АВГУСТ | 2017 | №2-3 (14-15)

ЭКСПЕРТ+

знания технологии инновации

Лучше один раз увидеть

Эллипсометрия
в микроэлектронике

Правила хорошего фотона

Радиофотоника: преимущества
технологии и области применения

Нам кузнец не нужен

Технологии DMT для 3D-печати
металлических изделий

От редакции

Алексей Смышляев,
редактор журнала «Эксперт+»

«Мы способствуем сокращению разрыва в знаниях и опыте наших заказчиков с их коллегами в других странах мира

Здравствуйте, коллеги!

Неоднократно представляя журнал «Эксперт+» на рабочих встречах, да и просто в дружеском общении, я не могу не коснуться стоящих перед редакцией задач.

Если сейчас вы перевернете страницу, то в самом начале колонки с выходными данными увидите фразу: «Журнал посвящен инновационным решениям для разработки, производства и испытаний электронной техники». За этим сухим предложением скрывается целый спектр целей, объясняющих существование нашего издания.

Как любой корпоративный журнал, мы работаем над поддержанием заслуженного прогрессивного имиджа нашей компании, делимся новостями, подробностями о деятельности различных направлений «Диполя», о новых, постоянно расширяющихся компетенциях и возможностях, а также с большим удовольствием рассказываем о компаниях-партнерах, их достижениях и успешном опыте организации производства.

Ну а главная наша задача — распространение научно-промышленных знаний и опыта, которыми с вами делятся как наши сотрудники, так и сторонние специалисты. Мы аккумулируем полезную и объективную информацию, размещая на страницах своего издания статьи, способствующие пополнению и обновлению научной базы отрасли. Это наш вклад в общую копилку прогресса, это одна из ступенек процесса под названием «трансфер технологий».

Не так давно отшумел очередной Петербургский международный экономический форум (ПМЭФ-2017), ключевой темой которого были названы поиски нового баланса в глобальной экономике. Трансфер технологий — важное звено в череде факторов, формирующих такой баланс. Кроме этого, успешная реализация стратегии научно-технологического развития России требует преодоления ряда проблем: повышения результативности инвестиций в исследования и разработки, усиления взаимодействия сектора исследований и разработок с реальным сектором экономики.

Компания «Диполь» напрямую включена в процесс решения перечисленных проблем, сопровождая деятельность как научных и учебных заведений, так и промышленных компаний, способствуя сокращению разрыва в знаниях и опыте наших заказчиков с их коллегами в других странах мира.

Вместе с компанией наш журнал «Эксперт+» работает на повышение эффективности трансфера технологий из науки в промышленность.

диполь

Содержание

4.
Технологии
Лучше один раз увидеть

12.
Технологии
Требуйте заливки

18.
Трансфер технологий
Эффективность технологического трансфера

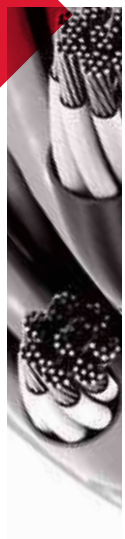
24.
Событие
Диполь на ЭлектронТехЭкспо 2017

40.
Оборудование
Интеллектуальное производство

44.
Технологии
Industry 4.0

52.
Технологии
Нам кузнец не нужен

64.
Технологии
Жизненно важно



74.
Событие
ТехноЭМС-2017

80.
Технологии
Правила хорошего фотона

92.
Измерения
Измерение сложных сигналов переменного тока

100.
Оборудование
Правильный режим

108.
Оборудование
Апелляция к вибрации

ЭКСПЕРТ+
знания технологии инновации

АВГУСТ | 2017 | № 2-3 (14-15)

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:
Игорь ИВИЧЕВ
Алексей СМЫШЛЯЕВ
Главный редактор:
Алексей СМЫШЛЯЕВ
Дизайн и верстка:
Виктория СИБИРЦЕВА
Елена АХМАДЕЕВА

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

expert@dipaul.ru
www.dipaul.ru

ДИПОЛЬ

Лучше один раз увидеть

Эллипсометрия
в микроэлектронике

Илья Новожилов,
руководитель проектов направления
«Микроэлектроника»
nia@dipaul.ru

Сегодня наблюдаются активные тенденции в исследовании оптических и электрофизических свойств новых материалов, которые могут стать заменой традиционным материалам в производстве интегральных микросхем, оптоэлектронных устройств, органической электроники, плоских дисплеев, солнечных элементов, 3D-наноматериалов. Все эти исследования и разработки тесно связаны с эллипсометрией. В 2008 году партнер «Диполя» — венгерская компания Semilab, один из лидеров в области метрологических решений для полупроводниковой промышленности, фотовольтаики и научно-исследовательского сектора, приобрела французскую компанию Sopra — разработчика первых в мире спектральных эллипсометров (1985 г.) и обладателя эксклюзивных прав (патент IMEC 2004 г.) на метод порометрии (измерение пористости тонких пленок). В статье мы рассмотрим теоретические основы метода и особенности моделей эллипсометров Semilab.

Эллипсометрия

Что же такое эллипсометрия? Это понятие подразумевает быстрый, высокочувствительный и точный оптический метод определения толщин оптически (в диапазоне DUV-MidIR) прозрачных пленок и их оптических постоянных. Метод основан на измерении изменения поляризации света при его взаимодействии с отражающей поверхностью, слоистыми структурами или при прохождении через различные среды. Изменение фазы поляризованного света проявляется в результате прохождения света через слой (гетеро, эпитаксиальный и т. д.) и дальнейшего отражения от лицевой поверхности, что позволяет извлекать оптические свойства материалов в этой структуре (рис. 1). Эллипсометрия измеряет отношение комплексных коэффициентов отражения Френеля. Поскольку это комплексное число, его можно разделить на амплитудную составляющую и фазовый сдвиг, которые соответствуют так называемым эллипсометрическим углам, ψ (psi) и Δ (delta). Оба параметра содержат физические свойства структуры, такие как толщина слоя и коэффициент преломления (n). Поскольку решается комплексное и нелинейное уравнение (рис. 2), вычисления производятся с помощью численных методов, основанных на определенной физической модели структуры (indirect technique). В модели структура слоя рассматривается с заданными коэффициентами преломления и поглощения (k). Подложка часто аппроксимируется как полубесконечный толстый материал с известными оптическими свойствами. Спектральная дисперсия и поглощение (k) каждого из слоев, как правило, описываются параметрическими функциями. Могут быть использованы как простые эмпирические формулы, так и более сложные формулы (в зависимости от материала). Далее вычисляется теоретический сдвиг фазы, который сравнивается с измеряемыми величинами по методу численной регрессии. В результате численной регрессии показатель преломления может быть вычислен как функция длины волны. Поскольку оптические параметры отражают внутренние свойства материала, эллипсометрия может применяться для исследования кислородных вакансий, плотности носителей заряда, а также поляронных и фотонных свойств материалов.

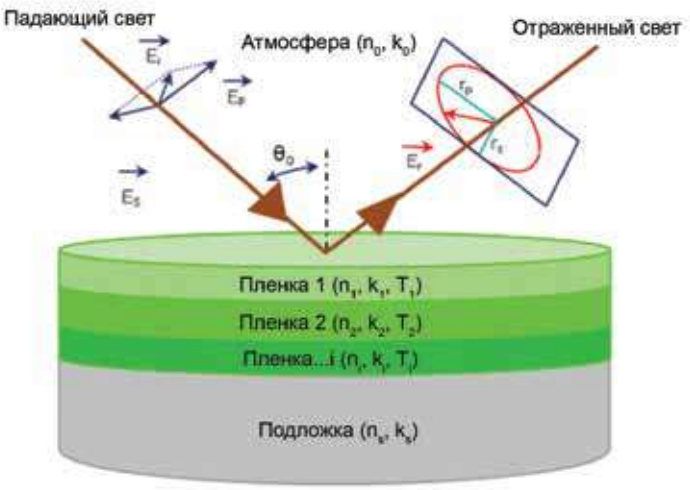


Рис. 1. Схема изменения поляризации падающего света при взаимодействии с отражающей поверхностью

$$\frac{E_p^{out}/E_p^{in}}{E_s^{out}/E_s^{in}} = \frac{\tilde{r}_p}{\tilde{r}_s} = \frac{|r_p|}{|r_s|} e^{i(\delta_p - \delta_s)} = \tan(\Psi) e^{i\Delta} = \rho \qquad \tan(\Psi) = \frac{|r_p|}{|r_s|}$$

$$\Delta = \delta_p - \delta_s$$

Рис. 2. Основное уравнение эллипсометрии

Конструкция и виды эллипсометров

Стандартная конструкция эллипсометра состоит из руки-поляризатора с источником света (формирует пучок падающего поляризованного света), гониометра для задания угла падения света, координатного стола X, Y, Z для размещения образца и руки-анализатора отраженного света (рис. 3). Неотъемлемой частью является вычислительный модуль на базе ПК или ноутбука со специализированным программным обеспечением для проведения измерений, сбора и анализа полученных данных.

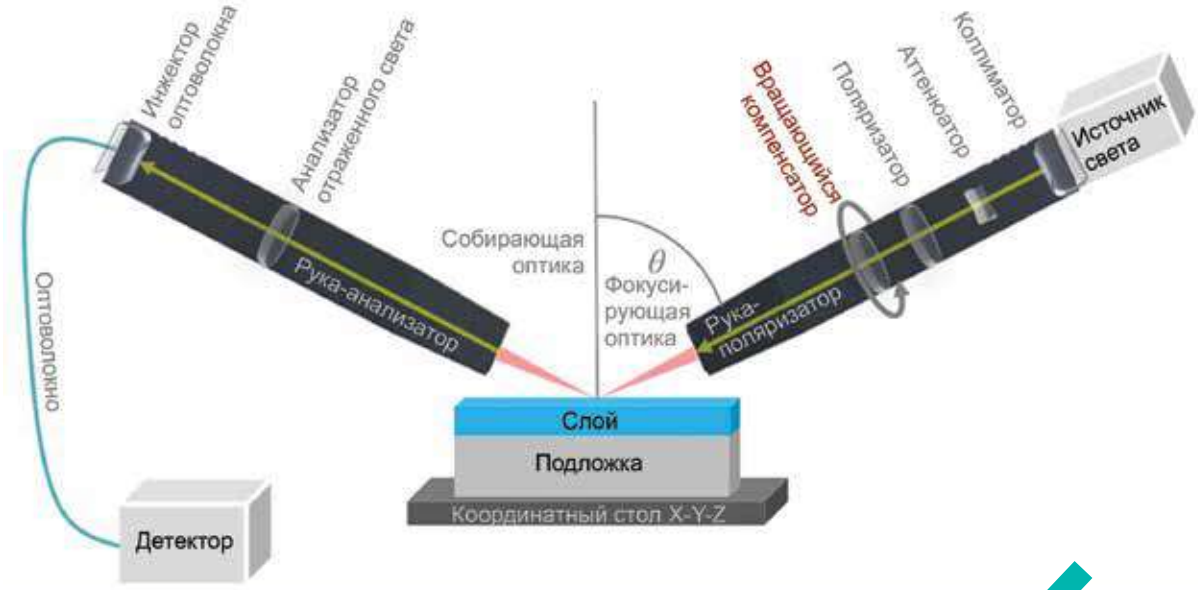


Рис. 3. Схема конструкции эллипсометра Semilab

Пределы чувствительности измерения оптически прозрачной пленки на непрозрачной подложке варьируются в диапазоне от единиц нанометров до нескольких десятков микрон. В случае слоев, нанесенных на стеклянную подложку, контраст показателя преломления между тонкопленочным покрытием и подложкой значительно уменьшается по отношению к структуре образца на непрозрачной подложке. Поэтому измерение структур на стекле, сапфире, требует высокой чувствительности эллипсометра, чтобы иметь возможность оптически различать два схожих слоя диэлектрика. Наличие ксеноновой (Xe) лампы с высокой интенсивностью в качестве источника света и вращающегося компенсатора (RCA) в конструкции руки-поляризатора, обеспечивающего постоянство поляризации падающего света, позволяет эллипсометрам Semilab максимально точно контролировать пленки толщиной от единиц и десятков нанометров на прозрачных подложках. Особенно это актуально, когда требуется контролировать буферные или адгезионные слои толщиной в несколько единиц или десятков нанометров.

Измерение эллипсометром верхнего предела толщины пленки зависит от прикладываемого диапазона длин волн и разрешения длины волны. Данные параметры определяются спецификацией эллипсометра, на котором выполняются измерения. Линейка эллипсометров компании Semilab состоит из спектральных, лазерных и порометрических эллипсометров. Существуют как настольные модели, так и полностью автоматические системы с загрузкой из открытой или SMIF-кассеты. Рассмотрим каждый тип эллипсометров подробнее.

Рис. 4. Основные модели спектральных эллипсометров Semilab (слева направо): SE-1000, SE-2000, uSE-2500

Спектральные эллипсометры

Спектральные эллипсометры (рис. 4) предназначены для работы с одиночными и многослойными структурами толщиной 1 нм — 100 мкм на кремнии, стекле, пленочном носителе, в спектральном диапазоне длин волн 190 нм (DUV) — 25 мкм (Mid-IR). Работа в столь широком диапазоне длин волн возможна благодаря уникальному в своем классе ИК-эллипсометру (IRSE), изготовленному на одном гониометре (рис. 5). Данный режим работы может быть исполнен в виде отдельной измерительной установки или дополнительной опции к стандартной модели эллипсометра. ИК-эллипсометр позволяет решить следующие основные задачи:

Рис. 5. Уникальный ИК-эллипсометр Semilab с диапазоном длин волн 190 нм — 25 мкм

- определение оптических или диэлектрических констант тонких пленок и подложек;
- информирование о физических данных о материале (толщина, пористость);
- исследование свойств эпитаксиальных слоев SiC, Si;
- информирование о содержании водорода в a-Si- или SiNx-слоях;
- исследование электрических свойств металлических диффузионных барьеров (TaN, $CoSi_2$);
- исследование электрических свойств ITO-пленок;
- определение концентрации легирующей примеси через закон Друде.

Наибольший интерес у заказчиков компании «Диполь» вызывают эллипсометры SE-1000 и SE-2000, так как они могут применяться и в рамках научных исследований, и в серийном производстве. Установки способны работать с подложками диаметром до 200 мм (опция 300 мм), а также с кусочками полупроводниковых пластин. Наличие центрирующих пинов позволяет точно располагать пластины на подложкодержателе. Конкурентными преимуществами данных эллипсометров являются размер пятна измерения, скорость и точность измерений по всему спектральному диапазону, воспроизводимость результатов, а также опция «микропятна», когда требуется пучок света в несколько десятков микрон. Данная опция позволяет уменьшить размер пятна падающего света до 60×120 мкм в диапазоне длин волн 245–990 нм. Включение/выключение опции «микропятна» производится через ПО. Обе модели оснащены встроенной функцией автоматической калибровки. Основные технические характеристики моделей приведены в таблице. В зависимости от задач доступна оснастка для работы с различными типами подложкодержателя и для следующих процедур: измерение пористых материалов, фотометрия, рефлектометрия, исследования в ИК-диапазоне, высокотемпературные (до 1000 °C) и низкотемпературные (до –196 °C) исследования, испытания в жидкости, матрица Мюллера (11, 16 элементов), вертикальная камера. На рис. 6 и 7 приведены примеры дополнительной оснастки для жидкостных и высокотемпературных исследований.

Таблица. Основные технические характеристики эллипсометров SE-1000 и SE-2000

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	SE-1000	SE-2000
Спектральный диапазон	245–990 нм	245–990 нм (стандарт) 190–2100 нм (опция) 190–2500 нм (опция High resolution) 190 нм — 25 мкм (опция FTIR)
Размер пятна	365×470 мкм Микроспот 60×120 мкм (опция)	365×470 мкм Микроспот 60×120 мкм (опция)
Время измерения по всему спектральному диапазону	1 с	1 с (245–990 нм) 1 с (245–1700 нм) 5 с (190–1700 нм)
Источник света	Ксеноновая лампа 75 Вт	
Подложкодержатель	Фиксированный Ø200 мм Ручное позиционирование по X, Y: 60×60 мм	Фиксированный Ø200 мм (300 мм опция), с автоматическим движением по оси Z
		Картографирование по осям X, Y, с автоматическим движением по оси Z (опция)
		Вращение и наклон, с автоматическим движением по оси Z (опция)
Гониометр	Ручной Угол наклона 45–75° с шагом 5° Измерение пропускания и калибровка при угле 90°	Автоматический Угол наклона 12,5–90° с шагом 0,1° Независимое управление щупов анализатора и поляризатора
Управление	ПК или ноутбук с комплектом специализированного ПО для измерений и анализа данных	
Габариты (Д×Ш×В)	114×705×850 мм	1408×800×1505 мм

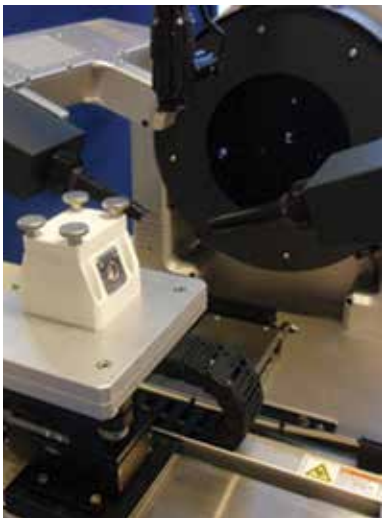


Рис. 6. Жидкостная кювета объемом 25 мл

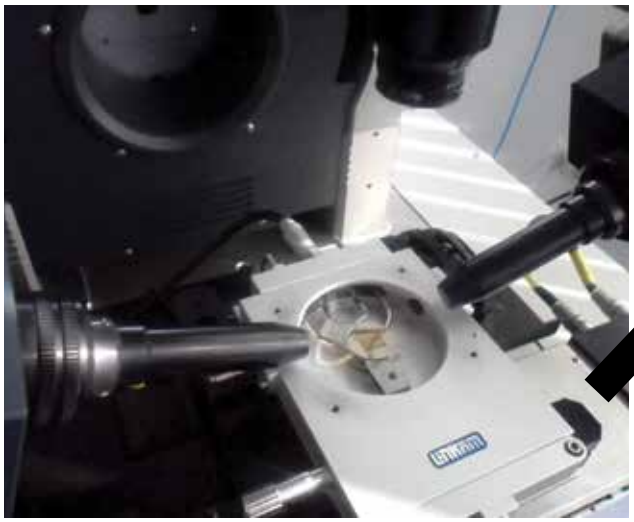


Рис. 7. Оснастка Linkam для проведения высокотемпературных исследований

Рис. 8. Основные модели порозиметров Semilab (слева направо): PS-1000, PS-1100, PS-2000

Порозиметры

Порозиметры (рис. 8) применяются для работы с пористыми материалами (пористые Low-k-диэлектрики, пористый Si, нанокомпозитные материалы) и позволяют получать точные измерения толщины, показателя преломления и пористости, модуля упругости пористого материала (модуль Юнга), проводить распределение пор по размерам (0,5–60 нм) тонких пористых пленок во время цикла адсорбции (поглощения) органического растворителя. Это эксклюзивный метод измерения пористости одиночных и многослойных тонкопленочных структур с отличной воспроизводимостью и скоростью измерений, права на который принадлежат исключительно компании Semilab.

Рис. 9. Лазерный эллипсометр LE-103PV

Лазерные эллипсометры

Лазерные эллипсометры (рис. 9) используются для работы с антиотражающими (antireflective) покрытиями, нанесенными на монокристаллический или поликристаллический кремний. В основном применяются в фотовольтаике при производстве солнечных элементов. Позволяют определить показатель преломления (n), поглощения (k) и толщину пленки на длине волны гелий-неонового (HeNe) лазера 632,8 нм. Подложкодержатель адаптирован для подложек 156×156 мм. Угол падения и отражения луча света регулируется ручным гониометром в диапазоне 55–90° с шагом 5°. Возможна интеграция в производственную линию (in-line).

Подводя итог нашему обзору, можно отметить, что на сегодня эллипсометры Semilab соответствуют требованиям контроля самых передовых технологий формирования тонких пленок и являются точным, надежным и универсальным инструментом для решения широкого спектра задач в различных областях промышленности и НИОКР. При необходимости специалисты компании «Диполь» готовы провести тестовые измерения на образцах заказчика с предоставлением детального отчета. Подробная информация об эллипсометрах и других продуктах компании Semilab представлена на сайте «Диполь» (раздел «Оборудование для микроэлектроники»), также ее можно запросить по электронной почте micro@dipaul.ru.

Требуйте заливки

Герметизация — современная защита жгутовых сборок

Ксения Землянухина,
специалист технической поддержки продаж
kvz@dipaul.ru

В настоящее время для повышения живучести кабельной сборки в условиях агрессивной среды (в том числе при изготовлении жгутовых сборок в изделиях высокоответственного применения) широко используется технология герметизации соединителей методом заливки с применением различных смол и компаундов. В обозримой перспективе данная технология не имеет альтернативы.

При внешней простоте технология герметизации имеет ряд особенностей, которые существенно усложняют ее использование. Рассмотрим более подробно технологию герметизации методом заливки и условия ее применения.
Весь технологический цикл делится на три этапа: подготовка материала, непосредственно заливка и полимеризация.

Рис. 1. Залитый жгут (бескорпусная заливка)

Подготовка материала

Как правило, для герметизации предназначены как минимум двухкомпонентные композиции. Например, смола (обычно это высоковязкие материалы) в сочетании с активатором в различных весовых пропорциях. Также, чтобы получить те или иные качества материала, в пассивный компонент (смолу) могут быть добавлены разные наполнители — асбест, нитрид бора, двуокись титана и другие. При подготовке материала к заливке требуется обеспечить ряд условий: при необходимости — прогревание смолы до температуры плавления; точное дозирование компонентов; гомогенное смешивание и дегазирование смеси (также при необходимости). Следует обратить внимание, что сроки использования готовых смесей ограничены по времени.

Рис. 2.1. Вариант оснастки для бескорпусной заливки соединителей

Заливка

Подготовленной смесью заполняют объем соединителя, при этом уровень заполнения отслеживается при помощи контрольных отверстий на корпусе.

Рис. 2.2. Вариант оснастки для бескорпусной заливки соединителей

Полимеризация

На данном этапе нужно поместить залитый соединитель в максимально комфортные условия для качественной полимеризации в соответствии с технологической документацией.

На большинстве предприятий участок заливки и герметизации оснащен примерно одинаково: обязательные средства индивидуальной защиты для рабочего, вытяжной шкаф, специальная керамическая посуда, шприцы или бумажные кульки, лабораторные весы, в лучшем случае лопастный миксер для смешивания компонентов, а то и обыкновенная емкость («кастрюля») и ручной привод лопасти.

Легко догадаться, что с подобным оснащением участка, во многом остающимся на уровне прошлого века, добиться стабильных технологических процессов невозможно. И качество готовых изделий действительно серьезно страдает. Основные несоответствия, возникающие при герметизации методом заливки, — наличие пузырьков воздуха в результате некачественной дегазации, пустот в соединителе вследствие некачественной заливки, полное или частичное отсутствие полимеризации из-за отсутствия гомогенности смеси или соответствующих условий полимеризации.

Необходимость переоснащения участков заливки герметизации более чем очевидна, ведь основные сложности при герметизации возникают в связи с применением высоковязких материалов и большой разницей в массовой доле смешиваемых материалов, так как существующие на российских предприятиях технологии не позволяют гомогенно смешать подобные материалы.

Изучая мировой опыт по данной тематике и учитывая специфику наших задач, специалисты компании «Диполь» нашли интересное решение технологических проблем по смешиванию и дозированию высоковязких материалов. Оно заключается в применении высокоскоростных орбитальных и планетарных миксеров, в том числе с возможностью дегазации материала, а также специальных дозаторов.

Высокоскоростные лабораторные орбитальные и планетарные миксеры SpeedMixer производства немецкой компании Hauschild & Co KG сегодня являются признанным мировым стандартом в области перемешивания и гомогенизации сложных компонентов, таких как вязкие пасты, герметики, полиуретаны, пластизоли, пигменты, порошки, наполнители, чернила, крема, силиконы, ЛКМ и прочие. При этом совершенно неважно, с каким объемом вещества или пробы приходится работать.

Рис. 3. Планетарный миксер SpeedMixer

Рис. 4. Результат перемешивания материалов в планетарном миксере SpeedMixer

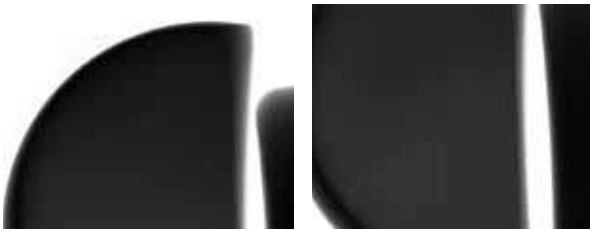


Рис. 5. Рентгеновские снимки результатов смешивания компонентов герметика. На фотографии видно, что в результате смешивания высоковязких компонентов получена гомогенная смесь с отсутствием пузырьков газа, что свидетельствует о высококачественной подготовке смеси. Как было сказано, срок службы кабельной сборки напрямую зависит от качества процесса герметизации соединителей

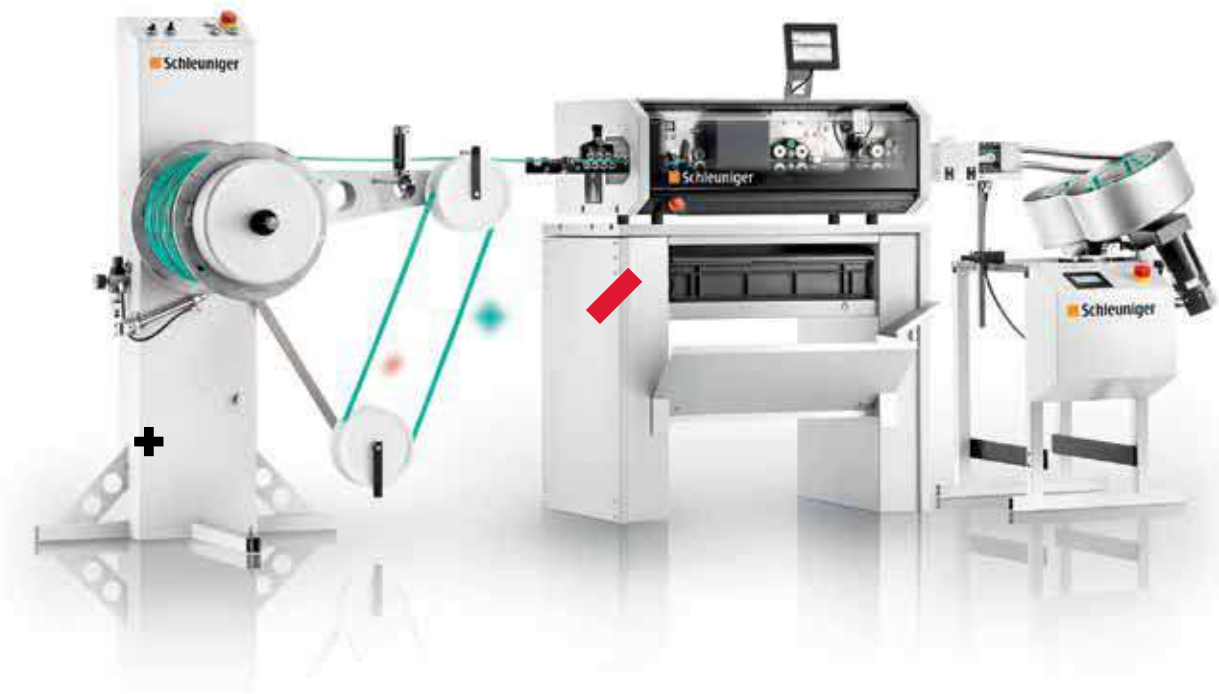
Модельный ряд планетарных и орбитальных миксеров SpeedMixer предлагает решения как для перемешивания микроколичеств от 1 г, так и для обработки объемов до 5 кг на небольшом производстве. Перемешивание может происходить как в стандартных контейнерах, так и в специальных картриджах Semco. Перемешивание в планетарных миксерах занимает считаные секунды. Уникальная технология планетарного и орбитального перемешивания DAC (Dual Asymmetric Centrifuge) полностью исключает механическое воздействие лопастями (обычные миксеры), любые загрязнения образцов, минимизирует объем пробы и не требует чистки после работы, что делает планетарные миксеры SpeedMixer незаменимым помощником при подготовке проб и разработке новых рецептур в самых различных производствах.

Для непосредственной заливки (дозирования) подготовленной высоковязкой смеси может использоваться специализированный пневматический настольный программируемый дозатор ДП. Применение дозатора позволяет устранить перегрузку готовой смеси в емкость дозатора. Дозатор использует емкость, в которой происходила подготовка материалов, и точно контролирует количество материала, заливаемого в объем соединителя.

