http://www.messe-muenchen.de)). 

*Messe Munchen will organize the world's leading trade fair and conference for electronics as a virtual event this year. The current travel restrictions in Europe, which are becoming more stringent, have required a re-thinking of planning. The digital format for electronica in November will give exhibitors the opportunity to book digital trade fair booths. electronica virtual will also provide all customers additional ways to interact and network. A large portion of the conference and supporting program will also be available digitally.*



# 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

- 2 канала: монтаж, пайка горячим воздухом
- Мощность до 760 Вт
- Термовоздушный паяльник: темп. нагрева до 450 °С / поток 24 л/мин
- Низковольт. монтажный паяльник (до 480 °С)
- Большой выбор наконечников
- Цифровой индикатор
- Простое управление

ASE-4205



- 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

АТР-3101



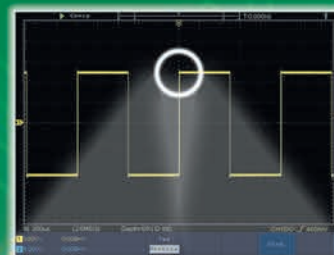
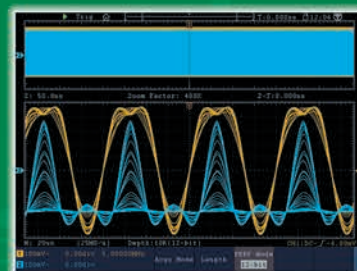


# ПЕРВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ АКТАКОМ С РАЗРЕШЕНИЕМ 12 И 14 БИТ!



@aktakom

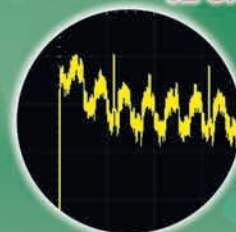
- ✓ До 4-х приборов в 1 корпусе :
  - Цифровой осциллограф с полосой 300 МГц
  - 1 или 2-х канальный генератор сигналов\*
  - Цифровой мультиметр 3 ¼ разряда\*
  - Анализатор протоколов I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232, CAN\*
- ✓ Большая глубина записи 40 миллионов точек
- ✓ Высокая скорость захвата осциллограмм 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](http://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 / 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](http://www.eliks.ru); E-mail: [eliks@eliks.ru](mailto:eliks@eliks.ru)



БОЛЬШЕ  
ИНФОРМАЦИИ НА  
[www.eliks.ru](http://www.eliks.ru)



# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ: ПРИЛОЖЕНИЯ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОРРЕКТИРОВКА МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

### MATHEMATICAL THEORY OF MEASUREMENT PROBLEMS: APPLICATIONS DETERMINATION AND ADJUSTMENT OF CALIBRATION INTERVALS FOR MEANS OF MEASUREMENT

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

#### ВВЕДЕНИЕ

В РМГ 74–2004 [1] межповерочный (межкалибровочный) интервал (МПИ) определен как промежуток времени  $T_{\text{МПИ}}$  или наработка  $\tau_{\text{МПИ}}$  между двумя последовательными поверками (калибровками) средства измерений (СИ). МПИ устанавливаются в календарном времени для СИ, изменение характеристик которых мало зависит от интенсивности их эксплуатации, и в значениях наработки — в противном случае.

Согласно Приказу Минпромторга России от 30 ноября 2009 года № 1081, МПИ определяют при испытаниях СИ в целях утверждения типа. Изменение интервала между поверками СИ устанавливается по результатам повторных испытаний в целях утверждения типа только в части определения продолжительности интервала. Интервал между поверками может быть изменен по решению Росстандарта на основании заявления держателя свидетельства об утверждении типа и результатов проверки установленного МПИ.

В ГОСТ 8.565–99 [2] критериями установления МПИ приняты показатели надежности или стабильности согласно доверительной вероятности, указанной в государственной поверочной схеме СИ данного вида. Значения интервала выбирают из ряда: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 15; 18; 21; 24; 30 и т.д. через 6 месяцев.

