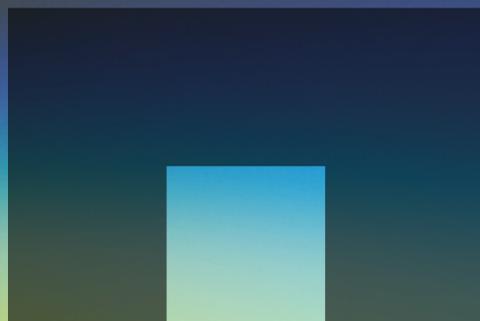


МАРТ | 2019 | №1 (21)

ЭКСПЕРТ+

ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ



Сверим часы

Увеличение «золотого часа»
на сборочной линии

О значении сличения

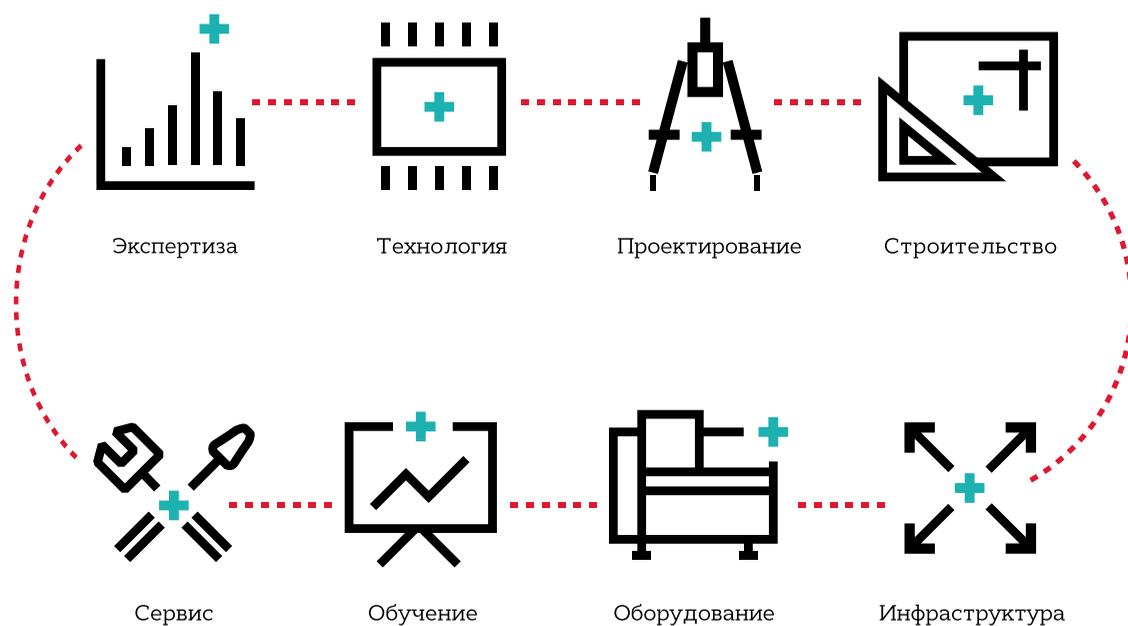
Необходимость
межлабораторных сличений
в современной метрологии

Lego для инженера

Контрольный
программно-аппаратный
комплекс Acculogic

+ Отраслевой интегратор

**Решение ключевых задач при создании
предприятия по производству
радиоэлектронной аппаратуры**



От редакции



Василий Орехов,
директор по маркетингу,
компания «Диполь»



Трудные времена рождают сильных людей



В очередной раз нам повезло жить в эпоху перемен. Ближайшие пять-десять лет определят, куда движется российская радиоэлектронная отрасль, и обещают стать показательными и очень интересными.

Цифры статистики говорят, что российская электронная промышленность составляет десятые доли процента от мировой. Объемы выпуска продукции крупнейших российских компаний, большую часть которой исторически составляют изделия военного назначения, на три порядка меньше, чем у мировых лидеров отрасли. Частные компании предоставлены сами себе, работают в узких технологических нишах рынка и большинство из них не связаны друг с другом. Способных выйти на простор большого конкурентного рынка — единицы.

Однако, несмотря на все существующие рыночные ограничения, у российской электронной промышленности есть шанс на сценарий развития, отличный от инерционного. Звучит парадоксально, но именно стремительно развивающийся мир технологий дает возможность вскочить на подножку этого сверхскоростного поезда. Распространение дополненной и виртуальной

реальности, производство энергоэффективных приборов, индивидуальных носимых устройств, промышленный и бытовой «Интернет вещей» — таковы перспективные направления, которыми можно и нужно заниматься.

Если предприятия, которые выделяются из госсектора, чтобы расти и развиваться, будут интегрировать свои технологии с технологиями общего применения и привлекать частные компании для серийного производства, а ведущие частные компании начнут собирать профильные активы в холдинги, масштаб и темпы развития отрасли будут совсем другими.

В этих условиях важную роль играют инжиниринговые и научно-производственные компании, являющиеся экспертами рынка и своеобразными посредниками в налаживании связей между участниками рынка.

Мы традиционно приглашаем коллег к обмену знаниями, контактами, мнениями на страницах журнала «Эксперт+», у нас в офисе, на выставках, на наших семинарах, проходящих по всей стране, поскольку убеждены, что в одиночку достичь успеха в сегодняшних реалиях невозможно.

Содержание



4. Технологии

Сверим часы

12.

Метрология

Поверить осциллографу

20.

Метрология

О значении сличения

32.

Оборудование

Проверка
на импортозамещение

42.

Оборудование

Lego для инженера

50.

Технологии

Моделирование
здоровой жизни

58.

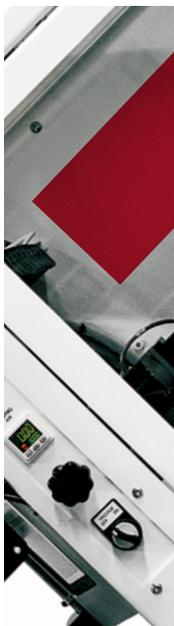
Технологии

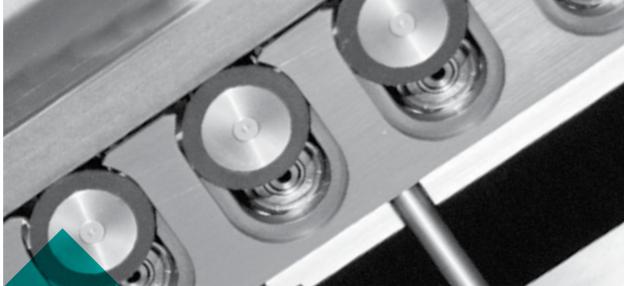
«Пусть лучше он прогнется
под нас...»

68.

Новость

Новейшая разработка
для испытаний
на помехоустойчивость





Научно-технический журнал «Эксперт+» является корпоративным информационным изданием компании «Диполь». Журнал посвящен инновационным решениям для разработки, производства и испытаний электронной техники.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 — 58957 от 05 августа 2014 года.

Учредитель ЗАО «Диполь Технологии». Периодичность выхода — 4 раза в год. Тираж 2500 экз.

Распространяется бесплатно.

Подписка на журнал осуществляется запросом в произвольной форме на электронный адрес: expert@dipaul.ru

Редакционный совет:
Алексей СМЫШЛЯЕВ
Василий ОРЕХОВ
Главный редактор:
Алексей СМЫШЛЯЕВ
Дизайн и верстка:
Борис ГУБАРЕВ

Компания «Диполь»
Санкт-Петербург
(812) 702 12 66
Москва
(495) 645 20 02
Нижний Новгород
(831) 464 97 27
Екатеринбург
(343) 227 12 66
Казань
(843) 208 59 99
Прага
+420 2 5573 9633

expert@dipaul.ru
www.dipaul.ru



72.

Оборудование

В отмывании — доходы



78.

Технологии

Держать руку на пульсе

86.

Технологии

Дай пять!



94.

Оборудование

Нарушение границ



100.

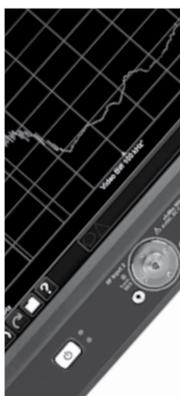
Технологии

«Место, где свет»

106.

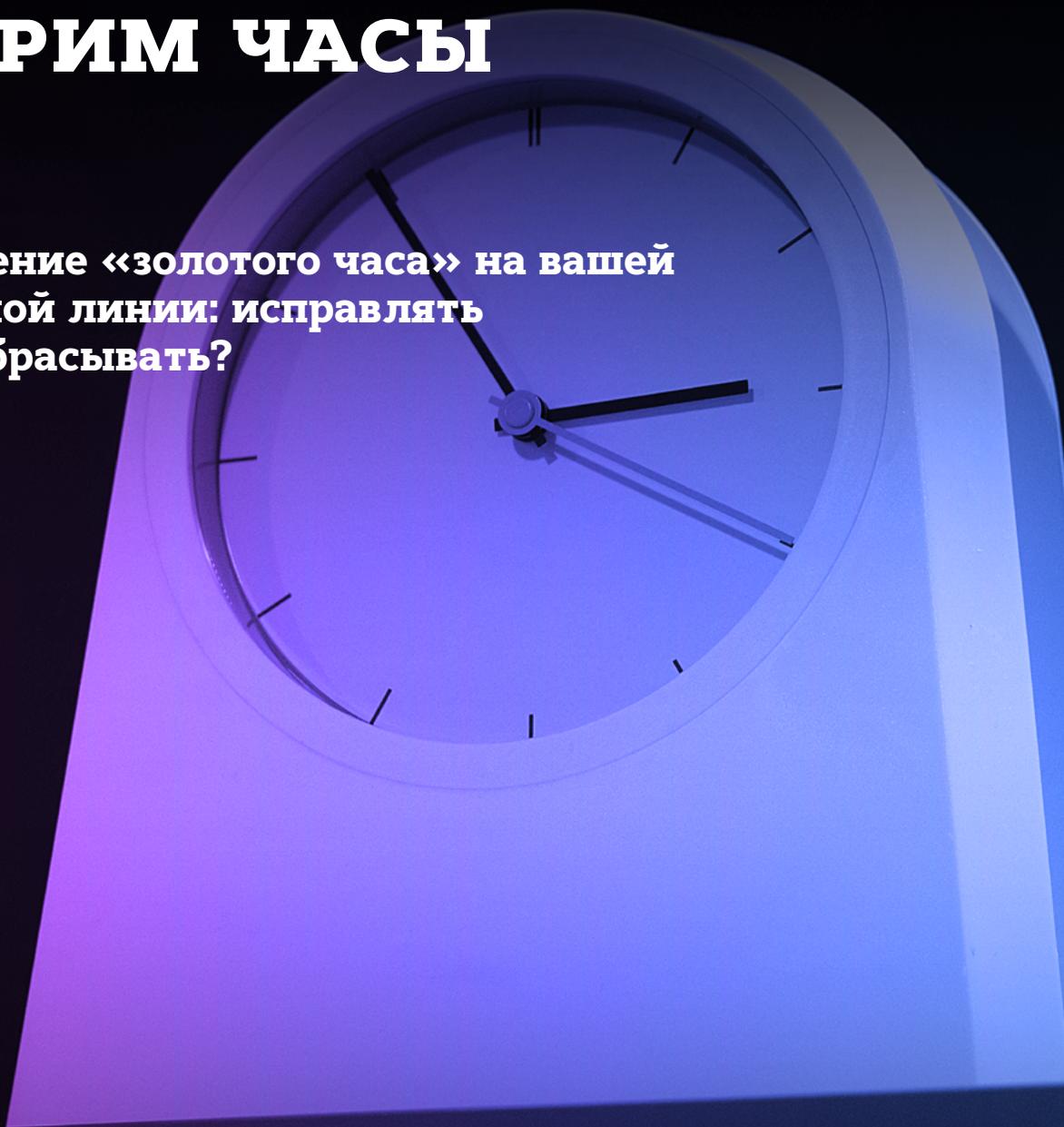
Событие

WorldSkills-2018



СВЕРИМ ЧАСЫ

Увеличение «золотого часа» на вашей сборочной линии: исправлять или выбрасывать?





Вячеслав Фадеев,
руководитель направления
«Контрольное оборудование»
fadeev@dipaul.ru

Первый час после получения травмы именуют «золотым часом», называя решающим интервалом времени для успешного проведения неотложной терапии. Конечно, нет ничего важнее человеческой жизни, но несколько минут простоя сборочной линии тоже могут стоить очень дорого, принося убытки в миллионы рублей. Поэтому в технологиях поверхностного монтажа также существует понятие «золотой час».

Общепризнано, что более 70% дефектов пайки связано с процессом нанесения паяльной пасты. Эти дефекты представляют серьезную проблему в отрасли, особенно с учетом тенденции к миниатюризации компонентов и появлением таких типоразмеров, как 0201/01005/003015, и подобных. Производители не могут позволить себе выбрасывать платы с установленными на них компонентами из-за логистических проблем, а также из-за незапланированных трат на комплектующие. Однако если производитель не может оперативно устранить возникшую проблему с нанесением пасты, то риск возникновения дефектов распространяется на большой объем продукции. Ведущие производители систем контроля прилагают все усилия для увеличения срока «золотого часа», внедряя инновационные решения, в том числе интегрированные инструменты коррекции дефектов нанесения пасты.

Почему нужно контролировать количество припоя (паяльной пасты)

Какое количество припоя является оптимальным? Слишком большое количество паяльной пасты приведет к образованию перемычек при пайке, а недостаточное — обернется такими дефектами, как эффект «надгробного камня», смещение, непропай, и прочими.

В широко распространенном поверхностном монтаже часто наблюдается дефект в виде недостаточного количества припоя, поскольку паяльная паста имеет тенденцию забивать небольшие отверстия трафарета и не может попасть на контактную площадку в должном объеме.

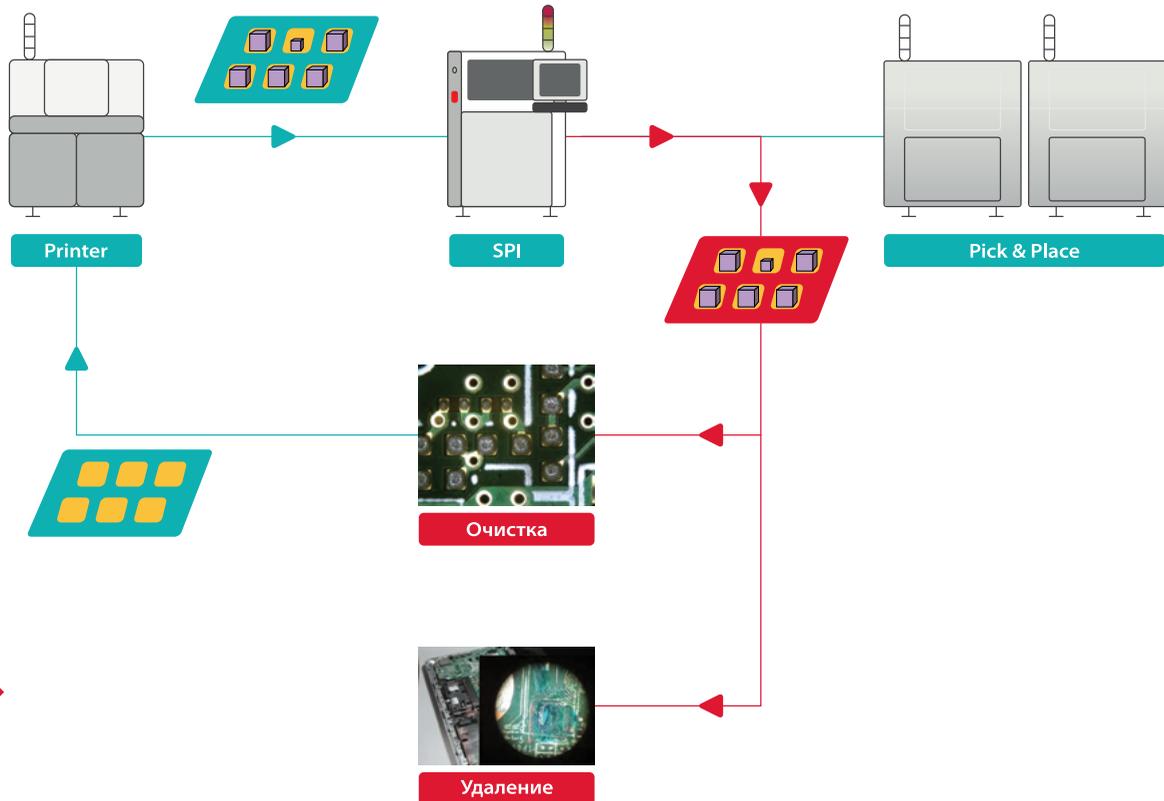


Рис. 1. Стандартная схема устранения неисправностей в нанесении пасты

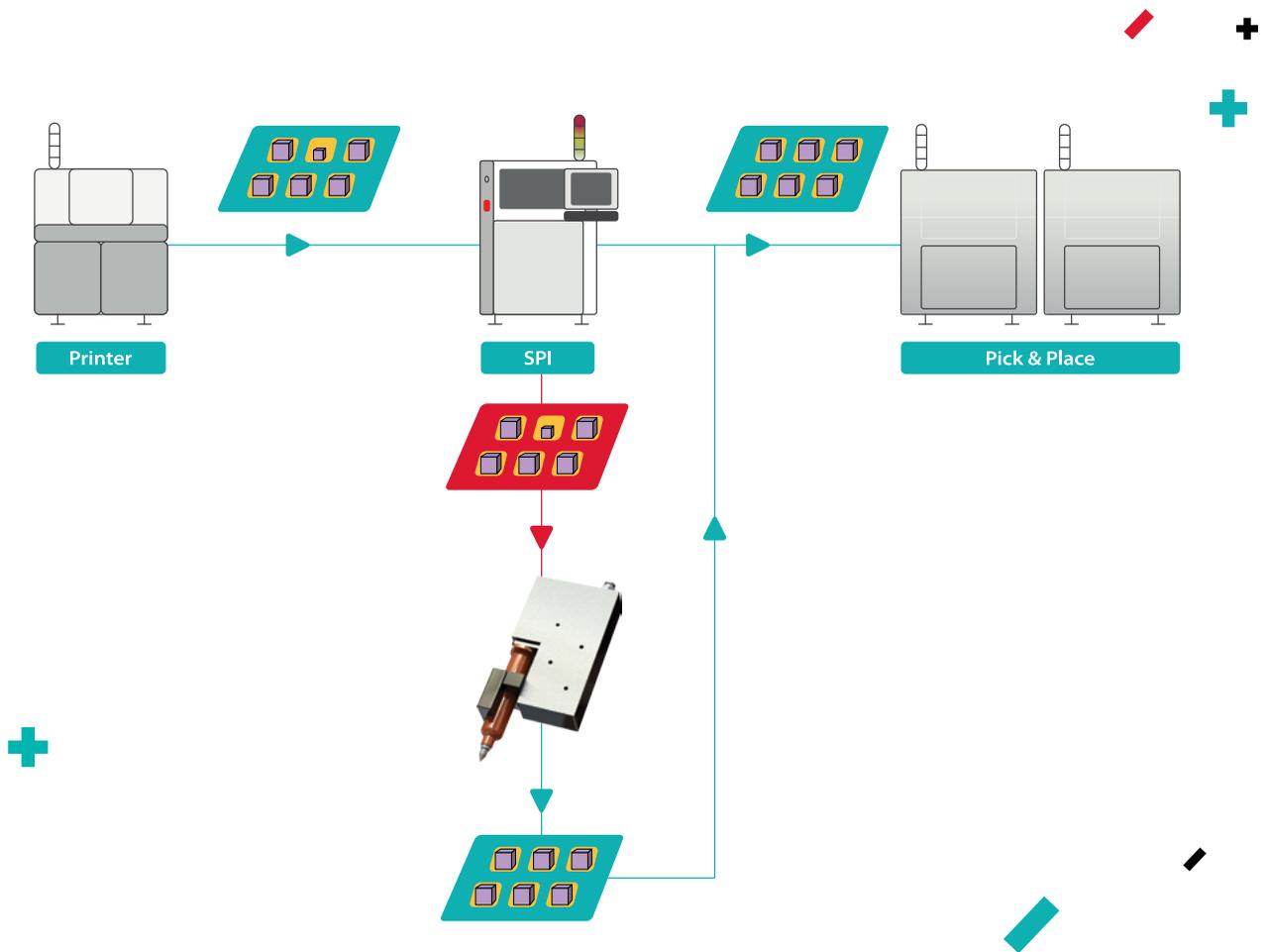


Рис. 2. Схема работы с дефектами с помощью системы Auto Repair

В этом случае плату необходимо полностью очистить от пасты, после чего заново припой наносят на принтере (рис. 1). Однако существуют инновационные решения в виде метрически-измерительного контроля, что позволяет исправлять дефекты с помощью специальных дозирующих инструментов (рис. 2).

Исправление дефекта

Исправление дефекта нанесения пасты можно разделить на два типа: традиционный способ (контактное нанесение иглой) и бесконтактная струйная технология. Оба метода имеют как преимущества, так и ограничения. На рис. 3 видно, что дозирование с помощью иглы подходит для многих типов монтажа, включая монтаж BGA-микросхем. Однако в такой системе должно выполняться требование к одинаковому расстоянию по оси Z (по

высоте, то есть по расстоянию между иглой и контактной площадкой) между подложкой и концом иглы. Из-за указанных факторов уменьшается повторяемость и точность нанесения. Бесконтактная струйная технология совсем другой, относительно новый метод с превосходной скоростью дозирования, но данную технологию отличает меньшая гибкость из-за ограниченного количества типов паяльной пасты, сертифицированных для струйного нанесения.

Способы нанесения	01005 (0402 мм)	0201 (0603 мм)	CSP 0,3 мм	01005 (0402 мм)	CSP 0,4 мм
Дозирование с помощью иглы	✓	✓	✓	✓	✓
Струйное нанесение		✓	✓		✓

Рис. 3. Рекомендуемый метод нанесения в зависимости от типа монтажа

Автоматическое дозирование с повышенной точностью

Современное производство нуждается в гибком и простом в использовании оборудовании. Отвечая потребностям отрасли, компания Koh Young разработала новую

систему дозирования Auto Repair для своей высокопроизводительной платформы KY8030-3, предназначенной для трехмерного контроля паяльной пасты.

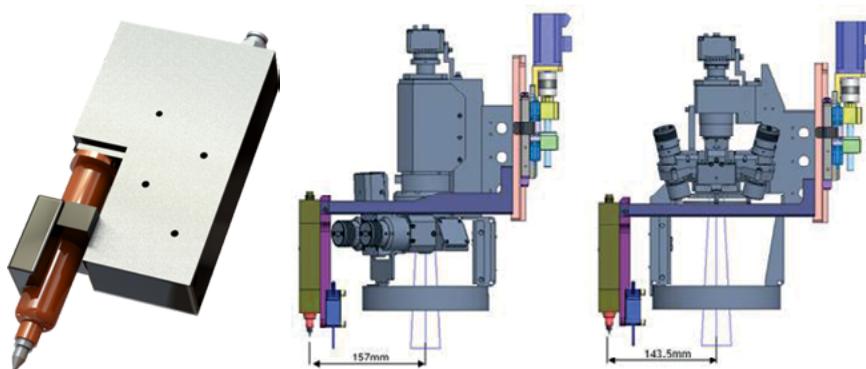


Рис. 4. Внешний вид системы ремонта, встраиваемой в измерительную голову



В системе Auto Repair, встраиваемой в измерительный блок, для точного измерения расстояния по оси Z вместо механических датчиков применяются лазерные сенсоры. Этот инновационный метод демонстрирует превосходные результаты при анализе точности и повторяемости нанесенного объема пасты (рис. 5).

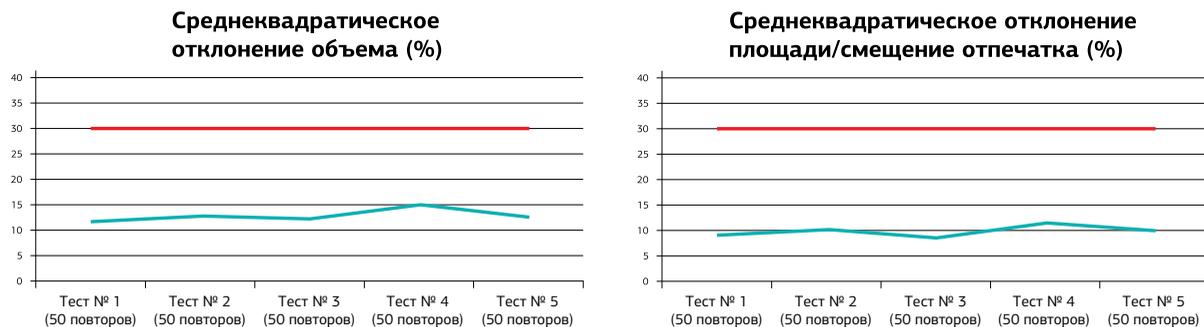
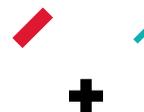


Рис. 5. Результаты оценки повторяемости значений объема и площади для системы Koh Young (каждый тест выполнялся независимо по 50 раз)

Благодаря безупречно спроектированной механической конструкции система трехмерного контроля паяльной пасты компании Koh Young позволяет с высокой точностью инспектировать и выявлять дефекты припоя. В отличие от других систем трехмерного контроля, в которых инспекция выполняется в процессе движения, система Koh Young использует тех-

нику stop and shoot («остановка — снимок»). При этом устраняются нежелательные вибрации и необходимость сшивания изображений. При оснащении высокоскоростной платформы KY8030-3 системой Auto Repair пользователь получает комплексное решение, без потребности организовывать отдельное рабочее место для ремонта ПП.





Минимум обслуживания

Разработчики системы Auto Repair учли такие вопросы, как обслуживание системы и простота эксплуатации. В системе дозирования паяльной пасты отсутствует поршень, способный раздавить частицы припоя и вызвать засорение сопла. Вместо этого в диспенсере Auto Repair используется давление воздуха, что уменьшает износ и повышает срок службы сопла. Это также значительно увеличивает

интервал между обслуживанием — до семи дней. Если требуется чистка, замена шприца происходит быстро и легко благодаря специальной конструкции держателя, позволяющей освобождать его в одно касание. Минимизация обслуживания повышает рентабельность инвестиций за счет сокращения трудовых и материальных затрат.



Превосходная гибкость

Благодаря гибкому конструктивному исполнению система Auto Repair позволяет учесть большое число производственных переменных. Например, представьте, что у вас есть сто печатных плат с разными топологиями и разными компонентами — для каждого типа компонентов требуется разное количество паяльной пасты. В этом случае система Auto Repair может оказаться эффективным решением, особенно при работе с небольшими BGA-микросхемами и миниатюрными компонентами для поверхностного монтажа (рис. 6). Она дозирует припой для устранения ошибок, связанных с недостаточным количеством припоя в широком диапазоне типоразмеров компонентов, включая 0402 при расстоянии между площадками более 100 мкм. Кроме того, динамическое отслеживание оси Z автоматически регулирует расстояние между головкой

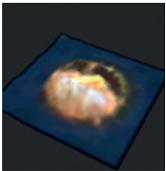
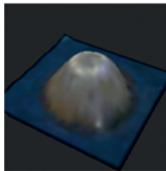
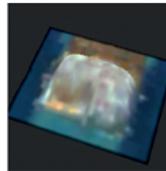
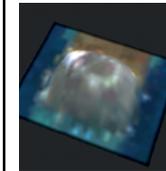
Площадка для BGA		Площадка для конденсатора	
ДО	ПОСЛЕ	ДО	ПОСЛЕ
			
Объем: 5,57% Площадь: 16,25%	Объем: 62,79% Площадь: 86,54%	Объем: 58,92% Площадь: 73,66%	Объем: 89,21% Площадь: 95,9%

Рис. 6. Изображение дефектной площадки до и после ремонта системой Auto Repair

и поверхностью платы для поддержания идеального фокусного расстояния и предотвращения ошибочного распознавания из-за деформаций печатных плат. Такая гибкость предоставляет пользователям возможность легко увеличивать объемы производства и эффективность своих сборочных линий.