Применение планетарных и орбитальных миксеров позволяет автоматизировать технологический процесс подготовки и заливки, тем самым повышая качество конечных изделий.

Рис. 6. Настольный программируемый дозатор

ДИПОЛЬ



Комплексные решения для обработки провода и кабеля

- Проведение аудита организации технологического процесса на жгутовых и моточных производствах.
- Построение концепции: от проектирования до выпуска и испытаний готовой продукции.
- Инновационное оборудование для всего спектра технологических операций, в том числе: мерной резки, зачистки изоляции, скрутки, сварки, обжима, маркировки, бандажирования жгутов, электрического и функционального тестирования, а также линейной и тороидальной намотки.
- Сервисная, технологическая и информационная поддержка заказчиков.
- Результат внедрения предлагаемых решений: повышение качества и надежности выпускаемой продукции, снижение трудоемкости и предотвращение брака.

Отраслевой интегратор

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

Эффективность технологического трансфера — резерв экономического роста

Научно-технологическое развитие России напрямую связано с результативностью инвестиций в инновационные разработки и более тесным взаимодействием исследований с действующими отраслями экономики. Решение этих задач требует участия в данной работе не только научных и учебных заведений, но и промышленных компаний, а также повышения эффективности трансфера технологий из науки в промышленность. Как эти проблемы видят игроки рынка трансфера технологий — научные и учебные заведения, промышленные компании, институты развития? Что позволит повысить результативность инвестиций в исследования и разработки, усилить взаимодействие научного сектора с реальным сектором экономики? Как создать постоянно действующую площадку для взаимодействия всех участников трансфера технологий? Эти вопросы стали предметом обсуждения участников XIX Международного экономического форума, проходившего в Санкт-Петербурге. Главный редактор журнала «Эксперт +» Алексей Смышляев, представлявший компанию «Диполь», принял участие в работе Форума и выяснил мнения экспертов по актуальной теме трансфера технологий.

Григорий Ивлиев,
руководитель, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент)

— Наш анализ статистики говорит о том, что если в ряде западных стран создание объекта интеллектуальной собственности (ОИС) и передача его между субъектами — процесс динамичный, то в Российской Федерации этот процесс уже в десятилетнем застое. Несмотря на существенное увеличение вложений в НИОКРы, у нас не происходит рецепции. Количество передаваемых от субъекта к субъекту патентов практически не меняется. Основная причина этого еще и в том, что у нас не происходит увеличение патентной активности. А патент — самая удобная конструкция для оборота на рынке объекта интеллектуальной собственности. Самая гарантирующая трансфер технологии.

Есть очевидные трудности. Сейчас мы находимся в стадии сокращения сроков рассмотрения заявок для ускорения ввода в оборот ОИС. Существуют мифы, будто в России патентуют медленно, в США — быстро, однако на самом деле мы патентуем в те же сроки, что и большинство развитых стран. На ускорение влияет в том числе и то, что сейчас заявку на патент можно подать в электронном виде. К сожалению, не все об этом знают или способны воспользоваться подобной возможностью.

Говоря о трансфере технологий, мы всегда упоминаем, что нужно выходить на уровень технологического брокера в сфере патентов, который, как финансовый брокер, хватающийся за цифры, будет фокусироваться и на интересных разработках. Люди, разрабатывающие передовые технологии, должны владеть этим инструментом.

Хочется также отметить необходимость глубинных патентных исследований. Для того чтобы правильно принимать решения на каждом этапе, должен проводиться доскональный патентный анализ ситуации. Это и определение зарубежных рынков, и блокировка зарубежных рынков, и технологическая разведка, и прогноз.

И конечно, для российского рынка трансфера технологий нужен дополнительный инструментарий, интегратор, который бы позволил цепочку всех участников (наука-бизнес-государство) связать более эффективными каналами с охватом от создания до реализации.

Вадим Куликов,
первый заместитель генерального директора,
Агентство по технологическому развитию

— Технологии мы берем у наших контрагентов, которые ими владеют как в России, так и за рубежом. Очень часто контрагенты представлены либо ассоциациями, то есть общественными организациями, либо государственными агентствами, занимающимися экспортом технологий своей страны. И всегда сначала мы с нашими индустриальными заказчиками смотрим на ниши, где можно приобрести необходимое, причем всегда анализируем российские источники.

Хотелось бы отметить, что технологии не всегда в готовом виде присутствуют на рынке, иногда их приходится доводить до ума. И одна из стандартных схем трансфера технологий — создание такой системы, когда НИОКРы, университеты, научные и исследовательские организации тоже включены в этот процесс. И уже много ресурсов потрачено, чтобы трансфер технологий был нормально организован именно из российских университетов в российскую промышленность.

Александр Повалко,
генеральный директор, председатель правления,
АО «РВК»: Агентство по технологическому развитию

— У нас в стране есть университеты, которые смогли отстроить взаимоотношения с внешними заказчиками и с промышленными корпорациями, но здесь часто речь идет не о передаче готовых разработок (трансфере технологий), а о выполнении неких заказных проектов. Это еще один инструмент по работе с таким товаром, как интеллектуальная собственность.

Другой вопрос, что в университетах задача трансфера технологий ставится перед совсем неопытными людьми — связей нет, взаимоотношений нет, авторитета нет. А потому в данном вопросе нужно полагаться на людей, профессионально включенных в рынок. Основной резерв роста эффективности технологического трансфера в том, чтобы максимально переориентировать эту работу на тех людей, которые бы не просто хотели ей заниматься, а действительно могут ее выполнять.

Арташес Сивков,
исполнительный вице-президент,
ПАО «ВымпелКом»

— Сами по себе технологии, так же как и интеллектуальная собственность, сегодня не стоят ничего. Ключевой вопрос не в том, какая технология, а в том, как та или иная технология транслируется на рынок, с какой скоростью и с какой эффективностью. Поэтому, когда мы говорим о технологичности, мы возвращаемся к базовому вопросу, имеющему стратегическое значение: технология не в навороченном гаджете, технология — в голове. Мы должны понимать, что в этом резерв нашего экономического роста. Смартофонов не было десять лет назад и уже через десять лет их не станет, а голова никуда не денется.

Вот почему технологический трансфер — это вопросы взаимодействия, выстраивания системы выхода на рынок и достижения конечного потребителя. Технологию оценивает рынок. Если решение хорошее — его покупают, плохое решение ничего не приносит, и оно никому не нужно, хоть с патентом, хоть без.

Повторюсь, главные вопросы — насколько быстро технология выносится на рынок и представляет ли она интерес для потребителя. И нужно быть меньше теоретичными и больше — практичными. И заниматься внедрением решений, влияющих на жизнь людей, а не обсуждением создания решений.

Михаил Левчук,
исполнительный директор,
ЗАО «Аргус-Спектр»

— Я бы хотел сказать о резерве технологического роста при трансграничном трансфере, то есть «туда и обратно». Думаю, всем понятно, что если речь идет о серьезном бизнесе, то продавать продукты через границу уже нельзя. За границу нужно везти технологии с созданием заводов, рабочих мест и так далее. Тогда бизнес будет успешен.

Если говорить о продвижении внутрь страны, то у компании очень часто нет времени абсорбировать все технологии, и нужно либо покупать готовые продукты, либо пользоваться технологическим решениями партнеров. И здесь очень важной мне кажется работа некой биржи потребностей технологий. Это может быть реализовано на частные деньги или на государственные — не столь важно. Важно, что рынок нуждается в таком институте. Да, есть привилегированные области промышленности, которые при финансовой поддержке государства могут себе позволить привести технологию целиком. Но если мы хотим добиться массового эффекта, нужны прозрачные инструменты, при которых потребители смогут прийти и заявить, что им нужна та или иная технология. В государстве в целом нет центра компетенций по анализу технологий, в которые стоит инвестировать.

Сергей Кравченко,
президент,
Boeing Russia/CIS

— Мне кажется, в системе трансфера технологий в России недостает понимания того, что сейчас во всем мире делается акцент не на внедрении научных исследований, проведенных для конкретного проекта, а на быстрой интеграции того, что уже в мире есть. В мире разработано такое количество технологий, что сейчас самый квалифицированный инженер не тот, который может придумать новый алгоритм, а тот, кто знает, какой из программных продуктов является лучшим для решения конкретной задачи.

В таких проектах, как авиация и космос, мы стремимся к ускорению проектирования в два-три раза. Это можно сделать, только если мы заранее заказываем модульные решения для определенных проблем и потом как конструктор собираем их при создании определенного продукта. Данный тренд является ведущим в трансфере технологий на Западе, и его очень быстро скопировал Китай — взять то, что тебе не принадлежит, может быть купить, а иногда и своровать, потом положить на полку, знать, как этим пользоваться, и в нужный момент собрать необходимое. А у нас каждый раз, когда хотят сделать что-то хорошее, начинают изобретать велосипед.

Вопросы, связанные с созданием экосистемы технологий и движением от изобретательства и разработки к профессиональной интеграции и агрегированию, могут прекрасно решаться учеными в тех организациях, где есть инновационный подход к трансферу технологий. То есть дело — в расширении этого подхода. Это вещи, понятные даже ребенку, который собирает самолет из «Лего». Нам нужно учить людей, что сегодня разработка новых продуктов связана с созданием огромного количества различных модульных решений и правильным интегрированием.

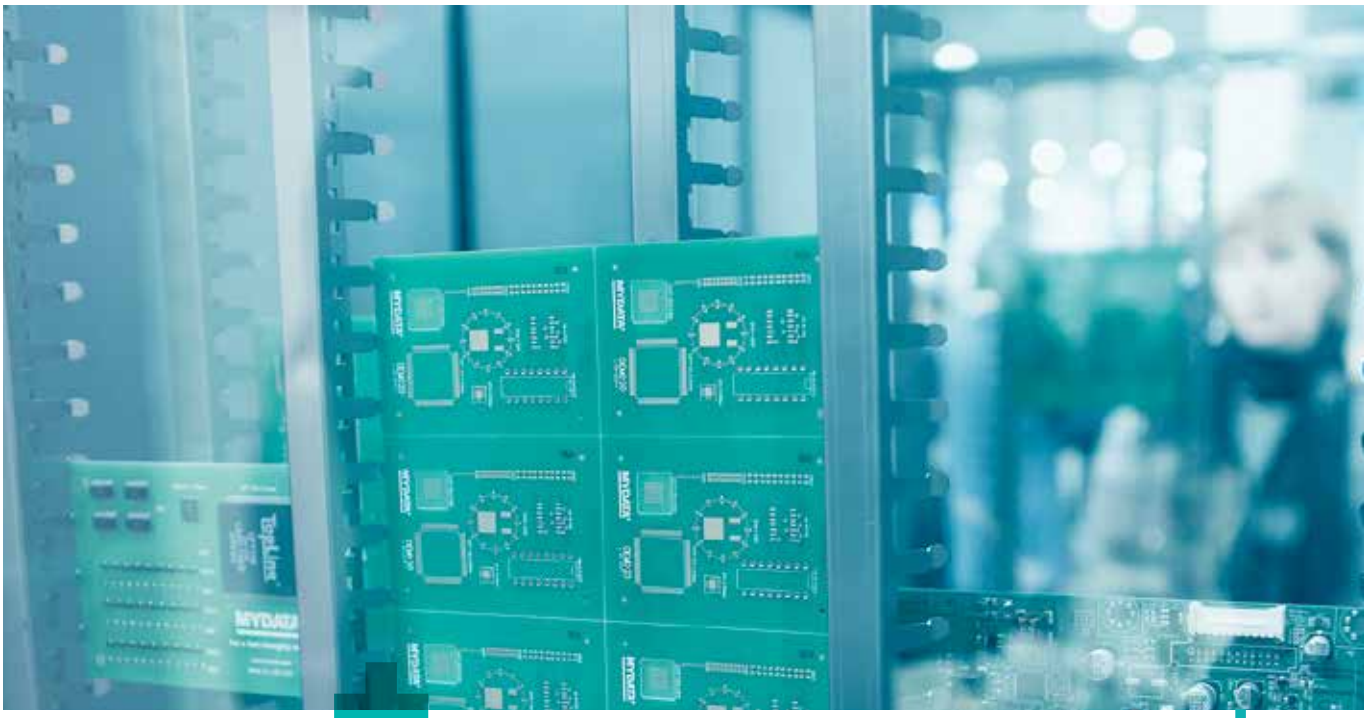
«Основной резерв роста эффективности технологического трансфера в максимальной переориентации на эту работу тех, кто не просто хотел бы ей заниматься, а действительно мог ее выполнять.»

«Диполь»
на «ЭлектронТехЭкспо-2017»

С 25 по 27 апреля 2017 г. в МВЦ «Крокус Экспо» в Москве прошла 15-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности — «ЭлектронТехЭкспо/ЭкспоЭлектроника». Компания «Диполь» традиционно приняла участие в этом важном отраслевом событии.

«ЭлектронТехЭкспо» — единственная в России выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности. Подтверждая свой масштабный статус, в этом году она приняла более сотни компаний из России, Венгрии, Германии, Италии, Китая, Нидерландов, Польши, США, Франции, Чехии и других стран. Участники представили продукцию более 500 мировых брендов. За три дня работы «ЭлектронТехЭкспо» и «ЭкспоЭлектроника» эти выставки посетили свыше 7500 специалистов из 35 стран и 64 регионов России. В рамках деловой программы прошло 33 технических семинара.

Участники выставки демонстрировали оборудование и материалы для производства печатных плат и электроники, гальваническое оборудование, технологическое оборудование



для микроэлектроники, конвейерные системы, шкафы для хранения компонентов, решения для производства кабельных сборок и жгутов, измерительные приборы, испытательное и вспомогательное оборудование, промышленную мебель, антистатическое оснащение, паяльное оборудование и материалы для пайки, материалы для отмывки и защиты электронных модулей, чистые помещения, аддитивные технологии 3D-печати, 3D-сканеры и многое другое.

В рамках деловой программы выставки прошли семинары и презентации компаний-участников, на которых демонстрировалась новейшая продукция ведущих мировых производителей и были представлены примеры успешных инженерных решений.

Одновременно с «ЭлектронТехЭкспо» прошла крупнейшая по количеству и самая представительная по составу участников международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих — «ЭкспоЭлектроника». В 2017 г. общее количество посетителей обеих выставок превысило 10 тыс. чел.

Компания «Диполь», как постоянный участник этих важнейших отраслевых мероприятий, представила все направления своей деятельности, включая новые разработки и оборудование.

На нашем выставочном стенде как всегда проходило много встреч специалистов, завязывались профессиональные дискуссии, проводились демонстрации следующего инновационного оборудования и решений.

О том, что компания «Диполь» представила на выставке, и об основных новинках мы попросили рассказать экспертов компании.

Сергей Сидоров, заместитель директора по работе с ключевыми заказчиками:

— В рамках выставки мы продемонстрировали линейку решений для оснащения современных производств кабельных сборок и жгутов. Среди них — линия мерной резки и зачистки проводов марок МС, МПО, МГТФ, МГШВ с возможностью оснащения модулями лазерной зачистки и маркировки. Она позволяет обрабатывать провода сечением от 0,02 до 25 мм^2, а так же коаксиальные кабели диаметром до 12,5 мм с использованием функции ступенчатой зачистке до трех слоев. Среди настольного оборудования были представлены: машины лентообмотки, в том числе для работы с материалами российского производства; машины по зачистке проводов, в том числе с функцией подкрутки внутренней жилы; машины по зачистке коаксиальных кабелей с количеством оболочек до девяти и диаметром до 15 мм. Большой интерес посетителей выставки вызывал пресс с функцией зачистки и опрессовки, а также машина для термозачистки оптического волокна. Особо следует отметить машины для резки, зачистки и гибки полужестких кабелей марок РК50-2-25, РК50-2-28 и прочие. Данные машины являются уникальными в своем сегменте и уже доступны для заказа. Также был представлен тестер кабелей и жгутов, БКС самолетов, вертолетов и космических аппаратов семейства «Тест-9110». На сегодня большое количество оборудования под маркой «Тест 9110» эксплуатируется на предприятиях ОАК и ОДК: это АО «ГСС», АО «РСК «МИГ», АО «Ульяновское КБ приборостроения», АО «Уральское КБ приборостроения», АО «Уфимское моторостроительное объединение», АО «ММП «Салют» и др. Заключены контракты на поставку «Тест 9110» в ОАО «Аэрокомпозит», ПАО «Сокол», ОАО «Роствертол» и др. В АО «КнААЗ им. Гагарина» (Комсомольск-на-Амуре) впервые в РФ внедрен и с 2015 г. успешно работает «Тест-9110» на 20 000 каналов для контроля БКС самолета «Сухой Суперджет-100» в цеху окончательной сборки. На тендере «Тест-9110» победил английский тестер «МК-Тест» (дилер ОКБ «Аэрокосмические системы»). Аналогичный проект в настоящее время реализуется на АО «РСК «МИГ». Всего на предприятиях в РФ эксплуатируется более 230 комплексов «Тест 9110». С 2011 г. данный тестер стал самым продаваемым в РФ, и по сей день продолжает занимать эту позицию. «Тест-9110» постоянно модернизируется и обновляется. Он занесен в Государственный реестр средств измерений РФ и в специальный раздел Государственного реестра для МО РФ.

Наибольшее внимание среди наших экспонатов привлекла интерактивная панель для сборки жгутов с возможностью визуальной подсветки пути прокладки проводов в жгуте, подсветки контактов для распайки, вывода видеоинструкций, в том числе по операциям сборки. Интерактивная панель была представлена на выставке ЭЭ-2017 впервые. Данное решение предлагается совместно с программным обеспечением «Орбита: Управление производством» («Орбита: УП») и обладает следующим функционалом:

- сквозной контроль и обратная прослеживаемость показателей качества материалов, производственных операций, полуфабрикатов и заказов; отсутствие участков с потерей адгезии;
- расчет единого оперативного плана реализации и производства на основе прогнозов продаж и принятых заказов;
- планирование и контроль реальных сроков выпуска;
- принятие подтверждений графиков поставок с одновременным выявлением несоответствий и непредвиденных обстоятельств;
- максимально достоверная оценка состояния производственных заданий;
- выбор оптимального плана по комбинации критериев, сценарное моделирование и перепланирование по изменениям;
- детальное планирование на уровне производственных операций с последующим формированием сменно-суточных заданий;
- сглаживание загрузки персонала, оборудования и критической оснастки;
- диспетчеризация производственных заданий;

- формирование оперативного плана/факт-анализа производственных затрат в реальном времени;
- детальное планирование потребностей в материалах и комплектующих для оперативного обеспечения производства;
- возможность задания нормативов и контроля фактической трудоемкости изготовления;
- снижение уровней страховых запасов ТМЦ;
- снижение уровней затрат на МТС;
- импорт и экспорт данных в различного рода учетные системы предприятия;
- интеграция на разных уровнях с системами предприятий.

Интерактивная панель для сборки жгутов «Орбита Р150»

Резюмируя возможности программного комплекса «Орбита: УП», разработанного компанией «Диполь» совместно с «НПО «Орбита» (Санкт-Петербург) и предназначенного для производства кабельных сборок и жгутов специального назначения, следует отметить, что данный комплекс позволяет оцифровать бумажную документацию, смоделировать типовые технологические процессы и распределить их по рабочим местам. Дополнительной возможностью продукта является передача заданий (листов нарезки проводов, листов маркировки, таблиц прозвонки) на машины, используемые на производстве (это относится как к линейке Schleuniger, так и к линейке «ИнформТест» и других производителей оборудования). Решение «Орбита: УП» успешно внедрено на производстве АО «НПО ИТ» и получило высокую оценку генерального директора АО «РКС» А. Тюлина (https://www.roscosmos.ru/22805/). Вторым значительным проектом стало внедрение данного решения на АО «НИИССУ», где оно используется в связке с оборудованием и технологиями производства кабельных сборок и жгутов, разработанными «Диполем».

Вячеслав Фадеев, руководитель проектов контрольного оборудования:

— Мы показали обновленную версию ставшей уже знаменитой в Европе установки системы инспекции пасты KohYoung SPI (Solder Paste Inspection). Стоит отметить, что компания KohYoung является родоначальником-основателем использования технологии многочастотного муара в сегменте инспекционного оборудования. Запатентованная компанией KohYoung проекционная система, позволяющая устранить теневой эффект, была впервые представлена в линейке оборудования SPI в 2002 г. С тех пор компания каждый год обновляет свой модельный ряд, пополняя его новыми моделями и улучшая характеристики систем с учетом повышения плотности монтажа ПП, а так же следуя мировой тенденции уменьшения размеров и апертур компонентов.

В системах KohYoung AOI и SPI используются собственные запатентованные технологии для построения математической модели, благодаря чему удалось достичь точности в 1 мкм при вычислениях параметрических данных инспектируемого объекта (объем, высота, смещение и т. д.). Отличительной особенностью данных систем является высокая точность и повторяемость измеренных значений и, как следствие, отсутствие ложных срабатываний, что является одним из основных требований к оборудованию этого сегмента.

Представленная на выставке модель KY8030-2 является одной из самых популярных — благодаря высокой скорости инспекции в сочетании с широким функционалом в базовой конфигурации. Стандартная конфигурация уже включает в себя множество инструментов анализа инспектированных изделий, таких как SPC (Statistical Process Control — «Статистическое управление процессами печати»), Defect Analisis tool — анализ по видам дефектов, а также возможность расчета комплексных показателей Sigma, Cp и Cpk по каждому изделию. Стандартный функционал системы не ограничивается только описанными показателями. Более подробно узнать обо всех возможностях системы можно в демо-зале компании «Диполь» и на наших практических семинарах.

Вячеслав Фадеев демонстрирует работу установки KohYoung SPI (Solder Paste Inspection)

Александр Лавренюк, руководитель направления контрольного оборудования:

— В этом году на «ЭлектронТехЭкспо» нами была впервые представлена новейшая система рентгеновского контроля Quadra 7 производства компании Nordson DAGE (Великобритания) — старшая в новом модельном ряде Quadra. Посетители могли ознакомиться с обновленной конструкцией новой кабины давно зарекомендовавших себя на российском рынке систем DAGE. Изменения претерпел не только внешний вид, была переработана вся внутренняя конструкция с целью сделать системы DAGE еще более эргономичными. Хотелось бы выделить детектор Aspire FP, использующий последнее техническое достижение (размер пикселя 50 мкм и разрешение 6,7 Мпикс), позволяющее получать изображения в формате 4K с применением фильтров в реальном времени. Новое поколение рентгеновских источников QuadraNT дополнительно повышает надежность и расширяет стандартную гарантию до двух лет за счет полного отсутствия подвижных соединений в вакуумной системе. Теперь смена точки фокусировки на мишени достигается не ее поворотом, а смещением электронного пучка. Характеристики источника также улучшились: допустимая мощность на мишени выросла до 20 Вт, в том числе благодаря новому генератору высокого напряжения QuadraGen. Новое ПО Gensys было переработано под новейшую ОС Windows 10. Фактически переработке подверглись все четыре ключевые составляющих системы, что и дало название серии Quadra.

Также мы представили новые инструменты для работы с 3D — стол для томографии Quadra uCT и ПО для реконструкции и 3D-визуализации от компании CERA (Siemens, Германия), значительно расширяющие возможности метода и упрощающие управление для пользователя. Теперь технология 3D-томографии стала более доступной.

Александр Лавренюк демонстрирует возможности новой системы рентгеновского контроля DAGE Quadra 7

Владислав Спицын, руководитель направления паяльного оборудования:

— В рамках выставки «ЭлектронТехЭкспо/ЭкспоЭлектроника-2017» наша компания показала следующие новинки:

- Термовоздушная станция FR-811, которую отличает высокая мощность (1100 Вт) и возможность работы с большим объемом горячего воздуха (до 115 л/мин). Станция обеспечивает программирование до шести профилей, имеет функцию встроенного вакуумного захвата (для постановки компонента на плату), датчик завершения подачи воздуха, запись термических данных, возможности подключения к ПК и создания недорогого ремонтного центра для SMT- и BGA-компонентов.
- Демонтажная станция FR-410, отличающаяся простотой использования. Данное оборудование имеет большой ЖК-дисплей, встроенный вакуумный насос высокой мощности (190 Вт, всасывание начинается после нажатия кнопки уже через 0,2 с). В конструкцию добавлены фильтры для предотвращения засорения станции остатками припоя. Оборудование очищает настолько качественно, что позволяет не использовать дальнейшую отмывку платы.
- Новые автономные паяльники с регулировкой температуры, напряжением 36 В и мощностью 50 Вт.
- Станция FX-888 с выведенным заземлением, что крайне необходимо на производстве, соблюдающем требования техники безопасности.

Также на протяжении всей выставки наши специалисты демонстрировали оборудование для зачистки проводов FT-801, аналоги которого отсутствуют на российском рынке. В этой установке используется технология ножей-наконечников, а не привычной спирали, что делает работу по зачистке ювелирно точной, а также экономит средства на расходных материалах (наконечники имеют год гарантии).

Оборудование для зачистки проводов FT-801

На выставке компания «Диполь» присутствовала в ранге локального и эксклюзивного поставщика на территории РФ по поставке профессионального паяльного оборудования Hakko-Japan.

Владислав Спицын на стенде с паяльным оборудованием

Дарья Яргомская обсуждает с посетителем выставочного стенда возможности антистатического шкафа сухого хранения серии DC ESD

Дарья Яргомская, менеджер по маркетингу (промышленная мебель и антистатическое оснащение):

— В числе прочих новинок на нашем стенде выставлялась серия столов «ГАММА», основанная на концепции свободных линий рабочего пространства, где все коммуникации спрятаны в конструкцию рабочего места, но в то же время легко доступны благодаря быстросъемным панелям. Специалисты отрасли также оценили наши новые антистатические шкафы сухого хранения серии DC ESD, доступные для заказа в двух цветовых исполнениях (черном и белом) и оборудованные внутренней светодиодной подсветкой. При разработке шкафов сухого хранения серии DC ESD впервые для российского рынка были учтены все требования российских и международных стандартов по антистатической защите чувствительных электронных изделий. Соблюдение этих требований уменьшает возможность повреждения компонентов статическим электричеством при их хранении.

Кирилл Кремлев, руководитель проектов:

— Установка Elite предназначена для автоматизированного нанесения различных материалов (лаки, гели, компаунды, паяльные пасты, герметики и т. д.) на изделия различной сложности по заданной программе. Основное распространение данная установка получила в области выполнения задач, связанных с нанесением конформных покрытий на печатные платы.

Представленная на выставке машина сочетает в себе гибкость с высокой скоростью и точностью. Это качество можно использовать, когда требуются большие объемы производства. Elite обеспечивает гибкость и скорость за счет возможности установки до трех клапанов (инструментов) с возможностью наклона и поворота на 370°. При максимальной скорости 1000 мм/с (ускорение 1g) и точностью 50 микрон на 3 Сигма машина наилучшим образом подходит для высокоскоростного и высокоточного применения. Такая производительность стала возможной благодаря использованию линейных энкодеров для всех перемещений внутри машины.

Elite может быть оснащена всеми инструментами (клапанами) Nordson DIMA, в том числе высокоскоростным клапаном безвоздушного нанесения (инструментом) Airless Curtain Valve. Стандартной особенностью Elite является то, что все основные параметры контролируются автоматикой. Это позволяет повысить повторяемость и исключить фактор брака при нанесении материалов. Elite — модульная машина, то есть необходимые опции могут быть добавлены по желанию заказчика позднее. Большой набор опций позволяет использовать машину не только для нанесения конформных покрытий и заливки материала, но также и для таких направлений, как GlopTop (заливка на кристалл), Underfill (заливка под кристалл), Jet Dispensing (точечное бесконтактное дозирование) и др.

Установка Elite, модификация DR-061

Особенностью данного оборудования является его гибкая конфигурация. Elite поставляется в виде отдельно стоящей машины, но может быть модернизировано до машины, работающей в линии. Максимальный размер печатной платы может составлять 525×420 мм. Одной из важных особенностей серии DR является то, что все клапаны могут перемещаться независимо вверх и вниз, с рабочим ходом 105 мм.

Отдельно стоит уточнить, что серия Elite имеет уже давно зарекомендовавшее себя программное обеспечение DimaSoft с возможностью офлайнового программирования изделий, что обеспечивает простоту и скорость подготовки рабочих программ без остановки работы.

Для справки: airless Curtain valve — это инструмент безвоздушного нанесения материала, позволяющий получить тонкое равномерное покрытие. Подходит для низковязких лаков. Главным преимуществом является крайне высокая скорость покрытия изделия и легкость настройки процесса, а так же отсутствие воздуха при распылении материала (возможность работы с материалами, реагирующими при контакте с воздухом или влагой, содержащейся в нем).

Вячеслав Филиппов, руководитель направления технологических материалов:

Готовый продукт «ДиМаск» в упаковке

— На выставке компания «Диполь» представила свой новый продукт «ДиМаск».