Известно, увеличение МПИ уменьшает стоимость эксплуатации СИ, увеличивая риск необнаруженного отказа, а уменьшение МПИ снижает этот риск за счет выработки ресурса СИ и роста

материально-технических затрат на метрологическое обеспечение.

При всем многообразии истории методов определения оптимальных МПИ СИ [3] решение задач этого типа как измерительных задач идентификации прогнозирующей модели дрейфа с учетом ее погрешности неадекватности было получено только в 1980-е годы методом максимума компактности (ММК) [4–9].

Напомним, ММК — статистический метод в рамках композиционного подхода и интерполяционной концепции вероятности [10]. Метод основан на модульных критериях воспроизводимости распределений вероятностей и схеме перекрестного наблюдения погрешностей неадекватности.

Логика статистического вывода ММК при идентификации математических моделей объектов реализует по критерию минимума среднего модуля погрешности неадекватности (СМПН) проверку нулевых гипотез вырожденности  $H_0$ , непрерывности  $H_{00}$  и композиционной однородности  $H_{000}$  зависимостей между величинами [10]. Тогда алгоритмы параметрической идентификации регрессионного анализа — методы максимального правдоподобия (МП), наименьших квадратов (МНК) и модулей (МНМ), медианной интерполяции (МЕД) — в схеме перекрестного наблюдения становятся алгоритмами структурно-параметрической идентификации. Их реализуют программы типа «ММК–стат» для статических измерительных задач и «ММК–дин» для динамических измерительных задач, в которых эти алгоритмы обозначены как

ММКМП, ММКМНК, ММКМНМ и ММКМЕДС [10].

Не последнюю роль в формировании ММК сыграл опыт исследований периодичности проверок и продления сроков эксплуатации техники, к надежности которой предъявляются повышенные требования [11–16], и аналогия с низкой частотой отказов СИ при поверке и калибровке.

На основе ММК были разработаны апостериорные прогнозирующие системы метрологического сопровождения (АПСМС) измерительных задач [17–20] и другие программы, реализующие логику статистического вывода ММК (табл. 1). А с середины 2000-х годов стали появляться специализированные АПСМС типа «ММИ–поверка» и «ММК–градуировка» и «ММК–калибровка» [21–23] — развитие Автоматизированной системы коррекции межповерочных интервалов АСК МПИ [13].

Хотя основные положения ММК введены в действие РРТ 507–98 [24], Р 50.2.004–2000 [10] и МИ 2916–2005 [25], метод не утратил актуальности при введении Р 50.1.037–2002 [26], ГОСТ Р 50779.21–2004 [27], РМГ 74–2004, ГОСТ Р ИСО 16269-6–2005 [28], ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 [29] и ГОСТ Р 58771–2019 [30].

Целью настоящей статьи является демонстрация результатов применения основных методических положений композиционного подхода в задаче определения МПИ СИ.

#### КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПОДХОД

Композиционный подход к определению периодичности поверки СИ впервые был применен для планирования и анали-

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СМС [7, 13]

Таблица 1

Тип	Прогнозирующая модель	Оценки погрешности неадекватности	Алгоритмы
АСК МПИ	Степенной кусочно-непрерывный ряд	Непараметрические частотные оценки СМПН	ММКМЕДС
Спектр–ММК	Тригонометрический ряд	Частотный спектр СМПН	ММКМНК
Прогноз–ММКМЕД	Степенной кусочно-непрерывный ряд	Смеси распределений Коши, бета, Лапласа, равномерного и Симпсона	ММКМНК, ММКМЕДС
Прогноз–ММКМП	То же	Смеси распределений Гаусса и равномерных распределений	ММКММП
Полёт–ММК	Модель динамики летательного аппарата	Статистическое распределение отклонений от траектории	То же
ММК–стат	Степенной кусочно-непрерывный ряд	СМПН	ММКМНК, ММКМЕДС
ММК–дин	Дифференциальное уравнение	То же	Двойное статическое решение
ММК–стат М	Многомерный степенной ряд	То же	ММКМНК, ММКМНМ

за эксперимента по опытной эксплуатации СИ с различными межповерочными интервалами, а также для анализа данных об эксплуатации СИ с целью адаптивной коррекции периодичности их поверки, что представляет особый интерес.