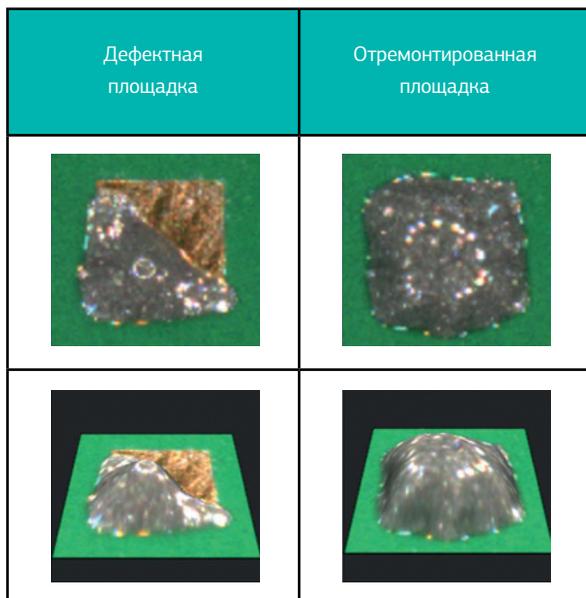


Рис. 7. Пример отремонтированной платы: сверху — фотоснимок проблемной контактной площадки; внизу — результат измерений 3D-системы того же участка

Будущее за «умными» заводами

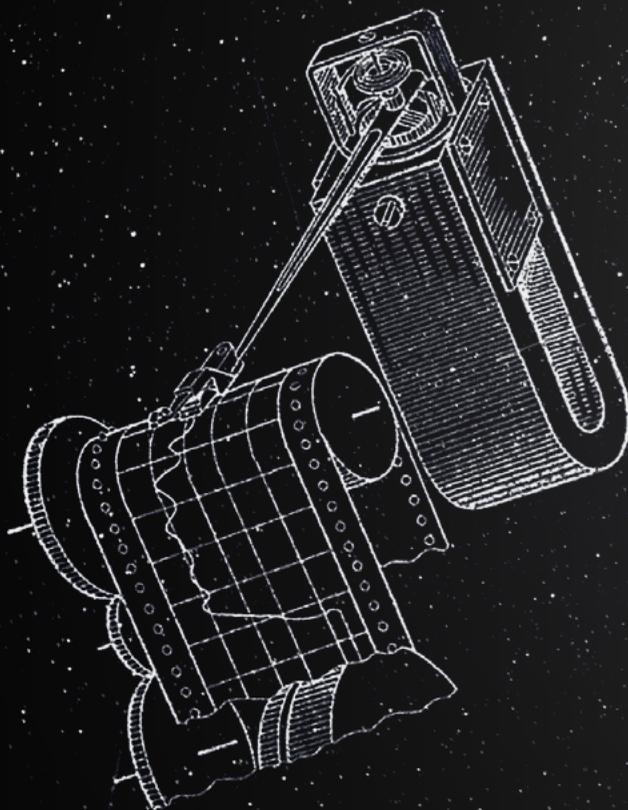
Промышленные предприятия все активнее принимают на вооружение «Индустрию 4.0». По многим аспектам система Auto Repair относится к этой производственной стратегии. Совмещая трехмерный контроль с системой исправления дефектов, Auto Repair обеспечивает замкнутый процесс и устраняет лишние операции очистки плат или их перемещения в отходы. Кроме того, в составе системы имеется панель управления процессом в реальном времени, с помощью которой операторы могут своевременно проверять качество исправления дефектов и принимать правильные решения, сравнивая данные с предыдущими результатами.

Auto Repair с искусственным интеллектом распознает сложные формы площадок для припоя, формирует выводы и рекомендации по оптимизации процесса печати паяльной пасты. Какое будущее ждет систему Auto Repair на «умных» заводах? По футуристическим прогнозам, оборудование будет самоисправлять дефекты, поэтому дополнительные работы по устранению недостатков могут вовсе не понадобиться. Но в ближайшее время Auto Repair останется практической необходимостью эффективного производства.

Заключение

Нанесение паяльной пасты — один из самых важных этапов поверхностного монтажа, поскольку именно на этой стадии возникает большинство дефектов. Их скорейшее устранение значительно повышает экономию средств за счет исключения из процесса операций чистки, последующей обработки и снижения доли выбрасываемых или испорченных чисткой плат. По мере увеличения стоимости и сложности работ по исправлению дефектов продление «золотого часа» с помощью системы Auto Repair увеличивает производительность и объем выхода годной производственной продукции.

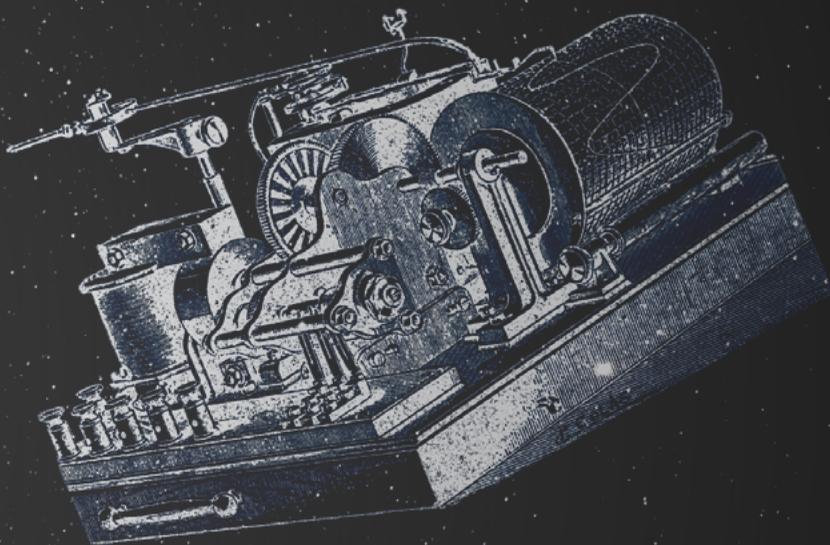
ПОВЕРИТЬ ОСЦИЛЛОГРАФУ





Павел Николаев,
главный метролог
nikolaev@pg-spb.ru

Со времени вступления человечества в эру электричества прошло больше двух веков. За минувшие десятилетия разработано огромное количество разнообразных электронных приборов. Но единственным устройством, позволяющим наблюдать форму электрического сигнала, записывать и оценивать его параметры, так и остался осциллограф.



История создания

Первый осциллограф появился на свет благодаря французскому физику Андре Блонделю. В 1893 году он сумел решить вопрос интегральной синхронизации, что позволило создать бифилярный осциллограф. Но нужно отметить, что самый первый прибор для наблюдения электрических сигналов разработал физик из Казани Роберт Андреевич Колли. Еще в 1885 году им был создан прототип светолучевых (шлейфовых) осциллографов — осциллометр.

В 1897 году немецкий ученый Карл Фердинанд Браун создал первый катодно-лучевой осциллограф для индикации электромагнитной волны.

В 1907 году еще один российский ученый, профессор Борис Львович Розинг предложил телевизионную систему с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ) с видимым изображением, на экране которой он увидел форму электрического разряда молнии. Эта система и стала прообразом электронного осциллографа.

Наиболее значительные усовершенствования осциллографов получили после окончания Второй мировой войны.

Появление вычислительной техники, становление технологий расщепления атома и радиолокации стали основными двигателями в развитии осциллографии.

В 1946 году Говард Воллум и Мелвин Джек Мердок изобрели так называемый осциллограф со ждущей разверткой, имевший полосу пропускания 10 МГц. Это окончательно превратило осциллограф в универсальный измерительный прибор, способный измерять большое количество электрических параметров.



Типизация

По логике работы осциллографы делятся на следующие категории: аналоговые (отображают сигнал в режиме реального времени), запоминающие (аналоговые и цифровые), стробирующие (используют для получения изображения формы сигнала упорядоченный (или случайный) отбор мгновенных значений исследуемого сигнала и осуществляют его временное преобразование). Основное их предназначение — отображение формы сигнала в прямоугольной системе координат, где по оси абсцисс находится время развертки, а по оси ординат — уровень (амплитуда) входного сигнала. Таким образом, получается, что главные характеристики осциллографов непосредственно связаны с измерением времени и уровня напряжения.

Насколько точно осциллограф измеряет эти и другие характеристики сигнала, подаваемого на его вход, проверяется в процессе поверки — комплексе операций, направленных на подтверждение точностных параметров, заявленных производителем.



Цифровые осциллографы используют современный метод автоматических измерений, позволяющий исключить ошибку оператора





Поверка — по всем правилам

Основной характеристикой точности измерения является погрешность — отклонение измеренного значения того или иного параметра сигнала от действительного значения, поступающего на вход осциллографа.

Рассмотрим основные характеристики, проверяемые при проведении поверки осциллографа.

1. Погрешность коэффициента отклонения или связанная с ним погрешность измерения амплитуды напряжения.

В большинстве случаев у аналоговых осциллографов погрешность измерения напряжения составляет около 3–8%. Такие значения обусловлены тем, что измерения проводятся визуально по клеткам экранной сетки, в то время как цифровые осциллографы (их погрешность 1–3%) используют современный метод автоматических измерений, позволяющий исключить человеческий фактор (ошибку оператора).

В качестве примера на рис. 1 приведена осциллограмма измерения постоянного напряжения осциллографом Keysight DSOX6002A.

На вход осциллографа подается постоянное напряжение 150 мВ. Измеренное значение равно 149,62 мВ, погрешность измерения 0,38 мВ (при допустимой погрешности 3 мВ).

2. Погрешность коэффициента развертки или связанная с ней погрешность измерения временных интервалов.

У аналоговых осциллографов чаще всего погрешность коэффициента развертки составляет 3–10%, так как развертка формируется аналоговой схемой. В этом случае отсутствует возможность с высокой точностью установить частоту генератора развертки.

В цифровых осциллографах точность установки коэффициента развертки может составлять 0,00005–0,01%, поскольку горизонтальная развертка формируется цифровым



Рис. 1. Осциллограмма измерения постоянного напряжения осциллографом Keysight DSOX6002A

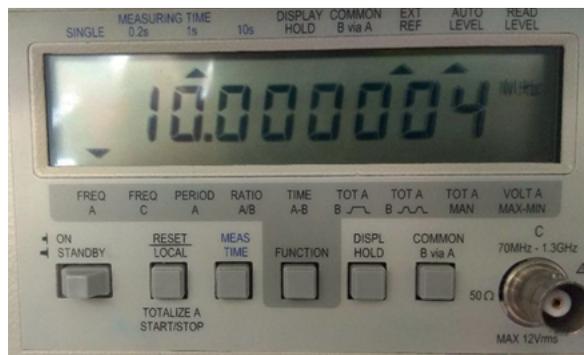


Рис. 2. Значение частоты внутреннего опорного генератора осциллографа Keysight DSOX6002A, измеренное частотомером CNT 90

образом и непосредственно связана с точностью внутреннего опорного генератора частоты.

В качестве примера на рис. 2 приведено значение частоты внутреннего опорного генератора осциллографа Keysight DSOX6002A, измеренное частотомером CNT 90. Измеренное значение частоты равно 10,000004 МГц, погрешность составляет $0,4 \cdot 10^{-6}$ при допустимом значении $0,5 \cdot 10^{-6}$.



Для проверки характеристик осциллографов создан универсальный прибор — калибратор осциллографов Fluke 9500B



3. Полоса пропускания или параметры переходной характеристики.

Полоса пропускания — диапазон частот, в пределах которого осциллограф обеспечивает прием сигнала без существенного искажения его формы.

Оценка этих параметров основана на анализе воспроизведения осциллографом сигнала с бесконечным спектром — прямоугольного импульса, с большой скважностью и малым временем нарастания.

По измерению времени, в течение которого импульс меняет свое значение от уровня 0,1 до уровня 0,9 (время нарастания импульса), по формуле (1) делается вывод о фактической полосе пропускания осциллографа:

$$F_{\text{верх.}} = \frac{0,35}{\tau_n} (1)$$

где τ_n — измеренное осциллографом время нарастания импульса.

В качестве примера на рис. 3 приведена осциллограмма измерения времени нарастания.

На вход осциллографа Keysight MSO-X2012A подается испытательный импульс с фронтом 300 пс. Измеренное значение времени нарастания — 2,6 нс, рассчитанное значение полосы пропускания — 134,6 МГц при заявленной полосе пропускания 100 МГц.



Рис. 3. Осциллограмма измерения времени нарастания испытательного импульса осциллографом Keysight MSO-X2012A

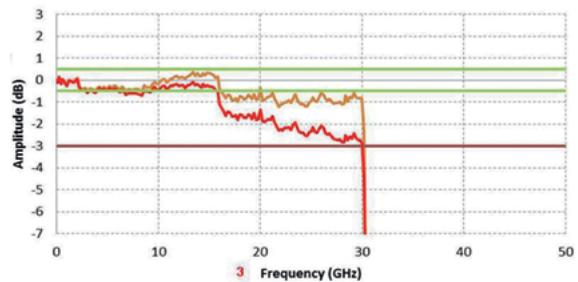


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики двух разных осциллографов с полосой пропускания 30 МГц

4. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ). АЧХ показывает зависимость размаха осциллограммы синусоидального сигнала от его частоты.

Измерение АЧХ осциллографов выполняется подачей на вход синусоидального сигнала с генератора ряда частот с постоянной амплитудой. При этом измеряется амплитуда этого сигнала по осциллограмме и строится график АЧХ.

Верхняя частота среза осциллографа определяется как частота сигнала, на которой его измеренная амплитуда падает до уровня 0,7 (-3 дБ) относительно уровня сигнала на опорной частоте (обычно 1 кГц или 1 МГц, но не менее 1/20 полосы пропускания осциллографа).

На рис. 4 представлены АЧХ двух разных осциллографов с полосой пропускания 30 МГц.

Для проверки как основных (вышеперечисленных), так и других характеристик осциллографов создан универсальный прибор — калибратор осциллографов Fluke 9500B, обладающий необходимым программным и аппаратным потенциалом, позволяющим как в ручном, так и в полностью автоматическом режиме (в сочетании с мощным программным пакетом Fluke MET/TEAM) проводить поверку осциллографов.

Уникальная технология активных головок, применяемая в данном приборе, позволяет подавать испытательный сигнал нужной формы напрямую на вход осциллографов без дополнительных кабелей.

С учетом того, что каждое базовое устройство калибратора способно контролировать до пяти головок, подача, контроль и переключение всех сигналов, необходимых для поверки 4-канального осциллографа, могут осуществляться без вмешательства оператора и внешних переключений.

Помимо автоматизации процесса поверки, программа MET/TEAM позволяет документировать результаты поверки, вести учет средств измерений, а также разрабатывать новые процедуры калибровки осциллографов.

Необходимо отметить, что качество выпускаемой продукции гарантируется грамотным построением технологических процессов, качество которых в свою очередь полностью зависит от расположения этапов контроля и исправности средств контроля (средств измерения).

В настоящее время на государственном уровне организована деятельность по контролю применяющихся средств измерения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерения (Приказ Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015). Это означает, что все производители обязаны документально подтверждать качество измерений, проводимых в технологических процессах.

В большинстве случаев как метод контроля используется процедура метрологической поверки.



Для справки

Благодаря наличию современного оборудования (в том числе калибратора Fluke 9500B), специализированного ПО и внедренного процесса автоматизации метрологическая служба компании «Диполь» гарантирует достоверность результатов измерений, высокую скорость, а также конкурентную стоимость выполнения поверочных и калибровочных работ.

Заказчикам предлагаются следующие варианты услуг по поверке и калибровке средств измерений: первичная, периодическая и внеочередная поверка — срок выполнения от двух (при срочном заказе) до 12 рабочих дней, стоимость 3500 рублей.

После проведения работ выдается свидетельство о поверке.



Рис. 5. Изображение свидетельства о поверке на цифровой осциллограф

По согласованию с заказчиком также предоставляется протокол поверки. Если фактическая погрешность прибора превышает допустимую для

него величину, прибор считается забракованным. В этом случае выдается извещение о непригодности с указанием причины.

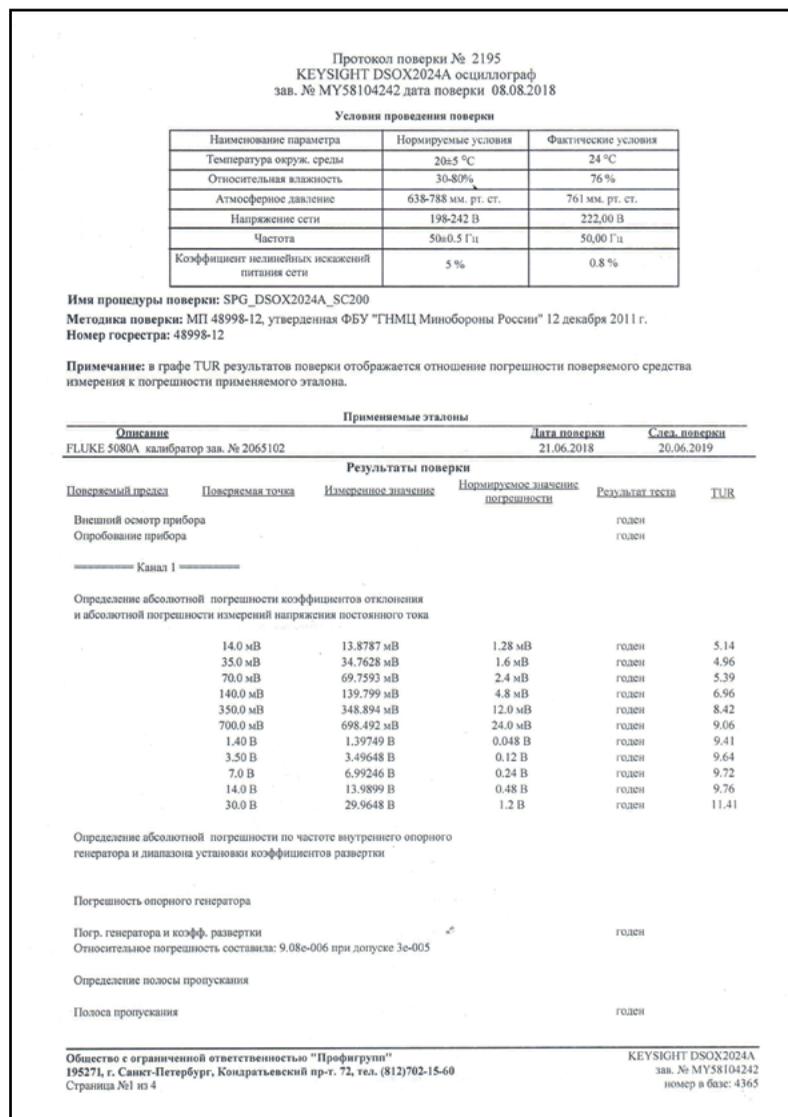


Рис. 6. Форма протокола автоматизированной поверки цифрового осциллографа

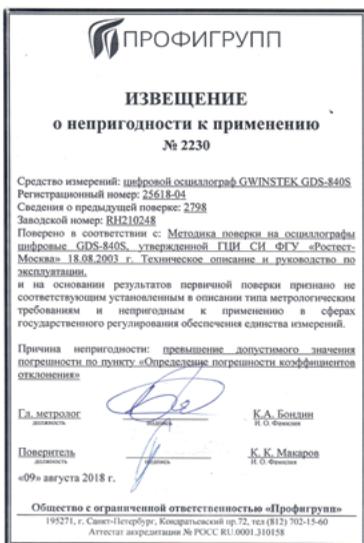


Рис. 7. Извещение о непригодности к применению цифрового осциллографа

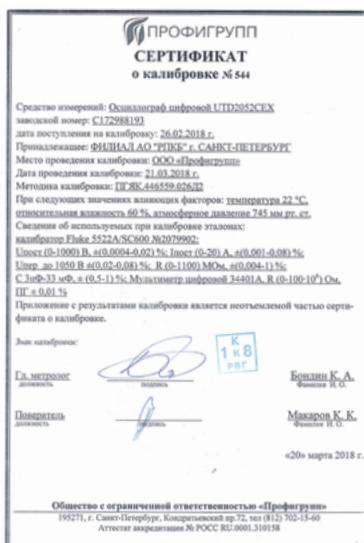


Рис. 8. Сертификат о калибровке цифрового осциллографа

При этом заказчику предлагается возможность проведения ремонта в сервисном центре «Диполя» или калибровки осциллографа (по разработанной в лаборатории и согласованной с заказчиком методике), на основании которой владелец самостоятельно принимает решение о возможности использования данного средства измерения в своей деятельности.

Срок проведения калибровки зависит от сложности прибора, количества калибруемых параметров и составляет 7–20 рабочих дней.

На основании результатов калибровки клиенту предоставляется сертификат, неотъемлемой частью которого является протокол калибровки, где указаны действительные характеристики.



О ЗНАЧЕНИИ СЛИЧЕНИЯ

Необходимость межлабораторных сличений в современной метрологии

Современная метрология — это не только наука об измерениях, но и широкая область деятельности специалистов метрологических служб, других подразделений предприятий, лабораторий и испытательных центров, конструкторов и технологов, инженеров, техников и рабочих. Существуют десятки видов метрологических работ: от простых и сложных (косвенных) измерений до поверки и калибровки средств измерений, аттестации методик измерений, испытаний новых датчиков и измерительных систем. В международной практике все большее значение приобретают технологии межлабораторных сличений, имеющие широкие потенциальные возможности.



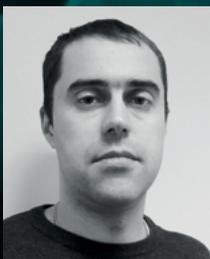
Анатолий Кривов,
заместитель директора
АО «НПФ «Диполь»,
доктор технических наук,
профессор
ask@dipaul.ru



Константин Бондин,
генеральный директор
ООО «Профигрупп»
bondin@pg-spb.ru



Екатерина Смирнова,
инженер по метрологии
и стандартизации
SmirnovaEA@dipaul.ru



Павел Николаев,
главный метролог
nikolaev@pg-spb.ru

Состояние современной прикладной метрологии является итогом многолетней деятельности и международного сотрудничества метрологов различных отраслей экономики. Поэтому для объяснения, зачем в последние годы специалистам потребовалось развивать межлабораторные сличения (МСИ), надо обратиться к базовым положениям метрологии.

Отечественная концепция единства измерений или распространенное за рубежом понятие прослеживаемости измерений принимаются за основу метрологической практики. Совокупность метрологических работ реализует два основных постулата, в соответствии с которыми должны быть обеспечены:

- сходимость результатов многократных измерений одной и той же величины в одинаковых условиях и одинаковыми методами и средствами измерений;
- воспроизводимость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах и различными методами и средствами измерений.

Выполнение обоих тезисов связано с большим количеством объективных и субъективных условий и факторов, соблюдение которых играет важную роль в метрологической практике. Сторонники развития МСИ, а это, главным образом, зарубежные специалисты, считают, что традиционные способы и процедуры проверки лабораторий в ходе их аккредитации не гарантируют выполнение всех условий. Даже в аккредитованных поверочных или калибровочных лабораториях могут возникнуть неучитываемые факторы, приводящие к ошибочным результатам.

МСИ как способ контроля качества метрологических работ практически неизвестен метрологам отечественных предприятий. На сайтах метрологических организаций можно найти единичные предложения по раундам сличений результатов калибровки средств измерений. Такая ситуация объясняется сложившейся практикой метрологического обеспечения промышленности. Прикладная метрология в нашей стране базируется на методологии обеспечения единства измерений как для сферы государственного регулирования, так и вне ее, например при технологических измерениях. На практике полагается, что выполнение требований законодательства и базовых стандартов к основным метрологическим работам гарантирует необходимое качество результатов поверки и калибровки. Такому подходу соответствует развитие контроля качества работ «по вертикали», через аккредитацию, предоставление полномочий, отраслевой (корпоративный) аудит, государственный и внутренний метрологический надзор. Пригодность средств измерений обеспечивается «доведением» единицы величины по государственной поверочной схеме и «правильной» организацией метрологических работ в соответствии с разработанными стандартами предприятий. Влияние дополнительных факторов на качество поверки приборов и точность результатов измерений, связанных с «незначительными» отклонениями условий измерений, изменением характеристик средств измерений и эталонов в течение межповерочного интервала,

методическими особенностями измерений, как правило, промышленными метрологами не оценивается. А при организации метрологических работ и вовсе бывают случаи несоответствия процедур поверки и калибровки установленным требованиям.

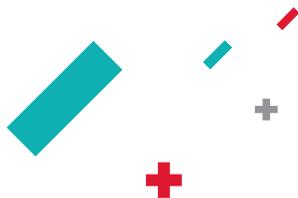
Современная прикладная метрология базируется на ключевых положениях международных стандартов в области менеджмента качества продукции и услуг, компетентности испытательных и калибровочных лабораторий, которые предусматривают полный количественный учет всех влияющих на точность измерений факторов. С этим подходом связан принцип метрологической прослеживаемости измерений как основного критерия признания результатов измерений, а также введение в метрологическую практику оценивания всех составляющих неопределенности измерений. Следствием такого подхода явля-

ется и развитие МСИ — эффективного способа проверки квалификации не только испытательных, но и метрологических лабораторий. МСИ реализуют «горизонтальные» связи метрологов и позволяют получить объективные данные по экспериментальной проверке лабораторий, выявить опасные ситуации и выполнить корректирующие действия.

Потенциальные возможности МСИ привлекли внимание компании «Диполь» к этому новому виду метрологической деятельности начиная с 2015 года. За это время специалистами компании были рассмотрены вопросы реализации требований действующих стандартов к МСИ для задач качества поверки и калибровки измерительных приборов и других метрологических задач, выполнены пилотные проекты по межлабораторным сличениям результатов калибровки и поверки электроизмерительных приборов.

Стандарты

Развитие МСИ в зарубежных странах привело к созданию и распространению соответствующей нормативной базы. Согласно действующим стандартам лаборатория должна располагать процедурами управления качеством и контролировать достоверность проведенных испытаний и калибровки, в том числе путем участия в МСИ. Такое требование о проведении МСИ как одного из основных способов контроля качества результатов испытаний и калибровки содержится в ГОСТ ИСО/МЭК



17025-2009, устанавливающим регламенты компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. В соответствии с ними к основным факторам, влияющим на правильность и достоверность результатов измерений, относятся:

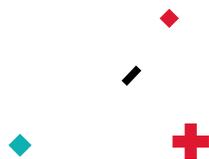
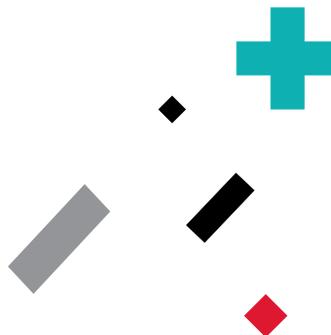
- человеческий фактор;
- помещения и условия окружающей среды;
- методики измерений, испытаний и калибровки и оценка пригодности методик;
- оборудование;
- прослеживаемость измерений;
- отбор образцов;
- обращение с объектами измерений, испытаний и калибровки.

Влияние данных факторов на результаты измерений можно оценить с помощью межлабораторных сличительных испытаний.

Требования к проведению МСИ содержатся также в критериях аккредитации в Национальной системе аккредитации, которые разработаны в соответствии с действующим законодательством РФ, и в Политике Росаккредитации по проверке квалификации калибровочных лабораторий путем МСИ. Казалось бы, это должно стать основным мотивом для развития МСИ в нашей стране и дополнительным преимуществом лаборатории при прохождении процедуры аккредитации. Но в действительности роль МСИ в прикладных задачах метрологии гораздо шире, чем подтверждение компетентности при аккредитации. Авторы статьи придерживаются мнения о необходимости рассмотрения МСИ как доступного и объективного способа контроля результатов широкого спектра метрологических работ, позволяющего выявить не учитываемые ранее факторы влияния.

Опыт организации и проведения проверки квалификации лабораторий на основе МСИ отражен в международном стандарте ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. Этот документ содержит общие требования как к порядку проведения работ, так и к провайдеру (организатору) МСИ, варианты программ проверки квалификации и методы статистического анализа результатов сличений. Основные правила статисти-

стического анализа при МСИ, выбор приписанных значений контрольных образцов, критерии для интерпретации результатов измерений участников регламентированы в ГОСТ Р ИСО 13528-2010, который с 2019 года заменен ГОСТ Р 50779.60-2017 (ИСО 13528:2015) «Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний».



Краткая характеристика результатов пилотных МСИ

Учитывая заинтересованность отечественных метрологов, специалисты «Диполь» организовали и совместно с предприятиями судостроительной, атомной и оборонной промышленности, железнодорожного транспорта выполнили несколько раундов МСИ результатов калибровки электроизмерительных приборов. Отсутствие опыта проведения МСИ для отечественных метрологических лаборато-

рий определило пилотный характер сделанных сличений. В качестве контрольных образцов для проведения сличений были выбраны широко применяемые в промышленности электроизмерительные приборы: цифровой мультиметр типа 34401А фирмы Keysight и комбинированный прибор типа Ц4352 (рис. 1).