Этот материал является продолжением линейки продуктов для процедур по влагозащите и пайке и представляет собой композицию из синтетических полимеров. Он предназначен для временной защиты и герметизации поверхностей при пайке или нанесении влагозащитного покрытия. «ДиМаск» практически не имеет запаха, обладает хорошей адгезией к большинству материалов, не агрессивен к материалам покрытий контактных площадок печатных плат. После полимеризации он образует плотную эластичную пленку, предохраняющую поверхность от проникновения припоя и лакокрасочного покрытия. Такая пленка устойчива к любым органическим растворителям, входящим в состав лаков, красок, смывок и герметиков. Материал легко снимается с поверхности вручную.

Планируется выпускать продукт белого и ярко-желтого цвета, что упрощает контроль качества нанесения материала на поверхность изделия.

«ДиМаск», нанесенный на плату

Снятие «ДиМаск» с изделия после использования

ZENITH

Современные решения для сложного будущего

Компания Mycronic выпустила новую высокоскоростную платформу MY700

Двойные линии. Двойные головки. И в два раза больше возможностей

Будущее поверхностного монтажа представляется очень сложным: повышение плотности монтажа, все большее количество мелких компонентов, рост числа новых изделий, собираемых впервые, и непредсказуемый график производства. И в то время как эти трудности многономенклатурной сборки распространяются повсеместно, снижаются показатели реальной производительности и выпуска изделий. Компания Mycronic решает подобные задачи уже не одно десятилетие. Одно из таких решений — самые быстрые, гибкие и точные каплеструйные принтеры и дозаторы.

Основные преимущества:

- двойная головка для повышения производительности;
- двойные линии для «умной» работы с платами и их грамотной буферизации;
- высокоскоростное и высокоточное нанесение материалов;
- большой ассортимент паяльных паст и других наносимых материалов;
- мгновенные переналадки, изменение параметров нанесения материалов «на лету».

Три высокоскоростные модели — одна передовая платформа

Высокоскоростная платформа MY700 для нанесения паяльной пасты и других материалов для сборки печатных плат объединяет три высокопроизводительные модели, каждая из которых отличается уникальными характеристиками:

- MY700JD — каплеструйный дозатор;
- MY700JP — каплеструйный принтер;
- MY700JX — каплеструйный дозатор и принтер.

Передовая система управления движением позволяет очень точно наносить материалы «на лету» со скоростью 300 доз в секунду и ускорением в 3 g. Объем доз, размер и форма наносимого слоя легко настраиваются и оптимизируются для каждого отдельного компонента и контактной площадки на плате. Платформа MY700 управляется полностью программно, поэтому для работы с ней необходимо минимальное вмешательство оператора. Это приводит к высокой точности и повторяемости нанесения материалов для каждого компонента на каждой плате. Двойная головка позволяет эффективно работать с платами в линии, снижая время передачи плат практически до нуля. Платформа MY700 оснащена передовой видеосистемой, которая распознает реперные знаки «на лету», и лазерной системой измерения высоты для автоматической компенсации деформации плат, что гарантирует высокое качество нанесения материалов. Все эти функции заключены в компактной машине. Доступ к ним открывается как с передней, так и с задней стороны системы. Причем площадь основания платформы составляет примерно полтора квадратных метра.

В два раза выше скорость, точность и гибкость

Каплеструйный принтер и дозатор MY700 отличается невероятной скоростью и точностью, позволяет наносить материалы на сложные платы со скоростью более одного миллиона доз в час. MY700 работает с гибкими подложками, светодиодами, используется для нанесения материалов в углубления на платах и для монтажа корпуса на корпус. Бесконтактная насадка очень точно наносит материалы на каждую контактную площадку, снижая вероятность ремонта плат и повышая выход годной продукции. Возможность нанесения клея или других материалов этой же машиной за один рабочий цикл экономит рабочее пространство. Скорость же процессов герметизации, селективной влагозащиты, нанесения точек и линий эпоксидными материалами, клея и других материалов просто поразительна!

Еще более умное программное обеспечение для умной автоматизации

MY700 — полностью программно управляемая платформа, позволяющая за считанные минуты удаленно подготавливать новые платы к сборке. Просто импортируйте CAD- или Gerber-данные, оптимизируйте настройки для особенно сложных компонентов — и выполните заказ за несколько минут, а не дней. Настройки для простых плат можно задать непосредственно на машине «на лету». MY700 легко встраивается в полностью автоматическую сборочную линию, что позволяет работать с партиями размером до 1 штуки с минимальным вмешательством оператора. Регистрация штрихкодов и производственных данных позволит вам надежно сохранять и прослеживать выполнение всех операций.

Интеллектуальное производство

Производитель Mycronic представил новое поколение оборудования для поверхностного монтажа — серию MYPro

На выставке SMT Hybrid Packaging 2017, прошедшей в мае этого года в Нюрнберге, компания Mycronic впервые показала новое поколение своего оборудования для поверхностного монтажа — серию MYPro. В чем заключаются принципиальные отличия новых установок от предыдущих моделей и как эти решения могут быть полезны российским компаниям, нам рассказал управляющий директор Mycronic в Великобритании, России и странах Бенилюкса Пол Ройманс (Paul Rooimans).

Рассказывает управляющий директор Mycronic в Великобритании, России и странах Бенилюкса Пол Ройманс.

— ГОСПОДИН РОЙМАНС, ПРЕЖДЕ ЧЕМ МЫ ПОГОВОРИМ О НОВОМ ОБОРУДОВАНИИ, КОТОРОЕ ВАША КОМПАНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТ НА ЭТОЙ ВЫСТАВКЕ, МОЖНО ПОПРОСИТЬ ВАС ДАТЬ ОЦЕНКУ ТЕКУЩЕМУ ПОЛОЖЕНИЮ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ? ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ ЗА ПОСЛЕДНИЕ НЕСКОЛЬКО ЛЕТ?

— Ситуация на рынке производства электроники в России в 2015 и 2016 годах была весьма сложной. Импорт оборудования в этот период очень сильно упал. По сравнению с 2012 годом, в 2015-м продажи нашего оборудования на российском рынке уменьшились примерно на 80 %, но уже в 2016 году снижение, в сравнении с тем же 2012-м, составило около 40 %, то есть, хотя уровень продаж в Россию оставался низким, положение постепенно улучшалось. С начала 2017 года мы уже продали столько же, сколько за весь 2016-й, что демонстрирует активный рост объемов заказов со стороны российских компаний. Исходя из тех проектов, которые у нас сейчас есть в России, наш прогноз на текущий год очень многообещающий. Причем проекты относятся не только к оборонному сектору. Ряд компаний, работающих в области промышленной электроники и уже использующих на своих производствах автоматы установки компонентов поверхностного монтажа, стремится повысить эффективность, достичь нового уровня качества и управления процессом, а потому проявляет интерес к нашим решениям.

Таким образом, мы видим, что российский рынок возвращается, и это вселяет в нас большой энтузиазм.

— ЧЕМ МОЖЕТ БЫТЬ ИНТЕРЕСНА ДЛЯ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НОВАЯ СЕРИЯ MYPRO?

— Дата официального выпуска этой серии на рынок — 1 июня, а на прошедшей выставке мы впервые публично показали данное оборудование. К сожалению, московская выставка «Экспоэлектроника» прошла раньше, и мы не смогли представить на ней MYPro — только видео об одной из установок. Но это оборудование значительно отличается от предыдущего поколения, и его возможности наверняка будут интересны российским компаниям.

Мы показали совершенно новые решения: каплеструйный принтер-дозатор MY700 и автомат установки компонентов MY300, а также их работу в рамках концепции построения завода будущего Mycronic 4.0.

В сравнении с предшественниками каплеструйный принтер MY700 имеет полностью переработанную конструкцию. Он построен на совершенно новой платформе. Модельный ряд включает три установки: MY700JD — каплеструйный дозатор, MY700JP — каплеструйный принтер, MY700JX — каплеструйный дозатор и принтер. Главное отличие данной платформы — две головки, действующие параллельно. Это позволяет значительно увеличить производительность установок, причем не просто вдвое ускорить процесс за счет работы двух головок вместо одной. Обычно в принтере для нанесения больших и малых объемов пасты на контактные площадки предусмотрена единственная головка, и при нанесении большого объема головка должна сканировать площадку, нанося несколько доз, что существенно замедляет процесс. В новой платформе одна из головок может использоваться для нанесения больших доз, а вторая — малых, и длительное сканирование площадок уже не требуется. Это очень удобное решение для задач, где объемы пасты значительно отличаются, например при сочетании интрузивной пайки и миниатюрных чип-компонентов, в силовой электронике и других операциях.

Но еще важнее, что вторую головку можно применить для нанесения клея в рамках той же операции, в ходе которой наносится паста. Хорошо известно, что для России нехарактерны большие серии, однако на предприятиях может выпускаться большое количество сложных плат. И для подобных производств данное оборудование может оказаться очень полезным. По сути, теперь есть возможность объединить две установки в одной: дозатор клея и каплеструйный принтер паяльной пасты.

Конечно, этим достоинства новой платформы не ограничиваются. В ней был выполнен ряд усовершенствований,

позволивших сделать установки более быстрыми и интеллектуальными, а также уменьшить занимаемую площадь на 30% в сравнении с предыдущими решениями.

Второй представитель серии MYPro — автомат установки компонентов MY300, также оснащенный полностью переработанной платформой. В частности, в старой платформе имелись отдельные конвейеры с тыльной стороны, теперь же они выполнены в виде интегрированной конструкции. Кроме того, автомат обладает функцией, которую мы называем Board Train («поезд из плат»). Она позволяет устанавливать компоненты сразу на три платы, расположенные на конвейере одна за другой, благодаря чему повышается производительность.

Катушки с компонентами в новом автомате находятся ближе к задней стороне установки, за счет чего автомат очень компактен по глубине и занимает меньше места. Кроме того, полностью переработана и упрощена конструкция установочных головок.

Еще одно значительное изменение: в автоматах все камеры заменены на цифровые. Главная цель подобного усовершенствования — обеспечить интерфейс для пользователей, который позволял бы намного проще и быстрее выполнять запуск новых изделий, изготовление прототипов и программирование. Новые камеры обладают очень высоким разрешением — 4K, и это является одной из составляющих того, что данная платформа уже сейчас полностью готова для установки компонентов с шагом выводов 0,15 мм, то есть для сборки изделий будущего.

Третье решение, представленное нашей компанией на выставке, — концепция построения завода будущего Mycronic 4.0. Это комплексное и гибкое решение, в котором учтены все нюансы современного производства электроники: высокоавтоматизированное, интеллектуальное предприятие с изготовлением точно в срок и стопроцентной точностью складского учета. Концепция объединяет и оборудование, и программное обеспечение, и людей, позволяя сделать следующий шаг в повышении уровня интеграции производства. Благодаря такой интеграции загрузка установок происходит быстрее, операторы получают больше справочной информации и руководящих инструкций, линия становится менее зависимой от операторов, и в конечном итоге предприятие получает более высокую производительность и качество.

Почему это важно для российского рынка? В России очень большой объем выпуска прототипов и единичных изделий. В оборонном производстве очень часто встречаются размеры партий от одного изделия, то же касается и космического сектора. Небольшие партии характерны и для авиационной электроники. Эти сектора составляют значительную часть российского рынка производства электроники, поэтому здесь жизненно важную роль играют время программирования, точность автоматов, тщательная проверка компонентов перед установкой.

Кстати, отмечу, что мы постоянно обновляем наше программное обеспечение и в конце лета представим очередное обновление ПО, в котором появится много дополнительных функций, то есть оно будет поднято на новый уровень.

— КАКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАБЛЮДАЮТСЯ В ОТНОШЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ К ОБОРУДОВАНИЮ СО СТОРОНЫ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ?

— Как уже говорилось, сейчас важную роль играет интеграция процессов. Это характерно для европейского рынка в целом, в частности в развитии концепции «Индустрия 4.0». И наше решение Mycronic 4.0 отражает то, что мы как компания уделяем большое внимание данному направлению. Очень важно, что мы видим растущий интерес к этому вопросу в России и у нас все больше проектов в вашей стране, в которых требуется обеспечение интеграции.

Также приятно наблюдать, что российские специалисты понимают, что скорость автомата — это еще не все. Ключевым фактором становится общая эффективность производства, на которую влияют и простои, и подготовительные операции. Поэтому растет внимание к организации подготовки производства, перехода на другое изделие. И мы можем предложить решения, которые помогут российским предприятиям повысить конечную эффективность в их специфических условиях.

С Полом Роймансом беседовали Юрий Ковалевский и коммерческий директор компании АО «Диполь Технологии» Дмитрий Иванов.

Статья опубликована в журнале «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес». М.: РИЦ «Техносфера». 2017. № 5.

ДИПОЛЬ

AG500-4N-SLC/-6N- SLC

AG500-4N-ST/-6N-ST

Ручные и полуавтоматические установки совмещения-экспонирования серии AG500:

- Оптимальное решение для пластин 60×48 мм и полупроводников 2”–6” при разрешении до < 0,8 мкм
- Универсальная оснастка для образцов и шаблонов
- Автоматическое выравнивание образца параллельно шаблону
- Удобство работы оператора: моторизованная видеосистема и джойстик (для версии -ST)
- Массивное основание для защиты от вибраций (для версии -ST)
- Низкая цена и стоимость эксплуатации

Отраслевой интегратор

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

Industry 4.0

Влияние четвертой промышленной революции на управление процессом создания ценности

«Интернет вещей», «Индустрия 4.0», «Промышленный интернет вещей» — все чаще и чаще подобные термины можно встретить в заявлениях представителей науки, промышленности и органов государственной власти. И хотя эти понятия взаимосвязаны, они не являются взаимозаменяемыми. Каждое из них включает разный набор заинтересованных сторон, решаемых задач и требуемых подходов. Данные тенденции логическим образом завоевывают свое место в отечественной производственной культуре.

Павел Быков,
менеджер по работе с ключевыми клиентами
p.bykov@dipaul.ru

Многие полагают, что Четвертая промышленная революция, или «Индустрия 4.0», заключается в переводе процессов в цифровую сферу, а также сетевой организации человеческих ресурсов и изготовления продукции, и предприятия ожидают от нее именно этого. Такие понятия, волнующие многих, как «Интернет вещей», «Индустрия 4.0» или «киберфизическая система», обсуждаются на всех уровнях управления, вплоть до топ-менеджмента.

Понятие «Четвертая промышленная революция» объединяет в себе программируемое цифровое управление сетями, используемое на всех этапах создания ценности. Оно связано с автономным принятием решений на основе четкой системы правил и управлением эффективностью отдельных функций создания ценности в пределах отдельно взятой компании и основано на анализе больших массивов данных. Столь подробное определение показывает, насколько данное понятие обширно и комплексно и почему оно становится объектом всеобщего обсуждения.

В то же время множество технических концепций и приложений уже выведено на рынок под слоганом Четвертой промышленной революции. Цель таких нововведений — формирование преимуществ для заказчиков, и они могут иметь огромное влияние на современные цепочки создания ценности. Кроме того, концепции нового подхода способны изменять оперативное и стратегическое управление всеми процессами — например, подготовительными работами, непосредственно производством, сборкой и производственной логистикой. Самым существенным, безусловно, является увеличение децентрализации и гибкости управления эффективностью производства. Однако данный подход противоречит широко распространенным детерминированным методам управления эффективностью, используемым, в частности, в традиционных ERP-системах.

Структура нововведений Четвертой промышленной революции

Сегодня в мире можно найти множество исследовательских проектов, демонстрационных образцов и начальных приложений, созданных и выпускаемых с ярлыком «Индустрия 4.0».

Приложения «Индустрии 4.0» также стремятся применять рациональные концепции обслуживания систем для обеспечения стабильности и оптимизации управления качеством.

Удаленный ремонт и диагностика устройств снижают затраты на обслуживание и, соответственно, позволяют проводить его чаще. При непрерывном наблюдении и оценке состояния устройств возможно также диагностическое обслуживание. Приложения, которые повышают стабильность систем, увеличивая их гибкость, косвенно влияют на сокращение расходов.

Для того чтобы сделать приложения «Индустрии 4.0» конкурентоспособными или полностью извлечь потенциальную пользу из сценариев применения, уже заложенных в продаваемых приложениях, требуются так называемые инструменты реализации. Это новые технологии или бизнес-модели, необходимые для эксплуатации и успешного введения приложений «Индустрии 4.0». Подобные инструменты в основном представлены инновационным ПО или сочетанием разработок аппаратных и программных средств. Например, оценка производственных данных в реальном времени требует разработки интеллектуальных алгоритмов. В свою очередь, для самого сбора данных нужно новое оборудование (особенно введение «разумных» датчиков с возможностью передачи и чтения информации). Те приложения «Индустрии 4.0», которые в большей степени базируются на аппаратной части, как правило, используются в системах взаимодействия «человек-машина» и требуют роботехнических инноваций.

При рассмотрении предполагаемой функциональности становится ясно, что в центре внимания «Индустрии 4.0» прежде всего находится оптимизация процесса создания основной производственной ценности. Практически 90 % сценариев использования напрямую или косвенно влияют на функции производства или технологической подготовки. Но если функциям логистики и ремонта уделяется достаточное внимание, то влияние на процессы исследования и разработки все еще остается минимальным. А ведь именно эта сфера несет в себе наибольший потенциал в связи с оптимизацией потока информации от нее в будущем.

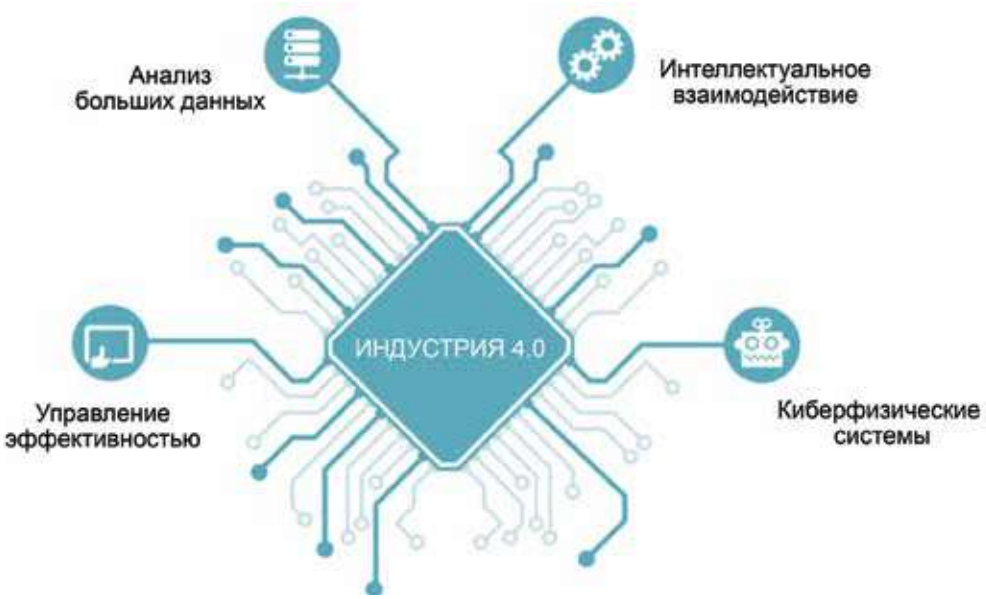
Изменение процесса создания ценности с помощью технологических посредников

Для демонстрации влияния приложений «Индустрии 4.0» на создание ценности сгруппируем технологии/инструменты реализации в четыре блока.

Киберфизические системы (CPS)

Если говорить просто, киберфизические системы — это системы, выполняющие взаимодействие между цифровым (кибер) пространством и реальным (физическим) миром. Пример таких систем — датчики с собственными IP-адресами. Однако довольно часто киберфизические системы становятся элементами распределенных, сетевых (интеллектуальных) систем со встроенным программным обеспечением, которые используют датчики для записи, оценки и хранения информации. CPS встраиваются в проводные или беспроводные коммуникационные сети, что делает возможным обмен данными между техническими средствами и/или устройствами управления их эффективностью. Таким образом, системы CPS представляют собой незаменимый структурный элемент создания сетей в «Индустрии 4.0».

Киберфизические системы часто используют интерфейсы «человек-машина» для обеспечения должного уровня взаимодействия между пользователями и оборудованием в среде сетевых производственных систем. В данном контексте контроль технического состояния путем анализа данных об устройстве служит хорошим примером применения CPS. Ревизия технического состояния рассматривается как методология контроля устройств на основе актуальной информации о состоянии метаданных, а также диагностики и обслуживания, в том числе для определения оптимального интервала между проверками.



Анализ больших данных

Анализ больших данных, или большие данные, определяется как использование передаваемых по сети, не структурированных, частично генерируемых датчиками данных из различных источников. Это тоже одно из основных требований к сценариям применения и технологиям/инструментам реализации. Данные могут формироваться в сценариях использования «Индустрии 4.0» — например, поступать от интеллектуальных датчиков в устройствах и рабочих объектах (носителях), от мобильных или стационарных CPS или из классических данных компании. Главная трудность состоит в рациональном объединении и оценке их огромных массивов, в частности при составлении прогнозов (прогнозная и предписывающая аналитика). Выполнение такой задачи позволит, к примеру, компаниям анализировать производственные параметры, обращаясь для принятия решений к базам данных с фактическими значениями.

Цифровые карты процессов и управление эффективностью реальных производственных последовательностей

Данные также часто необходимы для составления/отображения цифровых карт и управления эффективностью реальных производственных последовательностей в реальном времени. Так, производственные заказы больше не отправляются обратно в производственные или ERP-системы после выполнения. Вместо этого в системы постоянно поступает обновленная информация о текущем статусе выполнения заказа.

Интеллектуальное взаимодействие систем «человек-машина»

Использование мобильных информационных систем сотрудниками, работающими на предприятии, на складах или в сфере производственной логистики, является примером применения ныне существующих технологий, которые с помощью человеко-машинного взаимодействия повышают эффективность и безопасность процессов.

Основываясь на примерах сценариев использования, мы можем вывести конкретные предположения по поводу возможных изменений в сфере создания производственной ценности:

- Саморегулируемое управление эффективностью производства. Раньше высокая стоимость оборудования и, следовательно, завышенная общая стоимость снижали уровень адаптации продукта к нуждам отдельного клиента. Повышение гибкости производственных установок по всем направлениям даст возможность с максимальной пользой загружать большие мощности для выпуска продукции небольшими партиями.
- Гибкое детальное планирование и распределение производства. Большинство компаний имеют централизованное (непосредственно на главном предприятии) производство и применяют тактику планирования работ, основанную на текущем объеме заказов за определенный период. Для компаний, основная доля производства которых осуществляется по индивидуальному заказу, такой детерминистический подход к планированию практически изжил себя и является слишком сложным для внесения необходимых данных. Однако децентрализованная событийно-управляемая система контроля и распределения производства может быстро подстраиваться под изменяющиеся обстоятельства.
- Децентрализованная подготовка работ. Как уже было сказано, данные о текущем состоянии устройств очень важны для саморегулируемого управления эффективностью производства. Кроме указанной ранее информации о текущем использовании возможностей, децентрализованная подготовка также применима к «производственным способностям», информации о техническом обслуживании и, вероятно, даже к расходам на производство (в отношении почасовой ставки оплаты). Производственные способности — это возможные производственные этапы, осуществляемые машинами. Если применяется система взаимодействия «человек-машина», такая информация может быть собрана и обработана главной системой управления эффективностью производства.
- Модульная организация работ и оборудования. Поскольку тенденция роста индивидуализации продукции набирает силу, ожидается, что потребность в гибком, многоцелевом производственном оборудовании также возрастет. Переход к гибким системам производства без четко определенного распределения оборудования на каждом технологическом этапе означает, что организация может быть адаптирована в любой момент, чтобы удовлетворить изменившиеся требования.

Изменение управления эффективностью деятельности компании с помощью «Индустрии 4.0»

Итак, оперативные изменения, обусловленные Четвертой промышленной революцией, в будущем сильно повлияют на оперативное и стратегическое управление эффективностью деятельности компаний. Ниже будет дана оценка оперативного управления эффективностью в контексте производства и функций.

В частности, в первую очередь следует изменить концепции стандартной оценки затрат, производственного учета и финансовой отчетности так, чтобы они соответствовали изменяющейся основной регулирующей документации/информации (накладным на материалы, планам работ, изменяющимся процедурам произ-

водства). Расчет стандартных производственных затрат усложнится, поскольку больше не будет полных и четких планов работ. По мере того как изделие проходит этапы производства (объектно-контролируемое производство), появляется сразу несколько разных планов работ, которые сложно учесть при вычислении стоимости. Модели управления эффективностью, основанные на вычислении отклонений (например, разницы между определенными стандартными или целевыми расходами и фактически заявленным рабочим временем и расходами) и их интерпретации, а также на соответствующих мероприятиях, должны быть расширены. Если имеется только один основной стандартный или базовый план работ для расчета, стоимотическая интерпретация окажется весьма затруднительной. Без стандартной оценки и расчета расходов единственным эталоном для сравнения будет идеальный план работ.

Подобные изменения в значительной мере влияют и на контроль производства. Они обусловливают возникновение нового метода расчета целевых затрат, как основного фактора будущей эффективности и сравнительной стоимости, поскольку это определяет дополнительные показатели управления эффективностью производства, например использование мощности оборудования, приоритетность производственного заказа и прочие. При хранении продукции будут в большей степени использоваться стохастические методы, а соответствующие контрольные процедуры будут основаны на прогнозировании. Стратегии технического обслуживания и связанные с ним расходы также будут основаны на прогнозах.

Поскольку спрос становится не только более гибким, но и более неустойчивым, это может привести к тому, что процесс планирования и формирования бюджета станет менее рациональным и главным образом будет опираться на предположения и прогнозы. Введение новых источников данных, возможность выполнять анализ больших данных и прогнозную аналитику — разработка структур и связей на основе неструктурированных данных и прогноз по специальным показателям — способны частично снизить затраты на выработку информации для процесса планирования и прогнозирования благодаря автоматизации таких процессов.

В сфере отчетности система взаимодействия «человек-машина» делает возможным подход к отображению в реальном времени данных о производстве и текущем состоянии оборудования с помощью отчетов в реальном времени. Управление оперативной и финансовой эффективностью может стать более оперативным благодаря новым методам и процедурам, а потеря времени в процессе сбора и обработки данных и последующих ответных действий будет значительно сокращена.

Выводы и перспективы

Приложения «Индустрии 4.0» сфокусированы на обеспечении лучшей интеграции и автоматизации процессов при создании основной ценности на производственных предприятиях, а также на оптимизации полученных преимуществ в плане продуктивности и эффективности. Однако в будущем фокус сместится на пошаговую интеграцию и сетевое взаимодействие дальнейших процессов создания ценности, таких как разработка. Несмотря на название, Четвертая промышленная революция в большей степени носит эволюционный характер. Существующие приложения и пилотные проекты нацелены на индивидуальные аспекты производственных процессов и работ. Проектирование и вывод на рынок более инновационных продуктов с помощью новых бизнес-моделей по-прежнему не имеет революционного потенциала, предсказанного многими. Как уже было сказано, постоянный переход создания ценности к цифровому формату даст сильный импульс этому развитию. Вот почему уже сегодня важно проанализировать возможное влияние на деятельность вашей компании и определить дальнейшие области ее деятельности.

Международный монтаж

Компания «Диполь» стала эксклюзивным представителем HAKKO corp. (Япония) в России

Развитие высоких технологий электронной промышленности, широкое применение SMD-компонентов и автоматизированного монтажа не исключают необходимость использования профессиональных ручных паяльных инструментов при сборе и ремонте самого современного оборудования.

В поиске новых возможностей по удовлетворению потребностей рынка компания «Диполь» провела тщательные маркетинговые исследования, в которых в том числе опиралась как на собственное многолетнее (с 2001 года) сотрудничество с корпорацией HAKKO corp. (Япония), так и на опыт израильского официального представителя этого производителя профессионального паяльного оборудования — компании HAR-ZION ELEKTRONICS.

Результатом проведенной работы стал заключенный в 2017 году в городе Осака (Япония) договор между компаниями HAKKO corp. и «Диполь». В соответствии с данным соглашением компания «Диполь» приобрела статус эксклюзивного представителя HAKKO corp. на всей территории Российской Федерации, а также эксклюзивного дистрибьютора профессионального паяльного оборудования известной японской корпорации. В подписании договора приняли участие председатель совета директоров компании «Диполь» Николай Ковалев, ведущий специалист отдела паяльного оборудования «Диполь» Владислав Спицын, президент компании HAKKO corp. Kayoko Yoshimura, директор HAKKO corp. Makoto Onda и председатель совета директоров компаний HAR-ZION ELEKTRONICS Бен Цион Абрамов, выступивший в качестве гаранта компетенции компании «Диполь».