Дело в том, что после отмены ПР 50.2.009–94 [31] интервал между поверками согласно Приказу Минпромторга РФ от 30.11.2009 года № 1081 определяют при испытаниях СИ в целях утверждения типа, а его изменение устанавливается по результатам повторных испытаний в целях утверждения типа только в части определения продолжительности интервала между поверками средств измерений. Но на практике использование первого варианта приводит к увеличению длительности испытаний, и единственным источником экспериментальных данных становились данные об эксплуатации СИ в различных условиях.

Таблица 2

**ДАННЫЕ ТЕСТОВОГО ПРИМЕРА**

$t$	1	2	3	4	5
$y(t)$	8,43	10,41	9,67	9,93	8,40
$t$	6	7	8	9	10
$y(t)$	7,58	3,39	6,11	1,80	1,04

Однако в этих условиях идентификация распределения вероятностей отказа СИ в целях определения интервала между поверками имеет ряд особенностей:

- 1) данные об эксплуатации СИ — цензурированные выборки переменного объема и состава, для анализа которых традиционные статистические методы неприменимы;
- 2) выборки СИ одного типа не всегда образуют статистически однородную совокупность из-за различий в условиях эксплуатации и по наработке, что требует применения методов многомерного статистического анализа и программ «ММК–стат М» [10];
- 3) отсутствие мгновенной индикации отказов СИ вызывает смещение статистической функции распределения и, следовательно, оценок параметров распределений вероятностей для наработки до отказа средств измерений, т.к. момент выхода метрологической характеристики конкретного экземпляра СИ за границы поля допуска может быть установлен с точностью до интервала между поверками;

Таблица 3

**СМРН МОДЕЛЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОЖЕНИЯ**

Код $\vartheta$	ММКМНК	ММКМДС
100000	5,384	5,832
010000	12,21468	14,94971
110000	2,054802	3,157092
101000	<b>1,172496</b>	1,473368
100100	2,516791	0,972689
100010	–	2,466076
111000	1,91969	1,734218
111100	2,234646	0,8317308
111010	–	0,7552881
111001	–	<b>0,7515931</b>
110110	–	0,9491378
111110	2,739567	2,357703
111111	3,367495	141,0316

Программа «ММК–стат»: ММКМНК–модель дрейфа



Рис. 1. ММКМНК–модель характеристики положения

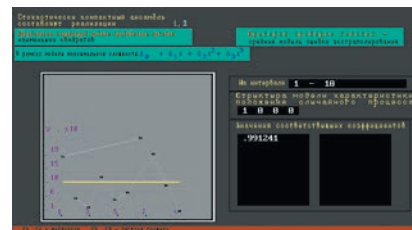


Рис. 2. ММКМНК–модель параметра рассеяния

Программа «ММИ–поверка»

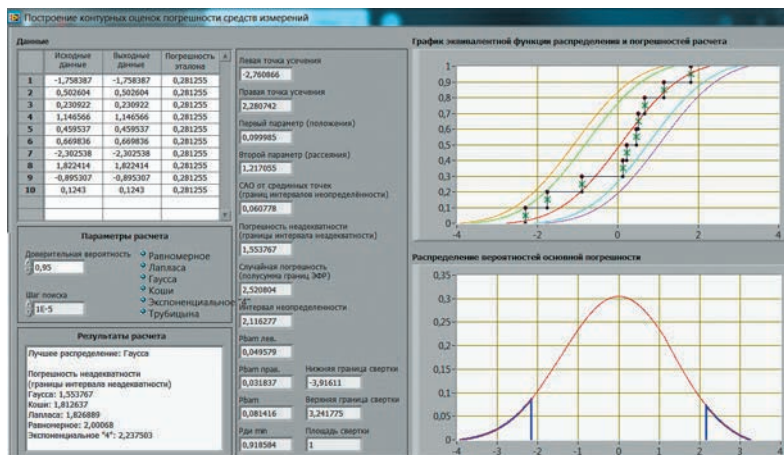


Рис. 3. Характеристика рассеяния дрейфа с 95%-й (0,918584 + 0,049579) зоной толерантности [-3,91611; 3,241775]