Рис 1. Электроизмерительные приборы — контрольные образцы для межлабораторных сличений

Сличения результатов калибровки этих приборов проводились по измерениям напряжения и силы постоянного и переменного тока. Для цифрового мультиметра также выполнялись измерения по электрическому сопротивлению и частоте. По мнению организаторов сличений, такой выбор контрольных образцов позволил в пилотном проекте, не отвлекаясь на изучение применяемых приборов, получить большой массив эксперимен-

тальных данных, сравнить результаты оценки квалификации для приборов с различным уровнем конструктивной сложности и показателей точности.

В группу участников межлабораторных сличений входили метрологические лаборатории семи крупных предприятий, аккредитованные или готовящиеся к аккредитации в области поверки и калибровки средств измерений. Для проведения сличений была использована стандартная

последовательная программа МСИ результатов калибровки контрольного образца в лабораториях с контролем стабильности характеристик приборов за время проведения сличений в референтной лаборатории, в качестве которой была выбрана аккредитованная лаборатория петербургской компании ООО «Профигрупп». Схема проведения МСИ показана на рис. 2.

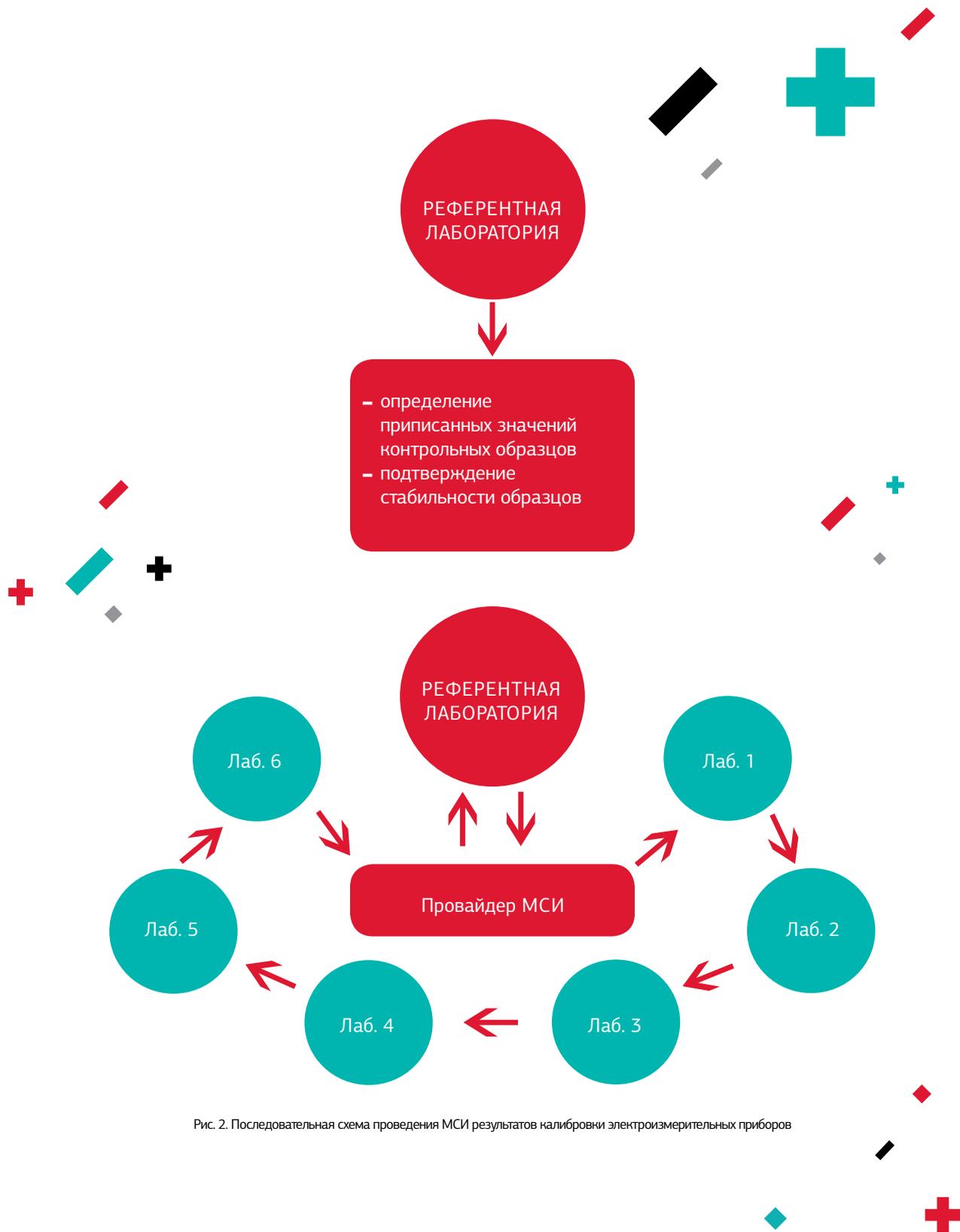


Рис. 2. Последовательная схема проведения МСИ результатов калибровки электроизмерительных приборов

После проведения калибровки приборов и получения от участников сличений протоколов калибровки был сделан анализ результатов. Статистический анализ является основной содержательной частью МСИ, когда происходит оценка информации, полученной от участников.

Статистический анализ данных включал следующие процедуры:

- установление приписанных значений погрешности измерений и значений их расширенной неопределенности;
- расчет статистических показателей результатов сличений для каждого участника;
- интерпретация статистических показателей для оценки результатов участников.

В качестве приписанных значений контрольных образцов использовались значения, полученные при их калибровке в референтной лаборатории с помощью многофункционального калибратора Fluke 5522A, аттестованного как эталон единиц электрических величин. Контрольные точки были выбраны в соответствии с методиками калибровки, разработанными провайдером сличений. Определение значений расширенной неопределенности приписанных значений также осуществлялось по методикам калибровки.

В качестве статистического показателя для оценки результатов участников выбран показатель E_n по пункту 7.5 ГОСТ Р ИСО 13528-2010. Для каждого окончательного результата измерения значение E_n рассчитывается по формуле:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

где:

x — значение, определенное в лаборатории-участнике;

X — приписанное значение, определенное в экспертной лаборатории;

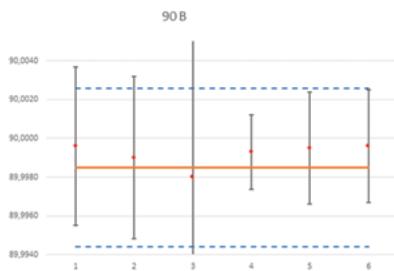
U_{ref} — расширенная неопределенность X ;

U_{lab} — расширенная неопределенность результата участника x .

При трактовке показателя E_n устанавливались следующие уровни оценки: если $|E_n| < 1$ — результат лаборатории-участника признается удовлетворительным; если $|E_n| \geq 1$ — результат лаборатории-участника признается неудовлетворительным.

Пилотный проект был проведен в полном соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. Отчеты по каждому из двух раундов МСИ содержат большое количество таблиц и графиков. В каждой из лабораторий, участвующих в сличениях, были проведены серии измерений в 40 точках для мультиметра и 175 точках для стрелочного прибора. Большинство графиков имеет вид, аналогичный представленному на рис. 3 и 4.

а) напряжение постоянного тока



б) напряжение переменного тока

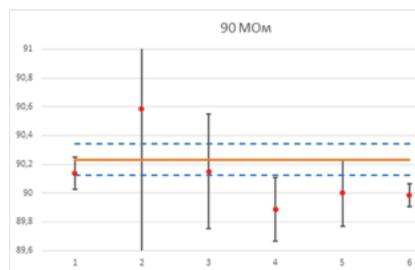
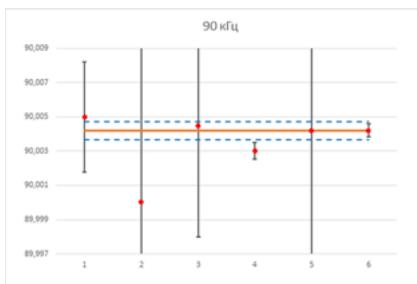
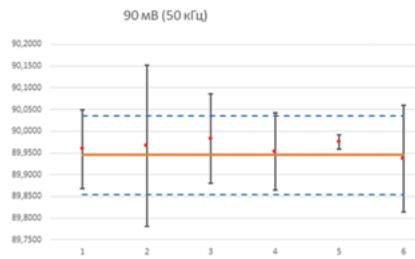
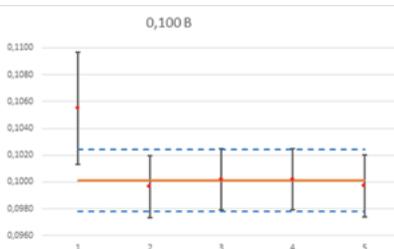
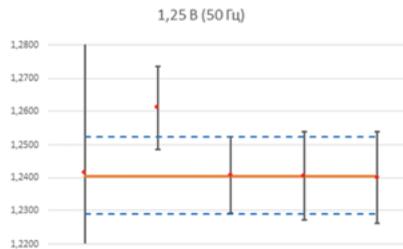


Рис. 3. Примеры результатов сличений показаний цифрового мультиметра

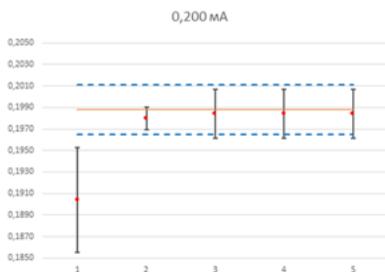
а) напряжение постоянного тока



б) напряжение переменного тока



в) сила постоянного тока



г) сила переменного тока

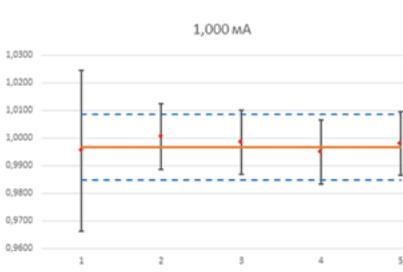


Рис. 4. Примеры результатов сличений показаний многофункционального стрелочного прибора

Все участники МСИ подтвердили свою квалификацию в подавляющем большинстве точек измерений. Наличие отклонений показателя больше критического при калибровке цифрового мультиметра наблюдалось в ~2% всех измерений. Для комбинированного прибора Ц4352 доля неудовлетворительных результатов во всем раунде сличений не превысила 1%. Их анализ показал, что это могло стать результатом неправильных отсчетов показаний, их регистрации, ошибками оценки неопределенности. Были даны рекомендации по контрольным измерениям в соответствующих точках калибровки. Состоялось обсуждение полученных результатов с участниками МСИ.

Перспективы развития работ по МСИ

Одним из основных мотивов развития МСИ метрологических лабораторий является действующее законодательство в области аккредитации. Факт участия лаборатории в МСИ становится показателем качества работы лаборатории при подтверждении компетентности.

Участие в МСИ приобретает все большее значение как средство самоконтроля, которое позволяет выявить проблемы у каждого участника сличений и выполнить соответствующие предупреждающие и корректирующие действия. Например, описанный пилотный эксперимент показал наличие отклонений больше критических при оценке погрешностей в хорошо оснащенных лабораториях с опытным персоналом для освоенных в практике поверки и калибровки приборов. Очевидно, что доля ошибок для уникальных приборов и методик калибровки, требующих специальной подготовки персонала и учета внешних влияний, будет выше, чем в проведенном эксперименте. Поэтому можно признать проведение МСИ эффективным способом проверки лабораторий, осуществляющих калибровку средств измерений.

При этом важно отметить, что каждый участник пользуется рекомендациями провайдера и сам проводит оценку полученных результатов и их критичности для дальнейшей деятельности. Если для одного участника возможно существование допустимого процента неудовлетворительных результатов, то для более точных и ответственных производств все полученные результаты должны быть положительными. Регулярное участие лаборатории в МСИ позволяет получить оценку качества выполненных измерений и подтвердить как сходимость, так и воспроизводимость результатов измерений при калибровке.

В связи с широким развитием поверочных работ для отечественных предприятий более актуален вопрос о целесообразности проведения МСИ результатов поверки средств измерений. На результаты измерений при поверке оказывают влияние все те же факторы, которые определяют правильность и достоверность измерений при калибровке. Основным различием между МСИ для поверочных и калибровочных лабораторий является вид данных, полученных от лаборатории-участника и используемых для статистического анализа.

Как при поверке средств измерений, так и при их калибровке основным определяемым параметром служит погрешность средства измерений. При проведении МСИ в любых метрологических лабораториях рассматриваемый показатель контрольного прибора — оценка его погрешности. Соответственно, показателем компетентности участника является функционал разности оценки погрешности в лаборатории-участнике и ее приписанного значения, определенного в референтной лаборатории. Это делает актуальным проведение МСИ не только для калибровочных лабораторий, но и для организаций, выполняющих поверку средств измерений согласно действующему законодательству. Применение в рассмотренном примере МСИ показателя

E_p , учитывающего неопределенности калибровки, не должно смущать поверителей. В распоряжении провайдеров МСИ имеется целый арсенал показателей оценки компетентности, в том числе без учета неопределенности. Например, из числа рекомендуемых ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 можно выбрать в качестве статистики Z-показатель:

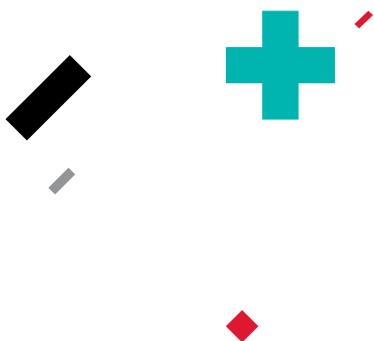
$$Z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

где $\hat{\sigma}$ — стандартное отклонение оценки квалификации, принимаемое участниками сличений для достижения поставленных целей.



Следовательно, обязательным общим требованием к процедуре МСИ для поверочных и калибровочных лабораторий является определение погрешности x контрольного прибора в соответствии с применяемой методикой в лаборатории-участнике и в референтной лаборатории.

Целесообразность проведения МСИ необязательно увязывать с оценкой и подтверждением компетентности метрологических лабораторий в Национальной системе аккредитации или с самоконтролем результатов деятельности по поверке и калибровке средств измерений. Они также могут служить объективным способом проверки правильности измерений параметров изделий на входном контроле, при технологических процессах и при испытаниях продукции. Такая задача может быть актуальной для предприятий, осваивающих новые изделия, внедряющих новые методы и средства контроля, когда вопрос качества измерений стоит достаточно остро.



Уже сейчас крупные корпорации активно внедряют МСИ результатов поверки и измерений между лабораториями предприятий. Подобная практика помогает оценивать качество работы лабораторий и поддерживать его на одном уровне, проводя корректирующие или предупреждающие действия при выявлении расхождений результатов измерений.

МСИ могут выполнять важную роль контроля качества измерений важнейших параметров продукции, прежде всего основных показателей назначения. Довольно часто при таких измерениях используются сложные технические системы и устройства

с измерительными функциями, для которых метрологическое обеспечение представляет собой сложную организационную и техническую задачу. Организация межлабораторных сличений результатов измерений внешне похожа на МСИ для испытательных лабораторий. Аналогично последним необходимо выбрать контрольный образец и его параметры, выбрать и определить приписанные значения. Однако статистический анализ результатов в данном случае должен основываться на оценках и анализе метрологических характеристик используемых технических средств, методических составляющих погрешностей.

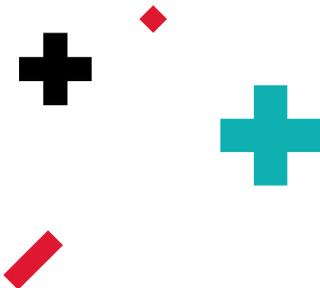
Выводы

В практике деятельности метрологических подразделений, занимающихся поверкой или калибровкой средств измерений, бывают случаи, когда результаты их работы подвергаются сомнениям или даже критике. Именно это становится причиной внимания к межлабораторным сличениям результатов калибровки и поверки средств измерений со стороны аккре-

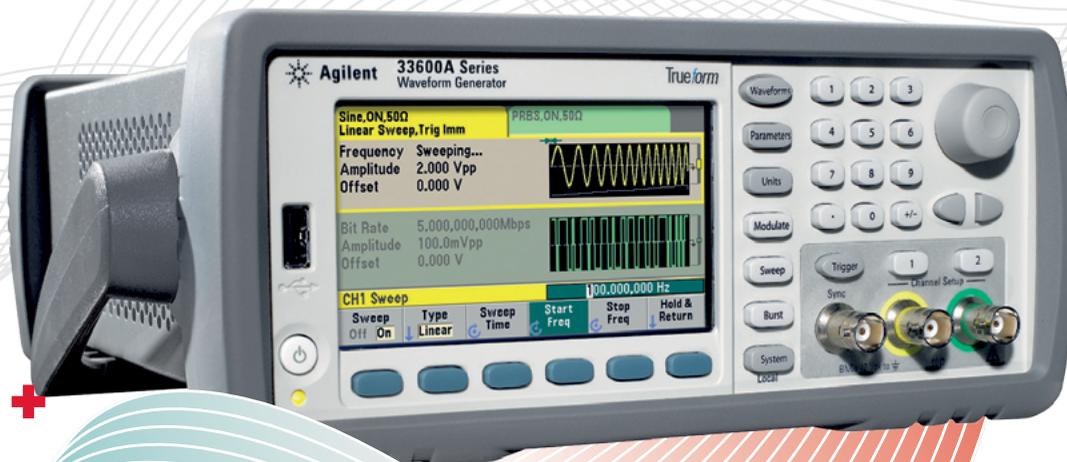
дитующих и других организаций, заинтересованных в квалификации лабораторий. Наглядность результатов, полученных при сличениях, их объективность и возможность контроля влияния факторов, которые сложно определить при обычных аудитах органов по аккредитации, заставляют уделять этому способу контроля качества пристальное внимание.



Полученные результаты пилотных раундов МСИ свидетельствуют о целесообразности широкого участия в них предприятий промышленности. Особое внимание предприятиям стоит обратить на планирование участия в МСИ для областей и средств измерений, используемых для контроля наиболее ответственных параметров продукции и услуг.



Проведение МСИ может быть востребовано для различных задач метрологических служб, таких как оценка результатов поверки и калибровки средств измерений, поддержание единого уровня точности в лабораториях корпораций, контроль результатов измерений наиболее ответственных параметров продукции, оценка применимости новых методов, средств измерений и технических средств. Регулярность проведения МСИ открывает возможности для непрерывного мониторинга качества метрологических работ, совершенствования порядка их проведения и внедрения удобных схем сличений с минимальными издержками. 



Генераторы сигналов Keysight Technologies серии 33600A со склада «Диполь»

- Уникальная технология Trueform
- Уровень гармонических искажений в 5 раз ниже, чем у аналогичных приборов.
- Уровень джиттера составляет менее 1 пс.
- Амплитуда выходного сигнала - от 1 мВ до 10 В (размах) с разрешением 14 бит.
- Частота дискретизации до 1 Гвыб/с обеспечивает высокое разрешение по времени для сигналов произвольной формы.
- Объем памяти сигналов произвольной формы: 4 Мточек на канал в стандартной комплектации с возможностью расширения до 64 Мточек на канал.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург / Прага
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

ПРОВЕРКА НА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Новейшие российские разработки в области
измерений ультравысокочастотных СБИС



Группа авторов (компания «ФОРМ»):

Наталья Елисеева, к. т. н.,

Дмитрий Шелевер,

Олег Григорьев,

Рашид Шарипов,

Андрей Коваль,

Роман Косилов, к. т. н.

Для выполнения программы импортозамещения в области производства микросхем высокой степени интеграции, помимо прочего, необходимы средства проверки и измерений, которые должны обладать не только передовыми характеристиками, но и отвечать государственным метрологическим стандартам. Одна из таких отечественных разработок — тестер СБИС FORMULA® HF Ultra.

Стратегия импортозамещения в области интегральных схем предполагает долгосрочные и масштабные инновации в электронной отрасли. Важной составляющей в общей организационно-технической перестройке микроэлектроники является создание отечественных автоматизированных средств измерений (СИ), соответствующих требованиям комплексной проверки и испытаний новой высокотехнологичной продукции: СБИС, микросхем памяти (ЗУ), микросхем АЦП/ЦАП, СнК («систем на кристалле»), СвК («систем в корпусе»).

Необходимость разработки отечественных СИ взамен зарубежных продиктована не только режимом санкций, который имеет преходящий характер, но прежде всего — потребностью метрологического обеспечения единства измерений при проверке параметров и функций микросхем.

Основой метрологического обеспечения измерений и испытаний служат единые стандарты и реализующие их утвержденные типовые СИ, которые метрологически полностью обеспечены в разработке, производстве и эксплуатации. Очевидно, что для обеспечения метрологического единства необходимо управление жизненным циклом СИ и государственный надзор со стороны Росстандарта, выполняемый, согласно закону, посредством:

- метрологической экспертизы конструкторской, программной, технологической и метрологической документации на СИ при утверждении типа СИ;
- метрологического надзора государства при эксплуатации утвержденного типа СИ.

Поскольку ни один зарубежный поставщик СИ не предоставляет на экспертизу Росстандарта указанные документы, метрологическая экспертиза и надзор при эксплуатации импортного оборудования реализуются с большими ограничениями, что создает существенные риски в системе метрологического единства измерений СБИС, а значит — и в системе испытаний в целом. Таким образом, создание собственных СИ для СБИС следует считать важнейшей задачей обеспечения национальной технологической безопасности.

Для того чтобы удовлетворить требования программ импортозамещения СБИС с проектными нормами до 40 нм и менее, предприятие «ФОРМ» разработало и освоило выпуск нового отечественного типового средства измерений — ультравысокочастотного тестера СБИС FORMULA® HF Ultra (рис. 1).

При проектировании тестера уровень его функциональных, параметрических и метрологических характеристик был определен в первую очередь потребностями разработчиков и производителей СБИС, создающих микросхемы, составляющие основу государственной программы импортозамещения.



Рис. 1. Внешний вид тестера FORMULA® HF Ultra

Универсальность тестера FORMULA®HF Ultra обеспечивается его модульно-магистральной архитектурой, реализующей принцип заказного конфигурирования с выбором основных и дополнительных устройств, соответствующих кругу решаемых измерительных и испытательных задач. Характеристики тестера позволяют осуществлять комплексную проверку широкой номенклатуры СБИС.



Тестер имеет 1024 универсальных двунаправленных канала с частотой функционального контроля (частотой смены тестовых векторов) до 550 МГц каждый. Объем памяти тестовых векторов и памяти ошибок составляет 128 М на канал. Сочетание этих характеристик создает основу для проверки ультравысокочастотных сверхинтегрированных микросхем с числом сигнальных выводов до 1024 (что соответствует общему числу выводов до 1700).

Аппаратура тестера объединяет две подсистемы функционального контроля:

- генератор тестовой последовательности (ГТП) для функционального контроля СБИС произвольной логики;
- алгоритмический генератор тестов (АГТ) для проверки быстродействующих ЗУ: FLASH, DRAM, DDR, DDR2, SRAM, ROM, PROM и иной регулярной логики;
- специальный режим совместного использования ГТП и АГТ предназначен для проверки микросхем типа СпК,

СпК, микроконтроллеров и микропроцессоров методами функционального и алгоритмического контроля в едином цикле измерений.

- характеристики сигналов универсальных каналов тестера (рис. 2) полностью соответствуют ультравысокой частоте функционального контроля 550 МГц;
- наименьшая длительность фронта и среза импульса: (275 ± 100) пс;
- наименьшая длительность импульса: (750 ± 150) пс.

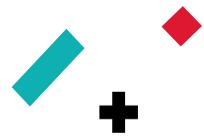


Рис. 2. Характеристики сигналов универсальных каналов тестера FORMULA® HF Ultra на частоте функционального контроля 550 МГц

Для сохранения формы импульса при подключении к проверяемому объекту — независимо по каждому каналу — предусмотрена программируемая компенсация искажений сигнала в тракте приема/передачи, а также программируемое формирование крутизны фронта/среза сигнала от 100 до 25%.

Немаловажным фактором, расширяющим назначение тестера, является свойство канальной электроники воспроизводить четырехуровневые сигналы, в том числе дифференциальные, в диапазоне напряжений $-1,5...+13$ В (также независимо по каждому каналу). Это позволяет проверять микросхемы обработки видеосигналов.

Тестер обладает точной подсистемой измерений электрических статических параметров СБИС, а также мощной подсистемой питания:

- измерительные источники питания VCC, 32 шт.: $0...+6$ В; ± 250 мкА... ± 4 А;
- измерительные источники питания VDD, 32 шт.: $-2...+15$ В; ± 200 нА... ± 400 мА;
- многоканальные измерители PMU, 32 шт.: $-2...+13$ В; ± 200 нА... ± 150 мА;
- поканальные измерители PPMU, 1024 шт.: $-2...+13$ В; ± 2 мкА ... ± 50 мА;
- измерительные источники HVDD, 8 шт.: $-17...+17$ В; -500 мА ... $+500$ мА;
- мощные источники питания LVDD, 2 шт.: 4,5 В; 20 А;
- сверхмощный источник питания SPS: 3,5 В; 50 А.

Источники LVDD и SPS предназначены для питания многоядерных микропроцессоров, ПЛИС и иных микросхем с высоким током потребления. Источники HVDD могут быть использованы для программирования FLASH и ПЗУ а также для проверки операционных усилителей и компараторов. Применение поканальных измерителей PPMU позволяет обеспечить режим «мульти-сайт» для параллельного высокопроизводительного контроля микросхем на пластинах и в корпусе.

Прецизионная подсистема измерений динамических параметров СБИС реализована на универсальных измерительных каналах тестера и обеспечивает измерение времени задержки распространения сигнала, длительности импульса, фронта и среза, а также иных временных характеристик СБИС с точностью, определяемой на основе погрешностей:

- формирование входных перепадов импульса (IEPA): ± 150 пс;
- контроль выходных перепадов импульса (OEPА): ± 250 пс;
- общая системная временная погрешность (ОТА): ± 250 пс;
- дискретность установки меток времени: 11 пс.

Учитывая потребность разработчиков в проведении внутрисхемного контроля СБИС на этапе исследования опытных образцов, тестер реализует возможность применения технологии BIST. Для этого используется встроенный в тестер порт JTAG, который обеспечивает выполнение всех стандартных функций, включая загрузку конфигурационных файлов в ПЛИС, а также имеет встроенный JAM PLAYER с поддержкой языка STAPL.

Для измерений микросхем смешанного сигнала тестер оснащен аналогово-цифровым модулем ARP: 1200 МГц/1200 Мпс/ $-10...+10$ В, который обеспечивает измерение динамических и статических параметров преобразования быстродействующих микросхем АЦП до 14 разрядов при формировании на их входах периодических сигналов с частотой до 260 МГц, а также измерение статических параметров преобразования микросхем низкочастотных ЦАП и АЦП до 16 разрядов.

Модуль ARP содержит следующие функциональные устройства (рис. 3):

- прецизионный двухканальный генератор тактовых импульсов до 1200 МГц;
- генератор сигналов произвольной формы с высокочастотным и низкочастотным трактами и частотой преобразования до 1200 Мпс;
- два прецизионных 20/24-разрядных источника опорного напряжения с диапазоном напряжения $-10...+10$ В.