Владислав Спицын,
руководитель направления
паяльного оборудования

Комментарии специалиста

Соблюдая преемственность и условия контракта, мы делаем все возможное для достойного представления корпорации HAKKO corp. на российском рынке.

Немаловажно отметить, что частью стратегического сотрудничества наших компаний станет активное участие японских партнеров и специалистов «Диполь» в международных семинарах и выставках.

Также «Диполь» постоянно проводит обучение персонала заказчиков оборудования, уделяя особое внимание методике и технике пайки. Осуществляя выездные демонстрации паяльной аппаратуры непосредственно на территории потребителя (так называемая привязка к рабочему месту), мы стремимся сделать процесс обучения более комфортным и продуктивным. При необходимости проводятся консультации в формате видеоконференции.

Соглашение, заключенное нашими компаниями, обезопасит российских заказчиков от подделок оборудования (контрафакта). «Диполь» гарантирует, что поставляемое оборудование сделано в Японии.

Концерн HAKKO corp. основан в 1952 году. На протяжении всей своей истории компания применяет характерные для японского производства передовые технологии, обеспечивает высокое качество и низкую себестоимость продукции, что позволило корпорации в достаточно короткий срок стать одним из лидеров в области создания паяльных технологий для электронных компонентов.

Сегодня HAKKO corp. поставляет продукцию на все основные предприятия Японии, в частности для Toyota, Panasonic, Sony, а также для NASA, Пентагона.

Диапазон продукции, выпускаемой HAKKO corp., включает исчерпывающий набор решений для ручной пайки и демонтажа: паяльные станции, ручные паяльники, демонтажные устройства, термовоздушные и ремонтные станции, вспомогательное оборудование и инструменты.

Корпорация HAKKO corp. является производителем, зарегистрированным в международной системе качества, и имеет подтверждающий сертификат ISO 9001 (JIS Z 9901). Кроме того, HAKKO corp. — обладатель сертификата ESO 14001 (JIS 14001), свидетельствующего, что при изготовлении оборудования используются безопасные для окружающей среды процессы и материалы.

Философия компании HAKKO corp. заключается в многогранности компетенций и опирается на следующие постулаты:

- Доступность компании и ее продукции от эксклюзивного потребления до каждого предприятия, разработчика и частного лица.
- Высокая технологичность, надежность и разумная цена.
- Оперативность поставок.
- Гарантированный ремонт и обслуживание.
- Профессиональные консультации по каждому технологическому ручному или автоматическому процессу, связанному с применением паяльного оборудования любой сложности (пайка деталей, монтаж, демонтаж печатных плат и т. д.).

Подобный подход неоднократно доказал преимущества продукции HAKKO corp. по многим позициям и позволил завоевать огромную популярность на мировом рынке.

Нам кузнец не нужен

Технологии DMT для 3D-печати металлических изделий

Александр Зубков, руководитель направления «Аддитивные технологии»
zubkov@dipaul.ru

В статье приводится описание инновационной технологии 3D-печати металлических изделий Direct Metal Tooling, которая позволяет печатать аддитивным методом изделия размером до 4000 мм из широкого спектра металлических сплавов.

Описание процесса DMT

Технология DMT относится к наиболее передовым процессам производства металлических изделий. В этой технологии аддитивного производства применяется направленная энергия, а потому осаждение материала происходит в конкретной точке построения. Иными словами, в отличие от технологий селективного лазерного спекания или сплавления, при использовании DMT-технологии не происходит формирования слоя строительного материала на поверхности, а материал подается в точку построения, куда подводится энергия и где идет процесс формирования детали.

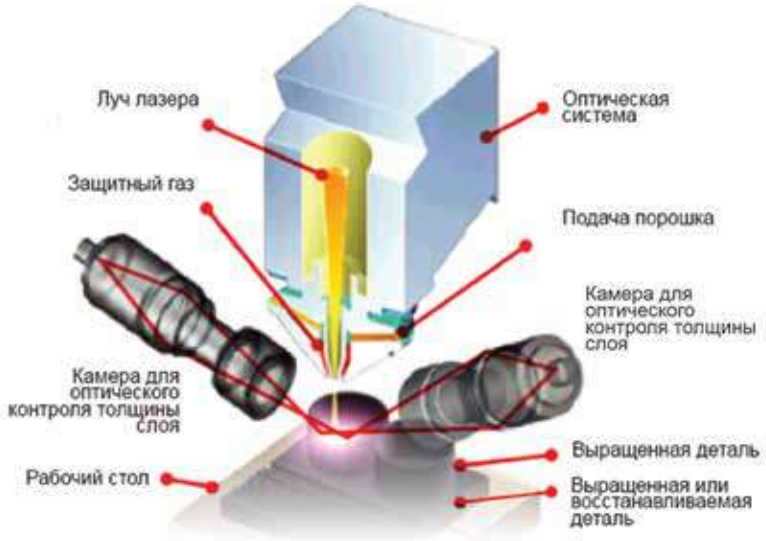


Рис. 1. Принцип 3D-печати по технологии Direct Metal Tooling

CAD-модель изделия загружается в 3D-принтер. Специализированным программным обеспечением данная модель разбивается на слои, затем слой за слоем «выращивается» изделие.

Лазерный луч высокой мощности формирует на поверхности металла зону расплава, куда дозированно подается металлический порошок. Он полностью расплавляется лазерным лучом и быстро отверждается в этой зоне. Благодаря подвижной лазерной системе, в которую также интегрированы каналы для подачи порошков и защитного газа, и 3- или 5-осевому поворотному столу, где формируется деталь, лазерный луч перемещается в соответствии с заданной геометрией изделия программой и происходит послойное построение детали.

Одним из ключевых условий для достижения высокой точности 3D-печати является настройка определенной толщины наплавляемого слоя металла. DMT-принтеры компании InssTek оснащены системой контроля с обратной связью. Данная система с помощью встроенных CCD-камер измеряет толщину слоя и регулирует параметры в процессе печати.

В принтерах компании InssTek существует возможность выбора трех стандартных модулей для системы подачи порошка — 150, 250 и 400 мкм. В соответствии с требованиями толщина слоя может варьироваться в пределах 100–1000 мкм.

Методы производства

Простой метод построения

Это метод производства металлических изделий с нуля — когда имеется лишь 3D-модель изделия и металлическая подложка, на которой планируется вырастить будущее изделие.

Рис. 2. Пример изделия сложной геометрической формы выращенного на 3D-принтере InssTek

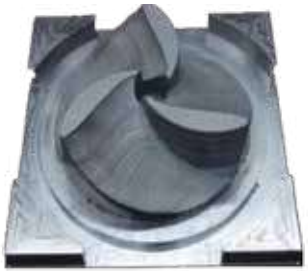
3D-модель требуемого изделия

Подготовка изделия для гибридного метода производства с помощью технологии DMT

Гибридный метод построения

Для сокращения времени 3D-печати и снижения расходов на материал, вне зависимости от размеров и сложности изделия, возможно совмещение традиционных методов механической обработки и 3D-печати по DMT-технологии. При изготовлении изделий сложной геометрической формы может быть использована заготовка, полученная, например, на фрезерном станке или с помощью литья, а основная формообразующая часть изделия «выращивается» на 3D-принтере. При этом геометрия поверхности заготовки не обязательно должна быть плоской, а может иметь произвольную форму.

Изделие в процессе 3D-печати



Полученное изделие на 3D-принтере до механической постобработки

Изделие после механической постобработки

Рис. 3. Последовательность изготовления при гибридном методе производства

Основные преимущества технологии DMT

Перечислим основные технологические возможности установок InssTek и преимущества технологий DMT перед другими методами производства металлических изделий.

Неограниченный размер изделий

Технология DMT позволяет изготавливать металлические изделия неограниченных размеров. Инженеры компании InssTek разработали установку с максимальной рабочей зоной до 4000 мм, но готовы сделать на заказ и более вместительную машину при возникновении у предприятий потребности в 3D-печати металлических деталей большего размера. Базовый принцип технологии DMT позволяет масштабировать рабочую зону в требуемых пределах.

Высокие механические свойства изделий

Металлические детали, напечатанные на 3D-принтерах InssTek, обладают практически 100%-ной плотностью, отсутствием внутренних дефектов и точек роста дислокаций и, как следствие, высокой механической прочностью на уровне кованых изделий. При этом, в отличие от технологий на базе выборочного плавления (SLM/DMLS/DMP), в рамках постпроцессинга для отжига дефектов не требуется проводить термообработку изделий.

Рис. 4. Металлографический анализ изделия, изготовленного традиционным методом с наплавленной по технологии DMT-частью. Отлично видно отсутствие внутренних дефектов в структуре выращенного изделия

Таблица 1

МАТЕРИАЛЫ	UTS (МПа)	YS (МПа)	Удлинение (%)
DMT H13 (Длина)	1,927	1,066	5
DMT H13 (Ширина)	1,998	1,477	5
Традиционные методы изготовления	1,821	1,385	9
DMT P21 (Длина)	920	793	20
DMT P21 (Ширина)	1,090	1,016	18
Традиционные методы изготовления	958	857	16

MX-1000	MX-GRAND
DMT SKD 61 (H13)	54
Традиционные методы изготовления SKD61	51
DMT P21	33
KP4M	32

В таблице 1 приведен сравнительный анализ механических свойств изделий, изготовленных методами DMT и ковки, где:

DMT (длина, ширина) — образец для испытаний, выращенный по технологии DMT в различных направлениях из сталей марок H13 и P21;

UTS — Ultimate Tensile Strength (предел прочности на разрыв);

YS — Yeld Strength (предел прочности на растяжение);

HRC — твердость по Роквеллу, шкала C.

Возможность изготовления изделий из композитных металлических сплавов

При использовании одновременно нескольких материалов 3D-принтер InssTek имеет возможность изготавливать детали, состоящие из слоев двух и более различных металлических сплавов, получая композитные изделия с заданными свойствами и требуемой геометрии. При этом соединение слоев осуществляется на молекулярном уровне.

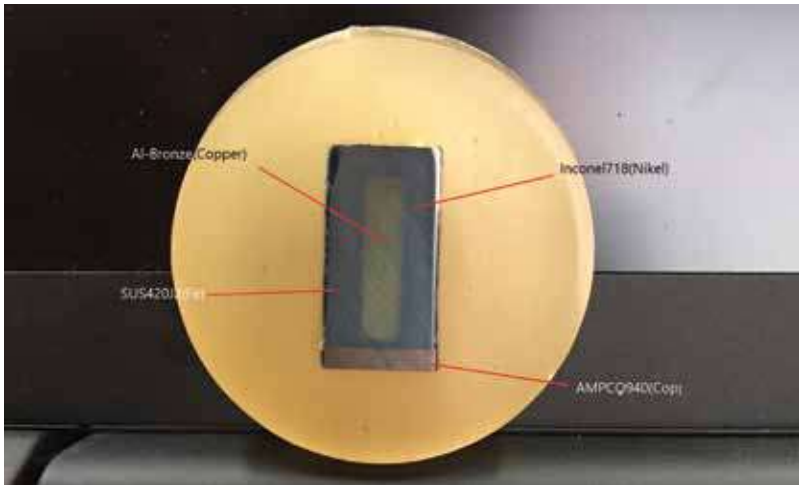


Рис. 5. Образец, изготовленный по технологии DMT из нескольких металлов, — пример наплавления на медную подложку (AMPCQ940), полученную традиционными методами, стали (SUS420), медного сплава (Al-bronze) и никелевого сплава (Inconel 718)

Возможность нанесения защитных покрытий

Защитные покрытия наносятся на металлические изделия методом наплавки и предохраняют детали от механического износа и воздействия агрессивной внешней среды в процессе эксплуатации. Нанесение защитных покрытий значительно увеличивает срок службы деталей.

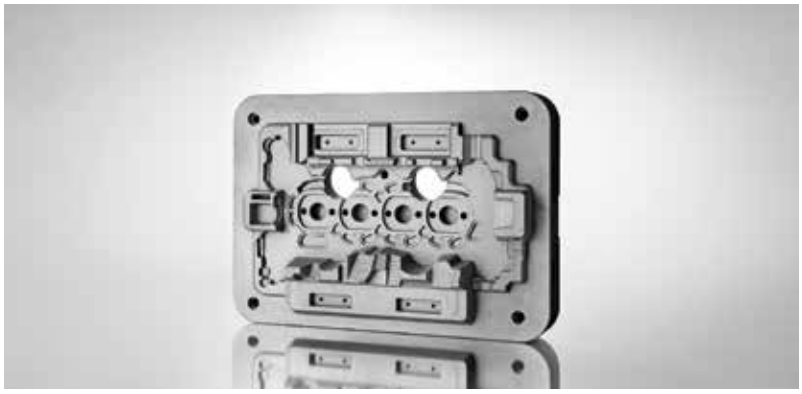


Рис. 6. Литьевая форма для головки блока цилиндров двигателя. Основа изготовлена из стали H13, антикоррозионное покрытие выполнено из сплава Hastelloy C22 методом DMT

Возможность восстановления и ремонта металлических изделий

Инновационная технология InssTek Auto tracking предназначена для восстановления металлических деталей, подверженных износу в процессе эксплуатации. Ремонтируемое изделие устанавливается в рабочую зону 3D-принтера, цифровая 3D-модель базовой детали загружается в машину, и система в автоматическом режиме производит наплавку требуемым материалом до восстановления изначальной геометрии износившегося изделия. Контроль 3D-печати осуществляет встроенная оптическая система сканирования. Применение: ремонт турбинных лопаток, узлов авиационных двигателей, восстановление пресс-форм термопластавтоматов и других металлических изделий, подверженных механическому износу в процессе эксплуатации.

Основные параметры установок

На сегодня линейка оборудования компании InssTek представлена следующими 3D-принтерами:

– стандартная серия DMT

MX-Mini MX-400 MX-600 MX-1000

– DMT по требованиям заказчика

Специального назначения MX-Grande

Рис. 7. Линейка 3D-принтеров компании InssTek

Таблица 2. Основные технические характеристики 3D-принтеров InssTek

МОДЕЛЬ	MX-MINI	MX-400	MX-600	MX-1000	MX-GRANDE
Рабочая зона, мм	200×200×200	400×450×300	600×450×350	1000×800×650	4000×1000×1000
Мощность лазера, кВт	0,3 (опц. 0,5)	0,5 (опц. 1)	1 (опц. 2)	1 (опц. 2)	5
Модули SDM	500/800	500/800/1200	500/800/1200	500/800/1200	1200
Максимальное количество питателей	2	3	3	3	3
Количество осей	3	5	5	5	6

Технические параметры модулей SDM

Стандартный SDM-модуль предназначен для формирования металлического слоя (наплавления) на поверхности металлической подложки/детали и используется как основная часть при 3D-печати металлическим порошковым материалом.

Оптическая система (mirror optics) стандартного SDM-модуля фокусирует мощность, сгенерированную лазерной системой, в пучок диаметром до 1800 μm (микрон) в зависимости от типа модуля и направляет на поверхность металлической подложки/детали. В результате данного излучения поверхность металла достигает температуры плавления и образуется локальная зона расплава на поверхности подложки/детали. В образованную зону расплава через сопла, расположенные на насадке SDM-модуля, подается металлический порошок, который плавится и быстро застывает. Модуль SDM перемещается в зависимости от геометрии изделия по заданной программе, и процесс повторяется. Таким образом слой за слоем «выращивается» (или восстанавливается) деталь.

Модуль SDM крепится на несущей пластине внутри корпуса принтера с возможностью перемещения по осям X, Y, Z с точностью позиционирования до 50 мкм и подключается оптоволоконным кабелем со специализированным разъемом к лазерной системе. На пластине также закрепляются питатели объемом 0,6 или 1 л, в которые загружается рабочий материал (металлический порошок). Модуль SDM имеет возможность загрузки и работы с тремя порошками одновременно. Благодаря этому возможно изготовление частей (наплавки) из нескольких материалов. Рабочий материал в инертной среде (shielding gas, обычно аргон) по каналам подачи (coaxial powder) подается к соплам (nozzle), расположенным на насадке модуля SDM. При достижении заданной программой координаты в соответствии с 3D-моделью порошок дозированно подается в зону расплава. В модуле используется система регулировки скорости подачи материала, а камеры (CCD-камера), расположенные на модуле SDM, позволяют организовать замкнутую систему контроля качества печати в реальном времени — камеры фиксируют количество наплавленного порошка (толщину слоя), таким образом обеспечивается заданная точность изготовления.

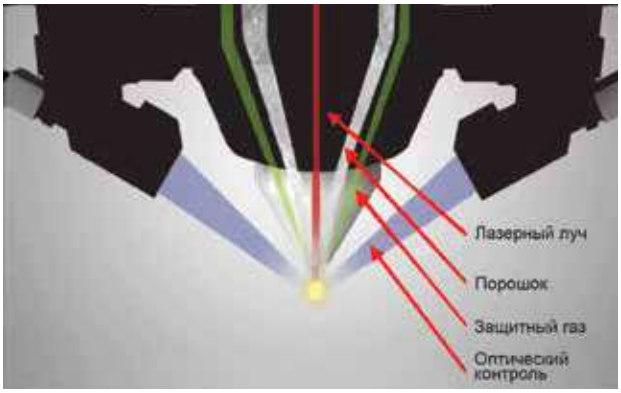


Рис. 8. Функциональная схема 3D-печати по технологии Direct Metal Tooling

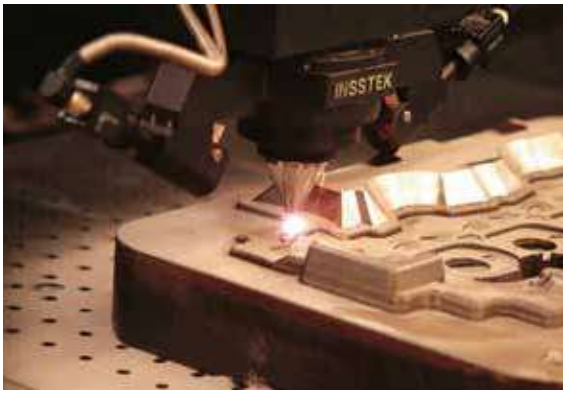


Рис. 9. Нанесение защитного покрытия на литейную оснастку по технологии DMT

Таблица 3. Основные технические характеристики стандартных модулей SDM

ТИП МОДУЛЯ НАПЛАВЛЕНИЯ	SDM-500	SDM-800	SDM-1200
Толщина слоя, мкм	150	300	450
Скорость печати, см^3/ч	5–10	10–20	20–40
Шероховатость поверхности, Ra	10	15	20

Металлические порошки для DMT-технологии

В отличие от специализированных мелкодисперсных металлических порошков, используемых в технологии SLM, материалы для DMT-принтеров имеют больший размер гранул: 45–150 мкм. Стоимость данных материалов существенно ниже аналогов, применяемых при селективном лазерном сплавлении (SLM). К тому же возможно использование стандартных отечественных материалов порошковой металлургии при сферической форме гранул порошка.

Следует также отметить, что при использовании DMT-технологии нет необходимости полной загрузки порошком емкости в рабочей зоне принтера (обычно не менее 50 кг), как это происходит при технологии селективного лазерного сплавления. Возможно использование только нужного количества материала.

Благодаря вышеописанным фактам 3D-печать с помощью DMT-технологии является экономически эффективным способом изготовления металлических изделий.

В таблице 4 указаны материалы, использование которых в DMT-технологии было успешно отработано. Список материалов постоянно расширяется, отрабатываются технологические режимы для печати новыми металлами и сплавами.

Таблица 4

МЕТАЛЛ	СПЛАВ	МЕТАЛЛ	СПЛАВ
Сталь	инструментальная сталь P20, P21	Титан	CP Ti
	инструментальная сталь H13		Ti-6-4
	инструментальная сталь D2 (M2, M4)		Ti-6-2-4-2, Ti-6-2-4-6
	нержавеющая сталь 304, 316, 420	Никель	600, 625, 690
	нержавеющая мартенситная сталь 17-4PH, PH 13-8Mo		713, 718, 738
	износостойкая сталь S7, A2		HastelloyX, Waspalloy, C-276, Nistelle C
Медь	Cu-Ni, Cu-Sn, Al Bronze	Кобальт	CoCr, Stellite 6, Stellite 21, Stellite 706, MERL 72
Алюминий	4047, 4140, 4340 (в разработке)	а также российские аналоги сталей, сплавов титана, никеля, меди, кобальта	

Использование технологии 3D-печати InssTek DMT в промышленности

1. Сложная геометрия каналов охлаждения форм для литья пластика

Проблема	Чересчур долгий срок цикла отливки пластиковой крышки стиральной машины.
Решение	С помощью DMT-технологии были созданы литьевые формы с внутренними каналами охлаждения сложной геометрии, позволяющей максимально быстро и равномерно отводить тепло при процессе литья.
Результат	Длительность цикла отливки сократилась почти вдвое: с 112 до 58 с, благодаря чему повысилась производительность технологической линии.

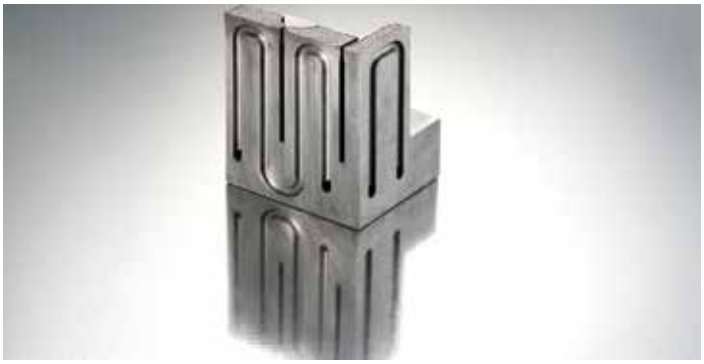


Рис. 10. Вставка пресс-формы для литья пластика с внутренними каналами охлаждения

2. Антикоррозионное покрытие для литьевой формы головки блока цилиндров двигателя

Проблема	Низкий срок службы стальной (сталь H13) литьевой формы, подверженной коррозии за счет воздействия сопутствующих газов при литье алюминия.
Решение	Нанесение с помощью технологии DMT антикоррозионного защитного покрытия из Hastalloy C-22.
Результат	Был увеличен срок службы литьевой формы и соответственно снижена стоимость в расчете на количество отливок.

Рис. 11. Литьевая форма блока головки цилиндров с антикоррозионным покрытием

3. Высокопрочные металлические детали

Проблема	Получение высокопрочных металлических деталей без термического отжига.
Решение	Деталь была выращена напрямую по технологии DMT.
Результат	Получены высокопрочные изделия из низкоуглеродистой нержавеющей стали 420J2 без применения термического отжига в процессе производства.

Рис. 12. Примеры изделий, полученных методом DMT. Важным требованием при их изготовлении является достижение высокой прочности без термической обработки

4. Быстрая корректировка литьевой формы

Проблема	Внезапная необходимость компании Hyundai в короткие сроки внести модификации в литьевую форму для создания ламп головной оптики — вместо 2 полос сделать 4 полосы. Ограничения в первую очередь были даже не в стоимости замены, а в сроках исполнения.
Решение	Две дополнительные полосы были нанесены на поверхность литьевой формы методом DMT; материал как самих полосок, так и всей формы — инструментальная сталь P21.
Результат	Новые литьевые формы с необходимыми корректировками в сжатые сроки.

Рис. 13. Модификация литейной формы лампы головной оптики автомобиля Hyundai

5. Восстановление и ремонт бандажного обода рабочих лопаток турбины высокого давления авиадвигателей F110-GE-129, установленных на истребителях F15 ВВС Южной Кореи

Проблема	Бандажный обод РЛ ТВД турбовентиляторного двигателя F-110, сделанный из сплава инконель 718, подвержен механическому износу в процессе эксплуатации за счет трения с подвижными частями турбины. Для увеличения срока службы бандажного обода южнокорейские ВВС приняли решение восстановить изношенные зоны вместо традиционной замены детали на новую.
Решение	Изношенная часть была восстановлена за счет наплавки методом DMT сплава кобальт-хром Stellite25 на подверженные износу зоны бандажного обода.
Результат	Бандажный обод теперь ремонтируется, а не просто заменяется новым. Высокие износостойкие свойства сплава кобальт-хром Stellite25 при высоких температурах позволяют еще больше увеличить ресурс службы изделия после восстановления по технологии DMT. Процесс ремонта изделия прошел сертификацию у производителя авиадвигателя General Electric. В качестве экономического эффекта — удалось существенно продлить ресурс бандажного обода до его отправки в ремонт.

Рис. 14. Восстановление бандажного обода турбовентиляторного двигателя F-110

6. Массовое изготовление медицинских имплантатов

Технология DMT используется в эндопротезировании и позволяет изготавливать в промышленном объеме медицинские имплантаты тазобедренных суставов. Операция по замене тазобедренного сустава протезом является сложной высокотехнологической процедурой, а одним из основных показателей ее успешности является вживляемость имплантата. Технология DMT применяется для нанесения пористого покрытия на поверхность имплантата с требуемой пористостью, что позволяет существенно улучшать прорастание кости в эндопротез.

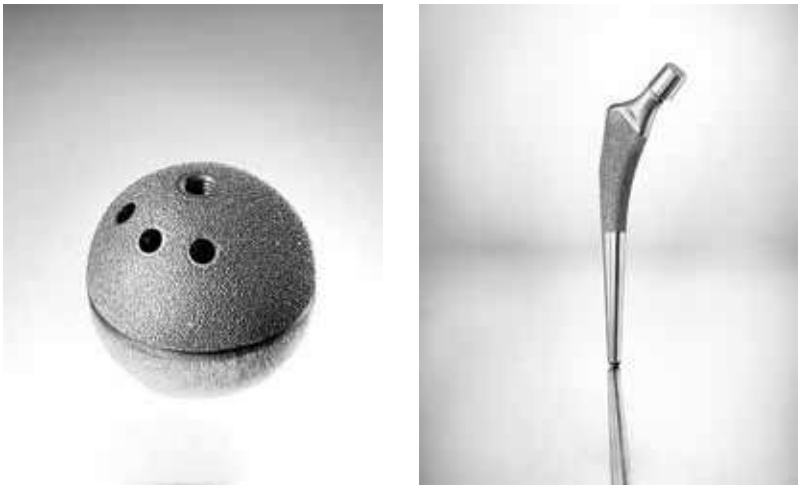


Рис. 15. Пример нанесения пористых покрытий на вертлужную чашку и ножку тазобедренного импланта методом DMT на установке MPC компании InssTek

Как видно из приведенных в статье примеров, использование технологии DMT для 3D-печати металлических изделий имеет ряд преимуществ и представляется одним из перспективных направлений, в частности при печати изделий размером до 4000 мм с применением широкого спектра металлических сплавов.

В начале 2016 года «Диполь» подписал эксклюзивное соглашение с южнокорейским производителем 3D-принтеров по металлу — компанией InssTek Inc. С этого момента у нас появилась возможность предоставить нашим заказчикам доступ к инновационным технологиям 3D-печати металлических изделий методом Direct Metal Tooling (DMT). Технология DMT запатентована компаний InssTek в 2008 году. Сама же компания была основана в 2001 на базе Корейского научно-исследовательского института по атомной энергии (Korean Atomic Energy Research Institute — KAERI) и за 15 лет прошла путь от инновационной идеи до ее воплощения «в железе» и производстве уникального технологического оборудования.

Жизненно важно

Селективная влагозащита: пять шагов к успеху

Кремлёв Кирилл,
руководитель проектов
kremlev@dipaul.ru

Защита электронных модулей от воздействия различных факторов (погодных, механических, химических и прочих) широко распространена в радиоэлектронной промышленности. Для многих областей, где активно используется «ответственная» электроника, подобная защита необходима, ведь отказ электронного модуля в медицинском, навигационном или в военно-космическом оборудовании неминуемо приведет к катастрофическим последствиям.

Одним из наиболее современных и востребованных способов защиты является селективное нанесение, получившее широкое распространение благодаря гибкости предназначенного оборудования и максимальной автоматизации процесса. Способ позволяет не только нанести покрытие в короткие сроки, но и сделать это с высокой точностью и повторяемостью. Современные автоматы селективного нанесения способны на все то, что делают операторы и лакировщики, которые наносят покрытия вручную (кистями и спреями), но при этом отличаются механической точностью и постоянством.

Нередко возникает вопрос о подборе оборудования для селективного нанесения. Конечно, итоговое решение по оборудованию для каждого производства должно быть индивидуальным — сказывается многообразие технологических задач и целей. Но алгоритм выбора можно обобщить в одну универсальную схему, которую мы и предлагаем в этой статье.

Шаг первый. Что, как и зачем?

Для начала рассмотрим несколько простых вопросов:

- Что будем защищать?
- Как будем защищать?
- Зачем мы это защищаем?