- 4) высокая надежность СИ требует продолжительных испытаний или использования ускоренных методов, т.к. для подтверждения требуемой вероятности безотказной работы выше  $P_{тр}$  необходимо не менее  $1/(1-P_{тр})$  экземпляров СИ;
- 5) аномальная чувствительность оценок математического ожидания и стандартного отклонения в виде среднего арифметического и СКО для характеристик погрешностей к отклонениям от нормального распределения приводит к смещению оценок моментов наступления отказов.

Поэтому для повышения воспроизводимости результатов анализа применяют:

- 1) метод параметрической идентификации для модели распределения вероятностей по критерию минимума погрешности неадекватности в схеме перекрестного наблюдения;
- 2) представление неопределенности момента возникновения отказа на интервале между контрольными поверками равномерным распределением согласно МИ 1317–2004 [32];
- 3) введение функции распределения, содержащей экспоненту с полиномиальным показателем степени, вида

$$F_{ME}(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{m=1}^M \lambda_m \cdot t^m\right);$$

- 4) переход к структурно-параметрической идентификации распределений вероятностей с использованием контурных оценок [25].

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МПИ

Измерительная задача определения МПИ в общем случае сводится к нахождению модели дрейфа характеристики СИ как функции календарного времени, наработки и влияющих величин в стандартной задаче нахождения момента времени  $t_{1-P}$  достижения случайным процессом заданной границы с вероятностью  $(1-P)$ .

Рассмотрим пример ее решения на основе теста Ивахненко–Степашко [33], которым исследовалась помехоустойчивость МНК–моделей в методе группового учета аргументов, использовавшем схему перекрестного наблюдения делением пополам выборки данных

$$y(t) = 10 - 0,1t^2 + \sigma\xi, \quad t = \overline{1, N},$$

где  $\xi$  — некоррелированные гауссовы псевдослучайные числа с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией, отмасштабированные заданным уровнем «шума»  $\sigma$  от 3 до 400% [34].  
Пример для характеристики положения модели дрейфа полиномом не 3-й степени [35], а с запасом в два параметра [10]:

$$\tilde{y}(t) = \vartheta_0 \cdot \theta_0 + \sum_{m=1}^2 \vartheta_m \cdot \theta_m \cdot t^m, \quad (1)$$

где  $\vartheta = \vartheta_0 \vartheta_1 \vartheta_2 \vartheta_3 \vartheta_4 \vartheta_5$  — двоичный код структуры. Характеристики рассеяния наблюдаемой составляющей  $\Xi$  представим согласно МИ 2916–2005 [25] композицией распределений

$$f_{\Xi \rightarrow R}(\delta) = \frac{F_{\Xi}(\delta - a) - F_{\Xi}(\delta - b)}{b - a},$$

где  $\delta$  — отклонение от характеристики положения,  $R$  — символ равномерного распределения на интервале  $[a, b]$  согласно МИ 1317–2004 [32].

Непосредственно для данных теста [33] ограничимся выборкой  $N = 10$  при  $\sigma = 10\%$  (табл. 2) и погрешности эталона  $\theta \leq 0,1$  для идентификации модели



дрейфа СИ в границах  $[+15 > y(t) > -5]$  в условных единицах тоже для условных единиц времени, равных  $T_{МПИ}$ , с вероятностью  $P = 0,95$ .

Проверка системы нулевых гипотез показала отсутствие «разладок», а для ММКМНК-моделей характеристики положения дрейфа по критерию минимума СМПН (табл. 3) выделила модель с кодом  $\vartheta = 1010$  (рис. 1):  
 $\tilde{y}_{0101}(t) = 10,28205 - 0,0936635 \cdot t^2$   
 при СМПН  $\tilde{\varepsilon}_{1010}^{[2]} = 1,172496$  и среднем абсолютном отклонении (САО)  $\bar{d}_{1010} = 0,99124105$ .