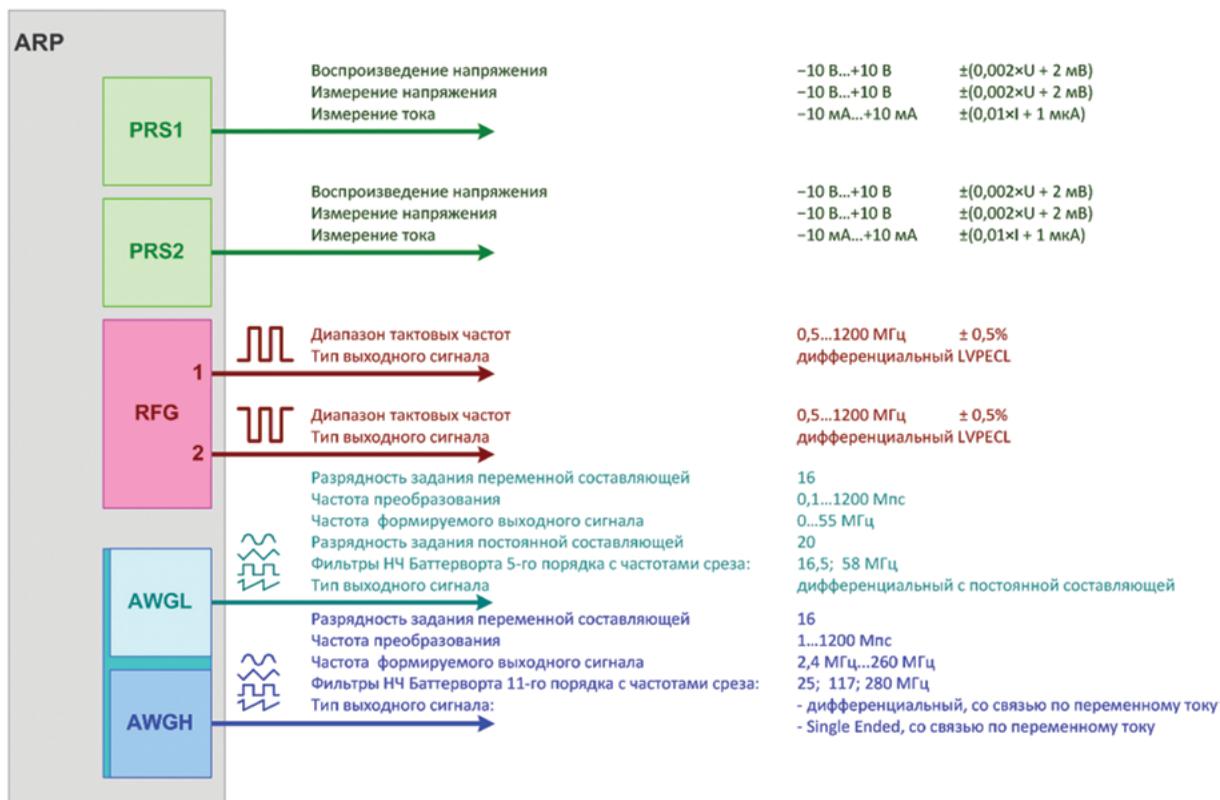


Рис. 3. Функциональные устройства модуля ARP

Для обеспечения низких уровней перекрестных помех все устройства ARP гальванически изолированы. Объединение всех «земель» осуществляется в точке объединения аналоговых и цифровых «земель» проверяемого АЦП или ЦАП в соответствии с техническими требованиями на их применение. Для питания предусмотрены отдельные маломощные экранированные линейные источники питания.

Конструкция, аппаратное и программное обеспечение тестера создают наилучшие возможности для испытаний СБИС, в том числе совмещенных с измерениями, например с использованием установок «Термострим» и проходных камер. Обеспечены измерения под воздействием температур непосредственно на плате прижимного устройства, без применения кабелей и потери качества сигналов.

Передача сигналов тестера на испытуемую СБИС и обратно с наименьшими потерями и искажениями являлась одной из приоритетных задач при разработке устройства. Была специально спроектирована оригинальная система контактирования нового поколения, предназначенная для измерений как в нормальных условиях, так и в диапазоне

температур $-60...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Благодаря применению прецизионного прижимного устройства (рис. 4), специальных рамок для крупногабаритной оснастки и «вечных» контактов (POGO-PIN), гарантирующих не менее 1 млн присоединений, обеспечены надежность, удобство и быстрота установки, фиксации и смены измерительной оснастки.



Рис. 4. Прецизионное прижимное устройство измерительного блока

Тестер оснащен средствами для интеграции с внешним оборудованием отечественного и иностранного производства, в том числе с зондовыми установками, испытательным оборудованием, внешними приборами. Манипулятор поворота измерительного блока имеет электропривод с электронным управлением, обеспечивая отличную эргономику рабочего места во всех режимах эксплуатации.

Программный комплекс тестера FORMULA® HF Ultra

Программный комплекс тестера — это русскоязычная среда с единым графическим интерфейсом (GUI), предназначенная для выполнения всех этапов измерительного процесса: от разработки и отладки программ проверки до выполнения измерений, документирования результатов и их последующего

анализа (рис. 5). Среда обеспечивает выполнение и «прослеживаемость» совокупности этих процессов путем формирования записей, разграничения прав доступа персонала к оборудованию и базам данных.

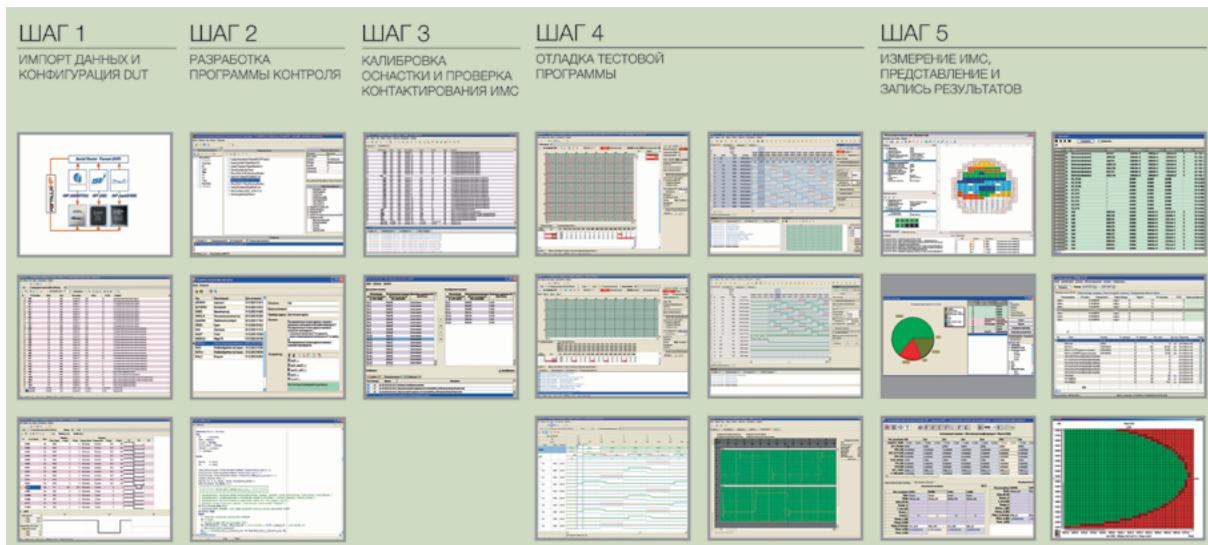


Рис. 5. Программный комплекс тестера FORMULA® HF Ultra

По существу, программный комплекс является системой автоматизации трудоемкого процесса разработки и отладки измерительных программ (программ проверки) и адаптирован к применению техническими специалистами широкого профиля без использования языков программирования. Поддерживаются все типовые методы проверки, а также средства трансляции тестов из стандартных форматов VCD, SVF, HEX/BIN.

Для анализа функциональных и параметрических отклонений, выявленных при измерениях и при отладке программ проверки, применяются встроенные средства: многоканальный аппаратный «Логический анализатор», «Осциллограф», «Карта ошибок» емкостью 128 М, которые особенно удобны при верификации проектов. Для исследования диапазонов работоспособности и технологической устойчивости СБИС служат инструменты SHMOO-диаграмма и DRV-анализ.

Программная среда тестера, будучи самодостаточной, тем не менее не ограничивает разработчика использованием только «собственных средств» ПО тестера, но позволяет ему применить при желании и внешние среды разработки (IDE) с поддержкой языков C++/Pascal. Такой подход открывает возможность изменения

автоматически сгенерированного программного кода.

В целом программный комплекс тестера превращает разработку измерительной программы в своего рода сборку деталей конструктора, сокращая время разработки и отладки тестов до нескольких дней.

Интеллектуальный инструментальный программный комплекс автоматизирует и предельно сокращает не только все этапы измерительного процесса, но и сервисное обслуживание тестера, включая его диагностику, настройку, калибровку и поверку.



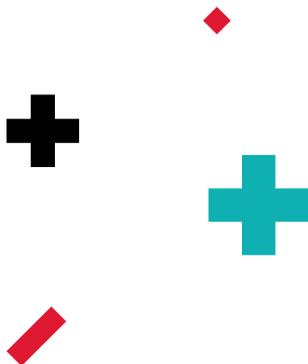
Качество тестера FORMULA® HF Ultra определяется следующими важнейшими критериями:

- соответствие метрологическому законодательству РФ — характеристики тестера метрологически обеспечены в производстве и эксплуатации, подтверждены государственными испытаниями на утверждение типа средств измерений. Калибровка и поверка

тестера проводятся в отношении всех заявленных в описании типа средств измерений параметров оборудования и осуществляются согласно методике поверки, утвержденной уполномоченным органом Росстандарта. Метрологические процедуры выполняются в собственной аккредитованной калибровочной лаборатории предприятия-производителя.



- конструкторская и технологическая документация с литерой «О1»;
- современная технология производства и соответствие требованиям к разработке и производству тестера регламентам системы менеджмента качества СМК по ГОСТ Р ISO 9001-2011. Бизнес-процессы разработки, производства, поставки и обслуживания тестеров FORMULA® HF Ultra, а также обучения и поддержки потребителей регламентированы и реализуются подразделениями предприятия с соблюдением указанных требований, что подтверждается результатами ежегодного инспекционного контроля СМК.



Качество тестера подтверждено результатами испытаний (на утверждение типа средств измерений с включением в Госреестр СИ; на электробезопасность и электромагнитную совместимость; на климатические воздействия в диапазоне температур; на транспортную тряску), а также результатами валидации функциональных и параметрических характеристик тестера при измерении микросхем ЗУ1645РУ4 (режим «мультисайт») и ПЛИС Altera STRATIX4.

Таким образом, тестер СБИС FORMULA® HF Ultra компании «ФОРМ» в полной мере учитывает современные потребности электронной промышленности и ВПК России, обеспечивает требования метрологического законодательства РФ и нормативной документации в области измерений и испытаний в микроэлектронике. 

Комментарий специалиста

Одной из первоочередных задач компании «Диполь» всегда было не только обеспечение заказчиков решениями, соответствующими передовым мировым показателям, но и соответствие требованиям стратегической безопасности страны, интересам отечественной промышленности, иными словами — содействие импортозамещению. Оборудование компании «ФОРМ» характеризуется уникальным для российского рынка сочетанием таких качеств, как высокие ТТХ, ориентированность на отечественного потребителя, высочайший уровень сервиса.



Никита Болдырев,
руководитель направления
радиоизмерительного оборудования
ЗАО «НПФ Диполь»
nb@dipaul.ru



LEGO ДЛЯ ИНЖЕНЕРА

**Контрольный
программно-аппаратный
комплекс Acculogic —
комплектация
возможностей под
актуальные задачи**





Михаил Брылев,
руководитель направления
тестового оборудования
brylev@dipaul.ru



«Самая важная машина та, что «бушует» у нас в голове и все время ищет нужный ей внешний эмулятор. Стандартизация существующих машин была бы катастрофой»

Алан Перлис,
американский ученый, программист,
первый лауреат премии Тьюринга

Вы когда-нибудь ловили себя на мысли, что, изучая характеристики при выборе нового гаджета, бытовой техники или автомобиля, вы только что читали схожую информацию про продукцию других производителей?

Это не удивительно, ведь благодаря современным темпам освоения технологий любое открытие уже через кратчайшие сроки становится стандартной технической возможностью. Но нужны ли нам все эти инновации, так усердно размещаемые под «обшивной» товара?



Немудрено, что у многих (и автор этой статьи — не исключение) после таких погружений в пучины ассортимента возникает желание составить собственную комплектацию возможностей, подходящую под конкретные нужды. К несчастью, все больше производителей решают за пользователя, что ему нужно. Однако, находятся и такие, что

позволяют выбирать, составлять собственные комбинации из свойств и характеристик готового товара, проявляя фантазию. В связи с этим и переходя на реалии производства электронной техники, уместно вспомнить об уникальном по своим возможностям программно-аппаратном комплексе Acculogic FLS980.

Не секрет, что авторитетные игроки рынка летающих щупов пытаются выжать максимум возможностей из имеющихся технологий и борются за каждый микрон, контролируя точность, и за каждую миллисекунду, сокращая время тестирования изделий. Но нужно ли садиться в болид Formula1, если на самом деле требуется вездеход для пересеченной местности?

Немецко-канадская компания Acculogic пошла по другому пути, по-своему понимая возможности эволюционного развития. И разработала для этого уникальную систему приводов с возможностью персональных комплектаций. Внешне этот модульный «луноход», мало отличается от конкурентов: те же «рамы и колеса», да практические функции оказываются совсем другими.



Программно-аппаратный комплекс Acculogic Scorpion FLS980

Основная идея разработки заключается в том, чтобы пользователь мог иметь под рукой инструмент, готовый в любой момент измениться под актуальные нужды производства. Как оказалось, дорогостоящая машина, напичканная опциями и дополнительным программным обеспечением, часто становится малоэффективной, так как не способна сделать

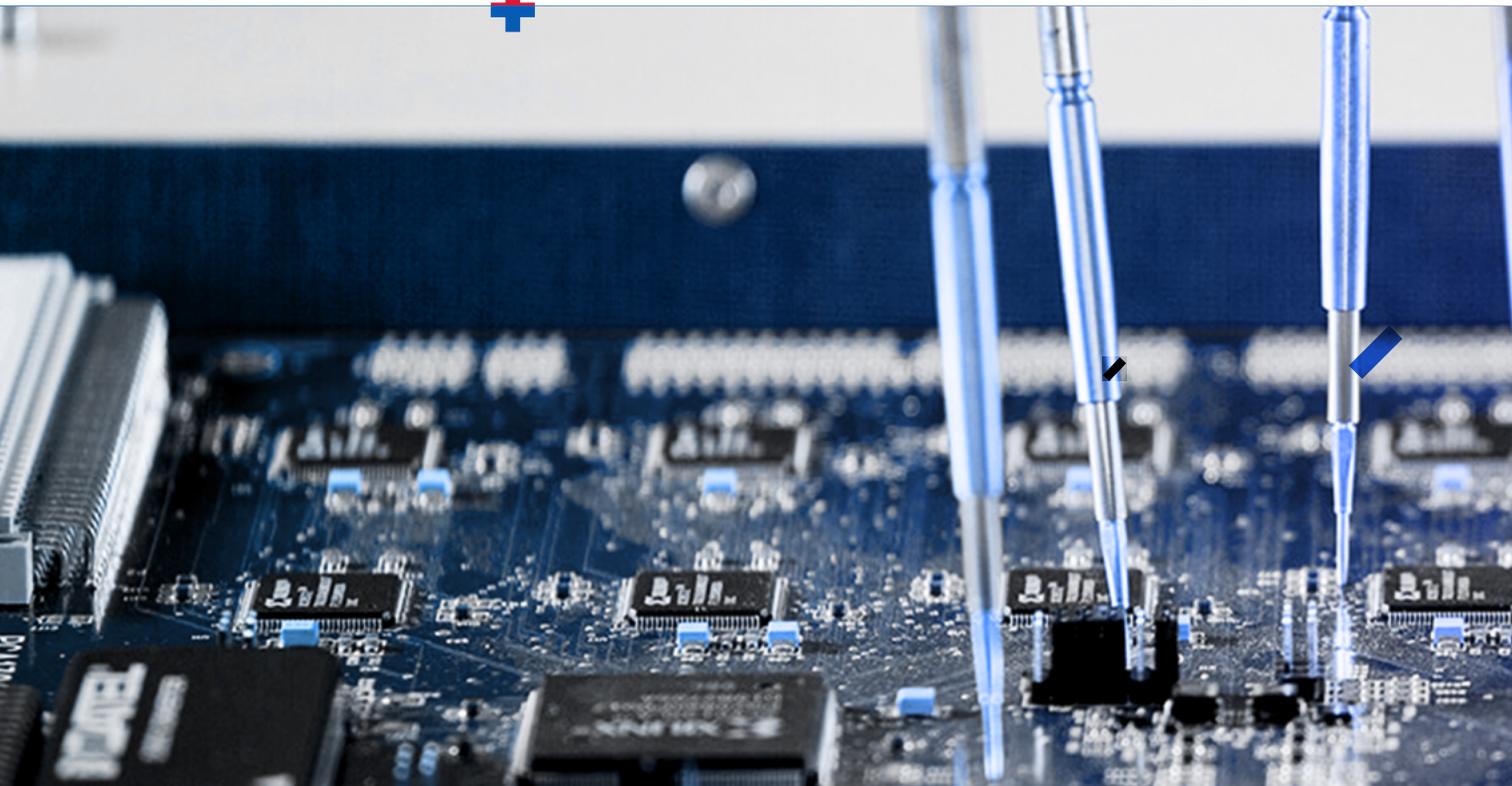
шаг в сторону от функционала, заложенного изготовителем. Усугубляет ситуацию и стремительное развитие технологий, благодаря чему современное производство функционирует в режиме постоянно обновляющихся задач и требований к технологическим процессам, которые невозможно предвидеть на этапе разработки и производства контрольного оборудования.

Модульный подход

В основу так называемой модульности легли собственные разработки компании Acculogic. Система FLS980 представляет большой параллелепипед, в центре которого расположена рабочая зона, а сверху и снизу от нее — столы, по которым передвигаются шаттлы. Шаттл способен занять любую точку на поверхности стола, независимо от аналогичного ему соседнего инструмента. На каждом таком шаттле можно разместить до трех модулей, предназначенных для определенных задач производственной технологии. Всего же на рабочем столе способны расположиться до четырех шаттлов с тремя слотами под модули. Таким образом, имеется возможность работы сразу с 22 иглами (учитывая, что по одному слоту на каждой стороне стоит освободить под камеру, необходимую оператору для контроля за процессом). Такое максимальное количество игл может пригодиться, если стоит задача удивить конкурентов быстродействием системы.



Рабочая зона комплекса. Процесс двустороннего тестирования печатного узла



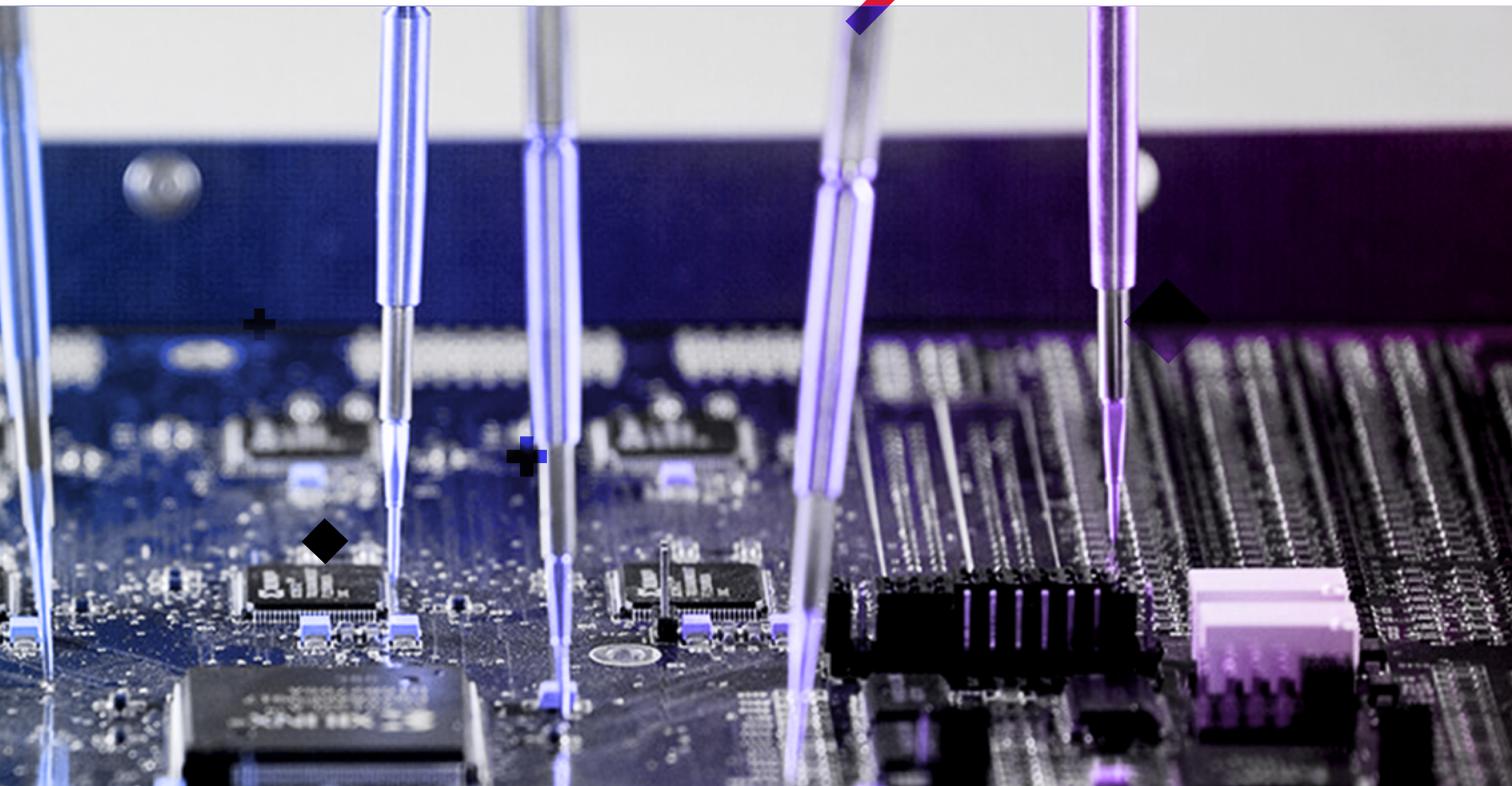
На данный момент компания-разработчик готова предоставить уже более сорока видов описанных модулей.

Разработчик учел и тот факт, что на производстве может возникнуть задача по внедрению Boundary-сканирования, и на этот случай подготовил собственные модули, позволяющие заказчику не сопрягать стороннее оборудование с системой Acculogic FLS980.

Boundary-сканирование — вид структурного тестирования собранной печатной платы, использующий стандарт IЕ 1149.Х, доступный для многих современных микросхем



Различные конфигурации окончаний игл-пробников позволяют оперировать множеством вариантов исполнения

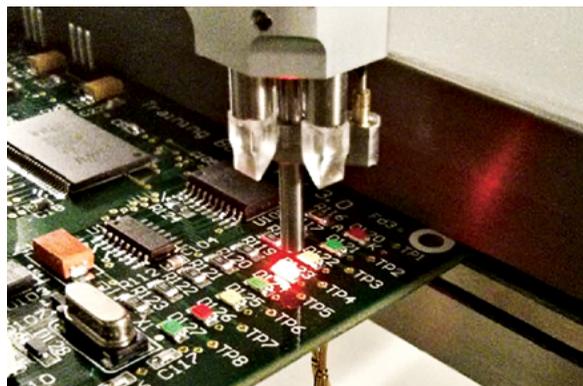


Но и это еще не предел гибкости названного комплекса. Завод-изготовитель заявляет готовность разработать и создать такие модули, который требуются конкретному заказчику под конкретные нужды, даже посредством изменения габаритов рамы и всей конвейерной системы. Таким образом, в ассортименте модулей появились такие позиции, как держатель для фломастера, электронный микроскоп, игла, способная двигаться по принципу джойстика, инфракрасный сканер и даже «ложе гвоздей»! С появлением последнего модуля (и возможностью поставки нескольких таких модулей) появляется способность, пока недоступная у других производителей подобных систем: с помощью подвижного «ложе гвоздей» мультизаготовки теперь тестировать кластерно.



Образцы модулей для работы с печатными узлами

«Ложе гвоздей» — пластина, на определенных позициях которой размещены иглы-пробники. При сопряжении с печатной платой они упираются в точки доступа к той или иной сигнальной цепи. Благодаря подвижному «ложу гвоздей», комплекс Acculogic позволяет тестировать всю мультизаготовку одним подвижным ложем без необходимости создания нескольких одинаковых лож.

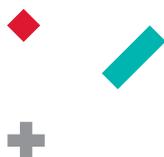


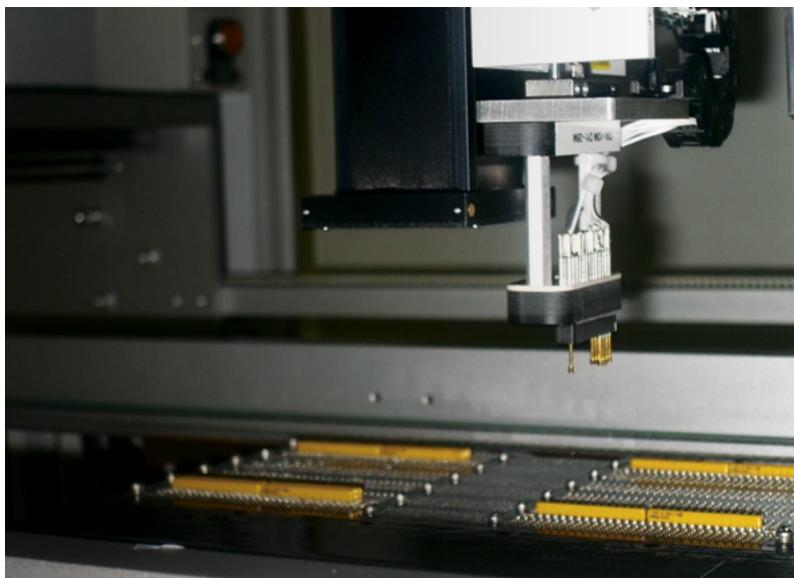
Оптический сканер с системой призм для снятия показателей цвета и яркости светодиода

Существенно сократить сроки и трудозатраты технологического процесса можно за счет такого проектирования печатной платы, когда доступно программирование через летающее «ложе гвоздей».



Благодаря модульному подходу при помощи подвижного «ложе гвоздей» можно кластерно тестировать мультизаготовку. До этой системы ни одному производителю не удавалось реализовать такую возможность.





Подвижное ложе гвоздей, установленное в рабочей зоне

Кстати, один небезызвестный производитель электромобилей, именно таким образом спроектировав свой продукт, решил задачу по тестированию аккумуляторных батарей для своей продукции. В его случае при моделировании комплекса Acculogic конвейерная система для работы с печатными платами была заменена системой собственной разработки для тестирования больших аккумуляторных плит, размещаемых в днище автомобиля. Каждый блок аккумуляторов имел вывод, для которого разработали специальную ответную часть на базе модуля подвижного «ложе гвоздей», что позволило системе за один контакт тестировать сразу несколько кластеров с блоками

аккумуляторов. Это один из примеров неординарного подхода к решению поставленной задачи на базе программно-аппаратного комплекса Acculogic. В дальнейшем заказчик может вернуть конвейерную систему для печатных плат и работать с оборудованием по классической схеме. Возможность оперативного переоснащения хороша еще и тем, что ею может воспользо-

ваться персонал непосредственно на производстве, не прибегая к помощи производителя. За полчаса сотрудник способен переставить модули на любое место на шаттле, имея минимум инструментов, и приступить к тестированию после непродолжительной калибровки новой комбинации. Также при необходимости можно до оснастить систему любым из модулей, в любой момент производственного процесса.