На первом этапе эти вопросы наиболее важны, так как, безусловно, необходимо отталкиваться от конкретного изделия и технологии. Для начала нужно определить, какое у нас изделие: его форма, размеры, сложные места, участки, не требующие покрытия. Далее необходимо определиться, как сформировать данное защитное покрытие и как нанести материал на поверхность, чтобы не нарушить функциональность изделия и его долговечность. И, наконец, требуется понять, зачем мы защищаем изделие (от воздействия каких факторов и условий).

Анализ перечисленной информации поможет понять:

- Какой материал, соответствующий технологии, следует применить.
- Какие способы нанесения защиты и на каких участках будут использоваться. Например, сперва наносится защитный лак-гель вокруг разъемов и площадок заземления, затем напыляется покрытие на остальную площадь изделия и точечно наносится материал под высокие компоненты.
- Какой ожидается результат.

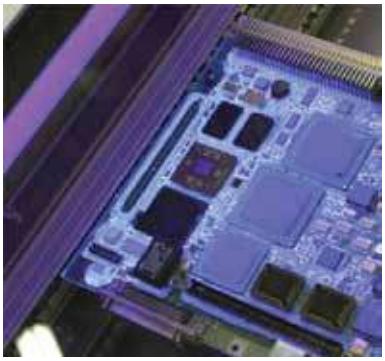


Рис. 1. Печатная плата, покрытая УФ-лаком (селективное покрытие, в темных областях покрытие отсутствует)

Рис. 2. IR-печь

Шаг второй. Сушка — это важно

При нанесении материала можно использовать различные способы, но при сушке необходимо строго соблюдать режим, указанный производителем. В том числе и поэтому одной из важнейших стадий в процессе устройства защитного покрытия является сушка. Несоблюдение рекомендованных режимов приводит к некачественному покрытию и тем самым к браку изделия.

Современное оборудование фирмы Nordson DIMA B.V. работает с большинством материалов, представленных на рынке, и делится на три основных группы: печи с ИК-лампами (рис. 2), печи с УФ-лампами (рис. 3), печи с конвекционными нагревателями (рис. 4).

Шаг третий. Выбор инструмента

Без правильно подобранного дозирующего инструмента для нанесения материалов сложно надеяться на качественный результат. Дозирующие устройства фирмы Nordson DIMA B.V. представлены разнообразной линейкой и имеют широкий диапазон применения, что позволяет с легкостью подобрать необходимый инструмент под конкретный материал, вязкость и способ нанесения. Перечень доступных для нанесения материалов огромен, к тому же, помимо европейских материалов, данные инструменты способны работать с материалами отечественных производителей (УР-231, ЭП).

Рис. 3. UV-печь

Рис. 4. Конвекционная печь

Шнековый инструмент

Этот инструмент открытого типа используется, когда материал подается на винт (шнек) с помощью небольшого давления. При вращении винта материал поступает на плату. Количество наносимого материала управляется количеством оборотов мотора, приводящего в движение шнек. Наносимый материал должен быть достаточно вязким, чтобы он не вытекал из инструмента.

Мембранный инструмент

Этот инструмент предназначен для нанесения материалов низкой и/или средней вязкости. Его отличительная черта — высокая точность нанесения. Размер дозы настраивается с помощью нескольких параметров, таких как время открывания и давление в комбинации с ограничителем хода.

Игольчатый инструмент

Этот инструмент представляет собой иглу из нержавеющей стали, через которую под высоким давлением подается наносимый материал. Основное достоинство этого инструмента — высокая скорость тока материала с высокой вязкостью и, как следствие, короткий рабочий цикл выполнения операции. Объем наносимого материала контролируется двумя параметрами: временем, в течение которого открыт клапан, и расстоянием, на которое открыт клапан. Микрометрический винт позволяет точно настроить объем наносимого материала.

Сверху вниз:

Рис. 5. Шнековый инструмент DD-5100

Рис. 6. Мембранный инструмент DD-5110

Рис. 7. Игольчатый инструмент DD-5130

Сверху вниз:

Рис. 8. Инструмент с малой площадью распыления DD-5140

Рис. 9. Инструмент с большой площадью нанесения DD-5141

Рис. 10. Струйный инструмент DD-5160

Рис. 11. Инструмент для безвоздушного напыления DD-5150

Инструмент с малой площадью распыления материала

Этот инструмент предназначен прежде всего для селективного нанесения защитных материалов. Если задать определенную ширину струи, то можно наносить материал узкими полосками точно на элементы с четко обозначенными углами, обходя те области, которые этого не требуют.

Инструмент с большой площадью распыления материала

Этот инструмент также предназначен для селективного нанесения защитных материалов, но, в отличие от предыдущего, у него область распыления материала существенно больше.

Струйный инструмент

Струйное нанесение материалов становится все более и более популярным. Компания Nordson Dima B.V. предлагает несколько таких инструментов, способных наносить материал дозами, начиная от 9 нл, с повторяемостью 1%.

Инструмент для безвоздушного нанесения

Безвоздушное нанесение материалов, несмотря на ряд ограничений, позволяет повысить скорость нанесения и его аккуратность. Компания Nordson Dima B.V. предлагает данный тип инструмента для машин со скоростью перемещения по осям XY не менее 700 мм/с.

Шаг четвертый. Установка выбранного инструмента на машину

Одним из явных преимуществ установок компании Nordson Dima B.V. является то, что, благодаря унифицированной платформе и современному программному обеспечению, на каждый тип машин может быть установлен любой инструмент (за исключением инструмента безвоздушного нанесения). Владея всей предыдущей информацией, легко подобрать оптимальную по производительности и задачам платформу.

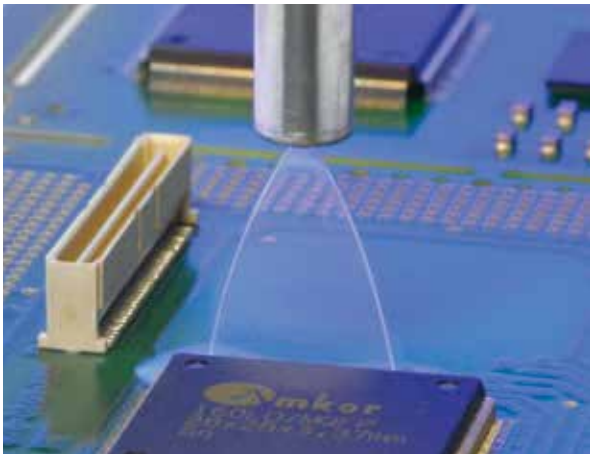


Рис. 12. Безвоздушное нанесение материала клапаном DD-5150

Настольный дозатор

Отличительные особенности:

- один инструмент;
- большой рабочий стол;
- быстрая переналадка;
- работа с различными инструментами.

Дозатор Dispense Master DD-500 — это настольное устройство, предназначенное для дозирования эпоксидной смолы, паяльной пасты, клея, герметиков, масок и других материалов при их нанесении на корпуса, печатные платы и другие изделия. Dispense Master может работать как обычный дозатор, или же может быть доукомплектован различными дозирующими инструментами для нанесения линий, заливки или распыления. Для работы с прототипами печатных плат дозатор может оснащаться сверлильным модулем для высверливания отверстий.

Это одно из немногих настольных устройств, в которых осуществляется движение дозирующей головки по осям X, Y и Z вместо движения рабочего стола с изделием. Дозатор оснащен стандартной камерой для программирования, распознавания реперных знаков, настройки. Благодаря большой библиотеке различных корпусов компонентов (как и в ПО установщиков компонентов DIMA) этот дозатор очень прост в программировании. Для повышения эффективности работы доступна функция конвертации CAD-данных в управляющую программу.

Также оператор может создавать различные модели нанесения материала: линии, арки, круги, эллипсы, спирали, отдельные точки, заливку и т. д. Есть функция клонирования уже созданных моделей.

Рис. 13. Инструмент DD-5150 для безвоздушного напыления (в разобранном виде)

Рис. 14. Настольный дозатор DD-500

Рис. 15. Установка селективной влагозащиты DR-061 (серия Elite)

Установка серии Elite

Отличительные особенности:

- использование до трех инструментов;
- высокая скорость (до 1000 мм/с);
- модульная конфигурация;
- вся линейка инструментов для работы.

Установки компании Nordson Dima B.V. серии Elite применяются для нанесения различных типов материалов (лаки, пасты, герметики, компаунды и т. д.) в автоматическом режиме. Они позволяют наносить влагозащитные материалы на печатные платы различной степени сложности, обладают высокой гибкостью за счет одновременного использования нескольких дозирующих инструментов и характеризуются повышенной скоростью нанесения. Существует два варианта исполнения: автономное и конвейерное.

Установка серии Hybrid

Отличительные особенности:

- максимальная гибкость;
- большая рабочая площадь;
- использование до четырех инструментов одновременно, с вращением каждого на 370°;
- большой выбор инструментов.

Данная установка применяется для нанесения различных типов материалов (лаки, герметики, компаунды и т. д.) в автоматическом режиме в условиях мелкосерийного и среднесерийного производств. Установки серии Hybrid позволяют наносить влагозащитные материалы на печатные платы любой степени сложности. Обладают высокой гибкостью за счет одновременного использования нескольких дозирующих инструментов. Существует два варианта исполнения: автономное и конвейерное.

Рис. 16. Установка селективной влагозащиты HC-200 (серия Hybrid)

Шаг пятый. Оптимизация процесса

Компания Nordson Dima B.V., благодаря накопленному опыту, предлагает большой выбор дополнительных опций и вспомогательного оборудования под различные типы задач.

Благодаря этим опциям можно не только улучшить контроль за точностью и аккуратностью нанесения покрытия на установке, но и полностью автоматизировать процесс, организовать автоматизированную линию.

Системы контроля материала, контроль давления, различные сенсоры и системы, облегчающие работу оператору, загрузочно-разгрузочные устройства и инспекционные столы во взрывобезопасном исполнении — это лишь небольшая часть из того, чем можно дооснастить линии по нанесению влагозащитных покрытий.

Конечно, в одной ознакомительной статье нельзя учесть все возможные нюансы подбора оборудования под конкретную задачу, но дать обобщающий обзор возможностей оборудования и спектра выполняемых задач — вполне по силам. При необходимости специалисты нашей компании с готовностью окажут консультацию и ответят на появившиеся вопросы.

Одним из явных преимуществ установок компании Nordson Dima B.V. является то, что, благодаря унифицированной платформе и современному программному обеспечению, на каждый тип машин может быть установлен любой инструмент.

Рис. 17. Линия селективной влагозащиты

ДИПОЛЬ

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

В основе технологического процесса 3D-печати установки заложен метод стереолитографии (Stereolithography – SLA) – отверждение жидкого фотополимера 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 — ±0.1мм (размер < 100мм) /±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: YVO_4;
- Длина волны — 355 nm;
- Размер пятна лазера — номинальный диаметр 0.08 - 0.12 мм;
- Скорость сканированя — 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.

*Представленные данные являются справочными, подробную информацию можно уточнить у менеджеров компании.

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

ТехноЭМС–2017

Научный форум по вопросам электромагнитной совместимости в четвертый раз собрал специалистов

Анатолий Кривов,
заместитель директора
АО «НПФ «Диполь»,
председатель технического
комитета по стандартизации
ТК 072 «Электростатика»,
д. т. н., профессор

28–29 марта в Москве состоялась четвертая всероссийская научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости» — «ТехноЭМС–2017». Организаторами этого представительного форума ученых и специалистов выступили компания «Диполь» и Московский институт электроники и математики (МИЭМ) НИУ «Высшая школа экономики». Поддержку в организации и проведении конференции оказало Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (технические комитеты по стандартизации ТК30 «Электромагнитная совместимость» и ТК 72 «Электростатика»), предприятие АО «СКАРД-Электроникс». Информационными спонсорами мероприятия выступили научно-технические журналы «Технологии ЭМС», «Приборы», «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», «Компоненты и технологии».

Леонид Кечиев,
профессор департамента
электронной инженерии
Московского института
электроники и математики
НИУ «Высшая школа экономики»,
д. т. н., профессор

Тематика конференции охватила проблемы исследований ЭМС при конструировании и моделировании технических средств, расчетной и экспериментальной оценки параметров ЭМС объектов различного назначения, качества сетей электропитания, защиты технических средств от электромагнитных помех, электростатических и молниевых разрядов и других факторов, электростатических явлений как воздействующих факторов и защиты от них, методического и технического обеспечения испытаний и измерений.

В конференции приняли участие более восьмидесяти специалистов — представителей испытательных, исследовательских и конструкторских подразделений предприятий различных отраслей промышленности, транспорта и связи, вузов (в том числе двенадцати ведущих технических университетов и институтов Росстандарта). Участники конференции заслушали и обсудили 46 научных докладов.

Научные доклады опубликованы в виде Трудов конференции, направлены в ведущие научные библиотеки страны и зарегистрированы в системе РИНЦ.

Программа работы конференции предусматривала пленарное заседание и работу трех секций. На пленарном заседании состоялась дискуссия по четырем научным докладам, отражающим различные направления тематики конференции: качество сетей электропитания, испытания на устойчивость к мощным радиочастотным помехам, организационные и технические вопросы оценки электромагнитной обстановки окружающей среды, развитие комплекса программ расчета ЭМС технических средств.

В докладе группы красноярских специалистов, представленном профессором Довгуном В. П., рассмотрена актуальная проблема обеспечения качества электропитания в трехфазных сетях с большим количеством нелинейных однофазных нагрузок (освещение, офисная техника и др.), характерная для больших коммерческих и офисных центров. На основе сравнения различных компенсирующих устройств предложена и продемонстрирована эффективность гибридной схемы компенсирования, объединяющей пассивный и активный фильтры. В докладе специалистов Минобороны РФ (Е. Г. Варюхин и др.) рассмотрены состояние и перспективы развития экспериментально-испытательной базы по одному из актуальных направлений испытательных работ — по испытаниям технических средств на помехоустойчивость к мощным радиочастотным электромагнитным полям. Существующие испытательные установки и средства измерений обеспечивают уровень напряженности до сотен вольт на метр при частотах воздействующего поля от сотен мегагерц до десятков гигагерц. Одной из решаемых испытательных задач является оценка защищенности внутренних цепей, которая решается с помощью многоканальной оптоэлектронной системы измерения наведенных токов. Дальнейшее развитие получают мобильные комплексы испытаний на воздействие мощных электромагнитных полей и испытательные средства на базе реверберационных камер. Большое внимание уделяется также автоматизации и метрологическому обеспечению испытаний. Профессор Грачев Н. Н. (МИЭМ НИУ ВШЭ) в докладе, посвященном эколого-гигиеническим вопросам оценивания электромагнитных полей, рассматривает источники радиочастотных и СВЧ-полей как угрозу окружающей среде и здоровью людей. Отмечается разнообразие условий и интенсивности факторов в производственной, индивидуальной и общественной среде обитания людей. Контроль эколого-гигиенической обстановки по радиочастотным и СВЧ-полям предусматривает расчетное и экспериментальное определение уровней излучения. Об актуальности развития расчетных методов ЭМС на этапах проектирования и испытаний технических систем говорилось в докладе специалистов РФЯЦ–ВНИИЭФ, с которым на конференции выступил А. Н. Гетманец. Анализируя достоинства и недостатки известных отечественных и зарубежных программ расчета, авторы делают вывод о необходимости их дальнейшего системного развития. Комплекс программ должен охватывать всю известную методологию анализа и расчетов. Основываясь на опыте создания и применения многофункционального программного пакета для инженерного анализа и компьютерного моделирования, авторы предложили объединить усилия в создании таких программных пакетов, как САПР РЭА, расчеты стойкости и эмиссии аппаратуры, электрических цепей, систем электроснабжения. В ходе дискуссии участники конференции поддержали предложение авторов доклада о целесообразности формирования единой программы работ по созданию пакетов программ расчетов в области ЭМС технических средств и в смежных областях.

Как и на предыдущих конференциях, наибольшее количество докладов было заслушано на секции, посвященной схемотехническим и конструкторско-технологическим методам обеспечения ЭМС технических средств. Затронутая на пленарном заседании проблематика качества сетевого

электропитания была продолжена на секционных заседаниях. В докладе сотрудников Саратовского государственного технического университета (Артюхов И. И. и др.) рассмотрена актуальная задача ЭМС в системах электроснабжения предприятий при наличии больших групп частотно-регулируемых электроприводов. Проанализированы различные варианты уменьшения уровня высших гармоник или их компенсации и предложено оригинальное решение. В. Ф. Шапран (Уральский университет путей сообщения) предложил идентифицировать источники мощных радиопомех, создаваемых полупроводниковыми преобразователями энергии в системах электропитания железнодорожных локомотивов, путем оценки степени вклада отдельных источников в общий уровень радиопомех. Исследования проблем, связанных с расширением доли нелинейной нагрузки в электрических сетях, привели Зиновьева Г. С. (НГТУ) к предложениям по дополнительному перечню показателей качества электроэнергии и по методикам определения долей нелинейных потребителей в общем искажении напряжения питающей сети высшими гармониками. В докладах Института радиоэлектроники и информационных технологий УрФУ (Давыдов Е. И., Князев Н. С., Чечеткин В. А.) и ФГУП МОКБ «Марс» (Жуков П. А., Марченко М. В.) представлены результаты экспериментальных исследований и моделирования воздействующих помех и эффективной защиты от них кабельных линий.

Большая группа докладов была посвящена актуальным вопросам ЭМС, характерным для отдельных классов сложных технических систем. Вопросы внутриаппаратной ЭМС для РЭА летательных аппаратов и других объектов рассмотрены в докладах Кундышева П. Я. и Бутина В. И. (ВНИИА им. Н. Л. Духова) и Вацкова П. Ю. (МИЭТ). Вклад уровней радиопомех переотражения от верхнепалубных конструкций морских объектов в интегральную электромагнитную обстановку был темой доклада Д. В. Лазарева (ЦНИИ «Курс»). Моделирование устойчивости систем управления беспилотных летательных аппаратов рассмотрел в своем докладе Морозов Д. В. (КНИТУ–КАИ им. А. Н. Туполева). Резников С. Б. и Храмцов К. Н. (МАИ) рассмотрели схемотехническое проектирование электроэнергетического комплекса летательного аппарата по требованиям ЭМС. Системный подход к оценке соответствия оборудования АСУ ТП атомных электростанций по требованиям электромагнитной совместимости и функциональной безопасности предложен Сарыловым В. Н. и Сарыловым О. В. (АО «РАСУ»).

Оживленная дискуссия развернулась на секции, где рассматривались вопросы физики электростатических явлений и их воздействий на технические устройства. В стандартах испытаний на стойкость технических устройств к электростатическим разрядам приводятся несколько моделей форм тока разряда, которые применяются в зависимости от испытуемых устройств, особенностей моделируемых условий воздействия (разряды с оператора, различные разряды естественного и искусственного происхождения). В докладе А. С. Кривова («Диполь») и В. А. Тухаса (НПП «Прорыв») рассмотрены возможности реализации всех стандартизованных моделей разряда на основе применения отечественных генераторов и предложения по созданию соответствующих испытательных лабораторий. Научная школа МАИ в области защиты от электростатических явлений (профессор Кириллов В. Ю.) была представлена двумя докладами. В докладе, посвященном стендовым испытаниям космической аппаратуры на стойкость к электростатическим разрядам, предложены и реализованы схемы испытаний в соответствии с ГОСТ 30804.4.2-2013, учитывающие особенности воздействий в реальных условиях применения аппаратуры. Другой доклад этих же авторов посвящен условиям воздействия электростатического разряда, когда расстояния до чувствительных компонентов соизмеримы с длиной канала электростатического разряда. Условия образования и экспериментальные исследования электростатических полей и угроз электростатических разрядов в космической аппаратуре, аппаратуре беспилотных летательных аппаратов рассмотрены в докладах Афанасьевой М. А., Смирнова Д. Д., Абрамешина Д. А. (МИЭМ НИУ ВШЭ), Федусива И. Н. (КНИТУ–КАИ им. А. Н. Туполева).

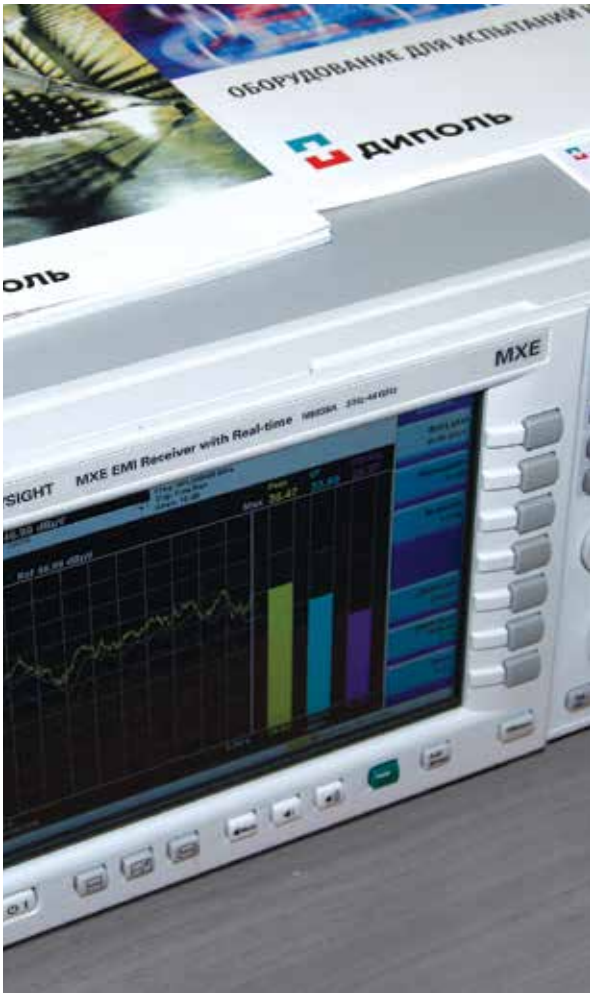
Большой интерес вызвали доклады, посвященные физике воздействия молнии и способам защиты. Доклад профессора С. А. Соколова (МТУСИ) представлял собой системное изложение факторов воздействия молниевых разрядов на оптические кабели связи. Рост количества и чувствительности применяемых электронных устройств приводит к усилению воздействий молнии, которое необходимо учитывать в задачах проектирования. Предложения по уменьшению погрешностей расчета заземляющих устройств на высоких частотах при воздействии молнии содержались в докладах Черепанова А. В. и Шишигина С. Л. (Вологодский государственный университет). Сформулированы условия для учета свойств грунта для задач молниезащиты и электромагнитной совместимости.

Традиционно актуальными для специалистов по ЭМС были вопросы, рассмотренные в докладах по методам и средствам испытаний технических средств на ЭМС и их метрологическому обеспечению. Большое внимание было уделено вопросам испытаний на устойчивость к импульсным помехам. В докладах представителей Минобороны (Балюк Н. В., Дубровин Е. А., Алгашев А. Б., Пантелеев С. В. и др.) рассматривались вопросы научно-методического и технического обеспечения испытаний и необходимость стандартизации методов испытаний. Авторский коллектив сотрудников ФГУП «ВНИИОФИ» и ООО «Кортек» (Сахаров К. Ю. и др.) представил установку для экспресс-диагностики радиопоглощающих материалов с помощью зондирования сверхкороткими электромагнитными импульсами. Системный анализ характеристик безэховых камер и особенности их регламентирования для различных испытательных и измерительных задач составили основное содержание доклада А. П. Смирнова (АО «НПФ «Диполь»). Влияние характеристик применяемых аппаратных средств на достоверность и скорость тестирования

технических средств на ЭМС рассмотрено в докладе О. Н. Калинина (ООО «Кейсайт Технолоджиз»). Методические вопросы оценки радиопомех на месте эксплуатации в условиях внешних электромагнитных помех были основным предметом исследований в докладах Хамадулина Э. Ф. (ФГУП «ВНИИФТРИ») и Сухова А. В. (ФГУП «ВНИИОФИ»). Испытания автомобилей на ЭМС, как один из критериев безопасности, рассмотрены в докладе тольяттинских специалистов А. С. Подгорного и П. А. Николаева. Предложен ездовой цикл испытаний автомобиля на восприимчивость к электромагнитному воздействию, который позволяет с большой вероятностью выявить проблемы совместимости и устранить их. Традиционные для последних конференций вопросы применения реверберационных камер рассмотрены О. В. Поветкиным и Петровым В. В. (ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС»), которые предложили применять для их аттестации новые программные средства. Интересные результаты исследований в области метрологического обеспечения трехкоординатных рамочных антенн с помощью измерительного преобразователя дипольного магнитного момента на основе колец Гельмгольца представлены в докладе Шаммасова Р. Р. (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

В ходе дискуссий и на заключительном заседании участники конференции обратились к организаторам с просьбой способствовать более широкому участию научной общественности в практической работе по обеспечению ЭМС технических средств отечественного производства. Речь идет о развитии методического обеспечения и организации работ. Большинство участников конференции поддержало предложения специалистов РФЯЦ–ВНИИЭФ о развитии отечественной базы проектирования и моделирования в области ЭМС на основе координации деятельности основных научных школ. Принимая во внимание большую роль проблематики ЭМС в развитии важнейших отечественных технических и технологических проектов, предлагается создание пакетов программ расчетов в области ЭМС технических средств проводить в рамках единой межотраслевой программы работ. Государственной поддержки требует также решение проблемы подготовки кадров для испытательных лабораторий, конструкторских и исследовательских подразделений предприятий и учреждений образования. Большие надежды специалисты возлагают на развитие стандартизации в области гражданской и военной продукции, связанное с внедрением нового законодательства. Оно открывает возможности для системного развития современных методов и средств испытаний в области ЭМС. Участники конференции предложили на «ТехноЭМС–2018» рассмотреть систематизированный обзор новых стандартов и планируемых изменений нормативной базы. Отмечался возросший уровень публикаций отечественных авторов в области ЭМС. Этому способствует рост требований к содержанию и оформлению статей в журнале «Технологии ЭМС», который получил международное признание. Участники предложили программному комитету конференции рассмотреть возможность расширения тематики рассматриваемых проблем, связанных с ЭМС. Для более широкого и свободного участия в обсуждении представленных идей и результатов исследований предложено рассмотреть возможность последовательного проведения секционных заседаний.

На конференции прозвучала благодарность организационному комитету, сотрудникам МИЭМ НИУ ВШЭ и компании «Диполь» за организацию и высокий уровень технического и методического обеспечения мероприятия. Подчеркнув высокий научный уровень докладов и заинтересованность в регулярном проведении таких мероприятий, участники рекомендовали провести конференцию «ТехноЭМС» в 2018 г. в МИЭМ НИУ ВШЭ.



Правила хорошего фотона

Радиофотоника: преимущества технологии, области применения и измерительные задачи

Виталий Мораренко,
инженер компании Keysight Technologies,
ведущий блога по оптике и фотонике

В последние десятилетия в сфере сверхширокополосных систем передачи наблюдается замещение электронных систем на фотонные. Отсутствие заряда и массы наделяет фотон свойствами, невозможными для электрона, в результате чего фотонные системы не подвержены внешним электромагнитным полям и обладают гораздо большей, в сравнении с электронными, дальностью передачи и шириной занимаемой полосы сигнала.

Преимущества, уже реализованные на базе фотоники в сфере телекоммуникаций, дают право говорить о новом отраслевом направлении — радиофотонике, возникшей из слияния радиоэлектроники, интегральной и волновой оптики, СВЧ-оптоэлектроники и ряда других областей науки и промышленного производства.

Радиофотоника — новое научно-техническое и технологическое направление, изучающее взаимодействие оптического излучения и радиочастотного сигнала в задачах приема, передачи и обработки информации. Направление связано с использованием методов и средств фотоники совместно с радиоэлектронными элементами, узлами и устройствами радиодиапазонов.

Кроме того, радиофотоника представляет собой область радиоэлектроники и радиотехники, в которой реализуется объединение в одном устройстве или его части оптических и радиоэлектронных (радиотехнических) цепей, элементов, схем, устройств (в том числе интегральных), обеспечивающих улучшение параметров — тактико-технических, эксплуатационных и других, а часто и расширение функционала аппаратуры. Это возможно при сближении рабочих частотных диапазонов, радиоэлектронных цепей и устройств и оптических (интегрально-оптических и волоконно-оптических) элементов и схем. Так, при работе аппаратуры в СВЧ-диапазоне совместное (в будущем — интегрированное) использование радиоэлектронных и оптических (фотонных) устройств и элементов позволяет говорить о новом разделе радиотехники, получившем название «микроволновая фотоника» (Microwave Photonics). Данное направление в областях беспроводной связи

и кабельного телевидения получило название Radio over Fiber (ROF), или Radio over Glass (ROG). Суть перечисленных технологий заключается в передаче радиосигнала (на соответствующей несущей, с определенным форматом модуляции или импульсным сигналом, с ЛЧМ и т. д.) по оптоволоконному кабелю с помощью двух ключевых элементов: передатчика (TX — Transmitter) и приемника (RX — Receiver). В основном качество такой системы и определяется этими главными (активными) электрооптическим и оптоэлектронным компонентами (рис. 1).