Тогда дополнительная составляющая погрешности за счет возможного смещения характеристики СИ относительно плана измерений [35, 36]

$$\Omega = \text{СМПН} - \text{САО}$$

или  $\tilde{\varepsilon}_{1010}^{[2]} - \bar{d}_{1010} = 0,18125495$ .

И в свертке (2) следует учесть эквивалентный предел допускаемой погрешности эталона  $\theta_2 = 0,1 + 0,18125495 = 0,28125495$ .

Наиболее правдоподобной ММКМНК-моделью зависимости параметра рассеяния как среднего арифметического модуля отклонений от характеристики положения  $d = y(t) - \tilde{y}(t)$  является соответствующая гипотезе  $H_{000}$  модель с кодом  $\vartheta = 1000$  (рис. 2).

Таблица 4

### ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ММКМНК-ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОЖЕНИЯ

t	d(t)	t	d(t)
1	-1,7583865	6	0,669836
2	0,502604	7	-2,3025385
3	0,2309215	8	1,822414
4	1,146566	9	-0,8953065
5	0,4595375	10	0,1243

На рисунке 3 представлены результаты идентификации характеристики рассеяния для типовых усеченных распределений: равномерного, Лапласа, Гаусса, двойного экспоненциального с параметром формы «4» и Трубицына. Наиболее правдоподобным по критерию минимума контурной оценки погрешности неадекватности оказалось усеченное распределение Гаусса с квантилем уровня  $\leq 0,05$  равным  $-3,91611$ .

Соответственно момент  $t_{1-0,95}$  будет решением уравнения

$$\tilde{y}_{0101}(t) - 3,91611 = -5:$$

$$t_{1-0,95} = 11,01583668 \cdot T_{МПИ}$$

Так как погрешность прогноза определяется размерами интервала наблюдения, деленного на число параметров модели плюс один, то с вероятностью не ниже  $P = 0,95$  прогнозируемая характеристика СИ будет находиться в границах допуска только в течение

Таблица 5

### ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ММКМЕДС-ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОЖЕНИЯ

t	d(t)	t	d(t)
1	-0,5613923953	6	0,3050138362
2	0,6547033491	7	-2,238493479
3	-0,2555110676	8	2,256645499
4	0,4010951718	9	-0,3831244317
5	-0,2171494375	10	0,122502

Программа «ММК-стат»: ММКМЕДС-модель дрейфа

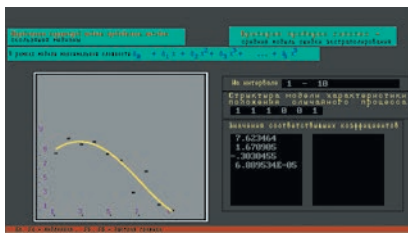


Рис. 4. ММКМЕДС-модель характеристики положения

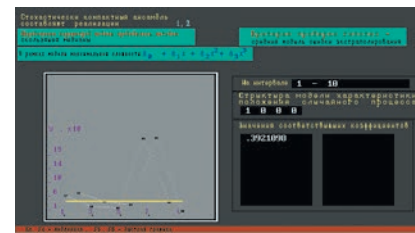


Рис. 5. ММКМЕДС-модель параметра рассеяния

Программа «ММИ-проверка»

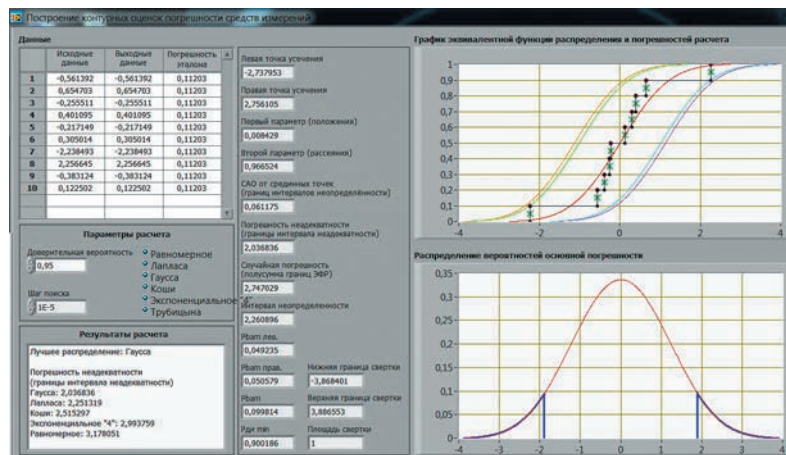


Рис. 6. Характеристика рассеяния дрейфа с 95%-й (0,900186+0,050579) зоной толерантности [-3,868401; +1,9]