С появлением описанной технологии производители получают возможность не быть зависимыми от рамок «коробочных» предложений, а независимо от них гибко, эффективно, оперативно решать собственные разнообразные и нетривиальные задачи.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДОРОВОЙ ЖИЗНИ

Предоперационное моделирование костей
с переломом на стереолитографическом
3D-принтере iSLA-450 Pro Shining 3D





Антон Шаронов,
главный технолог
SharonovAA@dipaul.ru

Сегодня аддитивные технологии — АТ, или 3D, — в медицине считаются самой быстро развивающейся индустрией. По статистике журнала Wohler Reports, медицина наиболее активно использует АТ для получения конечного продукта. Основные направления использования 3D-технологий в медицине — это:

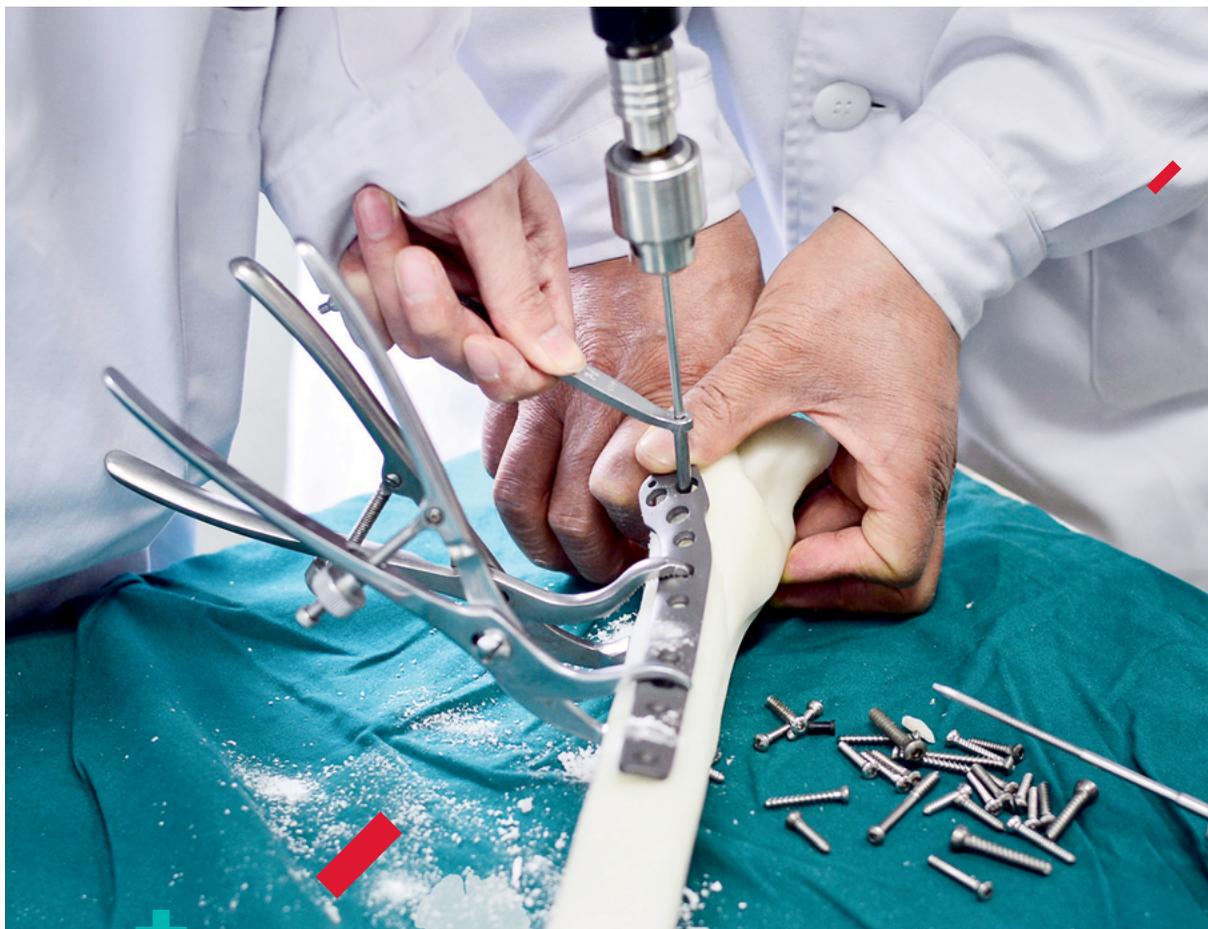
- производство конечного продукта (эндопротезирование и экзопротезирование): импланты, зубы, вставки в череп, титановые штифты, элементы поддержки конечностей и многое другое;
- прямая биопечать; предоперационное планирование.

Статья посвящена предоперационному планированию и реальной истории о том, как новейшие технологии помогли спасти жизнь ребенку.



На промышленном 3D-принтере iSLA-450 Pro компании Shining 3D Technology в больнице города Ухань (КНР) для оказания помощи в составлении плана хирургического вмешательства была успешно выполнена трехмерная модель сложного перелома голени с деформацией большеберцовой и малоберцовой костей.

Рассмотрим более подробно пример, когда в медицине используется промышленный 3D-принтер для значительного упрощения проведения хирургической операции, грамотного предоперационного планирования и отработки действий хирурга на трехмерных моделях. Такой подход позволяет сократить время операционного вмешательства более чем на три часа, при этом значительно уменьшая болевые ощущения пациента.



История болезни (анамнез)

Тринадцатилетний подросток в Ухане получил травму ноги при игре в баскетбол, которая в местной больнице была диагностирована как переломы разной степени тяжести в основании голени (вблизи суставной поверхности лодыжки) и в средней части малоберцовой кости.

Ранее в таких сложных случаях врачи обычно делали прогноз на основе данных, полученных методом компьютерной томографии и собственного опыта. Затем уже непосредственно во время операции врачи выбирали наиболее

подходящую стальную пластину для скрепления костей, сравнивая пластины со сломанной костью уже непосредственно в операционном поле. Поскольку изображения со снимков томографа требовали изрядной доли интуиции, то их эффективность для выработки предоперационного плана была крайне ограничена, что значительно увеличивало время проведения операции и повышало риски, в том числе и развития послеоперационных осложнений.

Печать модели поврежденных костей

Ранее персоналу больницы города Ухань была продемонстрирована возможность применения трехмерных цифровых моделей в медицинских целях. Поэтому для планирования будущей хирургической операции пациентов со сложными травмами врачи решили обратиться к прогрессивной технологии 3D-печати. В описываемом случае для печати и последующего моделирования операции по восстановлению сложного перелома большеберцовой и малоберцовой костей голени врач использовал промышленный 3D-принтер iSLA-450 Pro компании Shining 3D Technology, работающий по классической технологии SLA — стереолитографической трехмерной печати. В ее основе лежит метод послойного отверждения жидких фотополимерных смол после прохода по ним ультрафиолетового лазера. На этом стереолитографическом 3D-принтере светочувствительным материалом Somos 8000 была напечатана модель поврежденных костей голени с масштабом 1:1.

Изготовленная 3D-модель кости полностью имитировала все особенности сложного перелома, что позволило хирургам оценить степень тяжести травмы, осмотреть и точно измерить все имеющиеся повреждения обеих костей голени. Подготовительный период, предшествующий выработке плана проведения операции, включает этапы, показанные на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Контроль врачом процесса печати модели на 3D-принтере iSLA-450 Pro



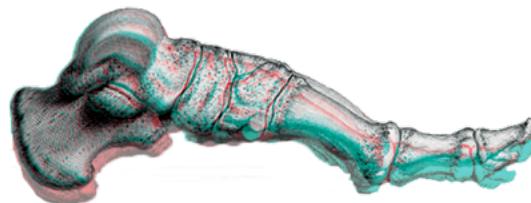
Рис. 2. Осмотр врачом и проведение начальных измерений распечатанной модели костей голени с переломами



Рис. 3. Результат — 3D-модель кости с переломами на лотке для печати после завершения процесса ее изготовления

Разработка плана проведения хирургической операции

Но основании оценки состояния, степени тяжести повреждения костей и сдвига их фрагментов хирург смог подобрать подходящие с его точки зрения стальные пластины для фиксации перелома и выбрать



наиболее подходящий вариант. Эта пластина была использована в ходе экспериментов на этапе планирования хирургической операции. Планирование предусматривало несколько шагов:



Шаг 1. Отрезка и разделение модели поврежденной части кости с помощью инструмента



Шаг 2. Использование зажима для фиксации сломанных частей кости и подбор фиксирующей пластины, наиболее подходящей для поверхности большеберцовой кости пациента, и предоперационное сравнение результатов операции по ее фиксации



Шаг 3. Использование штифтов (шурупов) с целью подбора их наилучшей позиции для установки фиксирующей пластины на большеберцовой кости по отношению к отверстиям в пластине



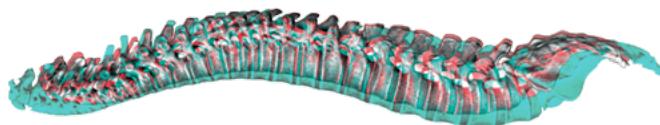
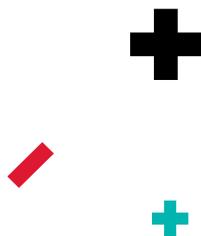
Шаг 4. Установка фиксирующей пластины на модели в соответствии с ее физической поверхностью и особенностями перелома большеберцовой кости. После чего пластина была доставлена на завод-изготовитель для ее точной подгонки и после подгонки — на проведение дезинфекции перед проведением операции уже непосредственно на поврежденной нижней конечности пациента

Результаты

В результате грамотно проведенного предоперационного планирования с применением технологии 3D-печати данная операция была быстро и успешно завершена, а причиняемая пациенту боль снижена до минимального уровня.

По сравнению с традиционным способом планирование и проработка сложных операций с использованием напечатанных 3D-моделей может в среднем сократить каждую операцию на 3 часа. Кроме того, такой подход повышает доверие к хирургу и уменьшает риск неудачи из-за отсутствия в рассмотренном случае оптимально подходящей фиксирующей пластины и последующего возможного развития послеоперационных осложнений.

Кроме того, такой подход повышает доверие к хирургу и уменьшает риск неудачи из-за отсутствия в рассмотренном случае оптимально подходящей фиксирующей пластины и последующего возможного развития послеоперационных осложнений.



Заключение

Описанный случай из практики зарубежной медицины — один из самых ярких примеров применения аддитивных технологий. Сегодня АТ-технологии широко используются в медицине. Стоматологическая индустрия некоторых стран почти полностью перешла на 3D. В России данное направление делает только первые шаги. Отечественные врачи предпринимают активные попытки практического внедрения современного 3D-оборудования, но процесс это непростой. И даже если где-то в эндопротезировании уже используются SLM 3D-принтеры, остается актуальным нерешенный вопрос с сертификацией и стандартизацией данной методики. Это связывает по рукам прогрессивных отечественных медиков. Мы очень надеемся, что все бюрократические препоны будут ликвидированы как можно скорей.



Тем временем

Новой вехой в медицине называют аппарат, разработанный специалистами Калифорнийского университета с коллегами из китайской United Imaging Healthcare. Это первый медицинский сканер, создающий 3D-картину организма. Он совмещает позитронно-эмиссионную и рентгеновскую томографию: снимки делает за секунду, при более долгой выдержке снимает видео. Впервые в истории сканер Explorer одновременно оценивает процессы в тканях и органах, а потому область его применения максимально широка. При этом, по словам разработчиков, доза облучения сканера в 40 раз меньше ПЭТ-томографии.

ДИПОЛЬ представляет уникальный 3D-принтер SLA650 производства компании SHINING3D.

В основе технологического процесса 3D-печати установки заложен метод стереолитографии (Stereolithography – SLA) – отверждение жидкого фото полимера под воздействием лазерного излучение ультрафиолетового спектра.

3D-принтер ориентирован на промышленное применение и позволяет печатать изделия габаритами до 650 мм из широкого спектра различных пластиков. Основной сферой применения 3D-принтера SLA650 является низкосерийное и высокономенклатурное производство в области приборостроения – изготовление корпусных и крепежных элементов, быстрое прототипирование, а также литьевое производство – создание выжигаемых моделей под литье металла.



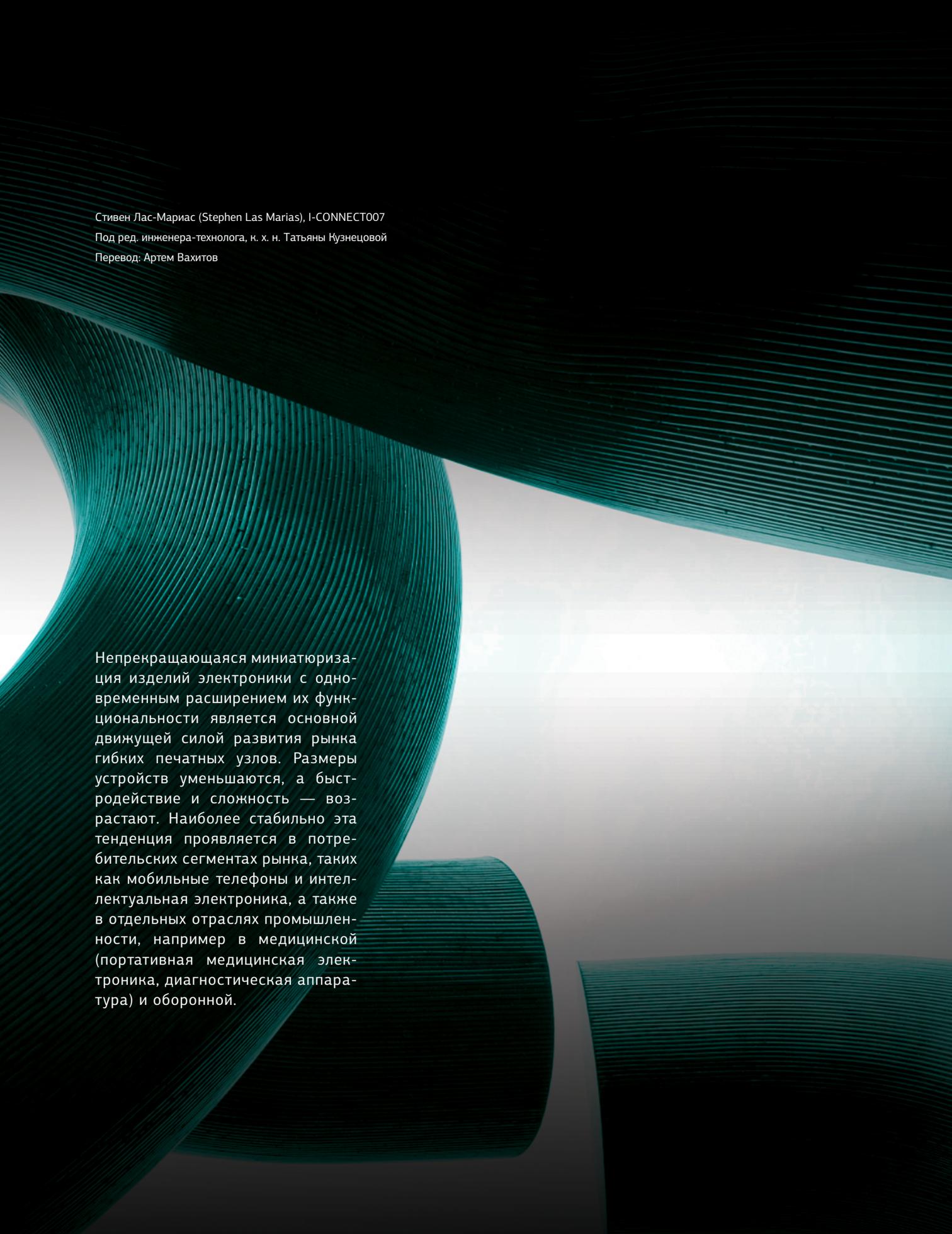
Объединяют в своем составе:

- ✓ Максимальный размер — построения 650X600X400мм (полная ванна);
- ✓ Максимальный — вес модели 10 кг;
- ✓ Точность — ± 0.1 мм (размер < 100мм) / $\pm 0.1\%$ (размер 100мм) (Точность может варьироваться в зависимости от параметров модели, геометрии и размеров детали, ориентации детали, и последующей обработки);
- ✓ Лазер — Твердотельный с тройной частотой Nd: YVO₄;
- ✓ Длина волны — 355 nm;
- ✓ Размер пятна лазера — номинальный диаметр 0.08 - 0.12 мм;
- ✓ Скорость сканирования — 10м/с (макс); 6-10м/с (мин);
- ✓ ПО для подготовки — Materialise Magics; ✓ Толщина слоя — 0.05мм (мин) - 0.25мм (макс);
- ✓ Габариты машины — 1220X1400X2000мм; ✓ Вес — 1300 кг.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург / Прага
www.dipaul.ru / info@dipaul.ru / тел. (812) 702-12-66

«ПУСТЬ ЛУЧШЕ ОН ПРОГНЕТСЯ ПОД НАС...»

Сборка гибких печатных узлов: трудности
и стратегии успеха



Стивен Лас-Мариас (Stephen Las Marias), I-CONNECT007

Под ред. инженера-технолога, к. х. н. Татьяны Кузнецовой

Перевод: Артем Вахитов

Непрекращающаяся миниатюризация изделий электроники с одновременным расширением их функциональности является основной движущей силой развития рынка гибких печатных узлов. Размеры устройств уменьшаются, а быстродействие и сложность — возрастают. Наиболее стабильно эта тенденция проявляется в потребительских сегментах рынка, таких как мобильные телефоны и интеллектуальная электроника, а также в отдельных отраслях промышленности, например в медицинской (портативная медицинская электроника, диагностическая аппаратура) и оборонной.

Разумеется, гибкие печатные узлы значительно отличаются от жестких в части технологии сборки. По словам Дэвида Муди (David Moody), директора по продажам и маркетингу в компании Lenthor Engineering, главные трудности здесь связаны с материалом печатных плат, а также с гибкостью как таковой: «Эти печатные узлы не плоские и не жесткие, они принимают форму определенной поверхности. Другая особенность гибких печатных узлов — их трехмерность: возникает задача монтажа на плате мелких компонентов и микросхем в корпусах BGA и выполнения технологических операций над участками гибкой платы, которые зачастую расположены в разных плоскостях. Одни элементы печатного узла находятся выше других, поэтому, чтобы получить удобную, плоскую и надежную поверхность для монтажа компонентов, необходимо все выровнять, и именно в этом на самом деле состоит основная сложность».

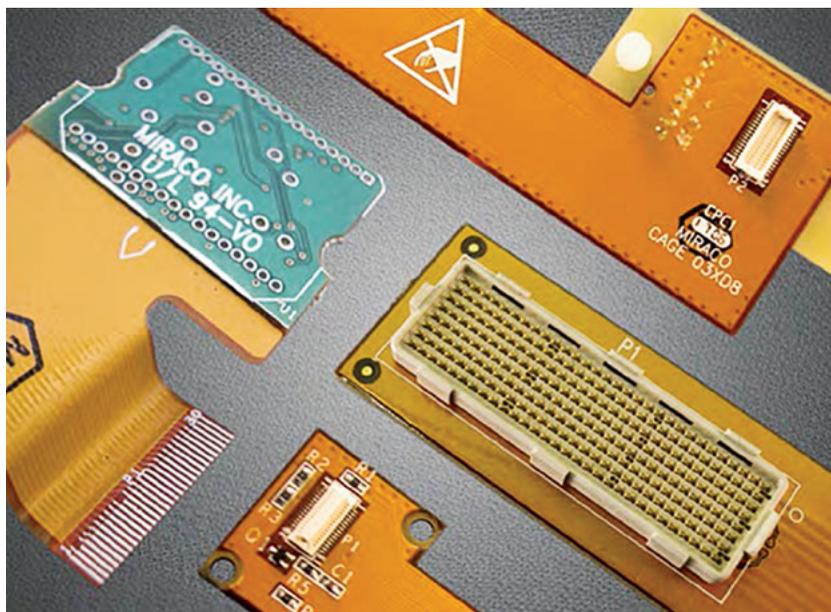
Дэвид Муди знает, о чем говорит, ведь их компания занимается изготовлением гибких и гибко-жестких печатных плат более 35 лет.

Технологический процесс сборки гибких печатных узлов в Lenthor частично автоматизирован, а частично выполняется вручную. В случае гибких печатных узлов обычно используется сочетание ручной сборки с автоматизированной установкой и пайкой компонентов для поверхностного монтажа. Гибко-жесткие печатные узлы проектируются, как правило, аналогично жестким, поскольку большая часть функциональности такого узла сосредоточена на жестких участках, а гибкие участки в основном играют роль соединений между ними. Это несколько облегчает задачу, но гибкие печатные узлы сами по себе в гораздо большей степени побуждают к применению разнородных технологических процессов.



Пайка гибких печатных узлов может оказаться очень непростой задачей. Для исключения перегрева этого разнородного по теплоемкости изделия необходима операция настройки профиля оплавления, в которой используются специальные термопрофайлеры

По словам специалистов Lenthor, большинство первоначальных затруднений со сборкой гибких печатных узлов и их качеством удалось решить благодаря грамотно спроектированной оснастке — она стала ключевым залогом успеха при сборке гибких печатных узлов.



К этому мнению присоединяется и Боб Уэттерман (Bob Wettermann), руководитель компании BEST Inc., которая занимается восстановлением и ремонтом изделий электроники, а также сборкой печатных узлов: «В случае жесткого печатного узла имеется неизменно плоская поверхность печатной платы и компоненты с известными фиксированными размерами, поэтому автомат установки компонентов располагает точной информацией о том, где и как устанавливать тот или иной компонент. Когда же поверхность становится трехмерной и перестает быть жесткой, устанавливать крошечные компоненты на такой зыбкий, податливый рельеф становится очень трудно.



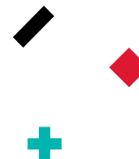
Ключ к решению этой проблемы — оснастка. Наличие удобной плоской поверхности для демонтажа и повторного монтажа компонентов — главное условие успешного выполнения этих операций при восстановлении гибких печатных узлов. Ремонт гибких печатных узлов не описывается стандартами вроде IPC-7721, поэтому соответствующую технологию приходится создавать самостоятельно в процессе работы. На днях

клиент попросил нас оценить критерии годности паяных соединений микросхемы в корпусе SOIC, смонтированной на гибкой печатной плате с применением эпоксидного адгезива. И знаете что? В отрасли просто нет общепринятых критериев годности. Так что по состоянию стандартов, знаний и практики это до сих пор своего рода «Дикий Запад». Все изобретают что-то сами по ходу дела».

Привычка самоустраняться от дальнейшего

Всякий раз в беседах отраслевых специалистов взаимодействие по цепочке поставок упоминается как ключевой фактор успеха в деле проектирования, изготовления и сборки. Это связано с до сих пор преобладающим в отрасли подходом «свое дело сделал, а дальше хоть трава не расти».

Не исключение и рассматриваемая нами область. «Тут все обусловлено характером сборочной деятельности: например, мы занимаемся опытно-конструкторской работой (ОКР), чтобы предоставить клиенту работоспособные опытные образцы, чтобы он мог потом провести вторую или третью итерацию, — поясняет Боб Уэттерман. — Как правило, изготовленные узлы не доходят до конечных потребителей; наше дело — обеспечить надежные прототипы».



Это подтверждает и Дэвид Муди: «На этапе опытного конструирования многие клиенты хотят просто получить первоначальный вариант изделия с определенным набором функций. С другой стороны, любопытно наблюдать, что с момента начала обсуждения — а оно начинается иногда еще на этапе проектирования — вопросы сборки не затрагиваются практически до последнего, когда без их рассмотрения уже не обойтись. Не знаю, с чем это связано, но до сих пор приходится сталкиваться с нежеланием задумываться о том, как будет выглядеть собранное изделие или как можно будет осуществить сборку».

Вот есть группа инженеров: один специализируется на радиоэлектронной начинке, другой на конструктиве, третий на чем-то еще. Вместе они рожают какую-то идею, пытаются ее конкретизировать и заранее отбирают под нее компоненты, а потом хотят, чтобы кто-то по этим вводным разработал конструкцию с указанными компонентами. Но случается так, что

конкретный выбор компонента может грозить технологическими проблемами при сборке конструируемого изделия. Тем не менее инженеров трудно уговорить отказаться от уже принятых решений по компонентам, поэтому можно заключить, что вопросам окончательной сборки уделяется недостаточно внимания на ранних стадиях проектирования».



Что посоветовать конструкторам?

Слово Бобу Уэттерману: «Следует задуматься, как будет собрано изделие. Какой-нибудь «рыцарь мыши и клавиатуры» инженер-конструктор, который, сидя за компьютером, проектирует носимый гаджет или, например, гибко-жесткий печатный узел для ракетного комплекса, вряд ли имеет опыт в том, что касается сборки. Такой опыт редкость среди тех, кто занимается проектированием гибких печатных узлов. Иногда к проектированию привлекают консалтинговые фирмы с определенным опытом в области сборки

гибких и гибко-жестких печатных узлов, и тогда их приглашают поучаствовать в процессе и демонстрируют проблему. Мы стремимся показать и рассказать, какие трудности могут возникать в ходе реальной сборки, — думаю, это помогает им быстрее учиться. В конструкторском сообществе есть немало квалифицированных специалистов по проектированию как жестких, так и гибких печатных узлов. Задача таких экспертов, как Дэвид и я, — помочь им в том, что касается сборки изделий».

Со своим коллегой соглашается и Д. Муди: «В начале обсуждения изделия, для которого еще не разведена печатная плата, в числе первых задаются вопросы об области применения, условиях эксплуатации, предполагаемой окончательной конфигурации печатного узла и способе его размещения в корпусе или общем конструктиве устройства. Если есть печатные проводники, то по ним, вероятно, будут передавать-

ся какие-то сигналы; в узле могут быть разные перепады высот, и он может проходить из нижней части корпуса в верхнюю с несколькими изгибами, так что в ходе проектирования необходимо понять, где эти изгибы будут находиться. Кое-чего нужно попросту избегать: например, нельзя или по крайней мере не рекомендуется размещать компоненты в местах изгиба печатного узла (хоть мы и зовем его «гибким»).

Зачастую инженеры самонадеянно полагают, будто им точно известно, где что должно находиться: дескать, вот этот компонент должен быть именно здесь и нигде более, поскольку от него нужен доступ к другому компоненту, который располагается там-то. Но им неизбежно приходится пересматривать свои идеи, потому что они не выдерживают столкновения с реальностью. В этом и суть: нужно выяснить способ применения и окончательную конфигурацию узла, чтобы исходя из этого дать совет, где следует усилить узел элементами жесткости (если это просто гибкий печатный узел), где разместить компоненты, а где их устанавливать нельзя или настоятельно не рекомендуется».

К обсуждению присоединился Мэтт Кан, менеджер-эколог в компании Lenthor Engineering: «Был пример, когда клиент прописал в технических условиях элемент жесткости, расположенный вблизи зоны контактных площадок под трафаретную печать

для поверхностного монтажа. Крепить его требовалось термоусадкой, а это нужно делать до сборки. Мы же порекомендовали в целях экономии вместо термоусадки посадить этот элемент жесткости на липкий клей после сборки. В одних случаях кли-

енты потом приходят и говорят: «Нет, нам нужна именно термоусадка», а в других соглашаются на предложенную замену. Нужно, чтобы по ходу процесса стороны вели диалог о том, как усовершенствовать конструкцию или сделать ее технологичнее».

По словам Д. Муди, очень важно начать взаимодействие по проекту заблаговременно, прежде чем конструкция примет окончательный вид, чтобы предотвратить возможные проблемы при сборке: «Нам нередко приходилось со всей очевидностью убеждаться в этом на практике, пока мы не обзавелись собственной сборкой. Как уже было сказано, все дело в той самой привычке самоустраняться от дальнейшего и спихивать заложенные в конструкции проблемы



на следующих по цепочке. Это чревато ростом затрат, причем не только в прямом денежном выражении, но и в смысле задержки в выпуске продукта на рынок. Время, затраченное на совместную предварительную проработку конструкции, в том числе рационализацию сборки, обернется более совершенным и технологичным продуктом. Крайне важно провести всю эту работу заранее».



Особенности материалов

До сих пор существуют заблуждения в вопросах о том, какие материалы следует выбирать для гибких печатных плат с точки зрения оптимизации сборки.

В качестве примера Б. Уэттерман делится ошибочными представлениями некоторых своих клиентов о каптоне (пленка из полиимида): «От лица клиентов с нами общаются в основном продукт-менеджеры и менеджеры проектов. Попытки объяснить им, что каптон при всех его преимуществах — широком конструкционном диапазоне температур, высокой стойкости к механическим и термическим воздействиям, хороших диэлектрических харак-

теристиках и т. д. — может рваться, наталкиваются на недоверие. Но с каптоном действительно случается подобное».

Д. Муди указывает на недопонимание ограничений, свойственных конкретному материалу: «Я бы еще отметил — и это касается не столько монтажа компонентов на плате, сколько монтажа уже готового узла с компонентами в корпус — не вполне адекватное представление о характере и степени изгиба, который способны выдерживать гибкие печатные узлы. Можно сделать узел чересчур жестким, так что он вообще не станет гнуться, и тогда трудно будет добиться

необходимого рельефа поверхности или функционального взаимодействия между участками, находящимися на разных уровнях. Приходится много консультировать клиентов на предмет выбора материалов, которые позволили бы реализовать нужную функциональность или форм-фактор печатного узла в контексте сборки. Повторюсь, речь тут вовсе не о трудностях или особенностях монтажа компонентов на плате, а о том, чтобы суметь правильно разместить собранный печатный узел в корпусе. Так что вот еще один аспект сборки гибких печатных узлов, выходящий за рамки собственно монтажа компонентов».

Особенности печати

В большинстве случаев при изготовлении гибких печатных узлов паяльную пасту наносят привычным методом трафаретной печати. Но порой используют и каплеструйную печать — это определяется конструкцией гибкой печатной платы и толщинами ее участков.

«Иногда применяется каплеструйная печать в дополнение к традиционной трафаретной, — говорит М. Кан. — Например, бывает, что с двух сторон платы вблизи элемента жесткости располагаются компоненты, и эта более жесткая область находится выше контактных площадок. На всех остальных участках можно использовать трафаретную печать, но в непосредственной близости от элемента жесткости печатный узел не гнется, поэтому приходится прибегать к каплеструйной технологии. Или даже, может быть, паять вручную, если нет каплеструйного принтера для печатных плат».

По мнению Кана, каплеструйная печать благоприятно скажется на процессе сборки гибких печатных узлов ввиду ее большей скорости по сравнению с трафаретной, но вряд ли станет предпочтительным методом в ближайшем обозримом будущем.