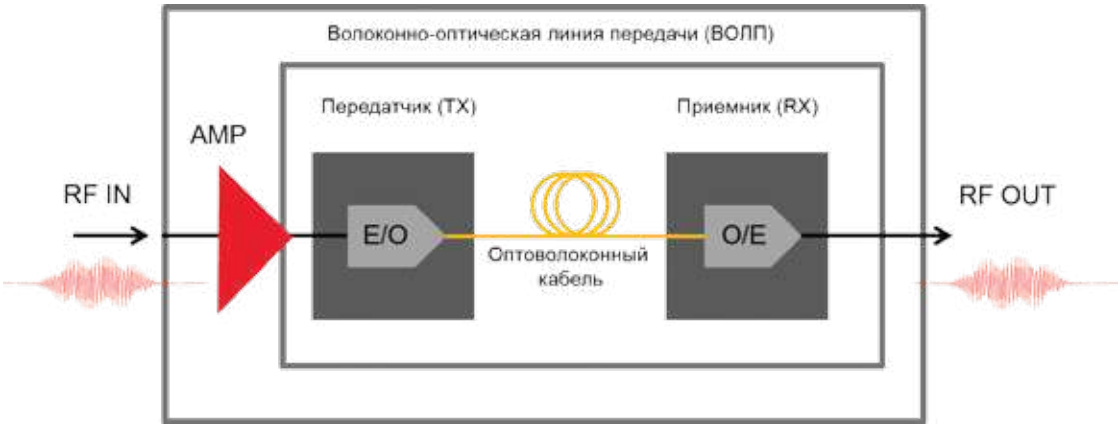


Рис. 1. Структура системы передачи ВЧ/СВЧ-радиосигнала по волокну

Среди областей применения радиофотоники находится большое количество направлений, связанных с передачей радиосигнала на дальние (десятки и сотни метров или несколько километров) расстояния. Из самых востребованных задач можно выделить следующие:

- Передача с минимальными потерями сигналов спутниковой связи.
- Распределение сигналов на удаленные антенны.
- Линии передачи СВЧ-сигналов внутри крупных объектов.
- Системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ).
- Оптические линии задержки и обработки сигналов.
- Системы калибровки радаров и РЛС.
- Фазированные антенные решетки (ФАР).

Конечно, любой инженер-оптик не раздумывая назовет большинство фундаментальных преимуществ радиофотонной технологии и вообще волоконно-оптических линий связи в сравнении с проводными (медными) и даже беспроводными системами передачи. В данной статье мы возьмем за основу книгу Урика Винсента Дж.-мл. и других авторов «Основы микроволновой фотоники» и приведем основные теоретические преимущества, базирующиеся на свойствах носителей информации (фотонах) и на свойствах среды распространения (кварцевое оптическое волокно).

Итак, фундаментальные преимущества радиофотоники:

1. Базирующиеся на фундаментальных свойствах носителей информации: фотон — безмассовая элементарная частица, способная существовать, только двигаясь со скоростью света. Электрический заряд фотона равен нулю. Это обеспечивает:

- повышенное быстродействие (до десятков фемтосекунд);
- расширенную полосу пропускания (до терагерцевого диапазона).

2. Базирующиеся на свойствах среды распространения (кварцевое оптическое волокно). Это обеспечивает:

- малые потери при передаче (< 0,2 дБ/км) и независимость (почти) их от частоты модуляции в радиочастотном диапазоне;
- расширенную рабочую полосу частот (до 15 ТГц);
- гораздо лучшие массогабаритные характеристики (волоконный кабель: масса 1,7 кг/км, диаметр 250 мкм; коаксиальный кабель: масса 560 кг/км, диаметр 10 мм);
- нечувствительность к электромагнитным наводкам (диэлектрик): улучшение электромагнитной совместимости внутри системы, повышение имитостойкости аппаратуры;
- значительно лучшие фазотемпературные характеристики: фазовая стабильность и возможность когерентного приема и обработки сигналов.

Основные компоненты радиофотонной системы

Основные компоненты радиофотонной системы, как и любой другой системы связи, — это передатчик и приемник. Разумеется, это общие названия. На практике в системах с внешней модуляцией передатчик является более сложным устройством, содержащим источник лазерного излучения и модулятор, не считая электронные схемы управления (микропроцессор) и схемы контроля рабочей точки. В качестве приемников используются различные ВЧ-фотодиоды, а при необходимости детектирования модулированной фазы оптического сигнала — когерентные фотоприемные системы со смешением с опорным сигналом (рис. 2)

В качестве реально достигнутых практических преимуществ можно привести пример замены узлов РЛС на базе АФАР на радиофотонные, а именно:

- Возможность работы с пространственным (сейчас до 7 сердцевин в одном волокне, в дальнейшем до 19 сердцевин) и/или спектральным (до 80 оптических несущих по одной сердцевине с шагом 50 ГГц) уплотнением: передача с терабитными скоростями, улучшение массогабаритных характеристик и упрощение схемы диаграммообразующего устройства (ДОУ), многофункциональное (локация, радиоэлектронная борьба (РЭБ), связь, мониторинг), многодиапазонное (от L- до Ка-диапазона) функционирование, связь наземной и бортовой аппаратуры по одному кварцевому волокну (например, для 1500-элементной АФАР).
- Широкополосность: расширение мгновенной полосы обработки (сейчас до 2–3 ГГц, в будущем до 10 ГГц): повышение скорости и пропускной способности систем обработки.
- Широкий динамический диапазон тракта приема: повышение скрытности функционирования РЭС за счет работы на фоне сильных сигналов и помех.
- Малые потери и дисперсия в оптическом волокне: высококачественная передача цифровых и аналоговых СВЧ-сигналов между разнесенными постами аппаратуры, что упрощает размещение аппаратуры на носителях и позволяет создавать когерентный прием в системах распределенной структуры.

Компоненты радиофотонных систем передачи необходимо характеризовать в рабочем диапазоне частот модуляции

Рис. 2. Основные компоненты радиофотонных систем

Конечно, роль пассивных оптических компонентов также высока, и использование качественных оптоволоконных кабелей — залог передачи сигнала с минимальными потерями и искажениями. Для некоторых типов сигналов, форматов и частоты модуляции критичным становится сохранение состояния поляризации по всей длине волокна, так как потери могут возрасти в зависимости от состояния поляризации сигнала на выходе из оптического волокна.

Сегодня немало зарубежных компаний предлагают высокочастотные волоконно-оптические компоненты различного назначения и принципов действия (рис. 3, 4). Это могут быть амплитудные электрооптические модуляторы Маха-Цандера, фазовые электрооптические модуляторы, поляризационные модуляторы, лазерные диоды с прямой модуляцией и аналоговые СВЧ-фотодиоды, балансные фотоприемники, pin-фотодиоды и другие. Сейчас важным направлением развития науки и техники в России является разработка отечественной компонентной базы, в особенности активных электрооптических и оптоэлектронных устройств. При проектировании, исследованиях, опытно-конструкторских работах и производстве необходимо получать полную информацию в широком рабочем частотном диапазоне, то есть всесторонне характеризовать.

Рис. 3. Примеры модуляторов и лазерных диодов, использующихся в радиофотонных системах

Рис. 4. Примеры фотоприемных устройств, использующихся в радиофотонных системах

Отдельного обсуждения требует тестирование пассивных оптических компонентов (а именно измерение потерь и других базовых параметров), а сейчас предлагаю обсудить характеристики высокочастотных оптоэлектронных (О/Э), электрооптических (Э/О) и оптических (О/О) компонентов в частотной области, то есть в зависимости от частоты модуляции.

Частотно-зависимые измерения характеристик О/Э-, Э/О- и О/О-устройств

Компоненты радиофотонных систем передачи необходимо характеризовать в рабочем диапазоне частот модуляции. Такую информацию несут, как известно, S-параметры для ВЧ/СВЧ-устройств. В оптических системах активные компоненты также можно охарактеризовать в зависимости от типа выходных и входных сигналов и соотношений между ними. Для оптических компонентов S-параметры несут определенный смысл, отличающийся от S-параметров ВЧ/СВЧ-устройств. Например, частота отсечки модулирующего сигнала, абсолютная чувствительность, потери на отражение и так далее, но все это с учетом разной природы входных и выходных сигналов. К тому же нельзя измерить параметр S12 ввиду невозможности обратного преобразования сигнала в данных компонентах. Анализаторы оптических компонентов, или АОК (англ. Lightwave Component Analyzer, LCA), представляют собой приборы для измерения электрооптических S-параметров, таких как S21 и S11 или S22. Они основаны на стандартном анализаторе цепей и калиброванном блоке для испытаний электрооптических компонентов.

Процесс измерения параметров электрооптических устройств во многом аналогичен измерению оптоэлектронных устройств. Анализ электрооптического передатчика включает измерение силы тока входного электрического сигнала модуляции и уровня мощности выходного оптического модулированного сигнала. Крутизна характеристики или чувствительность (рис. 5) используется для описания того, как изменение силы тока на входе приводит к изменению уровня мощности на выходе. Измерительный прибор должен определять силу тока входного электрического модулирующего сигнала, уровень мощности выходного оптического модулированного сигнала и отображать отношение обеих величин в Вт/А в линейном масштабе или децибелах.

Для измерения зависимости параметров передачи и отражения электрооптических модуляторов, лазеров и светодиодов от частоты модуляции используется АОК. Здесь можно рассматривать измерения следующих параметров передачи:

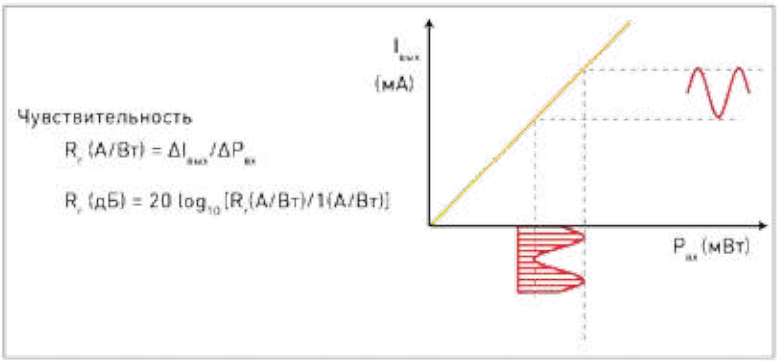


Рис. 5. Передаточная характеристика О/Э-преобразователей

- полоса модуляции и АЧХ;
- эффективность преобразования;
- влияние смещения;
- параметры импульсов;
- чувствительность отражения;
- фазовая характеристика модуляции;
- входной импеданс лазера/модулятора.

Измерение параметров оптоэлектронного приемника состоит из определения отношения силы тока выходного электрического модулированного сигнала к уровню мощности входного оптического модулирующего сигнала. Чувствительность оптоэлектронных устройств описывает, как изменение уровня оптической мощности приводит к изменению электрического тока. Прибор должен измерять уровень мощности входного оптического модулирующего сигнала, силу тока выходного электрического модулированного сигнала и отображать отношение этих двух величин в Вт/А (рис. 6).

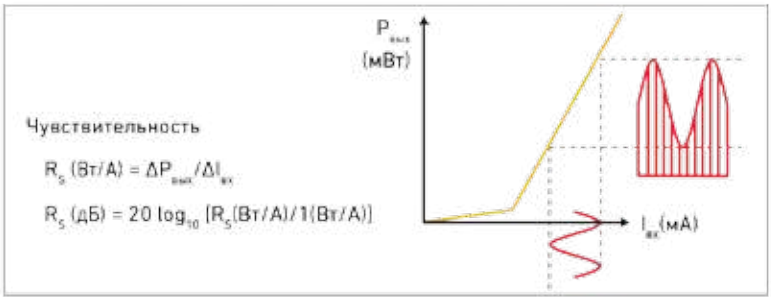


Рис. 6. Передаточная характеристика Э/О-преобразователей (лазеров и светодиодов)

Измерения, которые выполняются на оптических приемниках, во многом подобны тем, что проводятся на источниках оптического излучения, только в данном случае в качестве испытательного сигнала используется модулированный свет, а откликом является демодулированный электрический сигнал. Эти процедуры часто включают:

- измерение чувствительности и полосы модуляции фотодиода;
- измерение трансимпедансного усиления фотоприемника;
- измерение дифференциального усиления, разбаланса и коэффициента подавления синфазного сигнала детектора/приемника с симметричным входом;
- измерение переходной и импульсной характеристики;
- измерение и оптимизация выходного электрического импеданса.

Теперь поговорим о концепции и аппаратной реализации измерительного прибора. Концептуальная блок-схема АОК, реализованного на базе векторного анализатора цепей и блока, осуществляющего преобразование радиосигнала в оптический и наоборот, представлена на рис. 7. Концепция анализа оптических компонентов очень проста. Для этого выполняются измерения линейных параметров передачи и отражения на малых уровнях сигналов различных оптических компонентов. Анализатор оптических компонентов состоит из векторного СВЧ-анализатора цепей с подключенным к нему комплектом для оптических измерений. Для подачи испытательного сигнала на тестируемый компонент используется прецизионный источник электрических (генератор) или оптических (передатчик) сигналов, а для измерения переданных (или отраженных) сигналов предусмотрен очень точный и калиброванный оптический или электрический приемник. Поскольку нужно измерять характеристики в широком диапазоне частот модуляции, выполняется свипирование частоты модуляции в необходимом диапазоне.

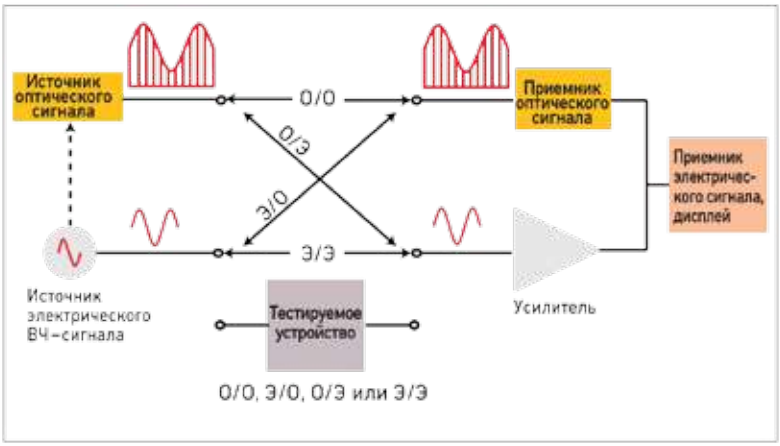


Рис. 7. Концептуальная блок-схема анализатора оптических компонентов

Сейчас линейка анализаторов оптических компонентов компании Keysight Technologies состоит из четырех приборов: N4373D, N4375D, N4376D, N4374B (табл.). В каждой модели опционально можно выбрать необходимый частотный диапазон, конфигурацию векторного анализатора цепей, конфигурацию оптической приставки (например, использование встроенного лазерного излучателя или внешнего — на пользовательской длине волны).

Ключом к выполнению точных Э/О-, О/О- и О/Э-измерений является калибровка измерительных приборов, которая позволяет АОК компенсировать влияние измерительной системы, включая электрические и оптоволоконные кабели, а также сам измерительный прибор. Для этого нужно проделать несколько операций калибровки/настройки.

Таблица. Линейка анализаторов оптических компонентов компании Keysight Technologies

ВНЕШНИЙ ВИД	МОДЕЛЬ	ЧАСТОТНЫЕ ДИАПАЗОНЫ	ПАРАМЕТРЫ ОПТИЧЕСКОЙ ПРИСТАВКИ	МОДЕЛЬ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ, НА БАЗЕ КОТОРОГО СТРОИТСЯ ПРИБОР
	Анализатор оптических компонентов N4374B	4,5 ГГц	Одномодовое волокно, 1310, 1550 нм или внешний источник излучения	ENA-C, только 2 порта
	Анализатор оптических компонентов N4376D	26,5 ГГц	Многомодовое волокно, 850 нм	PNA, 2 или 4 порта
	Анализатор оптических компонентов N4375D	26,5 ГГц	Одномодовое волокно, 1310, 1550 нм или внешний источник излучения	PNA, 2 или 4 порта
	Анализатор оптических компонентов N4373D	43,5; 50; 67 ГГц	Одномодовое волокно, 1310, 1550 нм или внешний источник излучения (либо многомодовое 850 нм по специальному запросу)	PNA, 2 или 4 порта

АОК выполняет измерения, перестраивая частоту модулирующего сигнала. Таким образом выполняются измерения в частотной области. Однако АОК может математически преобразовать результаты измерений в частотной области и представить ее во временной области. Можно оценить и реакцию устройства на специальные сигналы, например «ступенька» или «импульс». Преобразование во временную область следует использовать при измерениях передачи и отражения, каждое из которых позволяет по-разному взглянуть на характеристики компонента.

Заключение

Итак, радиофотоника, изучающая взаимодействие оптических и СВЧ-сигналов, позволяет создавать электронные устройства с параметрами, недостижимыми традиционными средствами. Сверхширокополосные аналоговые линии связи на ВОЛС, линии задержки, а также использующие элементы радиофотоники фильтры, генераторы и другие устройства СВЧ-диапазона находят применение в системах радиоэлектронной борьбы, радиоэлектронного противодействия и в радиолокационных станциях. Все это — актуальные и перспективные области науки и техники в нашей стране. Вот почему вопросы оснащения контрольно-измерительным оборудованием в таких важных направлениях необходимо доверять надежным производителям, способным обеспечить весь цикл разработки и тестирования: от модели до готового образца, от дискретного или интегрального компонента до законченных узлов и систем.

ДИПОЛЬ

ИНЖИНИРИНГ

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

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.

*Представленные данные являются справочными, подробную информацию можно уточнить у менеджеров компании.

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

На рельсах метрологии

Октябрьский центр метрологии ОАО «РЖД» и компания «НПФ «Диполь» подписали договор о сотрудничестве в области метрологии

С 17 по 19 мая 2017 г. компания «Диполь» принимала участие в 13-й выставке средств измерений и метрологического обеспечения MetrolExpo 2017, проходившей в Москве в рамках XIII Московского международного инновационного форума.

В ходе выставки состоялось заключение договора о сотрудничестве в области метрологии между Октябрьским центром метрологии (Октябрьский центр метрологии — структурное подразделение Октябрьской железной дороги, филиала ОАО «РЖД») ОАО «РЖД» и АО «НПФ «Диполь».

Данный шаг расширяет партнерские отношения в метрологическом, образовательном и техническом направлениях, увеличивая потенциальные возможности совместных проектов. Так как у наших компаний обозначены схожие цели в области метрологии, соглашение затрагивает и вопросы стратегического развития.

Одним из этапов развития сотрудничества станет участие компании «Диполь» в школах передового опыта, направленных на подготовку квалифицированных рабочих и специалистов среднего звена и включающих в себя «круглые столы» и пленарные заседания. В дальнейшем это даст возможность демонстрировать возможности «Диполь», презентовать продукцию, представленную для использования в различных направлениях железнодорожной деятельности, а также вести взаимодействие в рамках научно-технического сотрудничества.

У Октябрьского центра метрологии и компании «Диполь» накоплен серьезный практический опыт работы в области метрологии, науки и техники. И объединение усилий в данных направлениях позволит качественно дополнить работу метрологических служб обеих компаний.

Обозначены основные направления предстоящего сотрудничества:

- калибровка в международной системе DAkkS;
- межлабораторные сличения (организация и проведение межлабораторных сличений);
- поверка/калибровка средств измерений (СИ);
- обмен опытом и имеющимися достижениями в метрологической деятельности (машинное зрение, опыт разработки, практической реализации и использования автоматизированных комплексов и т. д.);
- участие сторон в совместных мероприятиях, в том числе семинарах, конференциях, совещаниях, затрагивающих вопросы метрологии, а также в школах передового опыта в области обеспечения единства измерений.

Договор о сотрудничестве подписывают начальник Октябрьского центра метрологии Константин Коротаев и коммерческий директор компании «Диполь» Андрей Верецкий (слева направо)

Что такое DAkkS и какие возможности дает калибровка (СИ) в данной системе?

DAkkS является национальным органом по аккредитации Федеративной Республики Германии.

Представляет интересы Германии в EA, ILAC и IAF и занимает важные позиции в данных международных организациях по аккредитации.

Одной из ключевых задач международной организации по аккредитации является взаимное признание услуг и результатов аккредитованных органов в целях предотвращения технических барьеров и увеличения количества аккредитаций.

Главная цель международной сети по аккредитации — взаимное признание услуг и результатов аккредитованных органов по снижению технических барьеров в торговле и повышению международного признания результатов аккредитованных оценочных услуг без дорогостоящего дублирования аккредитации. Такой подход соответствует следующему принципу: «После проверки принято во всем мире».

Калибровка СИ в данной системе аккредитации позволит повысить конкурентоспособность продукции предприятия и вывести ее на международный рынок.

Измерение сложных сигналов переменного тока с помощью цифрового мультиметра

Краткое руководство по применению

Максим Писковацков,
руководитель направления измерительного оборудования общего назначения
mvp@dipaul.ru

Идеальными сигналами переменного тока, которые используются в электронике и источниках питания, принято считать сигналы синусоидальной формы. Однако в реальности переменные напряжения и токи далеко не идеальны. Вместо синусоиды они могут принимать разнообразные формы и значения.

Измерение сигнала переменного тока с высоким пик-фактором

В ходе разработки импульсного источника питания необходимо охарактеризовать мнимую часть коэффициента мощности при нагрузке питания. При емкостной нагрузке входной ток не будет отображаться в виде чистой синусоиды. Нередко такой сигнал имеет большие пики, из-за чего его обычно сравнивают со среднеквадратичным уровнем (RMS). Это приводит к ошибкам измерения при использовании обычного цифрового мультиметра. С помощью серии мультиметров Truevolt от компании Keysight Technologies можно получить точные измерения переменного тока, даже если пиковое значение в 10 раз больше значения RMS.

Характеристика устройства преобразования энергии окружающей среды

С новыми технологиями приходят и новые проблемы измерения. Например, в индустрии преобразования энергии окружающей среды сигналы имеют низкий уровень и зачастую являются непериодическими. Такие устройства, как пьезоэлектрические генераторы, способны вырабатывать сигналы переменного тока от периодического или непрерывного механического воздействия. Характеристика этих типов сигнала требует высокого измерительного разрешения и возможности распознавать несплошные сигналы. Серия мультиметров Truevolt не только измеряет типы сигналов низкого уровня, но и визуализирует искаженные сигналы переменного тока благодаря встроенным функциям оцифровки.

Понимание формы переменного сигнала

На практике не каждый сигнал идеален, это факт. Другой факт, что человек легче воспринимает вещи, которые может увидеть. Особенно это относится к электрическим сигналам.

Используя возможности оцифровки мультиметров Truevolt 34465A и 34470A, можно визуализировать и характеризовать исследуемые сигналы переменного тока, что помогает лучше понять их форму. Обычно для данных целей применяют осциллографы, но подобные инструменты, как правило, ограничены по разрешению амплитуды двумя разрядами. Серия мультиметров Truevolt предоставляет возможность оцифровать исследуемый сигнал с разрешением минимум 4,5–7,5 разряда.

Цифровые мультиметры 34465A и 34470A имеют определенные режимы и интервалы дискретизации, которые позволяют оцифровывать исследуемый сигнал. Другие цифровые возможности, доступные в мультиметрах, предусматривают оцифровку непосредственно с передней панели с помощью графического дисплея и расширенных настроек запуска — например, запуск по уровню и регистрация измерений в память для последующего анализа.

Для тех, кто привык использовать для оцифровки ПК, программное обеспечение Keysight's, BenchVue предоставляет такие возможности. И BenchVue, и передняя панель мультиметра позволяют визуализировать исследуемый сигнал с гораздо большим разрешением, чем это делает осциллограф. Кроме того, цифровой мультиметр имеет дополнительное преимущество, связанное с оцифровкой тока или напряжения без применения внешних токовых шунтов, клещей и делителей напряжения.

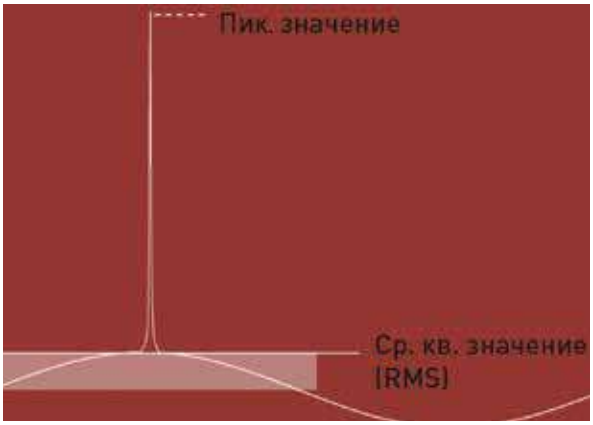
Совет по измерению

С мультиметрами серии Truevolt можно анализировать измерения переменного тока с помощью встроенного режима статистики, графика или гистограммы, а также сохранять показания во внутренней памяти, USB-накопителе или посредством программного обеспечения BenchVue для простой передачи данных на ПК.

Более высокий пик-фактор помогает измерить весь сигнал

Несмотря на то, что оцифровка сигнала позволяет видеть несколько периодов сигналов, если вас интересует среднеквадратичное (RMS) значение амплитуды или частота исследуемого сигнала переменного тока в течение долгого времени, вы должны провести измерение переменного тока. Серия мультиметров Truevolt использует патентованную цифровую схему переменного тока, благодаря которой удается быстрее измерять переменный ток и получать большую точность по сравнению с мультиметрами старой архитектуры.

Одним из компонентов переменного тока, который часто упускают из виду, является пик-фактор. Мультиметры Truevolt не только обладают одной из самых высоких измерительных возмож-



ностей пик-фактора в своем классе, но и способны измерять дважды, что невозможно с мультиметрами предыдущего поколения.

Пик-фактор определяется как отношение пикового значения к среднеквадратичному значению формы сигнала.

Математически это может быть выражено так:

пик-фактор (пик-ср. кв.) = (пик. знач.)/(ср. кв. знач.)

На рис. 1 отображен экстремальный случай, когда пиковое значение существенно выше значения RMS

Рис. 1. Иллюстрация сигнала переменного тока с большим пиком значения RMS

Совет по измерению

Мультиметры серии Truevolt, подключенные к компьютеру через USB-кабель, можно использовать как диск USB (мультиметр будет отображаться как диск). Другими словами, предусмотрена возможность получить доступ к сохраненным показаниям простым перетаскиванием их на компьютер.

Пик-фактор цифрового мультиметра означает количество полной энергии от пикового значения, которое будет включено в измерение переменного тока. В идеале вы хотели бы включить как можно больше полной энергии в форму сигнала, чтобы получить точное измерение. Для измерительного прибора пик-фактор выражается в размере динамического диапазона входного сигнала. Мы определяем пик-фактор как размер динамического диапазона, основанного на номинальном значении диапазона (значении RMS). Поскольку серии мультиметров Truevolt имеют коэффициент пик-фактора, равный 10, становится возможным измерить входной сигнал, чье пиковое значение в 10 раз больше номинального значения диапазона.

Рассмотрим пример, в котором показания мультиметра модели 34401A, использующего устаревшую аналоговую схемотехнику переменного тока, сравниваются с измерениями цифрового мультиметра 34465A с улучшенной оцифровкой переменного тока. Отметим, что многие цифровые мультиметры, представленные на рынке сегодня, все еще работают на старых аналоговых схемах переменного тока. На рис. 2 представлена оцифровка входного сигнала с использованием встроенных цифровых возможностей мультиметра 34465A. Обратите внимание, что большая часть энергии составляет около 1 В (RMS), но сигнал имеет очень высокий пик, близкий к 10 В. Именно в этой области точность измерения цифрового мультиметра 34465A демонстрирует преимущества данного прибора.