$T_{МПИ}$  после последней проверки в момент времени  $t = 10T_{МПИ}$ .

В отличие от метода группового учета аргументов ММК предусматривает перебор методов параметрической идентификации, и более точной по критерию минимума СМПН оказалась ММКМЕДС-модель с кодом структуры  $\vartheta = 111001$  (табл. 3, рис. 4):

$$\tilde{y}_{111001}(t) = 7,623464 + 1,670905t - 0,3030455t^2 + 6,889534 \cdot 10^{-5}t^5$$

при СМПН  $\tilde{\varepsilon}_{111001}^{[2]} = 0,7515931$  и САО  $\bar{d}_{111001} = 0,7395630668$  или  $\theta_2 = 0,11203003325$ .

Отклонения от этой модели представлены в таблице 5.

В этом случае наиболее правдоподобным по критерию минимума контурной оценки погрешности неадекватности оказалось усеченное распределение Гаусса с квантилем уровня  $\geq 0,95$  равным  $+1,9$ . И хотя экстраполяция этой модели указывает на момент достижения верхней границы допуска  $t_{1-0,95} = 14,5969901 \cdot T_{МПИ}$ , действительность положительного прогноза о на-

хождении прогнозируемой характеристики СИ в границах допуска с вероятностью не ниже 0,95 сохраняется только на  $2T_{МПИ}$ . Тем самым задача прогнозирования срока очередной проверки сводится к нахождению ближайшего момента достижения границы зоны толерантности допустимого значения погрешности СИ.

Для парка СИ перечисленные выше особенности задачи адаптивной коррекции МПИ требуют применения логики статистического вывода ММК в полном объеме [10]. Это дает различные результаты для СИ одного типа.

В таблице 6 приведены результаты метрологической аттестации АСК МПИ. В выборке из 88 эталонов было предсказано и подтверждено 6 отказов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт решения измерительных задач установления МПИ СИ показал, что основными факторами, влияющими на точность получаемых результатов и

Таблица 6

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АСК МПИ СИ ВЫСШЕЙ ТОЧНОСТИ [13]

Эталон		Число поверочных точек	МПИ (год)				Апостериорная достоверность прогноза, %
Тип	Количество		2,0	1,5	1,0	<1	
A1-2	7	336	2	2	3	-	100
G2-6B	10	10	10	-	-	-	100
ГО-...	11	11	3	7	1	-	90,9
D1-13	12	36	3	2	6	1	94,4
M1-7	2	12	-	1	1	-	83,3
M1-8	4	36	4	-	-	-	88,9
M1-11	2	16	-	-	-	2	100
НЗ ВНИИМ	6	6	1	1	2	2	83,3
НЗ КХ482	7	7	2	1	4	-	100
ПТС-10	12	12	6	3	3	-	83,3
СК2-15	5	15	-	-	5	-	93,3
Я2М-21	6	36	2	-	3	1	88,9
Всего	84	533	33	17	28	6	96,8



уровень доверия к ним, являются следующие:

- неполнота учета погрешностей неадекватности математических моделей на основе критерия Фишера в теории планирования эксперимента, особенно в условиях неравноточности измерений и статистической неоднородности данных испытаний;
- отсутствие многоальтернативной проверки непараметрических гипотез;
- использование экспертных оценок;
- применение без привязки к экспериментальным данным методов статистического моделирования, которое к тому же не может адекватно моделировать события с очень высокой или очень низкой вероятностью появления;
- решение задач на основе моментов, а не распределений, из-за неоднозначности связи между ними, часто приводит к завышению уровня доверия.