«Выбор оборудования крайне ограничен, — говорит Боб Уэттерман. — Основной производитель — Mydata (Mycronic). Есть одна модель у ASYMTEK. Когда оборудование для каплеструйной печати распространится шире, можно будет использовать различные виды паяльной пасты и проводящих чернил, а не только строго определенные. Печать — отдельная инженерная задача, решение которой позволит усовершенствовать процесс сборки гибких печатных узлов,

и одним из средств ее решения могла бы стать каплеструйная технология.

К сказанному я бы добавил только, что мы широко применяем роботизированное нанесение с помощью поршневого насоса, а для очень мелких компонентов — точечный перенос на иглах. В последнем случае удастся несколько лучше контролировать объем наносимой паяльной пасты по сравнению с применением поршневого насоса».

Разделение групповых заготовок

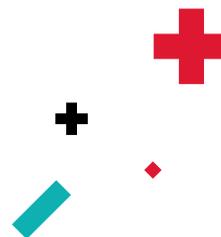
Еще одна трудная задача, связанная со сборкой гибких печатных узлов, — разделение групповых заготовок печатных плат.

По словам Уэттермана, в большинстве случаев гибкие печатные платы не такие большие, как жесткие, для которых характерны размеры вроде 8×12 или 12×14 дюймов: «Чаще всего имеется групповая заготовка с несколькими гибкими печатными платами, входящими в одно изделие. В конечном счете необходимо установить готовый печатный узел в корпус или же выполнить над ним ту или иную вспомогательную операцию. Но как разделить заготовку на отдельные платы? Во многих случаях для этого требуется прорезать или отделить от основы разнородные материалы: не просто картон, а картон и медь или, например, картон, медь и какой-нибудь слоистый пластик. Вариантов множество. И, опять-таки, мы пытаемся разделить нечто большое, зыбкое и податливое на более мелкие части того же свойства. Операция разделения сама по себе очень трудна, но в случае жестких плат есть гораздо больше вариантов ее реализации: можно использовать перфорирование контура, фрезерование, лазерное скрайбирование и так далее. Так что разделение гибких печатных плат — еще одна проблема, помимо трехмерности, разнородности материалов и отсутствия жесткости. Чаще всего ее решают с помощью лазеров».

Вот как описывает этот процесс М. Кан: «Используется пять лазеров. Как будет производиться разделение, мы определяем заранее: в зависимости от конструкции для жестких участков делаем предварительные надрезы с двух сторон, оставляя 0,3–0,4 мм толщины. Иногда перфорируем гибкую печатную плату, оставляя только ее собственный материал, после чего ее достаточно отрезать резакон».



Ручная доработка изделия



Кан отмечает, что технологические процессы в случае гибких печатных узлов не так просты: «Все происходит совсем иначе, чем с обыкновенной жесткой печатной платой. Нужно принимать во внимание и последующие процессы, такие как восстановление, пайка волной припоя, селективная пайка, доработка, формовка и так далее. Можно легко прожечь гибкую плату или повредить проводящую дорожку и не заметить этого. Если не соблюдать осторожность, скажем, устанавливая неоптимальную температуру при восстановлении, то появится большой риск повреждения самой платы даже прежде установленных на ней компонентов».

Еще один важнейший фактор при работе с гибкими печатными платами — это влага. Они абсорбируют влагу как минимум на 30% быстрее, чем традиционные жесткие платы. Поэтому сборке обязательно должна предшествовать сушка.

По словам Кана, в Lenthor платы перед сборкой сушат 2–3 часа, а грамотное планирование позволяет избежать увеличения длительности цикла:

«Если вы сушите платы, кладите их потом в шкафы сухого хранения. Иногда все идет не так, как запланировано. Поначалу мы в подобных случаях каждый раз сушили платы заново, что отнюдь не хорошо. Со временем стали после сушки запечатывать платы и класть их в шкафы сухого хранения. В большинстве случаев платы не нужно даже запечатывать, достаточно их высушить и положить в шкаф. Шкафы сухого хранения незаменимы, когда приходится иметь дело с влагочувствительными устройствами, особенно содержащими гибкие печатные платы. Они отлично зарекомендовали себя и позволяют реже прибегать к повторной сушке».



Шкаф сухого хранения

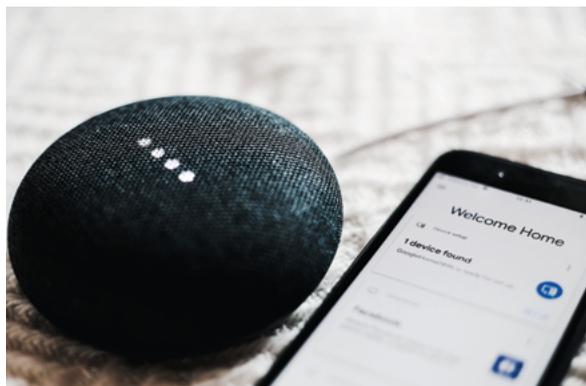
Растущий рынок

Гибкие печатные платы по-прежнему относятся к числу самых быстрорастущих сегментов рынка печатных плат. По данным нового отчета компании Transparency Market Research, занимающейся отраслевой маркетинговой аналитикой, объем мирового рынка гибких печатных плат в последние годы достиг \$14,51 млрд, а среднегодовой темп его роста в сложных процентах на период 2018–2026 гг. должен составить 11,8% с итоговым объемом рынка в \$38,27 млрд к концу указанного периода. В частности, в этом секторе повысился спрос на многослойные гибкие печатные платы, и в отчете прогнозируется, что данная тенденция сохранится в ближайшие несколько лет.

Основной движущей силой этого повышения стал значительный рост рынка бытовой электроники, обусловленный, в свою очередь, выросшим спросом на смартфоны, планшеты и ЖК-дисплеи.

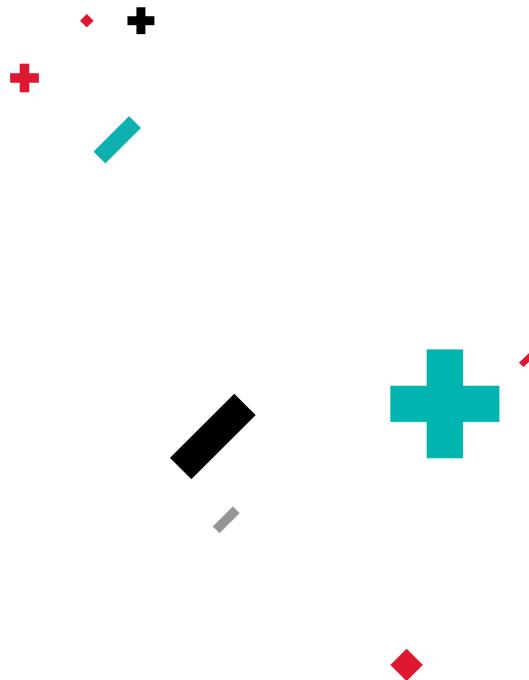
Д. Муди рассматривает носимые устройства как один из ключевых секторов, определяющих развитие рынка гибких печатных плат: «На рынке представлено множество устройств,

повторяющих форму той или иной части человеческого тела: одни надеваются на запястье или лодыжку, другие крепятся ремешком к спине, груди или лбу. Конструктивно это реализуется



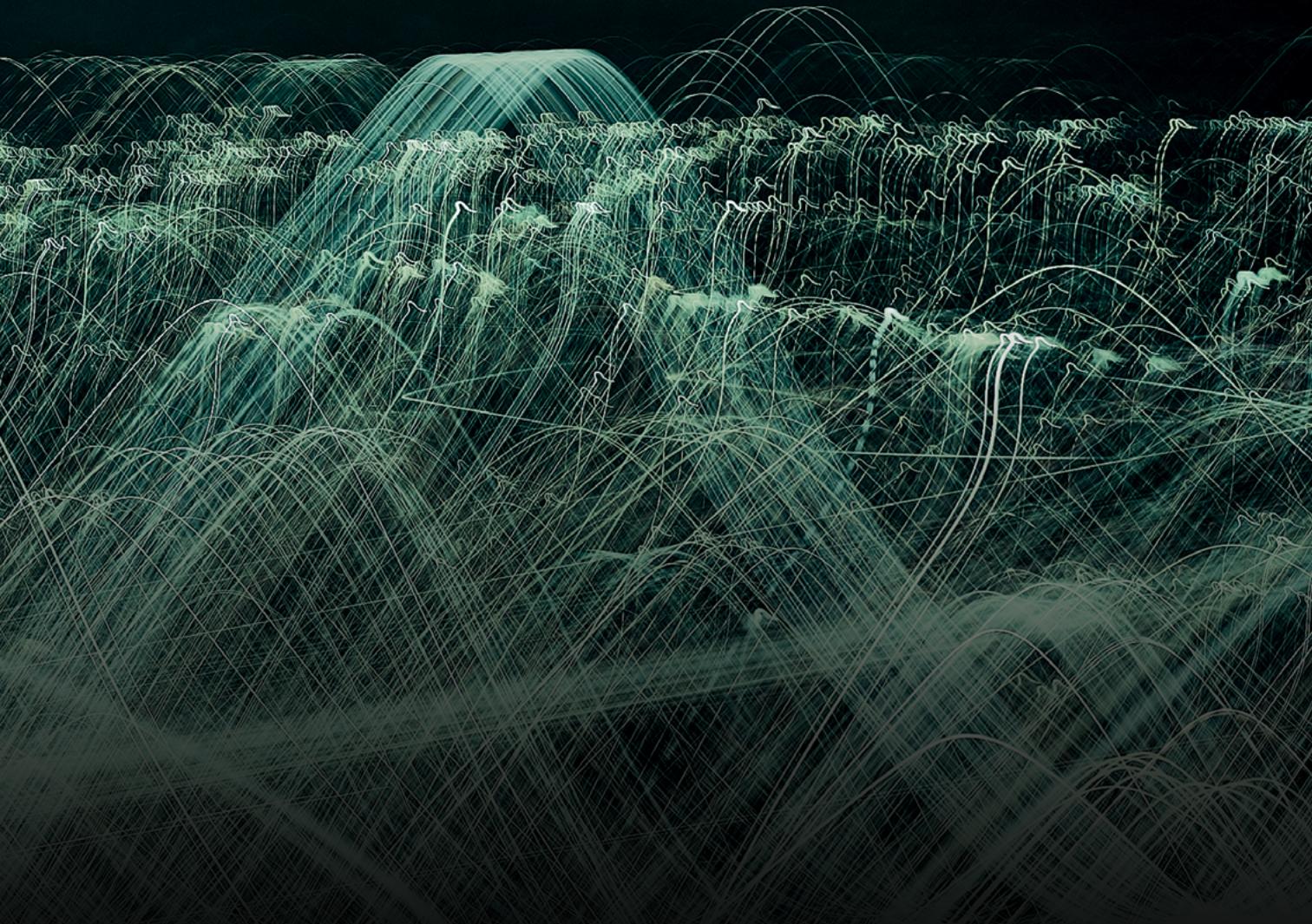
следующим образом: например, если устройство надевается на запястье, у него должна быть плоская часть, на которой можно будет расположить компоненты, и гибкая часть, которая, собственно, и будет облегать запястье. Необходимо располагать компоненты вдали от изгибов, складок и других неплоских участков печатной платы.

Гибкие печатные узлы — захватывающая область, в которой почти ежедневно приходится сталкиваться с новыми трудными задачами. Это и делает нашу отрасль интересной. Каждый день кто-то приходит с проектом совершенно нового изделия, и ты думаешь: ничего себе, а мне такое в голову не приходило, попробую-ка разобраться, как его сделать». 



НОВЕЙШАЯ РАЗРАБОТКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ





Система NSG 3040A от компании Teseq — это простой в использовании многофункциональный генератор, имитирующий электромагнитные помехи в линиях питания и соединительных проводах. NSG 3040A разработан для проведения испытаний на соответствие требованиям СЕ или Технического регламента Таможенного союза № 20 «Электромагнитная совместимость технических средств», которые обычно предусматривают испытания на устойчивость к выбросам напряжения по ГОСТ IEC 61000-4-5-2017, к электрическим быстрым переходным процессам (пачкам) по ГОСТ IEC 61000-4-4-2016 и к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания по ГОСТ 30804.4.11-2013.

Благодаря использованию инновационных технологий система имеет ряд существенных преимуществ.

В частности, современная модульная конструкция NSG 3040A разрешает адаптировать систему для широчайшего спектра задач: от базовых потребностей тестирования до расширенной эксплуатации в сложных испытательных лабораториях. Так, использование внешней магнитной рамки позволяет выполнять испытания на устойчивость к импульсному магнитному полю по ГОСТ IEC 61000-4-9-2013, а при добавлении трансформаторов тока обеспечивается проведение испытаний на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты по ГОСТ IEC 61000-4-8-2013.





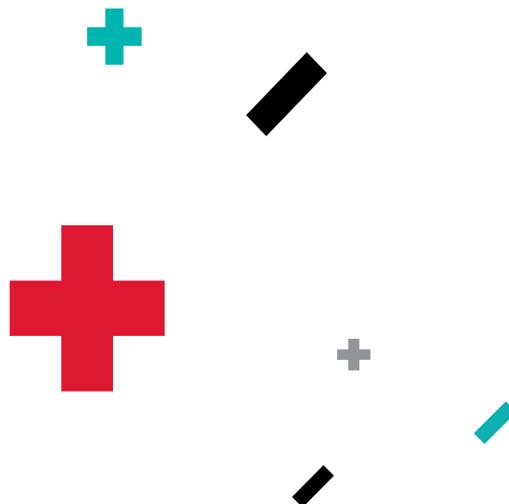
Применение современных компонентов позволяет автономным модулям устанавливать новые стандарты коммутации и фазовой точности, значительно опережая требования существующих стандартов.

Семидюймовый сенсорный дисплей с улучшенными параметрами контрастности и цветопередачи облегчает управление NSG 3040A. Для быстрого и эффективного введения данных предназначены встроенная клавиатура и роликовый регулятор с дополнительными клавишами для изменения чувствительности. Для получения быстрых и надежных результатов в среде разработки достаточно всего несколькими кликами мыши запустить стандартизированный тест, используя встроенную функцию Test Assistance (TA).

Удобные сенсорные кнопки позволяют быстро изменять необходимые настройки и делают значение каждого параметра хорошо видимым. При этом не требуется стилус, а режимы изменений легко программируются. Кроме того, можно создавать многоэтапные процедуры тестирования, и их последовательность или значения параметров изменять с той же легкостью.

В экспертном режиме пользователи могут корректировать параметры вручную, используя ролик в процессе тестирования и обеспечивая эффективный и быстрый метод определения критических пороговых значений.

Генератор NSG 3040A снабжен портом Ethernet для управления с внешнего компьютера. Управляющее ПО на основе Windows облегчает программирование тестов и составление сложных последовательностей различных типов тестов. Отчеты об испытаниях создаются непосредственно во время проведения данной процедуры, что позволяет пользователю оперативно вводить результаты наблюдений, повышая эффективность долгосрочных испытаний. 



В ОТМЫВАНИИ — ДОХОДЫ

**Качественная отмывка
от производителя MBtech**



Кирилл Кремлев,
руководитель проектов
kremlev@dipaul.ru

Отмывка печатных плат — простая и понятная операция, по мнению тех производств, где ее не используют. И очень затратная, сложная, местами нелогичная и загадочная — там, где она необходима.

Отмывка не тот процесс, который можно полностью понять, отталкиваясь лишь от технологических возможностей оборудования. Для этого необходимо углубляться и в физические, и в химические процессы. Первое требуется для понимания принципов агитации, второе — для анализа воздействия как на загрязнения, так и на само изделие.

Нередки случаи, когда спешка при подборе оборудования (способ агитации — воздействие на загрязнение) и отмывочной жидкости приводит к тому, что впоследствии от их использования отказываются из-за низкого качества отмывки, а иногда и в связи с повреждением изделий или высокими расходами на эксплуатацию и обслуживание либо с имеющимися ограничениями по сливу загрязненной воды.

Из сказанного выше становится ясно, почему при выборе оборудования для отмычки печатных плат возникает гораздо больше вопросов, чем при покупке любого другого оборудования для участка поверхностного монтажа. Вот главные из этих моментов:

- Какой способ агитации выбрать?
- Грамотный подбор отмывочной жидкости.
- Обеспечение замкнутого цикла, чтобы избежать слива загрязненной жидкости в канализацию.
- Организация качественной сушки изделий после отмычки.
- Контроль деионизированной воды.
- Автоматизация процесса и прослеживаемость (ведение параметрических записей по каждому отмытому изделию).

Если подобные вопросы задает сам производитель оборудования, то это уже важный и положительный показатель для будущего пользователя. Ведь при данном подходе можно надеяться, что приобретаемая техника будет сконфигурирована таким образом, чтобы обеспечить максимальную технологичность, экономичность и экологичность. Примером столь ответственного отношения является французская компания MBtech.

Двадцать пять лет назад, в 1993 году, в небольшом городе Сен-Лис (Франция) в гараже собственного дома изобретатель Мишель Бурдат (Michel Bourdat) основал компанию MBtech («МБтех»). Весь изобретательский потенциал Мишель направил на разработку установок для отмычки трафаретов, печатных плат и электронных модулей. С момента основания компании ее девизом стала аббревиатура из трех заглавных букв E.

EFFICIENTSU ECONOMY ENVIRONMENT

Спустя несколько лет компания MBtech получила первые международные патенты и регистрации на инновационные разработки:

- в области фильтрации отмывочных жидкостей;
- в области технологических процессов отмывки;
- в области ультразвуковых генераторов;
- в области технологии отмывки методом погружения.

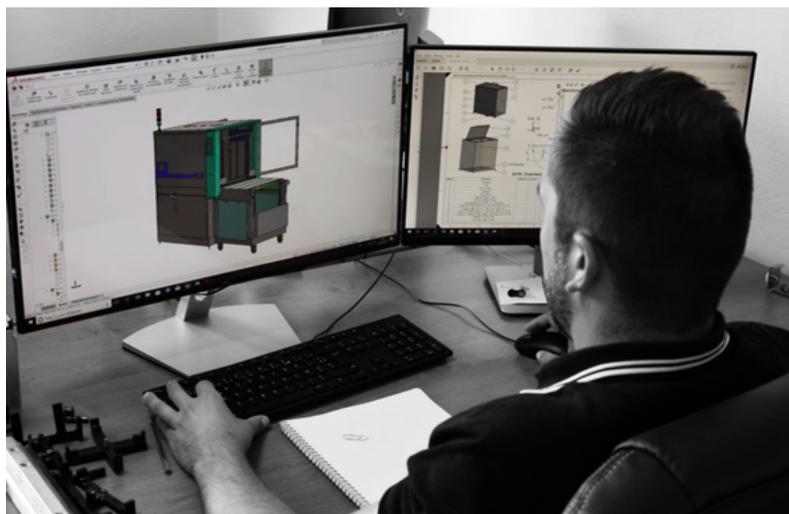
Главными задачами, которые взялась решить MBtech, стали вопросы по обеспечению максимального качества отмывки с учетом минимальных затрат на расходные материалы и обслуживание, при этом оборудование должно было поддерживать стабильно высокое качество процесса. В ходе разработки технологий каждый нюанс происходящих процессов разбирался до мельчайших деталей и внедрялся только после

достижения стопроцентно эффективного результата. Так, свои установки компания оснастила высокоэффективной системой фильтрации отмывочных жидкостей в замкнутом контуре, турбулентной отмывкой, камерой сушки изделий в вакууме, а кроме того, провела максимально возможную автоматизацию процессов.



С 1998 года MBtech приступила к проектированию серийных моделей оборудования для отмывки печатных плат. Оборудование получилось не только технологически эффективным и экономичным, но и очень надежным с точки зрения отказов и поломок. Установка для отмывки печатных плат с серийным номером 002, начавшая работу почти 20 лет назад, до сих пор выполняет свои задачи на одном из шведских предприятий.

Оборудование, предлагаемое MBtech, выгодно отличалось от продуктов конкурентов и стало быстро завоевывать рынок, пользуясь спросом не только у частных компаний, но и у предприятий оборонного комплекса. Конкуренты же в то время были увлечены попытками доработать свои машины с технологией струйной отмывки, оставляя за скобками создание современных, эффективных и экологичных технологий.



В 2001 году установка NC25 от компании MBtech вышла на европейский рынок и начала быстро завоевывать его. Заказчиками установок NC25 стали предприятия аэрокосмической, авиационной, оборонной, медицинской промышленности и систем связи.



Однако, несмотря на стремительный успех и признание со стороны заказчиков, производитель не остановился на достигнутом. Модернизация системы NC25 прописана на годы вперед, и потому можно не сомневаться, что данная разработка будет соответствовать всем современным требованиям технологии отмывки.

Уже сейчас в установке реализованы следующие усовершенствования:

- сенсорные дисплеи на различных языках (в том числе на русском);
- контроль прослеживаемости изделий по стандартам «Индустрии 4.0»;
- автоматические загрузчики и разгрузчики рамок с печатными платами (позволяют непрерывно вести процесс отмывки более 8 ч без участия оператора; площадь отмытых изделий за это время достигает 15 кв. м отмытых изделий с обеих сторон);
- двухступенчатая система создания разряжения в камере сушки;
- дублирование датчиков на сенсорном дисплее (температуры, давления, вакуума);
- контроль параметров работы с системой сигнализации;
- сдвижные дверцы для загрузки рамок;
- системы автоматического контроля уровня жидкостей и их пополнения.



Установка отмывки печатных плат NC25 с функцией автоматической загрузки и разгрузки рамок с изделиями NC25 AL

Выйдя на лидирующие позиции, компания MBtech начала планомерно расширять свое присутствие в разных регионах. Так, в 2008 году официальным представителем MBtech на территории России и стран СНГ стала петербургская компания «Диполь», успешное сотрудничество с которой продолжается уже более 10 лет. И госкорпорации, и многие предприятия, где предъявляются высочайшие требования

к качеству готового изделия, давно взяли на вооружение оборудование MBtech. По достоинству оценили эффективность отмывки и экономичность эксплуатации и те частные производства, которым важен вопрос издержек, — ведь доподлинно известно, что процесс отмывки нередко является одной из самых затратных операций.

С появлением оборудования MBtech пользователи решили для себя многочисленные вопросы, связанные с процедурой отмывки печатных плат:

- полная автоматизация процесса (перенос рамок, контроль процессов и параметров);
- возможность использовать отмывочную жидкость любого типа (кроме ЛВЖ);
- эффективная отмывка (как с использованием УЗ-генераторов, так и без него);
- качественная сушка в вакуумной камере;
- удобство и простота обслуживания;
- небольшая потребляемая мощность (NC25 — до 6 кВт);
- высокая производительность.



Как уже говорилось, компания постоянно вводит технологические новшества и не останавливается на достигнутом. Пройдя за 25 лет путь от ворот гаража до позиций крупной международной организации, сейчас MBtech является производителем с широкой дилерской сетью по всему миру и офисами во Франции, Америке и Китае, а количество про-

изводств, работающих на сотнях установок, изготовленных французской компанией, сегодня составляет более тысячи.

MBtech не перестает увеличивать номенклатуру выпускаемого оборудования, ориентируясь на требования по отмывке в самых разных сферах промышленности в условиях сложных и специфических задач.

ДЕРЖАТЬ РУКУ НА ПУЛЬСЕ

**Метрологические аспекты измерений
уровня пульсаций в источниках питания
постоянного тока**



Константин Бондин,
руководитель метрологической
службы компании «Диполь»
bondin@pg-spb.ru



Андрей Зуйков,
инженер-метролог



Сергей Липатов,
инженер-конструктор

Каждое техническое средство обладает уникальными параметрами. В ходе практической деятельности выработаны методы по контролю и подтверждению данных параметров: испытания, проверки, калибровки, поверки. Созданы системы качества, программы постановки на производство и прочие регламенты, управляющие процессом выпуска продукции с требуемыми характеристиками.

На данный момент в отношении типовых агрегатов выпускаемых технических средств существуют стандартные методы контроля (измерений) их параметров, зафиксированные в ГОСТах и конструкторской документации, а также имеющие достаточную степень детализации и актуализируемые по мере необходимости в связи с появлением новых измерительных технологий и средств измерений.

Мы, производители такого типового технического средства, как источник питания (ИП) постоянного тока, были полностью уверены, что все методики измерений контролируемых параметров стандартизованы и апробированы тысячами пользователей и практически совершенны в методологическом плане. Но практическая деятельность заставила нас усомниться в данном утверждении.



Своеобразной темной лошадкой источников питания стал такой параметр, как пульсации электрического тока — достаточно распространенная техническая характеристика, активно применяемая при нормировании параметров источников питания. Методология его контроля проста как в техническом плане, так и в практической реализации.

Метод измерения пульсаций выходного тока

Определение пульсаций выходного тока проводят методом косвенных измерений, определяя падение напряжения на нагрузке микровольтметром переменного напряжения ВЗ-57 (рис. 1).

В большинстве методик поверки определение погрешности прибора выполняется при максимальном выходном токе и напряжении, равном 90% от конечного значения диапазона измерений.

Определение пульсаций проводят в следующем порядке:

1. К выходу поверяемого прибора подключают катушку электрического сопротивления R310, P321 (в зависимости от выходного тока источника).
2. К потенциальным зажимам катушки подключают микровольтметр ВЗ-57.
3. Органами управления поверяемого прибора устанавливают выходное напряжение, соответствующее 90% от конечного значения диапазона измерений.
4. Для получения максимального значения выходного тока и 90%-о уровня выходного напряжения с помощью нагрузки устанавливают требуемое значение сопротивления.
5. Измеряют пульсации напряжения, фиксируя показания микровольтметром ВЗ-57.
6. За результат измерения принимают значение, рассчитанное по формуле:

$$I_{изм.} \sim U_{изм.} \sim / R_{изм.} \quad (1)$$

где $U_{изм.} \sim$ — значение пульсаций напряжения, измеренное микровольтметром ВЗ-57, $R_{изм.}$ — номинальное значение сопротивления катушки, Ом.

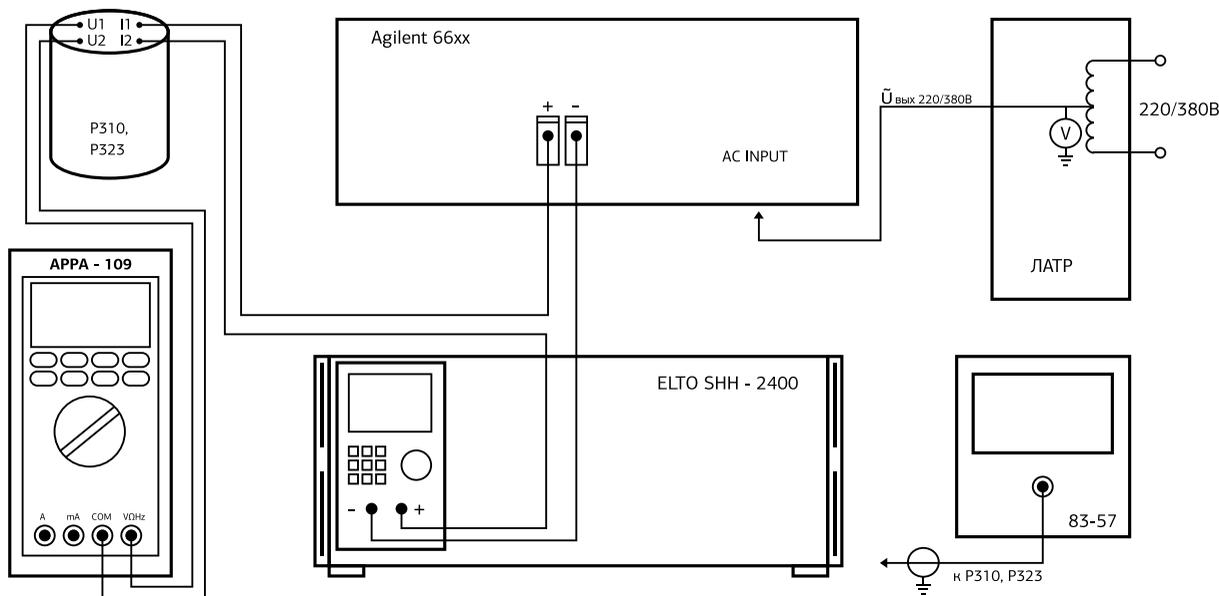


Рис. 1. Измерительная схема контроля пульсаций

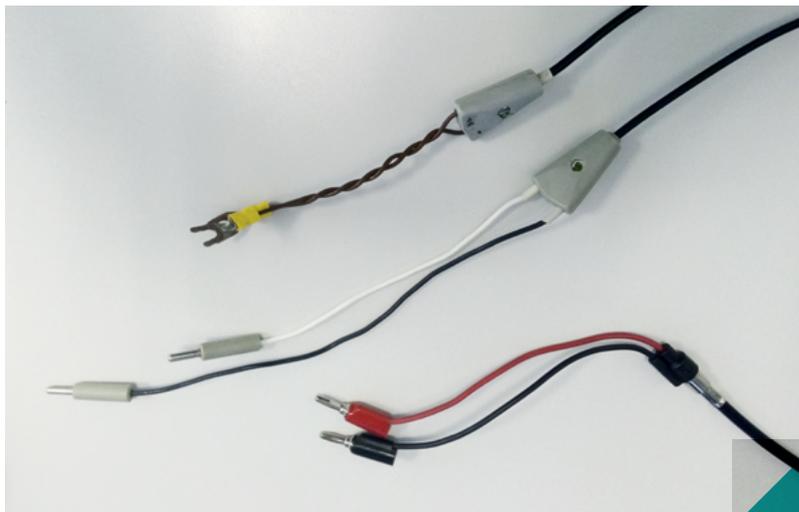


Рис. 2. Измерительный кабель ВЗ-57. Применение скрутки измерительных проводов значительно влияет на результат измерений пульсаций

ИП считается прошедшим поверку по данному пункту, если значение пульсации выходного тока в режиме стабилизации тока не превышает 5 мА среднеквадратического значения.