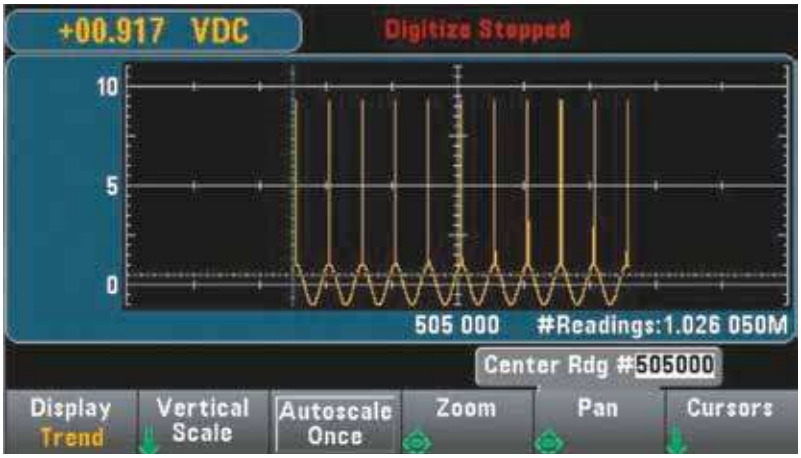


Рис. 2. Оцифровка напряжения переменного тока с большим пик-фактором

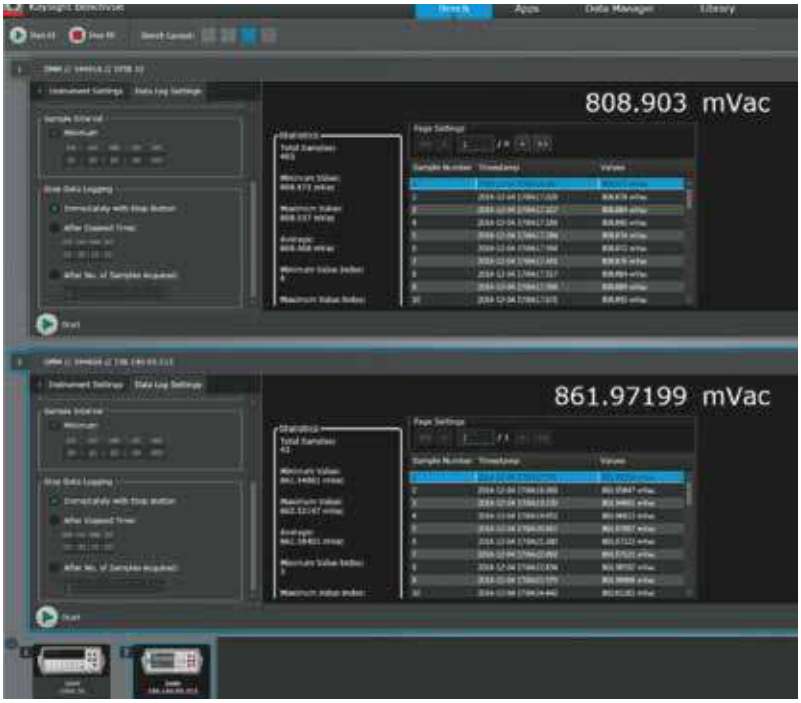


Рис. 3. Сравнение двух параллельных показаний цифровых мультиметров. Показания в нижней части, взятые с 34465, характеризуют полный сигнал переменного тока, что объясняет их высокие значения

На рис. 3 отображены показания напряжения переменного тока, которые были получены от двух цифровых мультиметров, подключенных к программе BenchVue. Показания мультиметра 34465A находятся в нижней панели, показания более старой модели мультиметра 34401A — в верхней. Отметим, что данные, зарегистрированные на 34465A, несколько выше, нежели на 34401A. Разница составляет около 52 мВ, что эквивалентно 6 %. Эта ошибка является значительной по сравнению с нормой характеристики переменного тока, меньшей, чем 0,2 %.

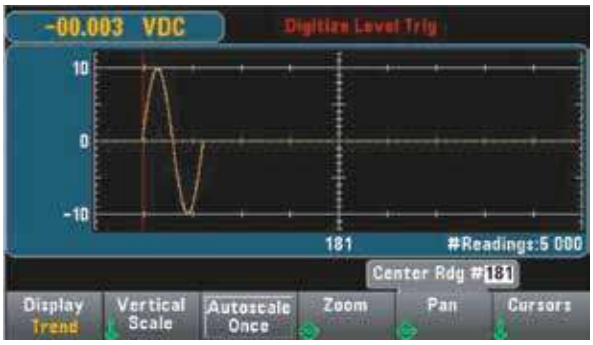


Рис. 4. Пример оцифрованного сигнала

Другая область, где важен пик-фактор, — измерение импульсного сигнала. Это связано с тем, что для большинства мультиметров весьма проблематично точно прочитать значение напряжения/тока, когда за уровнем сигнала, имеющего период, следует период, в котором не происходит никаких действий. Но благодаря тому, что мультиметры Truevolt имеют большой пик-фактор, можно достичь более высокой точности даже при изменении отношения импульсов. На рис. 4 представлен оцифрованный импульсный сигнал с единичным синусоидальным импульсом 0,1 мс, с последующим периодом затишья в 9,9 мс. Полный период составляет 10 мс. Новый сигнал представляет собой падение мощности в соотношении 100:1, а RMS напряжения падает 10:1 (по сравнению с оригиналом).

Учитывая эти результаты, можно считать, что напряжение будет равно одной десятой 7 В. Ожидаемый результат нашего исходного сигнала должен быть 0,7 В AC. Тем не менее, как следует из рис. 5, только серия Truevolt дает точные показания 0,69987 В. Устаревшее аналоговое измерение переменного тока обеспечивает показание 0,4677 В! Старый мультиметр теперь имеет ошибку 0,23 В, или 35 % от номинала. Таким образом, превосходная обработка пик-фактора мультиметров серии Truevolt позволяет более точно измерять даже столь непростой сигнал.

Рис. 5. На графике представлено наиболее точное измерение 1/10 В RMS мультиметром 34465A (нижняя панель измерения)

Пример возобновляемой энергии

Energy harvesting — это промышленный термин, подразумевающий очистку и накопление энергии окружающей среды (которая исторически была признана непригодной) и ее дальнейшее преобразование в источник питания. К примерам источников энергии окружающей среды можно отнести энергию солнца, ветра, вибрации от двигателя или даже радиочастотную энергию от окружающих действующих радиопередатчиков. Сегодня на рынке представлен ряд устройств для сбора энергии возобновляемых источников окружающей среды, и производители электроники продолжают исследовать методы для повышения их эффективности.

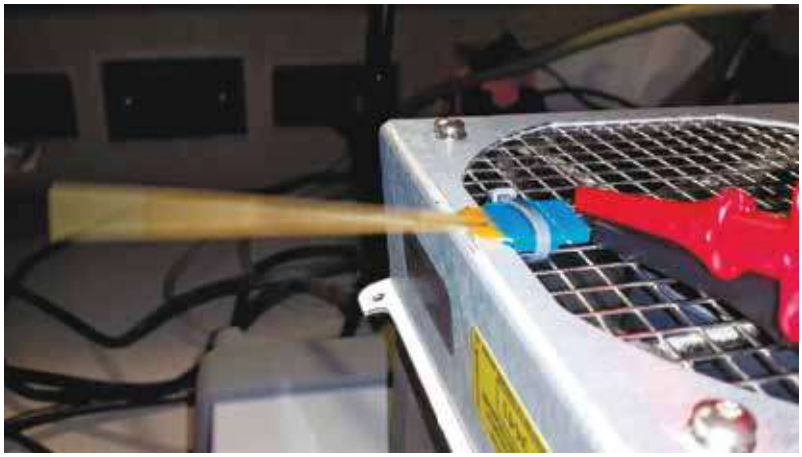


Рис. 6. Пьезоэлектрический генератор присоединен к источнику вибрации (в данном случае к вентилятору)

Одним из таких устройств, созданных для преобразования механических колебаний в полезную мощность, является пьезоэлектрический генератор (рис. 6). Это устройство предназначено для сбора затрачиваемой впустую энергии вибрации и ее конвертации в мощность, которую затем можно непосредственно использовать или накопить в батарее. Однако энергия, вырабатываемая этим типом устройств, является обоснованно низкой — нередко ее максимальная мощность не превышает 1 мВт и зависит от масштаба источника вибрации.

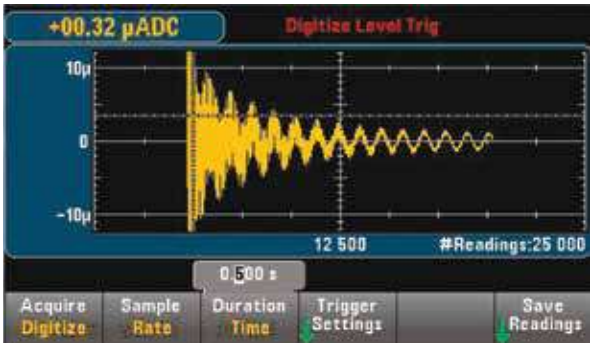


Рис. 7. Оцифрованный ток устройства пьезоэлектрического генератора

Измерительные ресурсы переменного тока серии мультиметров Truevolt весьма полезны при определении характеристики устройств преобразования энергии окружающей среды, таких как пьезоэлектрические генераторы. Обычно их устанавливают на механические устройства с очень нерегулярными циклами вибрации. Таким образом, уровень тока на выходе данных генераторов может варьироваться от очень высокого до низкого. Мультиметры Truevolt позволяют визуализировать ток, а затем точно измерить сигналы переменного тока. На рис. 7 показан оцифрованный ток, который начинается с большой величины (когда устройство вибрирует) и затем быстро затухает. Оцифрованное изображение также показывает природу переменного тока пьезоэлектрических устройств.

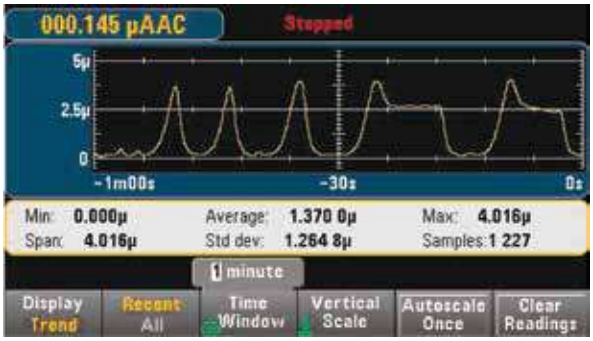


Рис. 8. Характеристика пьезогенератора, подключенного к источнику вибрации (нижняя панель измерения)

Теперь, зная, что устройство выдает сигнал переменного тока, можно измерить этот ток и провести его характеристику в течение долгого времени и в различных условиях. На рис. 8 видно, что источник вибрации имеет различные периоды работы и покоя. Используя измерения переменного тока, мы можем измерить общий генерируемый ток (RMS), а также использовать режим статистики, чтобы понять среднее значение исследуемого тока. Кроме того, для дальнейшего анализа полученных данных есть возможность сохранить и передать показания на ПК. Таким образом, благодаря улучшенному методу измерения переменного тока с помощью мультиметров Truevolt удается получить результаты высокой точности.

Вывод

Серия мультиметров Truevolt способна точно измерять сигналы переменного тока. Если получен типичный сигнал переменного тока или более сложный сигнал, то для его визуализации и тщательного измерения применяется функция оцифровки. Затем полученные результаты можно использовать, чтобы охарактеризовать исследуемые сигналы.

ДИПОЛЬ

ТЕПЕРЬ
С НАПРЯЖЕНИЕМ
36 В

Паяльник с регулировкой температуры Hakko FX-600 (36 В)

Универсальный паяльник Hakko FX-600 с регулировкой температуры и напряжением питания 36 В.

Диапазон рабочей температуры 200–500 °С.

Большой выбор наконечников, малый вес и габариты паяльника позволяют осуществлять пайку с различными видами компонентов.

Используется для проведения самых разнообразных паяльных работ, в т. ч. при пайке электронных деталей и микросхем.

Новый паяльник Hakko FX-600 (36 В) является полноценной заменой одноканальных паяльных станций.

- Универсальный уровень мощности (50 Вт).
- Процедура управления рабочей температурой паяльника осуществляется простым поворотом ручки (расположена на рукоятке).
- Имеется возможность фиксации температуры с помощью специального ключа.
- Индикатор состояния установки температуры.
- Надёжный керамический нагревательный элемент длительного срока службы.
- Тепловая защита предохраняет рукоятку инструмента от перегрева.
- Эргономичная и облегченная рукоятка из лёгкой пластмассы обеспечивает удобную работу.
- Стабильность температуры ±1 °С.

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

Правильный режим

Алексей Телегин,
ведущий блога по источникам питания
Keysight Technologies

Мы продолжаем знакомить читателей с базовыми понятиями и подходами в использовании источников питания (ИП), а также с наиболее актуальными решениями в этой области и уникальными функциями, которые позволяют справиться с самыми сложными задачами, возникающими при тестировании. В этом номере менеджер по развитию бизнеса Keysight Technologies и ведущий блога по ИП Алексей Телегин обсуждает возможности использования стандартных источников питания.

Различные типы режимов токоограничения для защиты от сверхтока в источниках питания постоянного тока

Ранее мы уже рассматривали, чем отличается ИП постоянного тока, работающий в режиме стабилизации тока, от ИП, обладающего только функцией ограничения тока для защиты от сверхтока. Однако на самом деле существует достаточно много разновидностей режимов ограничения тока, встраиваемых в разные ИП постоянного тока в зависимости от назначения, например:

- ограничение тока с обратным наклоном характеристики;
- ограничение тока с прямым наклоном характеристики;
- ограничение тока для специальных задач.

Рассмотрим подробно каждый из режимов.

Ограничение тока с обратным наклоном характеристики

На рис. 1 показана выходная характеристика источника питания, работающего в режиме стабилизации напряжения (CV), в котором реализована функция ограничения тока с обратным наклоном характеристики. Режим ограничения тока с обратным наклоном характеристики иногда используется для повышения уровня защиты тестируемых устройств (ТУ), в которых избыточный ток и рассеиваемая мощность могут вызвать их повреждение в случае перехода ТУ в состояние перегрузки. Ограничение выполняется путем уменьшения как тока, так и напряжения при перегрузке ТУ. Ток короткого замыкания (ток ограничения на выходе ИП при нулевом напряжении) обычно устанавливают в диапазоне 20–50% от максимального уровня тока. Для предотвращения перегрузки ТУ при достижении критической точки CV/CL нужно выбрать оптимальные значения критического тока в соответствии с допустимым максимальным номинальным током ТУ. Вследствие характера наклона в обратную сторону и в зависимости от характера нагрузки ТУ после достижения/превышения критической точки в режиме CV рабочая точка может опускаться вниз к рабочей точке короткого замыкания (КЗ). После этого может потребоваться выключение ТУ и его повторное включение для возврата в рабочий диапазон режима CV.

Помимо обеспечения защиты ТУ от сверхтока, функция ограничения тока с обратным наклоном характеристики часто используется в линейных ИП постоянного тока с фиксированными значениями выхода (например, 5 В/3 А) в качестве средства для снижения рассеиваемой мощности в самом ИП (в наихудшем случае). В режиме короткого замыкания напряжение, обычно возникающее на тестируемом устройстве, появляется на внутреннем последовательном линейном регуляторе ИП и требует рассеяния значительно большей мощности, чем в нормальном рабочем режиме. В случае применения ограничения тока с обратным наклоном характеристики рассеяние мощности на последовательно-линейном регуляторе в режиме перегрузки значительно снижается, сокращая размеры и стоимость последовательно-линейного регулятора для заданного номинала выходной мощности линейного ИП постоянного тока.

Для предотвращения перегрузки ТУ при достижении критической точки CV/CL нужно выбрать оптимальные значения критического тока в соответствии с допустимым максимальным номинальным током ТУ.

Ограничение тока с прямым наклоном характеристики

Разнообразные нагрузочные устройства, такие как электродвигатели, DC/DC-преобразователи, а также большие емкостные нагрузки при запуске могут потреблять большие пиковые токи. Поэтому для их питания зачастую лучше использовать ИП постоянного тока, имеющие характеристику ограничения тока с прямым наклоном, как показано на рис. 2. В случае ограничения по току с прямым наклоном, после превышения предела критического тока уровень тока продолжает повышаться, в то время как напряжение падает, пока нагрузка увеличивается.

В качестве примера, когда ограничение тока с прямым наклоном характеристики служит преимуществом, можно привести запуск под нагрузкой электродвигателя, который при других вариантах режима ограничения тока вообще бы не включился. Действительно, при условии ограничения тока с обратным наклоном характеристики электродвигатель не смог бы запуститься из-за пониженного тока.

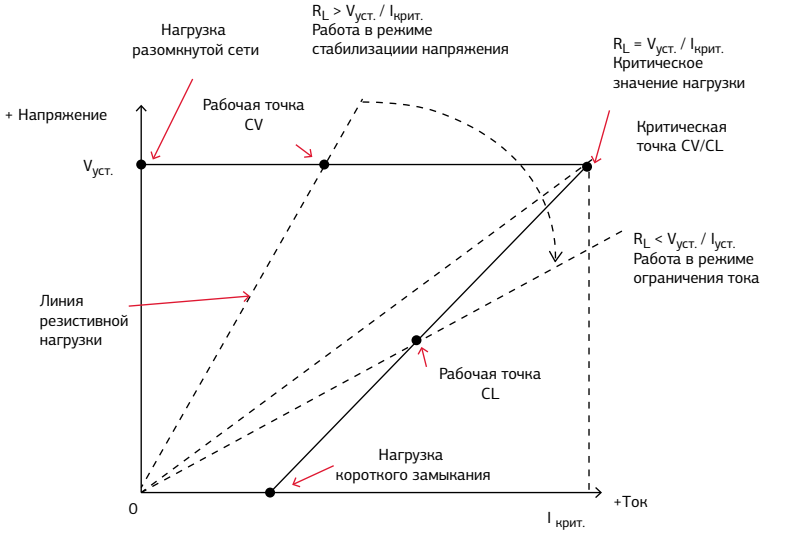


Рис. 1. Выходная характеристика ИП с функцией ограничения тока с обратным наклоном характеристики

Ограничение тока для специальных задач

В отличие от предыдущих схем ограничения тока, представляющих собой широко распространенную стандартную практику, существует ряд других схем ограничения тока, зачастую приспособленных для более специализированных целей. Одним из таких примеров служит ограничение по току, используемое в ИП Keysight серии 66300, предназначенных для мобильных телефонов и других, работающих на аккумуляторах, мобильных беспроводных устройств. Его выходная характеристика показана на рис. 3.

Мы называем ИП этой серии «источниками питания постоянного тока с функцией имитации аккумуляторов». Одной из причин этому служит то, что они являются двухквадрантными ИП постоянного тока. Как и аккумуляторная батарея, они должны быть способны подавать ток в режиме питания мобильного устройства и поглощать ток, когда мобильное устройство находится в режиме зарядки. На рис. 3 фактически показаны два отдельных ограничителя тока: один для подачи тока, а другой для поглощения. Каждый из них имеет свои отдельные характеристики для конкретных целей.

Многие мобильные беспроводные устройства с питанием от аккумуляторов потребляют мощность и ток короткими импульсами с высокой интенсивностью, в особенности при приеме/передаче данных. Для обеспечения питания этих коротких пиков нагрузки ИП постоянного тока серии 66300 оснащены функцией кратковременного ограничения пикового тока достаточной длительности, чтобы справляться с перегрузками. В них также реализован программируемый уровень стабилизированного тока, который будет отменять ограничение пикового тока, когда среднее текущее значение потребления импульсного тока достигнет заданного уровня. При таком подходе мобильное устройство большей пиковой мощности может получать питание от меньшего по мощности ИП постоянного тока.

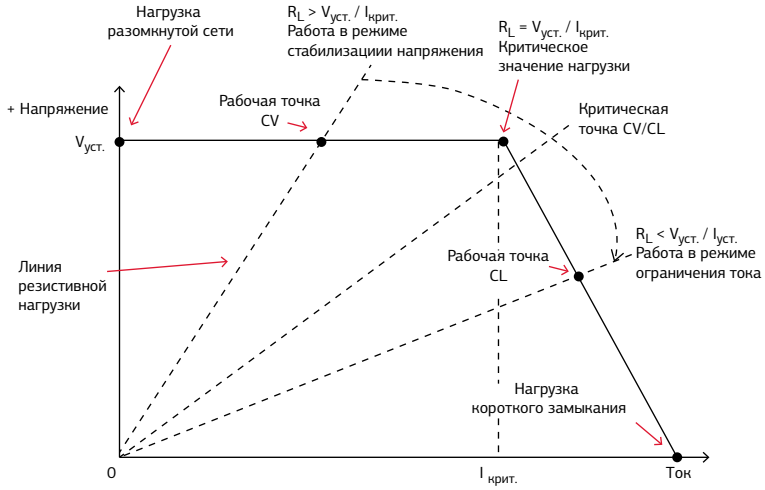


Рис. 2. Выходная характеристика ИП с функцией ограничения тока с прямым наклоном характеристики

Нестандартные режимы ограничения тока предназначены для решения особых задач, поэтому при выборе ИП постоянного тока для определенной цели полезно знать различия функций ограничения тока.

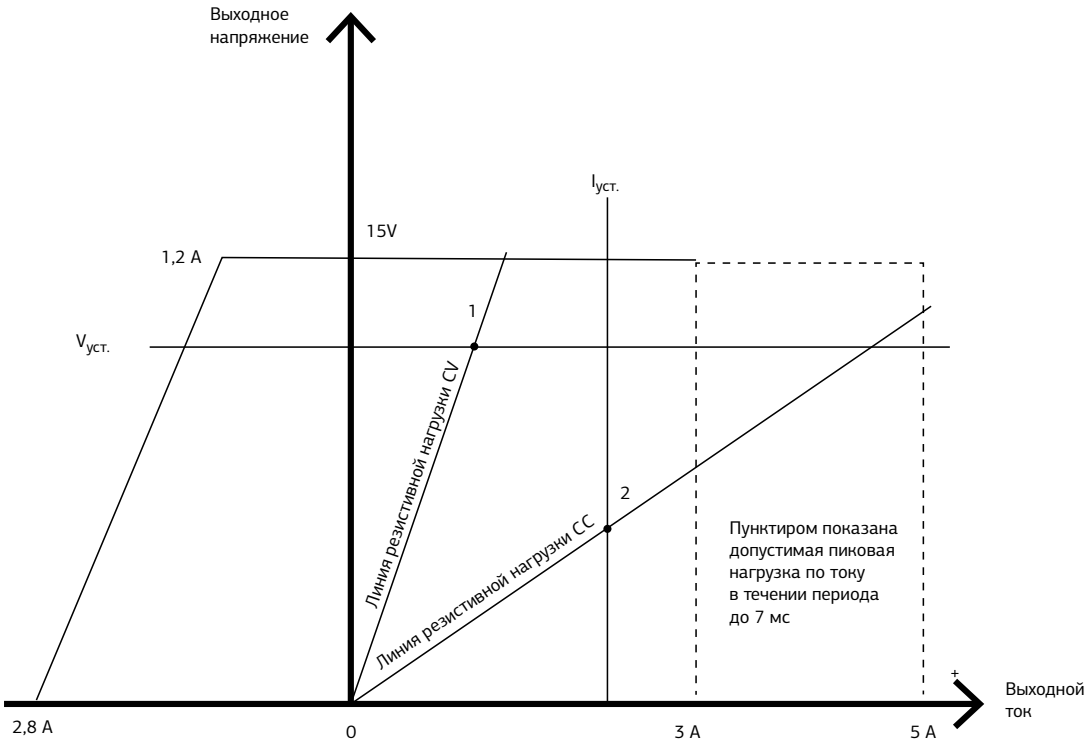


Рис. 3. Выходная характеристика ИП постоянного тока Keysight серии 66300

Как и в случае электронной нагрузки, когда ИП серии 66300 потребляет ток, ограничивающим фактором является величина мощности, которую он может рассеивать. Вместо использования режима фиксированного ограничения тока в нем реализована функция ограничения тока с прямым наклоном характеристики (хотя прямой наклон имеет отрицательное направление!). Это сделано не по тем причинам, по которым использовался ограничитель тока с прямым наклоном характеристики, который мы только что обсуждали, а, скорее, для того, чтобы устройство было приспособлено к более высоким уровням тока зарядки при более низких уровнях напряжения и могло в полной мере использовать доступную мощность для рассеивания. Кроме того, такой подход предоставляет пользователю больше возможностей по сравнению с использованием ограничения фиксированной величины.

Нестандартные режимы ограничения тока предназначены для решения особых задач, поэтому при выборе ИП постоянного тока для определенной цели полезно знать различия функций ограничения тока.

Ссылка на блог по источникам питания Keysight Technologies

ДИПОЛЬ

Установка ультразвукового спрей-нанесения фоторезиста Exacta Coat:

- Равномерное нанесение фоторезиста на подложки с рельефом и отверстиями
- Работа с подложками любых форм и размеров, рабочая область до 400×400 мм
- Возможность работы с партией подложек: 60×48 мм, 2″, 3″, 4″, 6″
- Высокая эффективность использования фоторезиста, более 95%
- Различные по производительности варианты подачи фоторезиста
- Автоматическая очистка ультразвуковой головки

Отраслевой интегратор

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

Современные технологии получения гальванических покрытий

Научная конференция по инновационным технологиям и наиболее актуальным темам в сфере гальванопокрытий, прошла в мае 2017 г. в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (СПбГТИ). Основные доклады были посвящены таким вопросам, как передовые решения в получении гальванических покрытий, особенности проектирования и изготовления гальванических линий, экология и построение очистных сооружений, тенденции развития оборудования.

В качестве докладчиков на конференции выступили представители лидирующих на рынке российских и зарубежных компаний, а также бакалавры и аспиранты кафедры электрохимических производств.

Представители компании «Диполь» — руководитель направления метрологических услуг Даниэль Ниэто-Фернандес и руководитель проектов испытательного оборудования Олег Туркалов — выступили с темой «Метрологическое обеспечение, высоко ускоренные ресурсные испытания и контроль». Докладчики рассмотрели следующие вопросы:

- значимость метрологического обеспечения гальваническокого направления;
- актуальные моменты при эксплуатации гальванического оборудования;
- соответствие требованиям системы менеджмента качества;
- влияние метрологических характеристик на проведение испытаний;
- высокоускоренные испытания и высокоускоренный ресурсный контроль (обнаружение скрытых дефектов продукта на стадии разработки, сокращение времени испытаний за счет повышения уровня воздействий);
- преимущество методов HALT и HASS относительно стандартных методов испытаний, подтвержденное полувековым опытом.

Апелляция к вибрации

Основы вибрационных испытаний и анализа конструкций

Проведение вибрационных испытаний и анализа конструкций способствует прогрессу во многих сферах, включая аэрокосмическую отрасль, автомобильную промышленность, деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную промышленность, энергетику, производство оборонной продукции, бытовой электроники и средств связи. Основная область применения методов и средств вибрационных испытаний и анализа конструкций — подавление нежелательной вибрации для повышения качества продукции.

Материалы компании Crystal Instruments
под редакцией руководителя проектов
испытательного оборудования
Олега Туркалова, turkalov@dipaul.ru
Перевод: Артем Вахитов

Олег Туркалов,
руководитель проектов
испытательного оборудования

(Продолжение. Начало статьи читайте в 13-м номере журнала «Эксперт +»)

Измерение вибрации, датчики вибрации

Вибрацию конструкции традиционно измеряют первичными преобразователями, которые принято называть акселерометрами. Эти датчики преобразуют сигнал виброускорения в сигнал заряда или напряжения, который можно измерить, проанализировать и зарегистрировать с помощью электронной аппаратуры. Существует множество типов акселерометров. Одни типы акселерометров нуждаются в источнике питания, который подсоединяется к акселерометру кабелем (рис. 15), а другие оборудованы внутренними цепями, обеспечивающими питание датчика постоянным напряжением от канала аналого-цифрового преобразователя (АЦП) анализатора. У анализаторов сигналов есть настраиваемые параметры, в соответствии с которыми сигнал напряжения преобразуется в измеренное значение виброускорения — например, в единицах g или м/с^2.

Каждый акселерометр калибруется производителем, в результате чего ему присваивается конечный набор характеристик, необходимый для его корректного использования. Основным параметром для всех типов акселерометров является коэффициент преобразования (номинальная чувствительность), например, для акселерометра с маркировкой 100 мВ/g коэффициент преобразования может составлять 102,3 мВ/g. Точность измерения зависит от правильности значения чувствительности, установленного в анализаторе сигналов, и от того, насколько диапазон измерения используемого датчика соответствует конкретной области применения. Высокочувствительный датчик с чувствительностью 1000 мВ/g может не подойти для измерений с высокими значениями виброускорения: слишком высокое напряжение с датчика введет входные цепи анализатора сигналов в режим насыщения. И наоборот, если виброускорение очень мало, акселерометр с низкой чувствительностью (10 мВ/g) может вырабатывать слишком слабый сигнал, не обеспечивающий достаточной точности измерения. Кроме того, чувствительность существенно влияет на отношение «сигнал–шум». Отношение «сигнал–шум» — это отношение уровня сигнала к уровню собственных шумов, которое вычисляется в децибелах по формуле:

$$\text{Signal to Noise Ratio} = 20 \log \left[\frac{\text{Signal Level}}{\text{Noise Level}} \right].$$

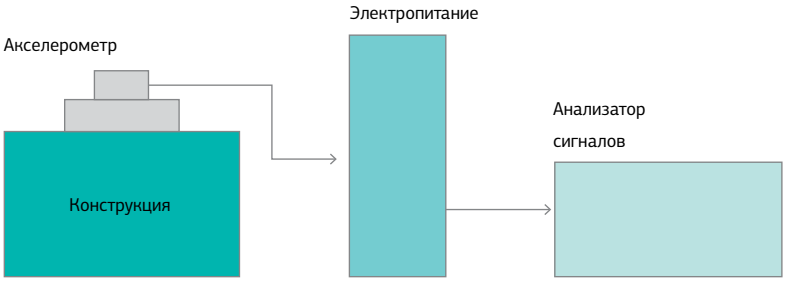


Рис. 15. Типовая схема включения акселерометра

Рис. 16. Ударный молоток, оснащенный тензодатчиком для измерения вынуждающей силы, с наконечниками различной твердости

Все виды датчиков и измерительной аппаратуры подвержены воздействию электронных шумов. Даже когда конструкция не вибрирует, электронный шум элементов может привести к ложной регистрации некоторого малого виброускорения. Причиной могут быть наводки из окружающей среды в кабелях датчиков из-за особенностей электромагнитной обстановки, шумы источника питания или внутренние шумы электроники анализатора. Высококачественная аппаратура проектируется таким образом, чтобы свести к минимуму внутренние шумы и тем самым обеспечить возможность измерений при малых уровнях сигнала. Отношение «сигнал–шум» определяет наименьшее измеренное значение, которое может быть зарегистрировано.