О необходимости учета этих особенностей напомнил ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 [29], а с 1 марта 2020 года — и ГОСТ Р 58771–2019 [30].

Заметим, анализ теста Ивахненко–Степашко с точки зрения ММК показал на одну из проблем имитационного моделирования — несоответствие оптимальных статистических оценок и характеристик датчиков псевдослучайных чисел.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. РМГ 74–2004 ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.
2. ГОСТ 8.565–99 ГСИ. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов.
3. Богданов Г.П., Кузнецов В.А., Лотонов М.А., Пашков А.Н., Подольский О.А., Сычев Е.И. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники. Под ред. В.А. Кузнецова. М.: Радио и связь, 1990.
4. Вопросы кибернетики, ВК-94. Статистические методы в теории обеспечения эксплуатации. Под ред. С.Ф. Левина. М.: АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1982.
5. РМ–88 Методика назначения сроков очередной аттестации и поверки средств измерений высшей точности в приборостроении. М.: ВНИИМСП, 1988.
6. РМ–89 Методика адаптивной коррекции межповерочных интервалов средств измерений. М.: ВНИИМСП, 1989.
7. Левин С.Ф., Блинов А.П. Научно-методическое обеспечение гарантированности решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами // Измерительная техника. 1988. № 12. С. 5–8.
8. Левин С.Ф. Гарантированность программ обеспечения эксплуатации техники / Методические рекомендации. Киев: Знание, 1989.
9. Блинов А.П., Левин С.Ф., Антипов А.П., Кольшков А.А., Сапьяник И.В. Коррекция межповерочных интервалов в процессе эксплуатации образцов средств измерений // Измерительная техника. 1990. № 4. С. 8–10.
10. Р 50.2.004–2000 ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения.
11. Левин С.Ф. Комбинированный метод статистического моделирования. М.: АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1978.
12. Левин С.Ф. Контроль технических объектов по аварийным и определяющим параметрам / Методические рекомендации. Киев: Знание, 1992.
13. Левин С.Ф. Метод максимума компактности и комплексные измерительные задачи // Измерительная техника. 1995. № 7. С. 15–21.
14. Метрологическое обеспечение испытаний и эксплуатации сложных объектов. Научно-методические материалы. Под ред. С.Ф. Левина. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1996.
15. Левин С.Ф. Об измерительных задачах косвенного функционального контроля технического состояния летательных аппаратов // Измерительная техника. 1996. № 5. С. 9–13.
16. Левин С.Ф. Погрешности измерений и вычислений как причина «катастрофического феномена 1985–1986 годов» в авиационной и ракетно-космической технике // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2000. № 3. С. 21–24.
17. Левин С.Ф., Баранов А.Н., Веретенин Д.А., Халед Х.М. Оценивание характеристик достоверности прогнозирующего контроля в автоматизированных системах метрологического сопровождения // Измерительная техника. 1991. № 12. С. 18–20.
18. Пособило В.А. Применение метода максимума компактности для прогнозирования изменения метрологических характеристик эталонов // Измерительная техника. 1995. № 6. С. 13–14.
19. Левин С.Ф., Маркова Е.В., Пособило В.А. Системы метрологического сопровождения измерительных задач // Контрольно-измерительные приборы и системы. 1997. №4. С.13–14.
20. Левин С.Ф., Лисенков А.Н., Сенько О.В., Харатьян Е.И. Система метрологического сопровождения статических измерительных задач «ММК–стат М». Руководство пользователя. М.: Госстандарт РФ, РОСТЕСТ–Москва, Вычислительный Центр РАН, 1998.
21. Гогин С.С. Программа «ММИ–поверка» // Измерительная техника. 2006. № 7. С. 20–21.
22. Сулейман И.А. Методика решения измерительной задачи поверки на основе усеченных функций распределений // Измерительная техника. 2012. № 1. С. 28–30.
23. Невская Е.Е. Оценивание апостериорной достоверности поверки средств измерений характеристик ионизирующих излучений // Измерительная техника. 2017. № 1. С. 13–15.
24. РРТ 507–98 ГСИ. Задачи измерительные. Методы решения. Термины и определения.
25. МИ 2916–2005 ГСИ. Идентификация распределений вероятностей при решении измерительных задач.
26. Р 50.1.037–2002 Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть II. Непараметрические критерии.
27. ГОСТ Р 50779.21–2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
28. ГОСТ Р ИСО 16269–6–2005 Статистические методы. Статистическое представление данных. Определение статистических толерантных интервалов.
29. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
30. ГОСТ Р 58771–2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска.
31. ПР 50.2.009–94 ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
32. МИ 1317–2004 ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
33. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. Киев: Наукова думка, 1985.
34. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Численное исследование помехоустойчивости многокритериальной селекции моделей. Автоматика. 1982. № 4. С. 26–35.
35. МИ 187–86 МУ ГСИ. Средства измерений. Критерии достоверности и параметры методик поверки. М.: ВНИИМС, 1986.
36. Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач: Приложения. Основная измерительная задача испытаний средств измерений в целях утверждения типа // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2018. № 5. С. 32–38. ☑