Однако реализация описанного метода различными пользователями при, казалось бы, широких допусках продемонстрировала огромный разброс данного параметра, зачастую превышая пределы допусков в десятки раз.

Несложное исследование данного метода измерения дало интересные результаты. Применение при контроле пульсаций двух номиналов катушек сопротивлений R310: 0,01 Ом и 0,001 Ом показало тысячекратное изменение уровня пульсаций при использовании одного и того же режима работы ИП, хотя по закону Ома значения измеряемого переменного напряжения должны были отличаться не более чем в 10 раз. Опыты при применении катушки

R323 номиналом 0,0001 Ом подтвердили эту тенденцию и показали полную несостоятельность предложенного метода измерений.

Было замечено значительное уменьшение уровня пульсаций при применении скрутки измерительных проводов, что натолкнуло нас на мысль исследовать вопрос электромагнитной составляющей природы этого явления (рис. 2).

Нормированные уровни промышленных помех, допускаемые для современной техники, определяются множеством ГОСТов в зависимости от специфики устройства. Общая методика определения данного уровня помех регламентирует контроль параметров на уровнях единиц мкВ на расстоянии 3 и 10 м от испытуемого изделия. Однако на практике средства измерений находятся в непосредственной близости друг от друга, и уровни фактических помех, воздействующих на изме-

рительные цепи средств измерений, никем не контролируются и должным образом не учитываются.

Применительно к нашему случаю мы провели практическое исследование уровня помех, регистрируемых измерительной схемой при контроле пульсаций (ВЗ-57), и пересчитали величину уровня пульсаций. Полученные результаты объяснили разброс показаний, наблюдаемый при контроле пульсаций разными пользователями и лабораториями.

Анализ гостированных методов измерений пульсаций, выполняемых при помощи осциллографа по ГОСТ 18953-73, показал незаконность использования данного метода в настоящее время, но на практике измерение по ГОСТ 18953-73 практически не применяется в утвержденных методиках поверки. Ранее действующий ГОСТ отменен и внедрен международный

ГОСТ Р 54364-2011 (IEC 61204:2001) «Низковольтные источники питания постоянного тока. Эксплуатационные характеристики», регламентирующий новые подходы в контроле пульсаций:

- дифференциальный метод измерения;
- метод испытания нагрузочной вилкой.

Практическое применение данных методов вызвало больше вопросов, чем их отмена: при их использовании зафиксировать какие-либо критические уровни пульсаций не удалось. Та-

ким образом, создается впечатление, что любой выпускаемый сегодня ИП гарантированно не имеет критических уровней пульсаций (рис. 3).

Метод испытания нагрузочной вилкой (рис. 4) показал свою низкую чувствительность, начинающуюся на уровне 3 мА. При этом метод определяется чувствительностью токового пробника (токовых клещей) при контролируемом уровне пульсаций по току в диапазоне 2–5 мА.

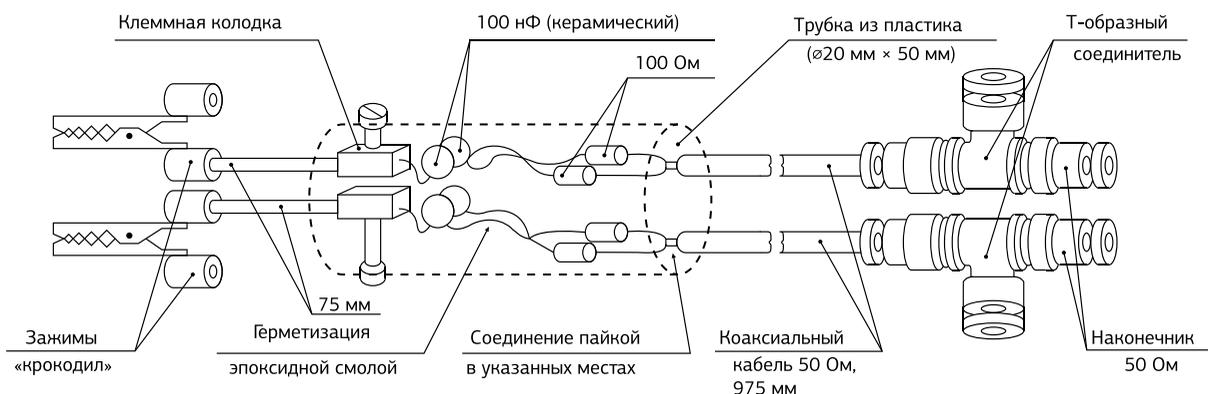
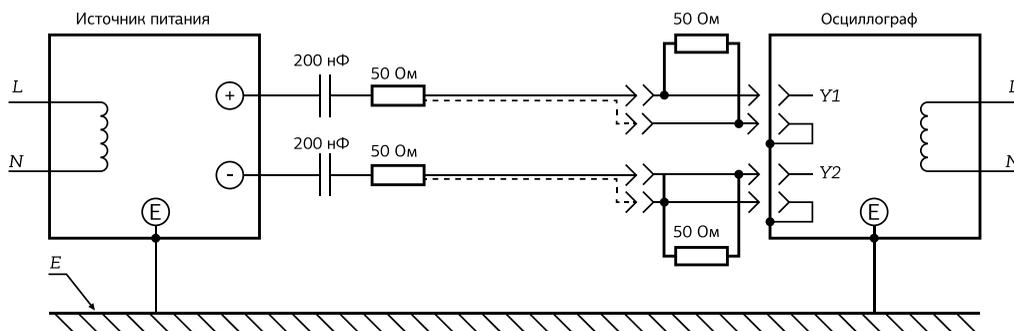


Рис. 3. Оснастка для контроля пульсаций по ГОСТ Р 54364-2011

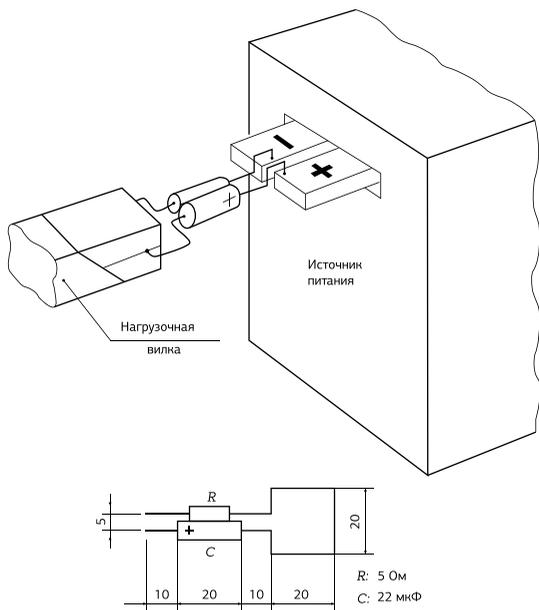


Рис. 4. Метод испытания нагрузочной вилкой

Анализ методик измерений других производителей, в том числе иностранного производства, поражает многообразием применяемых способов. В зависимости от технического исполнения и мощности ИП разнятся и методы контроля данного параметра:

- при помощи осциллографа с закрытым входом;
- включением в измерительную цепь ИП обратной полярности;
- при помощи дифференциальных пробников;
- применением нагрузочных вилок и токовых клещей;
- применением токовых шунтов и электронных нагрузок;
- использованием ферритовых колец в измерительной схеме;
- снятием показаний непосредственно с нагрузочных сопротивлений.

В конечном итоге все указанные методы сводятся к контролю уровня переменного напряжения.

Проведя анализ схемотехнических решений в исполнении источников питания, мы пришли к выводу, что пульсации постоянного тока — это характеристика стабилизатора ИП в режиме стабилизации тока. Пульсации тока выражены безразмерной величиной относительно величины рабочего тока и определяются двумя факторами:

- режимом работы источника питания;
- номиналом постоянного тока, генерируемого ИП.

Анализ составляющих формулы (1) показывает, что величина постоянного и переменного тока напрямую зависит от нагрузки, на которую работает ИП, разного поведения одной и той же нагрузки для постоянного и переменного тока (активной и реактивной составляющей).

При производстве универсальных источников питания нет информации о специфике будущей рабочей нагрузки, и при настройке и регулировке используется нагрузка, имеющая в большей части активную составляющую. Логично выглядит идея, что и при проведении контрольных операций с источником

питания следует применять аналогичную нагрузку, имеющую в большей степени активную составляющую.

Анализ методов контроля пульсаций показывает активное применение электронных нагрузок. Функционал данных устройств, безусловно, удобен для воспроизведения необходимых режимов работы ИП. Но для контроля параметров пульсаций ИП критичным параметром становятся собственные пульсации и стабильность работы электронных нагрузок, которые в должном объеме никто не исследовал. Поэтому применение в методиках контроля пульсаций данных устройств, по нашему мнению, неприемлемо. В процессе производ-

ства ИП для контроля технических параметров нами было разработано устройство, максимально учитывающее специфику измерительной задачи, — реостат электронно-управляемый (РЭУ), технические характеристики которого приведены в таблице.

В основу конструкторского решения реализации РЭУ легли реальные сопротивления, серийно выпускаемые отечественной промышленностью. Подбор номиналов и нагрузочной способности данных резисторов определяется режимом работы источника в контролируемой точке. Избыток тепла, выделяемого на нагрузке, отводится из корпуса РЭУ при помощи принудительной вентиляции.



Рис. 5. Реостат электронно-управляемый РЕУ-03

Запас по мощности на нагрузочных сопротивлениях, низкие требования к точности задания номинала сопротивления и система внутреннего мониторинга измерений — система защиты позволяет использовать измерительные точки других режимов работы РЕУ для более тщательного исследования поведения управляющей системы источника питания и корректности функционирования во всем диапазоне работы, исключая возможность повреждения РЕУ

Фактически при проверке (проверке, калибровке) ИП необходимо проверить (изучить):

- поведение управляющей системы источника питания;
- корректность функционирования во всем диапазоне работы.

Для успешного выполнения этих задач РЕУ обладает следующими особенностями:

- нагрузочные сопротивления имеют запас по мощности;
- система внутреннего мониторинга измерений — система защиты позволяет безболезненно использовать измерительные номиналы соседних режимов работы РЕУ

Плата коммутации выполнена на мощных транзисторах, исключающих процесс искрообразования и значительные потери на самом элементе. Конструкция плат выполнена с максимальным экранированием от генерирования собственных наводок на внешние проводники и улавливания внешних.

Конструктивно корпус РЕУ (рис. 5) выбран в исполнении, максимально исключающем прохождение внешних наводок внутрь корпуса. Разделение узлов и расположение их внутри корпуса минимизирует возможное взаимное влияние и распространение внутри корпуса потенциальных наводок. Измерительная часть дополнительно экранирована. Контрольный шунт выполнен из марганцевого сплава, что в долгосрочной перспективе гарантирует стабильные характеристики его номинала.

Внутренние источники питания, необходимые для работы цифровой части РЕУ выполнены в индивидуальных модулях и отделены экранами от самих нагрузочных сопротивлений и измерительной части схемы.

Все эти конструкторские решения позволили нам минимизировать величины вероятных наводок до уровня десятых милливольт и миллиампер. Дальнейшая работа по уменьшению собственных наводок не представляется целесообразной, так как нор-

мированные уровни контролируемых пульсаций составляют единицы милливольт (миллиампер).

Презентация данной нагрузки на выставках и общение с представителями заинтересованных организаций показали актуальность нашей раз-

работки для практикующих метрологов и подсказали пути дальнейшей модернизации РЭУ по окончании которой устройство можно будет использовать как для работы на переменном напряжении, так и для калибровки трансформаторов тока. 

Таблица. Основные технические данные и характеристики РЭУ-03

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА		ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА
1	Питание прибора	От сети 220 В, 50 Гц
2	Напряжение на нагрузке: - низковольтный вход - высоковольтный вход	0–75 В 0–300 В
3	Максимально допустимое напряжение на низковольтном входе	85 В
4	Максимально допустимое напряжение на высоковольтном входе	400 В
5	Допускаемый ток в нагрузке	0,001–20 А
6	Диапазон нагрузки	0,09–3000 Ом
7	Допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления нагрузки	8%
8	Уровень собственных пульсаций РЭУ в диапазоне рабочих режимов: - по напряжению, не более - по току, не более	0,3 мВ 0,3 мА
9	Допускаемая мощность рассеивания в нагрузке	0–490 Вт
10	Потребляемая мощность РЭУ	не более 25 В·А
11	Время установления рабочего режима, не более	1 мин
12	Масса, не более	18 кг

Литература

1. Источники питания серии SM3300 и SM6000. Методика поверки РТ-МП-2437-551-2015.
2. ГОСТ 18953-73 «Источники питания электрические ГСП. Общие технические условия».
3. ГОСТ Р 54364-2011 (IEC 61204:2001) «Низковольтные источники питания постоянного тока. Эксплуатационные характеристики».
4. Источники питания постоянного тока Agilent серии 66XXX. Методика поверки МП-080/447-2008.



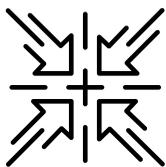
ДАЙ ПЯТЬ!

Анализ цепей в миллиметровом диапазоне





Специалисты компании Keysight подготовили пять практических советов, необходимых при проведении анализа цепей в миллиметровом диапазоне частот. Эти рекомендации позволяют методически повысить точность проводимых измерений.



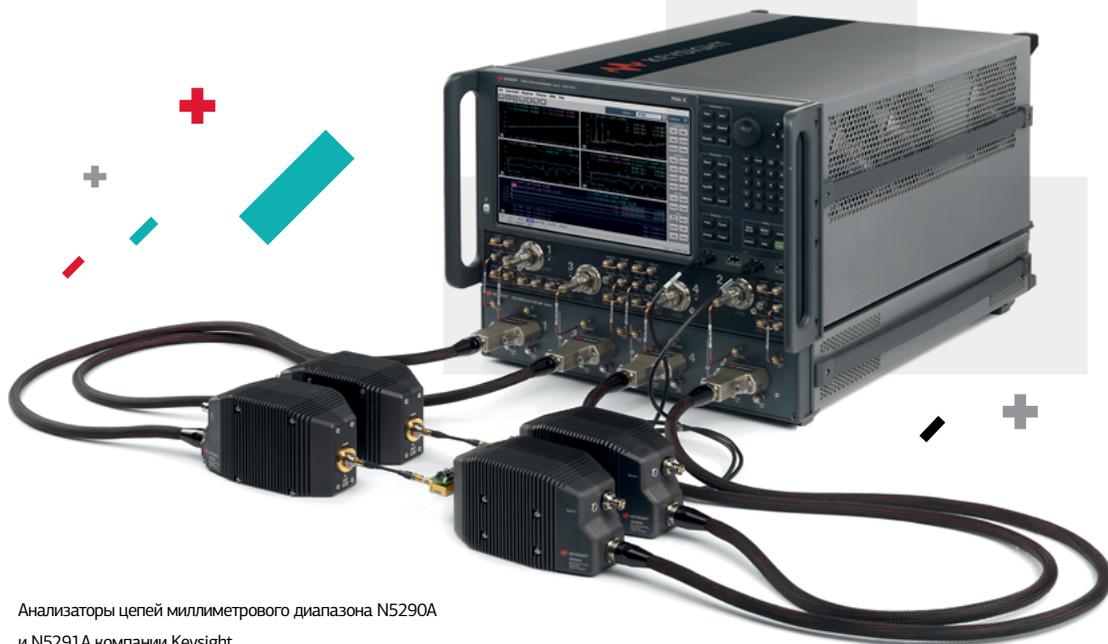
Совет № 1. Обеспечьте получение точных и воспроизводимых результатов измерений

Создание собственного решения для анализа цепей миллиметрового диапазона может повлечь за собой определенные сложности и значительные временные затраты. Более того, технические характеристики полученного таким путем решения в части стабильности и точности не будут гарантированы.

Наилучшей альтернативой становится готовое решение, конфигурация которого включает двух- или четырехпортовый анализатор цепей, а также все необходимые для работы в миллиметровом диапазоне длин волн кабели, расширители частотного диапазона и контроллер измерительного блока. Примером такого решения служат измерительные

системы N5290/91A, которые могут быть построены на основе анализаторов цепей серий PNA или PNA-X с максимальными рабочими частотами 26,5 или 67 ГГц.

В результате пользователь получает решение, позволяющее выполнять высококачественные измерения параметров устройств на подложках и в различных типах трактов в широком диапазоне частот, включая миллиметровый диапазон длин волн. Гарантией точных и повторяемых результатов измерений на подложках является совместимость измерительных систем N5290/91A с решениями для измерений на подложках, разработанными компанией Keysight и ее партнером, компанией FormFactor.



Анализаторы цепей миллиметрового диапазона N5290A и N5291A компании Keysight



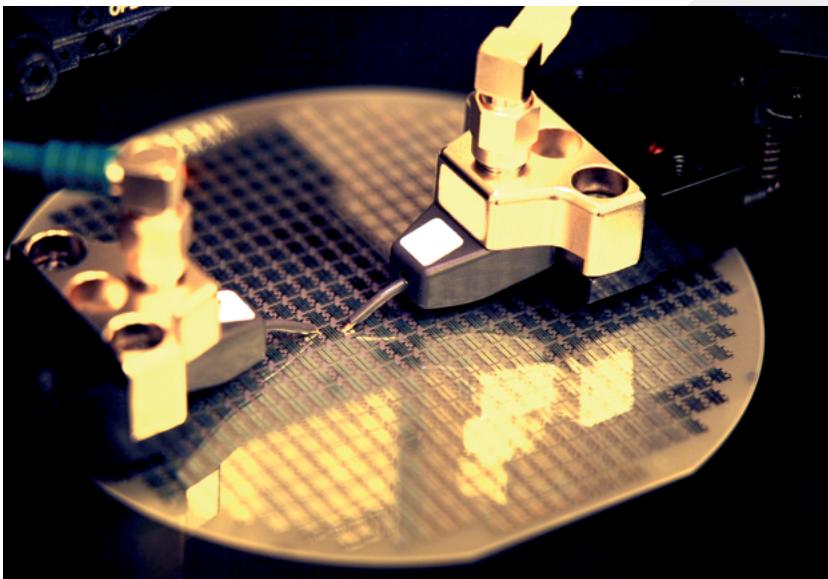
Совет № 2. Выполняйте калибровку для повышения точности измерений

Калибровка поможет обеспечить наилучшие результаты измерений во всем диапазоне рабочих частот создаваемого устройства. Анализаторы цепей компании Keysight миллиметрового диапазона способны выполнять измерения в широком диапазоне частот от 900 до 120 ГГц.

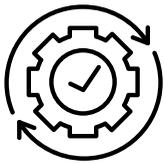
Для калибровки анализаторов цепей N5290/91A используются комплекты калибровочных и верификационных мер в тракте 1,0 мм. Специализированный верификационный комплект и новый датчик мощности с диапазоном рабочих частот 0–120 ГГц обеспечивают прослеживаемость результатов измерений и снижение их суммарной погрешности за счет точной оценки величин остаточных составля-

ющих систематической погрешности измерений. Кроме того, автоматический учет и исключение из результатов измерений параметров оснастки обеспечивают более высокую точность калибровки в плоскости касания зондов, что уменьшает погрешность измерений на подложках.

Парные компактные модули расширения частотного диапазона имеют усиленные соединители измерительных портов в тракте 1,0 мм, которые гарантируют повторяемость подключений изо дня в день, от измерения к измерению. Все это уменьшает погрешность измерений по результатам выполнения калибровки и улучшает показатели точности измерений системы в целом.



Качественная калибровка, учет и исключение из результатов измерений параметров оснастки в совокупности значительно повышают точность измерений на подложках



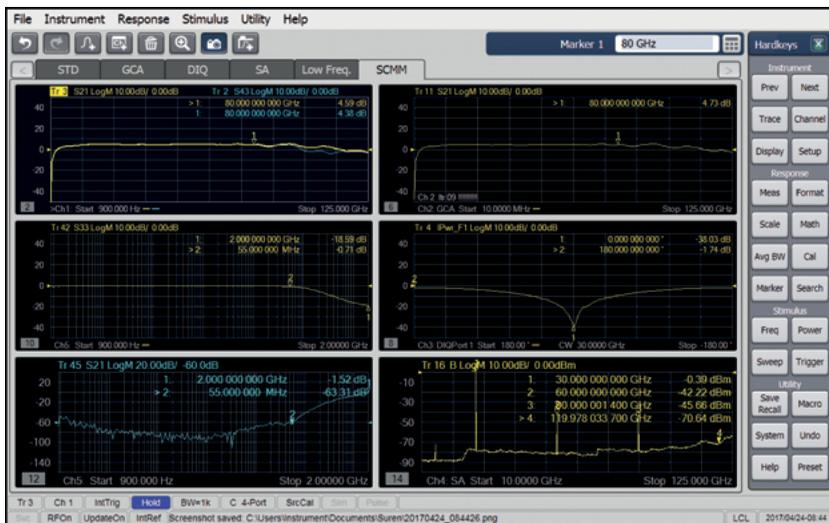
Совет № 3. Ускорьте выполнение сложных программ испытаний

Новое поколение монолитных интегральных схем СВЧ-диапазона имеет в своем составе компоненты, которые функционируют в основной полосе частот, на ВЧ, СВЧ и в миллиметровом диапазоне длин волн. Векторный анализатор цепей (ВАЦ), который способен обеспечить панорамные измерения в диапазоне частот от герц до гигагерц, позволяет измерять параметры всех этих компонентов с использованием одной измерительной системы.

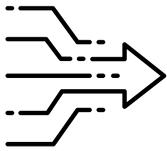
Необходимость подключать, отключать и переподключать исследуемую интегральную схему (ИС) к нескольким анализаторам связана с неудобствами и значительными временными затратами. Оптимальным решением здесь становится векторный анализатор цепей, чья архитектура позволяет выполнять множество измерений за одно под-

ключение. При использовании анализатора серии PNA-X такая архитектура позволяет за одну серию подключений измерить целый ряд характеристик пассивных и активных устройств: S-параметры, коэффициент шума, компрессию усиления, суммарный коэффициент гармоник, интермодуляционные искажения и параметры спектра.

Возможность управления частотой и фазой сигналов на выходе источников упростит измерения параметров квадратурных модуляторов и преобразователей частот, а также дифференциальных смесителей и усилителей. Управляя величиной относительного сдвига фаз сигналов, формируемых источниками, пользователь может обойтись без гибридных мостов и симметрирующих устройств.



Высокая степень интеграции современных ИС СВЧ-диапазона и других радиотехнических устройств с широким диапазоном рабочих частот нередко означает, что приходится проверять целый ряд функций и характеристик устройства, которое может иметь ограниченное число контрольных точек для подключения измерительного оборудования. Измерительные системы, позволяющие выполнять множество измерений за одно подключение, идеально подходят для решения подобных задач

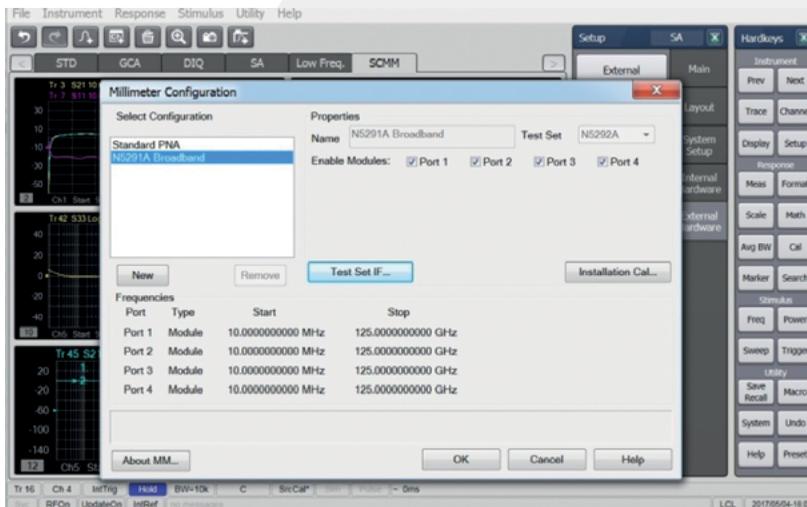


Совет № 4. Упростите подготовку испытательных систем к проведению измерений

Программные средства анализаторов цепей компании Keysight позволят сэкономить время, обеспечить правильную конфигурацию схемы измерений, а также проводить более глубокий анализ характеристик устройств с использованием следующих режимов измерений:

- Скалярные параметры смесителей/преобразователей частот: поддержка измерений скалярных характеристик смесителей и преобразователей частот.
- Компрессия усиления: измерение полного набора параметров усилителей и преобразователей частот.
- Коэффициент шума: углубленный анализ характеристик преобразователей частот.
- Дифференциальные и квадратурные устройства: измерение параметров усилителей и смесителей.
- Анализ спектра: анализ спектра в многоканальном режиме с применением калибровки.

Все эти программные средства оптимизированы для работы с интерфейсом сенсорного дисплея. При этом возможность использования ПО на множестве измерительных приборов максимально повышает эффективность эксплуатации оборудования, расширяя функциональные возможности измерительного прибора до нужного уровня, в нужном месте и в нужное время.



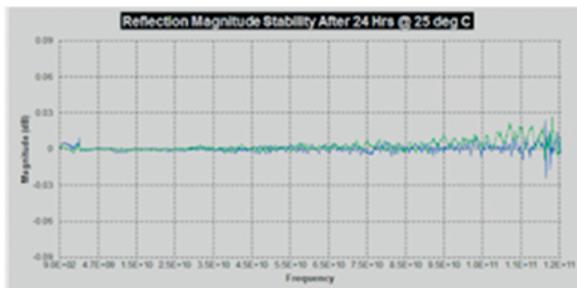
Интерфейс пользователя, оптимизированный для работы с сенсорным дисплеем, упрощает анализ результатов. В нем предусмотрены различные окна, ориентированные на выполнение конкретных задач, например конфигурирование измерительной системы для проведения измерений в миллиметровом диапазоне. Новым пользователям такие окна помогут быстро вникнуть в суть и достигнуть лучших результатов



Совет № 5. Сократите затраты на измерения

Охват более широкого диапазона частот сокращает стоимость измерительных решений. К примеру, если заказчик использует ВАЦ миллиметрового диапазона с нижней границей рабочего диапазона частот 900 Гц, ему не нужно приобретать специализированный ВАЦ для диапазона низких частот. Еще два преимущества: перемещение ИУ между меньшим количеством измерительных установок (испытательных стендов) увеличивает выход качественной продукции за счет снижения вероятности повреждений; использование одного ВАЦ снижает сложность измерительной системы и упрощает разработку прикладного программного обеспечения для нее.

Дальнейшего снижения затрат на измерения можно добиться путем оптимизации процедуры калибровки. Она начинается с обеспечения поддержки одной калибровки при различных настройках измерительной системы. Для этого требуется исключительная стабильность измерительной системы на продолжительном интервале времени, в течение всего цикла испытаний или производства продукции. В измерительных системах N5290/91A функция cal all («калибровка всего») позволяет выполнять одну калибровку и применять ее при различных настройках измерений и подключениях в системе.



Имея показатель нестабильности по амплитуде менее 0,015 дБ, широкодиапазонные ВАЦ миллиметрового диапазона длин волн могут использовать одну калибровку на протяжении 24 ч, сохраняя величину погрешности измерений на прежнем уровне

Комментарий специалиста

В последнее время тема миллиметрового диапазона частот из теоретических обсуждений ученых мужей уверено перекочевала в область практического применения. Преимущества новых частотных диапазонов очевидны, но при этом сталкивают нас с новыми профессиональными вызовами в области измерительных технологий. То, что раньше могло казаться незначительным, сегодня приобретает ключевую роль в достижении необходимых ТТХ изделий.