*The experience of calibration intervals determination shows that there are several factors that may affect the results. In the following article professor S. Levin provides the detailed information concerning these factors, and demonstrates the results of the main methodological aspects of the compositional approach to determine the calibration intervals.*



# ТОКОВЫЕ КЛЕЩИ превосходный выбор



## АТК-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**

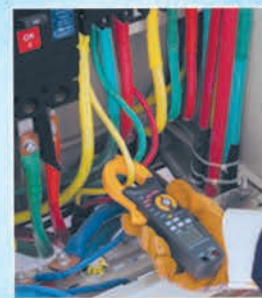
- Измерение постоянного/ переменного тока: 0,1...1000 А
- Измерение постоянного/ переменного напряжения: 1 мВ...600 В
- Базовая погрешность: 1,5%
- Компактный размер



## 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

**Токосые 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



## АСМ-2036

**Компактный прибор с функциями мультиметра**

- Измерение постоянного и переменного тока до 200 А
- Измерение постоянного и переменного напряжения до 600 В
- Удержание пиков < 10 мс



## АСМ-1803

**Токосые клещи-адаптер**

- Измерение постоянного/ переменного тока до 400 А
- Аналоговый выход 1 мВ/А и 10 мВ/А
- Диаметр обхвата 30 мм
- Бесконтактный детектор напряжения

**Большинство приборов в Государственном Реестре средств измерений!**







Генераторы сигналов

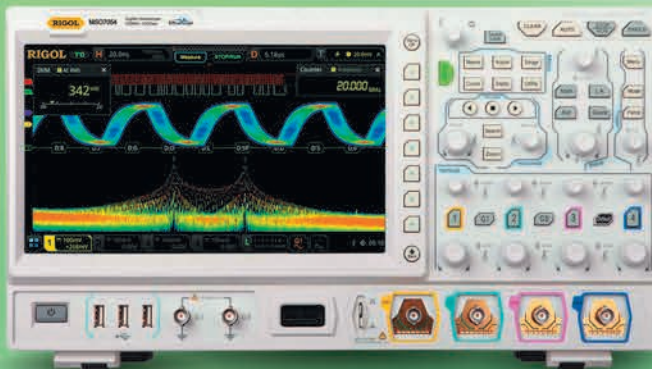


Источники питания



Анализаторы спектра

## Новые комбинированные цифровые осциллографы



Система коммутации и сбора данных

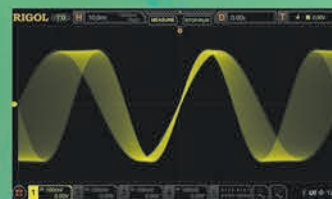


Цифровые мультиметры



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 Гц + 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 <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I <sup>2</sup> S, MIL — опции	I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I <sup>2</sup> S, MIL — опции	I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/ UART, LIN/CAN, FlexRay, I <sup>2</sup> 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](http://www.irit.ru)