Подготовлено на основе
материалов компании Keysight



Никита Болдырев,
руководитель направления
радиоизмерительного оборудования
ЗАО «НПФ Диполь»
nb@dipaul.ru

НАРУШЕНИЕ ГРАНИЦ

**Почему источник питания превышает установленные пределы тока?
Понимание процесса переключения режимов**





Алексей Телегин,
ведущий блога по источникам питания
Keysight Technologies

Мы продолжаем знакомить читателей с материалами, посвященными базовым понятиям и подходам в использовании источников питания (ИП), современным решениям в данной области и уникальным функциям, помогающим выполнить самые сложные задачи, возникающие при тестировании. В этом номере ведущий раздела по системам электропитания объединенного блога Keysight Technologies в России Алексей Телегин расскажет, как избежать последствий выхода параметров тока за пограничные значения.

Одна из часто встречающихся проблем, связанных с применением ИП, состоит в том, что пользователь, ожидая, что режим ограничения тока не позволит ему превысить установленное значение, вдруг обнаруживает, что при увеличении потребления тока тестируемым устройством свыше установленного предела ток сначала

выходит далеко за установленные границы. В некоторых случаях кратковременного броска тока бывает достаточно, чтобы вывести из строя чувствительное тестируемое устройство. Специалисты, имеющие опыт работы с ИП, квалифицируют это как динамическую характеристику процесса переключения режимов.

Переключение режимов представляет собой момент перехода между режимами стабилизации напряжения (CV) и стабилизации тока (CC). Динамическая характеристика процесса переключения режимов является аспектом, позволяющим различить реальные и идеальные источники питания. Большинство ИП содержит два контура управления: один — для регулирования напряжения, а другой — для контроля тока. При этом в каждый конкретный момент времени только один из них осуществляет непосредственное управление процессом, в то время как другой работает в контуре с разомкнутой цепью обратной свя-

зи. Усилитель ошибки, который включен в разомкнутый контур, находится в состоянии готовности, несмотря на то, что он заблокирован. Если в результате изменения режима нагрузки ИП вынужден осуществлять переключение режимов, то усилитель ошибки, включенный в разомкнутый контур, должен вернуться в исходное положение и получить контроль над выходным сигналом. В большинстве случаев при функционировании ИП в качестве источника напряжения, если значение нагрузки превышает установленные на источнике питания пределы тока, в течение кратких моментов времени может наблюдаться выброс тока.

С другой стороны, если ИП работает в режиме источника тока, в течение короткого промежутка времени может наблюдаться выброс напряжения. Это происходит при уменьшении нагрузки, в результате чего выходное напряжение превышает установленные на источнике питания пределы.

Величина выброса зависит от многих факторов, относящихся как к ИП, так и к тестируемому устройству. Как правило, в усилители ошибок встраиваются дополнительные схемы, предохраняющие от перехода в режимы насыщения или отсечки, что позволяет данным устройствам быстро регенерировать, когда это необходимо.

Усилители проходят тщательный отбор по параметрам регенерации. Для обеспечения стабильности переходов при переключении между режимами и одновременной минимизации задержки и выбросов требуется максимальная аккуратность при проектировании. Величина выброса также зависит от того, как быстро и в каком диапазоне тестируемое устройство осуществляет переходы между режимами нагрузки.

На рис. 1 показан выброс тока при переключении режимов универсального ИП, обеспечивающего максимальное выходное напряжение 50 В и выходной ток 3 А. Источник питания настроен на подачу выходного напряжения 10 В и тока 1 А. Тестируемое

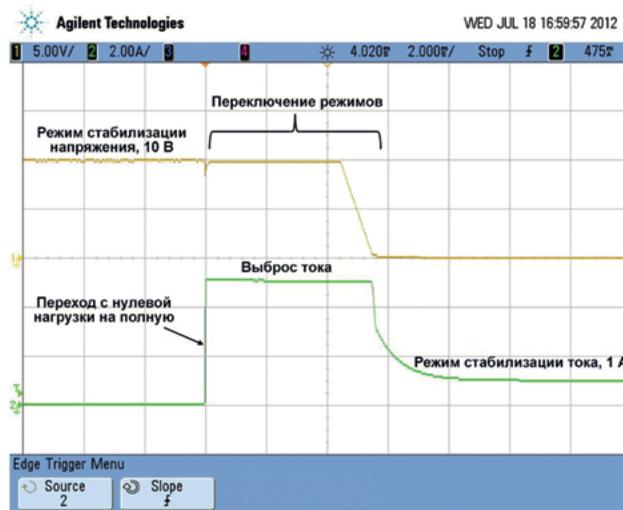


Рис. 1. Переключение с режима стабилизации напряжения на режим стабилизации тока для ИП, настроенного на подачу выходного напряжения 10 В и тока 1 А

устройство представляет собой электронную нагрузку, настроенную на переход в пределах 0–10 А со скоростью нарастания 0,8 А/мкс. Такая нагрузка является наиболее неблагоприятным вариантом для всех практических целей. При достижении нагрузкой максимального значения (то есть в режиме перегрузки) требуется примерно 6 мс, чтобы схема регулирования с ограничением тока взяла на себя полное управление и снизила величину тока. Во время переключения режимов вершина плато выброса тока находится на уровне 5 А, что является предельно допустимым значением выходного тока ИП. Это соответствует моменту времени, когда источник питания становится неуправляемым.

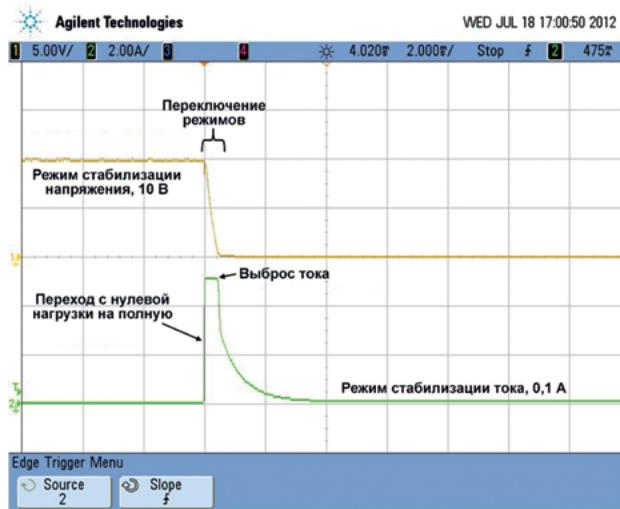


Рис. 2. Переключение с режима стабилизации напряжения на режим стабилизации тока для ИП, настроенного на подачу выходного напряжения 10 В и тока 0,1 А

В примере на рис. 2 предельное значение выходного тока ИП уменьшено до 0,1 А, и также имеет место переключение режимов. При этом наблюдается интересное воздействие на выброс тока. В то время как пиковое значение тока не изменилось и составляет 5 А, длительность выброса тока существенно меньше и равна примерно 0,5 мс. Причина этого заключается в значительной разнице амплитуд подаваемых на вход усилителя ошибки сигналов, в результате чего сокращается время перехода. Пиковый уровень тока остается неизменным, поскольку определяется предельно допустимым значением выходного тока ИП, которое, в свою очередь, является постоянной величиной.

При переключении режимов величина выброса зависит как от ИП, так и от тестируемого устройства. Источник питания, оптимизированный для подачи напряжения, при переключении режимов обычно имеет очень малую величину выброса напряжения, но в то же время, как видно из рисунка, выброс тока может быть весьма значительным. И наоборот, ИП, оптимизированный для подачи тока, при переключении режимов позволяет обеспечить очень малую величину выброса тока, но при этом имеет существенный выброс напряжения. Высокопроизводительные ИП поддерживают более высокие характеристики при переключении режимов, но, как правило, это достигается за счет дополнительных затрат.



Полезная информация, которую следует учитывать при работе:

- Выброс при переключении режимов — это реальность, характерная для большинства источников питания.
- Старайтесь не превышать номинальные значения выходных параметров ИП. Помните, что во время переключения режимов пиковый уровень напряжения или тока обусловлен, главным образом, максимально допустимыми значениями напряжения и тока ИП и в меньшей степени — настройками прибора. При использовании мощного ИП с настройками, составляющими порядка 5% от его номинальной мощности, амплитуда выброса, скорее всего, окажется намного выше, чем при использовании менее мощного прибора, выходные параметры которого настроены

на 50% от номинальных значений.

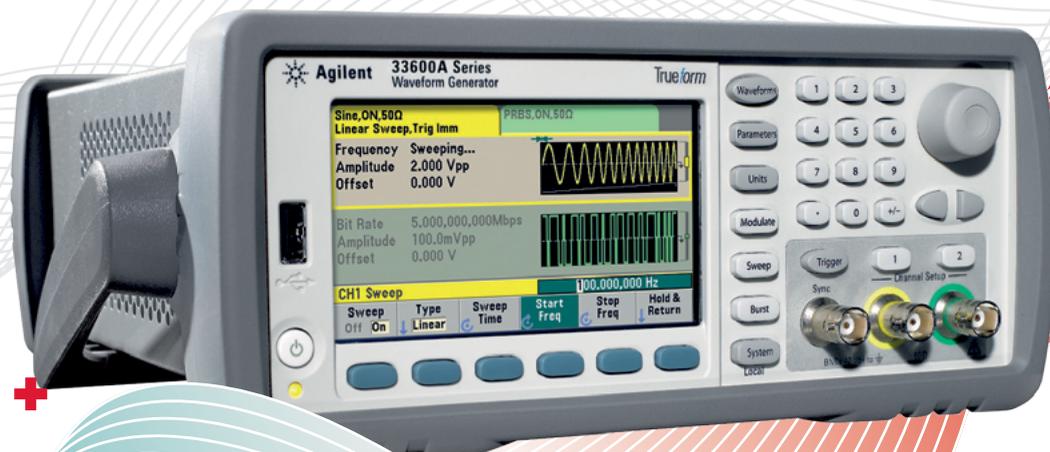
- Старайтесь получить максимально полное представление об особенностях тестируемого устройства, его характеристиках и типах неисправностей, которые могут привести к перегрузке, а также узнать, насколько чувствительно оно к перегрузке.
- Если тестируемое устройство чувствительно к перегрузке, в процедуру испытаний рекомендуется включить определение параметров частотной характеристики переключения режимов в реальных условиях, отражающих особенности такого устройства.

Знание того, что в работе нужно обязательно учитывать связанные с переключением режимов параметры динамической характеристики «реальных» источников питания, позволит впоследствии избежать неприятностей и разочарования. 



Ссылка на блог Keysight Technologies в России





Генераторы сигналов Keysight Technologies серии 33600A со склада «Диполь»

- ✓ Уникальная технология Trueform
- ✓ Уровень гармонических искажений в 5 раз ниже, чем у аналоговых приборов.
- ✓ Уровень джиттера составляет менее 1 пс.
- ✓ Амплитуда выходного сигнала – от 1 мВ до 10 В (размах) с разрешением 14 бит.
- ✓ Частота дискретизации до 1 Гвыб./с обеспечивает высокое разрешение по времени для сигналов произвольной формы.
- ✓ Объем памяти сигналов произвольной формы: 4 Мточек на канал в стандартной комплектации с возможностью расширения до 64 Мточек на канал.

«МЕСТО, ГДЕ СВЕТ»

Необходимые составляющие комфортной
работы на производственном участке





Андрей Иванов,
руководитель проектов направления
«Чистые производственные помещения
и инновационные технологии»
компании «Диполь»
a.ivanov@dipaul.ru

Более пяти лет подразделение проектирования и строительства, входящее в группу компаний «Диполь», решает многочисленные задачи. На начальном этапе развития этого направления мы сконцентрировали усилия на проектировании и монтаже чистых производственных помещений (ЧПП), добившись значительных успехов. Были реализованы десятки проектов по реконструкции и модернизации предприятий радиоэлектронной промышленности, для специалистов отрасли в крупных промышленных центрах России проведено множество семинаров, направленных на разъяснение принципов построения инженерной инфраструктуры и устройства производственных помещений с учетом действующих отраслевых стандартов и мировых тенденций.

Безусловно, чистота воздуха, регулируемые параметры температуры и влажности в заданных пределах очень важны при производстве изделий микроэлектроники, поскольку напрямую влияют на качество продукции, процент брака и требуемые харак-

теристики продукции. Применительно к фармацевтике и медицине перечисленные условия должны сводить к минимуму появление вирусов и бактерий в чистых помещениях, где изготавливается продукция или находится пациент.

У отечественных производителей постепенно формируется понимание важности соблюдения необходимых норм, но при этом руководство предприятий порой забывает уделять должное внимание обычной отделке помещений, причем как производственных, так и офисных, а ведь эстетичный вид и функциональность рабочего пространства важны ничуть не меньше чистоты или влажности воздуха. Качественно обустроенное рабочее место вкупе с грамотной поставленной задачей позволяет повысить производительность труда, снизить общую усталость сотрудников, даже, если хотите, почувствовать удовольствие от работы, что в конечном счете не может не сказаться положительно на итоговом результате. При сорока рабочих часах в неделю среднестатистический сотрудник проводит на работе около десяти лет жизни, и если ему некомфортно на рабочем месте, то думать он будет не о своих обязанностях, а о том, как приспособиться к существующим условиям или найти нового работодателя.



Понимая важность оптимального сочетания формы и содержания, наша компания уже давно занимается не только проектированием и строительством ЧПП, но и внутренней отделкой производственных предприятий и офисов, но об этом, к сожалению, знают далеко не все.

Поэтому хочется рассказать, как, с нашей точки зрения, можно организовать комфортную среду как для рабочего персонала, так и для управленцев предприятия, используя для этого пример небольшого производства радиоэлектронных компонентов. Одним из важнейших факторов,



влияющих на комфортную обстановку на предприятии, является температурный режим. Качественная система вентиляции и кондиционирования воздуха, поддерживающая заданную температуру в комплексе с оптимальным расположением воздуховодов в помещениях, способна навсегда прекратить офисные войны любителей открытых и закрытых окон. Правда, это может сделать офисные будни менее увлекательными. Ведь как порой интересно наблюдать за ожесточенными боями, когда кто-то с криком «Мне дует!» как Александр Матросов бросается на амбразуру окна, закрывая его. И тут же с шепотом «Воздуха...», аристократической бледностью и болью в глазах со стула сползает тело другого менеджера. Что делать, пространство офисного помещения (особенно в стиле open space) неизбежно становится свидетелем столкновения интересов большого количества персонала.



Все же, если оставить шуточный тон, необходимо заметить, что, кроме создания комфортной температуры на площадке, необходимо не допускать сквозняков, причиной которых могут быть различные производственные процессы, например доставка материалов в сборочный цех. За решение этой проблемы отвечают грамотно размещенные тепловые завесы.

Еще один важный момент — правильное освещение рабочего места. Оно должно быть ярким и в то же время приятным для глаз. В последнее время технологии в области света стремительно развиваются, повсеместно используется светодиодное освещение, которое позволяет

не только обеспечить хорошую освещенность, но и в перспективе экономить на электричестве и эксплуатационных расходах.

Кроме того, в организации рабочего процесса производственного предприятия ключевое место занимает комфортная и технологичная мебель. Правильно оснащенные рабочие места — это не только продуктивная работа персонала, но и обеспечение защиты от повреждений как самого сотрудника, так и изготавливаемых изделий. В отличие от домашней и офисной мебели, промышленная должна отвечать некоторым специфическим условиям: прочность, долговечность, соблюдение требований производственного про-

цесса, удобство и соответствие стандартам, применимым в отрасли. Все вышеперечисленное в полной мере относится к отечественной промышленной мебели VIKING.

Для обеспечения защиты коммерческой информации, производственного и офисного оборудования будет нелишним озаботиться системами видеонаблюдения и контроля доступа. Помимо того, что при необходимости система видеонаблюдения поможет зафиксировать обстоятельства произошедшего, наличие видеонаблюдения дисциплинирует сотрудников. А контроль доступа позволяет разделить потоки персонала, обеспечить посещение определенных помещений только



тем, кому это нужно по своим обязанностям (не говоря о том, что такие системы предотвращают проникновение злоумышленников).

Помимо того, что отделка стен, потолка и пола должна быть эстетически приятной и функциональной, нужно контролировать, чтобы использовались только надежные сертифицированные материалы, которые прослужат долгое время. Выбор материалов и контроль их качества тоже лучше доверить профессионалам.

Компания «Диполь» предлагает услуги по разработке дизайн-проектов офисных и производственных помещений, подготовке проектно-сметной документации, выполнению строительно-монтажных работ по отделке поме-

щений, монтажу и пусконаладке инженерных, силовых и слаботочных систем. Для проведения вышеуказанных работ у нас есть все необходимые лицензии и сертификаты. В компании трудится опытный, квалифицированный персонал, способный решать сложные задачи в условиях сжатых сроков и ограниченного бюджета. Нарботанные связи с производителями помогают нам приобретать материалы и оборудование по сниженной цене, что в конечном итоге отражается на стоимости реализованного проекта. Устойчивое финансовое положение компании и двадцатипятилетний опыт работы на рынке позволяют предлагать заказчику лучшие условия и гарантируют выполнение поставленной задачи.





ИНЖИНИРИНГ

Компания «Диполь» создает и реализует высокотехнологичные проекты для различных отраслей промышленности, выполняя весь комплекс работ по созданию современного производства «под ключ».

Многофункциональные компактные испытательные системы серии NSG 4070B-X для тестирования устойчивости к кондуктивным и излучаемым электромагнитным помехам.

В рамках этой деятельности осуществляется:

- ✔ проектирование объекта строительства, включая технологические и инженерные решения;
- ✔ строительство чистых производственных помещений и инженерной инфраструктуры любой степени сложности;
- ✔ комплексное строительство новых и реконструкция существующих промышленных предприятий;
- ✔ модернизация и переоснащение предприятий для соответствия актуальным технологическим требованиям;
- ✔ ввод в промышленную эксплуатацию предприятий.

WORLD SKILLS-2018





worldskills
Russia

28–30 ноября 2018 года в Санкт-Петербурге на территории конгрессно-выставочного центра «Экспофорум» состоялся IV Открытый региональный чемпионат «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia). Организатором и техническим партнером компетенции «Электроника» этого профессионального конкурса выступил петербургский Колледж электроники и приборостроения.



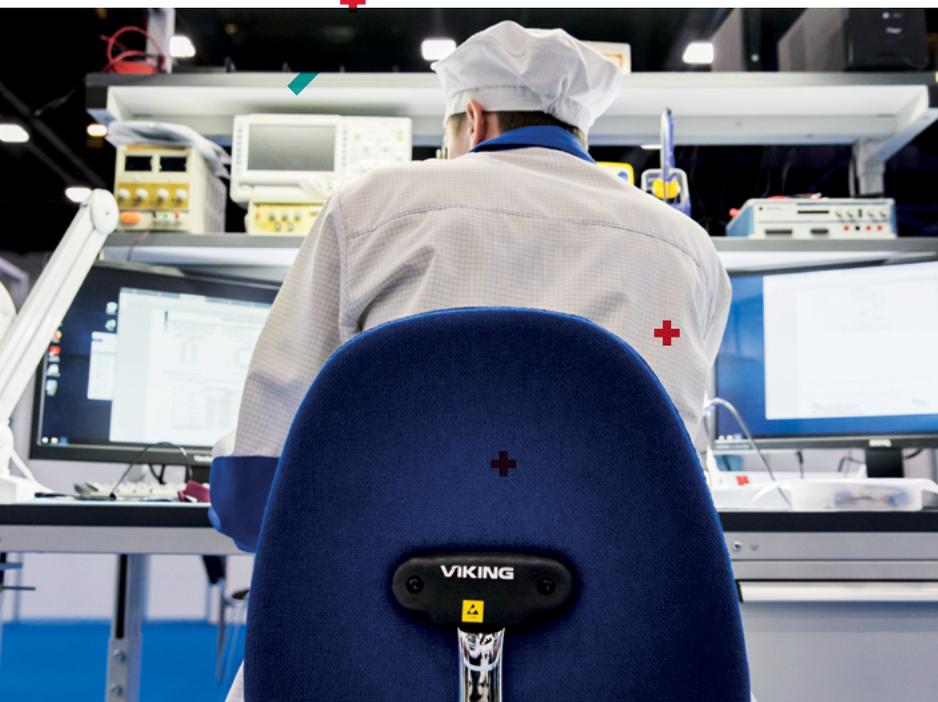
Справка

WorldSkills International (WSI) — международное некоммерческое движение, целью которого является повышение статуса профессионального образования и стандартов профессиональной подготовки и квалификации по всему миру.

Этот конкурс профессионального мастерства позволяет повысить уровень образовательной и профессиональной подготовки молодых рабочих и специалистов, выявить, распространить и внедрить в учебный процесс положительный

- ♦ опыт профессионального образования, повысить значимость и престиж рабочих профессий и специальностей.

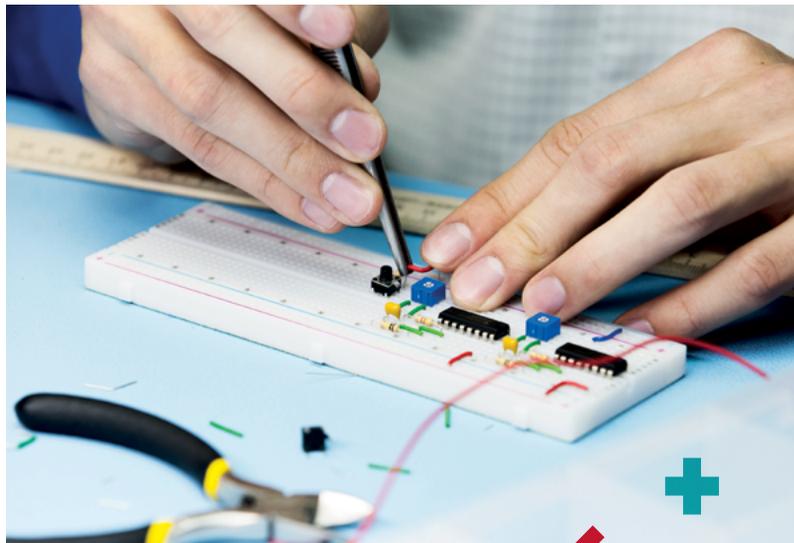
IV чемпионат «Молодые профессионалы WorldSkills Russia» и городской конкурс профессионального мастерства «Шаг в профессию», в которых приняли участие студенты профессиональных образовательных учреждений, провел Комитет по образованию Санкт-Петербурга. В рамках проекта также прошли соревнования юниоров JuniorSkills, участниками которых стали обучающиеся школ и учреждений дополнительного образования детей Северной столицы.



На церемонии торжественного открытия участники и гости чемпионата приветствовали: временно исполняющий обязанности губернатора Санкт-Петербурга Александр Беглов, президент Союза промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга Александр Турчак, заместитель министра образования и науки Российской Федерации Ирина Потехина, глава «Роснано» Анатолий Чубайс.

В рамках данных масштабных мероприятий состоялись соревнования по 92 компетенциям, профессиям и специальностям, наиболее востребованным на рынке труда и в экономике Санкт-Петербурга: каменщик, автослесарь, токарные и фрезерные работы на станках с ЧПУ, поварское дело, ресторанный сервис, парикмахерское искусство, плотницкое дело и т. д.

Площадка компетенции «Электроника», организованная Колледжем электроники и приборостроения (КЭП), была оснащена антистатическим оборудованием, промышленной мебелью VIKING и паяльными станциями Накко, предоставленными компанией «Диполь». В ходе соревнования его участники — студенты различных образовательных учреждений должны были выполнить разные задания: отремонтировать плату, устранить неисправные участки с коротким замыканием, обнаружить неисправный компонент схемы, измерить выходные параметры после осуществленного ремонта.



Приглашенные эксперты, тщательно контролируя ход испытаний, специально вносили дефектовку в плату, а студенты, опираясь на техническую документацию, должны были восстановить работоспособность устройства.



VIKING

DC-6B ESD



www.vkg.ru

✓ Шкафы сухого хранения серии DC предназначены для обеспечения ультранизких значений относительной влажности, что необходимо для хранения влагочувствительных компонентов и материалов.

✓ Шкафы серии DC выпускаются в двух модификациях, обеспечивающих сухое хранение компонентов и материалов как в воздушной среде, так и в среде азота.

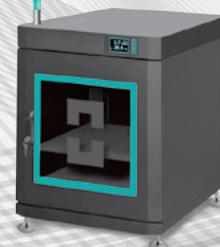
DC-4W GESD



DC-2G ESD



DC-1B ESD



DC-3B ESD с открытыми дверцами



✓ Инновационная индикаторная система светодиодной подсветки



✓ Шкафы DC ESD доступны для заказа в цветах:

-  Белый RAL 9010 (артикул DC-W ESD, например, DC-3W ESD для 3-дверного белого шкафа)
-  Светло-серый RAL 7035 (артикул DC-G ESD, например, DC-6G ESD для 6-дверного серого шкафа)
-  Черный RAL 9005 (артикул DC-B ESD, например, DC-1B ESD для 1-дверного черного шкафа)



Отличительные особенности шкафов серии DC

- ✓ Все шкафы серии выпускаются только в антистатическом исполнении и строго соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 53734;
- ✓ Диапазон поддержания влажности 1-50% RH с точностью $\pm 1\%$;
- ✓ Каждая секция шкафа закрывается на отдельный ключ;
- ✓ Каждый шкаф оснащен портом RS-232 для подключения к компьютеру и оперативной передачи информации;
- ✓ Управление с помощью цифровой панели с тремя кнопками и интуитивно понятным меню;
- ✓ Контроль влажности и температуры осуществляется с помощью встроенного точного датчика с цифровым интерфейсом, процессора и ЖКИ-дисплея;
- ✓ Возможность установки на шкаф автоматического модуля азота и модуля азота с ручной регулировкой;
- ✓ Собственное программное обеспечение для контроля и управления шкафом серии DC;
- ✓ Инновационная индикаторная система светодиодной подсветки;
- ✓ Время выхода в рабочий режим (с 50% до 1% RH) для 3-дверного шкафа DC-3 — менее 1 часа 40 мин;
- ✓ Время восстановления до $<10\%$ RH для 6-дверного шкафа DC-6 — **менее 1 минуты**;
- ✓ Класс защиты от внешних воздействий IP 55.

ШКАФЫ СУХОГО ХРАНЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО СЕКЦИЙ (ДВЕРЕЙ)	РАЗМЕРЫ (Ш×В×Г), ММ	ОБЪЕМ, Л
□□-□□□□	1	600×737×640	238
□□-2□□□	2	600×1342×640	454
□□-□□□□	3	600×1947×640	670
□□-□□□□	4	1205×1342×640	900
□□-□□□□	6	1205×1947×640	1340

✓ Шкафы изготовлены в соответствии со стандартами:

- ✓ IPC/JEDEC J-STD 033C «Обращение, упаковка, транспортировка и использование компонентов, чувствительных к влаге и пайке методом оплавления»
- ✓ IPC/JEDEC J-STD-020C «Классификация чувствительности к влажности/пайке для негерметичных твердотельных компонентов поверхностного монтажа»
- ✓ EIA/IPC/JEDEC J-STD-075 «Классификация влагочувствительности компонентов, не относящихся к микросхемам»
- ✓ ГОСТ 21493 «Изделия электронной техники. Требования по сохраняемости и методы испытаний»
- ✓ ГОСТ 23216 «Хранение печатных плат»



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Россия,
197101, Санкт-Петербург,
ул. Рентгена, д. 5б

Тел./факс: (812) 702-12-66
E-mail: info@dipaul.ru

МОСКВА

Россия,
127254, Москва,
Огородный проезд, д. 20, стр. 1

Тел./факс: (495) 645-20-02
E-mail: msk@dipaul.ru

НИЖНИЙ НОВГОРОД

Россия,
603057, г. Нижний Новгород,
пр. Гагарина, д. 50, корпус 15, офис 106/2

Тел./факс: (831) 464-97-27
E-mail: nnov@dipaul.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ

Россия,
620027, Екатеринбург,
ул. Азина, д.24, офис 609

Тел./факс: (343) 227-12-66
E-mail: ekb@dipaul.ru

КАЗАНЬ

Россия,
420140, Казань,
ул. Юлиуса Фучина, д. 90А, офис 619

Тел./факс: (843) 208-59-99
E-mail: kzn@dipaul.ru

ПРАГА

Czech Republic,
150 00 Prague 5,
Plzenska 155/133

Tel./fax. +420 2 5573 9633
E-mail: info@dipaul.eu



expert@dipaul.ru
www.dipaul.ru

ЭКСПЕРТ+
ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