Например, если уровень собственных шумов составляет 1 мВ, то при использовании типового акселерометра с чувствительностью 100 мВ/g наименьшее измеренное значение:

1 мВ/100 мВ/g = 0,01 g.

Если с помощью этого акселерометра измеряется виброускорение, равное 20 g, отношение «сигнал–шум» будет равно:

$$20 \log \left[\frac{20\,g}{0{,}01\,g} \right] = 66\ dB.$$

В этом случае анализатор будет всегда показывать виброускорение не менее 0,01 g, обусловленное уровнем собственных шумов. Хорошая практика — не доверять результатам измерений с отношением «сигнал–шум», меньшим 3:1 или 4:1. Если отношение «сигнал–шум» слишком низкое, один из выходов — прибегнуть к использованию более чувствительного акселерометра.

Рис. 17. Модальные вибростенды используются при лабораторных измерениях

Например, при уровне собственных шумов 1 мВ наименьшее виброускорение, которое может быть зарегистрировано акселерометром с чувствительностью 1000 мВ/g, составит:

1 мВ/1000 мВ/g = 0,001 g.

В источниках питания некоторых акселерометров предусмотрена ступенчатая регулировка коэффициента усиления с кратностью 1, 10 или 100. К сожалению, при ее использовании наряду с сигналом усиливаются также наводки в кабелях и собственные шумы датчика и источника питания. В большинстве случаев повышение коэффициента усиления на источнике питания не решает проблему выделения сигнала из шумов.

Рис. 18. Семейство динамических анализаторов сигналов компании Crystal Instruments

Методы возбуждения вибрации

В некоторых областях вибрационные измерения выполняются в ходе нормальной эксплуатации конструкции или машины. Например, автомобиль может оснащаться большим количеством акселерометров, сигналы с которых регистрируются и анализируются в ходе движения по дороге или испытательной трассе. Во многих других случаях требуется более точное возбуждение для получения воспроизводимых и предсказуемых результатов. Два наиболее распространенных средства возбуждения вибрации — ударный молоток и электродинамический вибростенд.

Ударный молоток, изображенный на рис. 16, — специализированное средство измерения, с помощью которого вызывается кратковременное возбуждение конструкции путем удара по ней в некоторой точке. Молоток оснащен так называемым тензодатчиком, который вырабатывает сигнал напряжения, пропорциональный силе удара. Это позволяет точно измерять вынуждающую силу. Ударный молоток часто применяется для модального анализа конструкций, когда использовать вибростенд было бы неудобно. Примерами могут служить измерения в полевых условиях или на очень крупных конструкциях. Используя с ударным молотком наконечники из разных материалов, можно варьировать спектральный состав импульса возбуждения. Для измерений на низких частотах подходит наконечник из мягкой резины, который сосредотачивает энергию возбуждения в узком низкочастотном диапазоне. Наконечник из твердого металла обеспечивает эффективное возбуждение вплоть до высоких частот.

Для лабораторных измерений вибрации предпочтительным средством измерения являются модальные вибростенды (рис. 17). Обычно модальный вибростенд соединяется с исследуемой конструкцией посредством небольшого тонкого металлического стержня, называемого штоком; к исследуемой конструкции крепится тензодатчик, соединенный с другим концом штока. Также существует особый тип датчиков, называемый импедансной головкой, которая представляет собой совмещенные тензодатчик и акселерометр. С его помощью можно одновременно измерять вынуждающую силу и виброускорение в точке ее приложения.

В динамическом анализаторе сигналов вырабатывается сигнал вынуждающей силы, который усиливается и подается на вибростенд для возбуждения вибрации в исследуемой конструкции.

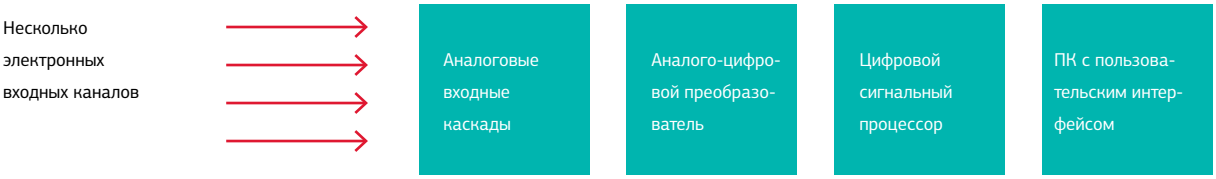


Рис. 19. Архитектура анализатора сигналов

Динамические анализаторы сигналов

Наиболее распространенное средство анализа вибрационных сигналов — это компьютерная система регистрации данных, называемая динамическим анализатором сигналов (рис. 18). В первых динамических анализаторах сигналов для измерения ЛАФЧХ использовались аналоговые следящие фильтры. В современных анализаторах применяются цифровые технологии, которые обеспечивают гораздо более высокое быстродействие и большую универсальность. Эти приборы, оснащенные твердотельными накопителями для хранения больших объемов данных, подлежащих обработке, позволяют регистрировать все возможные виды данных, в том числе время, частоту, амплитуду и статистические характеристики.

Современный динамический анализатор сигналов состоит из множества электронных блоков. Его типичная структурная схема показана на рис. 19. Входные сигналы поступают сначала на аналоговые входные каскады анализатора, которые могут содержать специализированные цепи — формирователи сигналов, источники питания датчиков, TEDS (электронные таблицы датчиков), управляемые усилители напряжения и аналоговые фильтры. Затем аналоговый сигнал преобразуется системой в цифровой формат с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). После оцифровки сигнала система обрабатывает его на цифровом сигнальном процессоре (DSP) — микрокомпьютере, который оптимизирован для быстрого выполнения специализированных математических вычислений. Цифровой сигнальный процессор выполняет все необходимые вычисления, включая дополнительную фильтрацию, вычисления во временной и частотной области, а также управление многоканальными измерениями.

Большинство современных анализаторов сигналов подключаются к ПК для настройки, отображения результатов анализа и составления отчетов. Цифровой сигнальный процессор взаимодействует с ПК через компьютерный интерфейс, а результаты анализа отображаются на экране ПК посредством программного пользовательского интерфейса. Некоторые старые модели анализаторов не оснащены компьютерным интерфейсом; у них есть кнопки и собственный дисплей, смонтированные на шасси анализатора. Компьютерный интерфейс ускоряет и упрощает подготовку к измерениям и составление отчетов.

Квантование: аналого-цифровое преобразование и эффективная разрядность

Один из показателей качества цифрового анализатора сигналов — разрядность аналого-цифрового преобразования (Demler Michael J. High-Speed Analog-To-Digital Conversion. Academic Press. San Diego, California, 1991). Когда аналоговый сигнал преобразуется в цифровой, он подвергается квантованию — иными словами, идеально гладкий аналоговый сигнал превращается в ступенчатый, как показано на рис. 20. Чтобы точно представить аналоговый сигнал, ступеньки цифрового сигнала должны быть как можно более мелкими. Размер ступеньки зависит от количества бит (разрядов) АЦП и диапазона входных напряжений анализатора. Например, если диапазон входных напряжений составляет 10 В, то в случае 16-битного АЦП наименьший размер ступеньки:

10 В/216 = 0,15 мВ.

Если использовать 24-битный АЦП, размер ступеньки уменьшается:

10 В/224 = 0,0006 мВ.

Таким образом, у 24-битного АЦП размер ступеньки в 256 раз меньше, чем у 16-битного. 24 бита — самая высокая разрядность АЦП, доступная в современных цифровых анализаторах сигналов. 24-битный АЦП позволяет точно измерять параметры сильных и слабых сигналов одновременно. АЦП более низкой разрядности вынуждают пользователя переключаться на более низкий диапазон напряжения при измерении параметров слабых сигналов, чтобы получить сравнимую точность.

С разрядностью связана еще одна важная характеристика динамического анализатора сигналов — динамический диапазон. Динамическим диапазоном называется измеряемое в децибелах отношение наибольшего и наименьшего уровней сигналов, которые поддаются точному измерению анализатором. Типичный малошумящий 24-битный АЦП может иметь динамический диапазон 110–120 дБ. Динамический диапазон определяется, среди прочего, уровнем собственных шумов прибора.

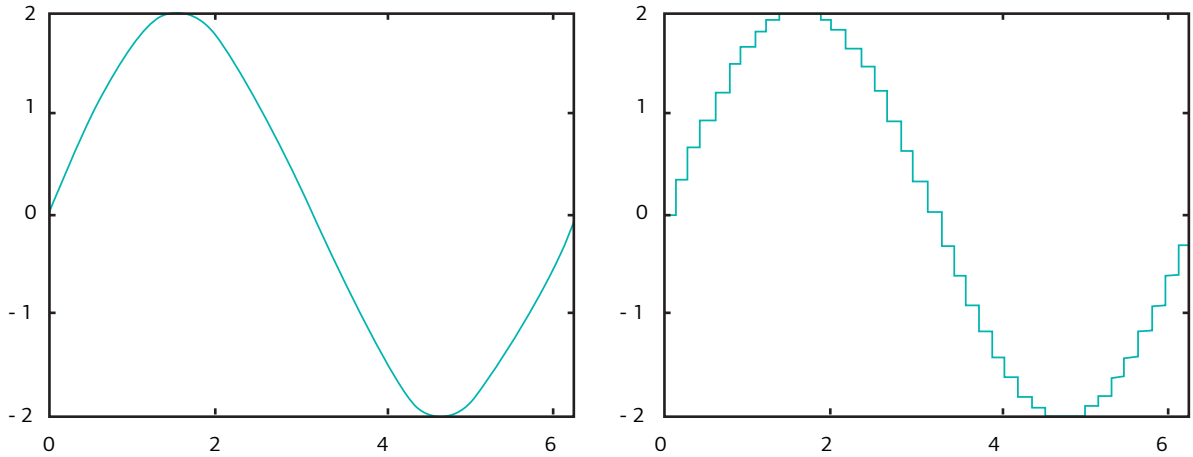


Рис. 20. При преобразовании аналогового сигнала в цифровой образуются ступеньки, размер которых зависит от разрядности АЦП

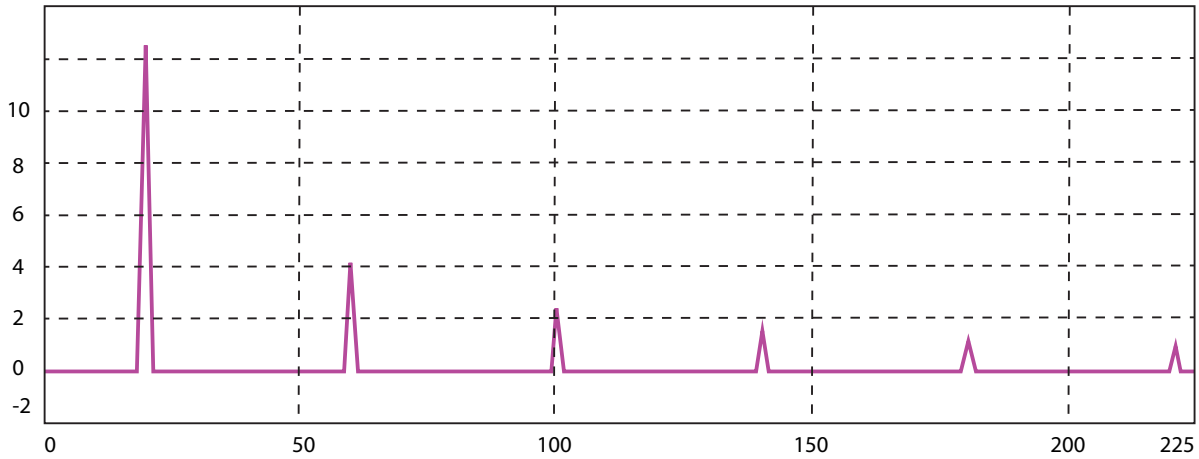


Рис. 21. БПФ прямоугольного сигнала, полученное с помощью динамического анализатора сигналов компании Crystal Instruments

Виды измерений: во временной и частотной области, БПФ, СПМ, ЧПФ, функция когерентности

Большинство анализаторов обеспечивают выполнение измерений во временной и частотной областях. К измерениям во временной области относятся регистрация кратковременных сигналов, потоковая запись длительных сигналов на дисковый накопитель компьютера и статистические измерения. Частота дискретизации — еще одна характеристика качества цифрового анализатора сигналов — связана с измерениями во временной области. Быстродействующие АЦП поддерживают частоты дискретизации до 100 000 отсчетов в секунду (100 кГц). Некоторые анализаторы оборудованы встроенными мультиплексорами, которые переключают один АЦП, осуществляющий дискретизацию на высокой частоте, между несколькими входными каналами. Например, если цифровой анализатор сигналов имеет восемь каналов и мультиплексируемый АЦП с частотой дискретизации 100 кГц, то в каждом канале сигнал будет дискретизироваться на частоте всего лишь 12,5 кГц. В большинстве высококачественных анализаторов не используются мультиплексоры, и высокая частота дискретизации обеспечивается вне зависимости от числа входных каналов.

Большая часть цифровых анализаторов сигналов поддерживает измерение и расчет целого ряда функций в частотной области, включая быстрое преобразование Фурье (БПФ), спектральную плотность мощности (СПМ), частотную передаточную функцию (ЧПФ) и другие функции. Цифровой сигнальный процессор вычисляет эти сигналы по оцифрованным порциям (выборками) сигнала во временной области.

БПФ — это дискретное Фурье-преобразование выборки сигнала во временной области. Его резутат представляет собой частотный спектр сигнала и является комплексным сигналом, т. е. имеет амплитудную и фазовую составляющую и обычно отображается в виде ЛАФЧХ. На рис. 21 показан результат БПФ прямоугольнго сигнала, полученного с помощьюдинамического анализатора сигналов компании Crystal Instruments. По оси абсцисс отложена частота от 0 до 225 Гц, а по оси ординат — виброускорение от 0 до 14 м/с^2. Прямоугольный сигнал состоит из множества чистых синусоидальных составляющих, которые представлены на графике БПФ дискретными пиками, расположенными на равном расстоянии друг от друга.

СПМ рассчитывается по БПФ путем его умножения на комплексно-сопряженную функцию. Результатом этой операции является вещественный сигнал, представленный

в единицах мощности (квадратных единицах) и известный под названием спектра мощности. Фазовая информация пропадает, и остается только амплитудная. Последнее вычисление — это деление получившегося спектра мощности на частотный инкремент. Тем самым результат измерения нормируется на полосу пропускания фильтра БПФ, и спектр мощности преобразуется в функцию плотности мощности. Ее преимущество по сравнению с неплотностными спектральными представлениями состоит в том, что уровень не меняется при изменении частотного разрешения. Сигнал СПМ ускорения измеряется в $(м/с)^2/Гц$. СПМ используется для анализа «стационарных» сигналов, таких как случайный шум. На рис. 22 показана СПМ сигнала широкополосной вибрации на логарифмической шкале с линейными единицами.

ЧПФ рассчитывается по двум сигналам. Ее иногда называют передаточной функцией. Эта функция описывает отношение уровней двух сигналов. Она широко используется в модальном анализе, где измеряется отношение результирующего виброускорения конструкции к вынуждающей силе, воздействующей на конструкцию при возбуждении ударным молотком или вибростендом. Сигнал ЧПФ, как и ЛАФЧХ, комплексный и имеет амплитудную и фазовую составляющие.

Функция когерентности связана с ЧПФ и показывает степень корреляции двух сигналов. Это функция частоты с областью допустимых значений от нуля до единицы. В модальном анализе по сигналу функции когерентности оценивается качество измерения. При качественном ударном возбуждении вибрационный отклик идеально коррелирует с вынуждающей силой, о чем говорит близкое к единице значение функции когерентности во всем диапазоне частот. Если присутствует какой-то другой источник вибрации, шум, или же молоток возбуждает вибрацию не во всем диапазоне частот, на некоторых участках функция когерентности будет принимать значения, меньшие единицы.

Большинство динамических анализаторов сигналов поддерживают измерение и расчет многих других видов сигналов во временной и частотной областях, включая взаимный спектр

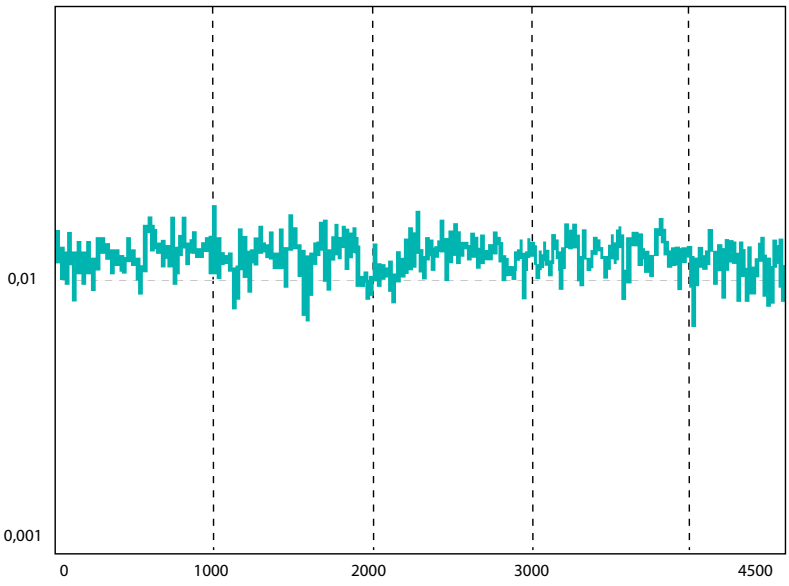


Рис. 22. Спектральная плотность мощности сигнала широкополосной случайной вибрации

мощности, автокорреляцию и взаимную корреляцию, отклик на импульсное возбуждение, гистограммы, октавный анализ и порядковые графики.

Синхрозапуск, усреднение и оконные функции

Для выполнения качественных измерений с помощью анализатора необходимо тщательно подобрать параметры усреднения, синхрозапуска и обработки оконными функциями.

Синхрозапуск — это метод регистрации таких событий, про которые точно не известно, когда они наступят. Синхрозапуск позволяет начать регистрацию и обработку данных, когда на входном канале будет зарегистрирован заданный уровень напряжения. Например, можно настроить синхрозапуск для регистрации удара молотком. После приведения схемы синхрозапуска в состояние готовности анализатор ожидает ударного воздействия, чтобы начать регистрацию данных с этого момента.

Усреднение позволяет повысить качество выполняемых измерений. Оно применяется как во временной, так и в частотной области. В частотной области производят усреднение по множеству выборок для «сглаживания» результатов измерений. К сигналам можно применять линейное усреднение с приданием одинакового веса всем выборкам или усреднение с экспоненциальным взвешиванием, при кото-

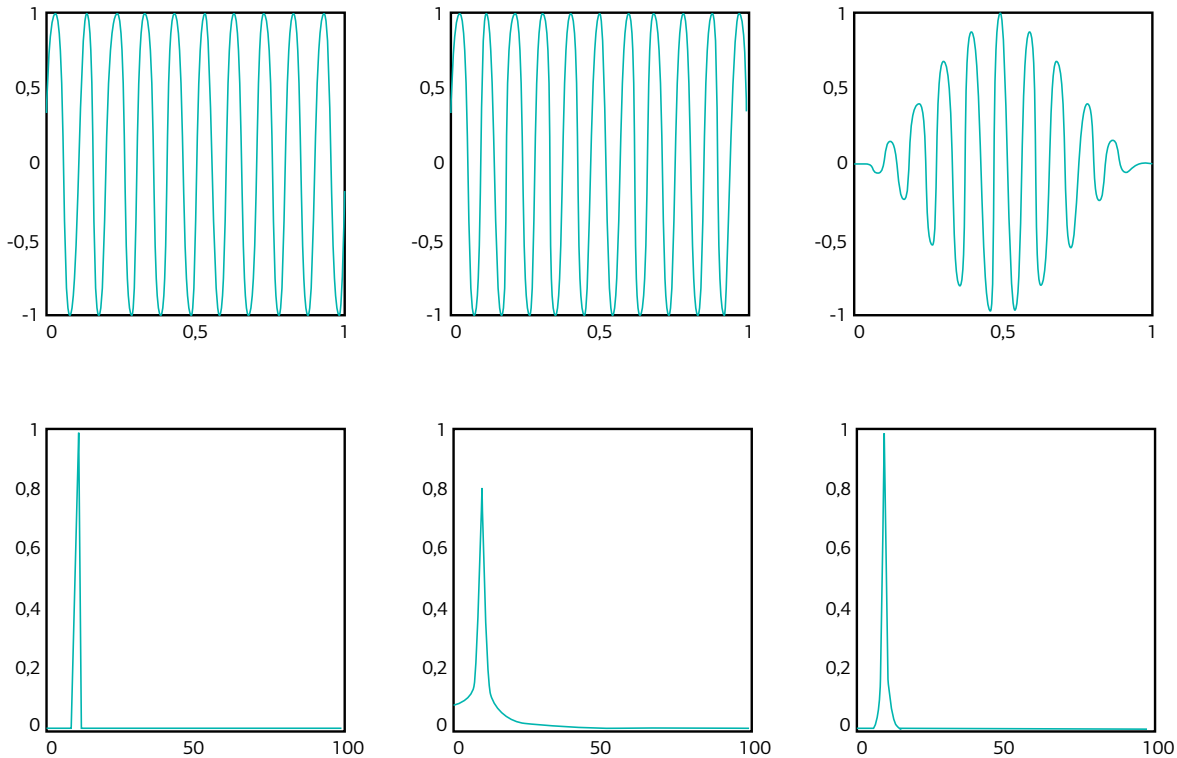
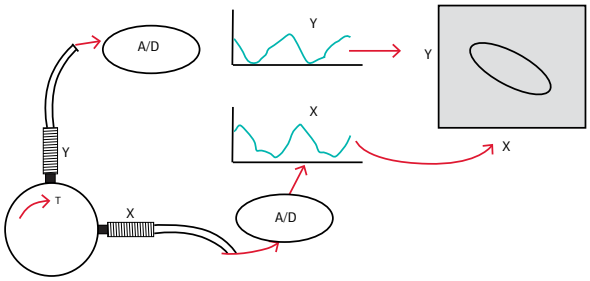


Рис. 23. Окно Ханна (справа) ослабляет эффект растекания (в середине)



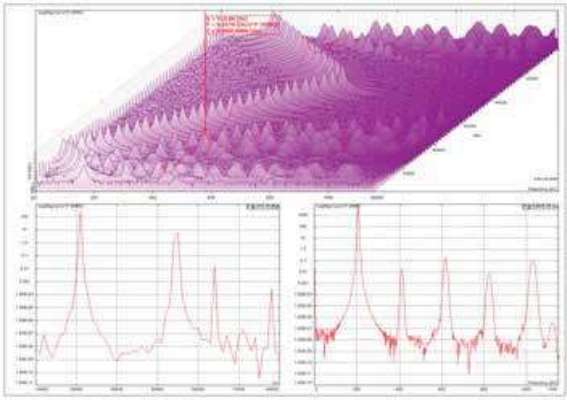


Рис. 24. Схема формирования орбитального графика (слева)

Рис. 25. Временной каскадный график СПМ, полученный во время раскрутки ротора вращающейся машины; внизу — спектральный срез (справа)

ром последней выборке придается наибольший вес, а первой — наименьший. Усреднение повышает точность оценки среднего значения в каждой точке в частотной области и снижает дисперсию измеренных значений. Усреднение во временной области полезно при измерении повторяющихся сигналов для подавления фонового шума. Хороший пример повторяющегося сигнала — сигнал испытания с возбуждением вибрации ударным молотком. В каждом измерении сигналы вынуждающей силы и виброускорения одинаковы в предположении, что момент синхрозапуска определяется надежно. Высокий уровень фонового шума может неблагоприятно сказаться на надежности синхрозапуска.

Оконные функции — это метод обработки, применяемый при вычислении БПФ. В теории, БПФ можно рассчитать только в том случае, если входной сигнал имеет периодический характер в пределах каждой выборки данных (повторяется все время и идентичен в каждом повторении). При вычислении БПФ от непериодического сигнала возникает явление растекания (leakage) энергии сигнала по широкому диапазону частот, тогда как периодический сигнал того же характера был бы сосредоточен в узком диапазоне. Поскольку большинство сигналов не являются периодическими в пределах временной выборки, приходится применять оконные функции, чтобы придать сигналам периодическую форму. Оконная функция в точности равна нулю в начале и конце каждой выборки данных, а между этими точками имеет ту или иную специальную форму. Временную выборку данных умножают на эту функцию, в результате чего сигнал становится периодическим.

На рис. 23 показан результат применения оконной функции Ханна к чистому синусоидальному сигналу. На левом верхнем графике представлен синусоидальный сигнал, который является в точности периодическим в пределах временной выборки. БПФ этого сигнала (слева внизу) не имеет признаков растекания, т. е. спектр его узок, а пиковая амплитуда равна единице, что соответствует амплитуде данного синусоидального сигнала во временной области. На среднем верхнем графике показан синусоидальный сигнал, который не является периодическим в пределах временной выборки, что приводит к растеканию БПФ в частотной области (внизу в середине). Если применить окно Ханна (справа вверху), растекание сигнала БПФ уменьшается (справа внизу).

Параметры БПФ: dF, dT, длительность выборки, диапазон частот

К другим важным параметрам, устанавливаемым в динамическом анализаторе сигналов, относятся временное и частотное разрешение, а также ширина временного окна и диапазон частот. Выборка данных состоит из некоторого фиксированного количества точек, представляющих запись оцифрованного сигнала во временной области. Интервал времени между соседними точками называется временным разрешением, или dT. Длительность выборки можно получить, умножив dT на количество точек. Эти параметры устанавливаются в динамическом анализаторе сигналов и влияют на результаты измерения. Если событие длительное, необходимо установить в системе большую длительность выборки. Если уровень вибрации быстро меняется, следует повысить временное разрешение (уменьшить dT), чтобы подробнее запечатлеть сигнал во временной области.

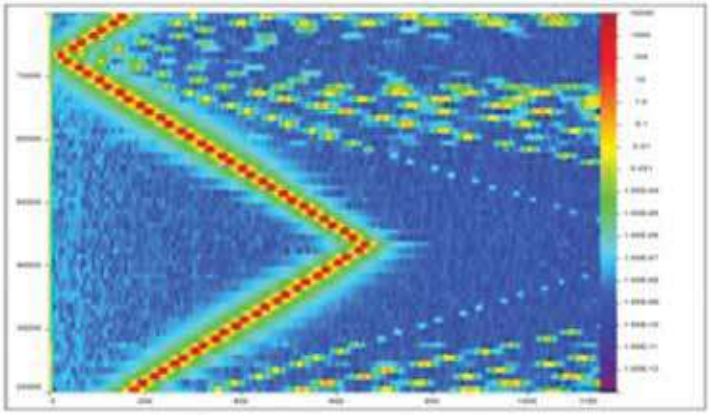


Рис. 26. Спектрограмма раскрутки ротора вращающейся машины, соответствующая каскадному графику на рис. 25

В частотной области есть два основных параметра: частотное разрешение dF и диапазон частот. При всех частотных измерениях частота откладывается по оси абсцисс. Частотное разрешение dF есть расстояние между двумя точками на оси частот. Диапазоном частот называется диапазон от нуля до наивысшего значения на оси частот. Эти параметры также устанавливаются в динамическом анализаторе сигналов. Если форма СПМ резко меняется в узком диапазоне частот, следует установить более высокое частотное разрешение (меньшее значение dF).

Эти четыре параметра не могут быть установлены независимо — они связаны между собой приведенными ниже соотношениями.

Частотное разрешение:

dF [Гц] = 1/период [с].

Если период равен 0,5 с, то dF = 1/0,5 = 2 [Гц].

Количество точек в частотной области:

количество точек (Ч) = ½ × количество точек (В).

2048 точек во временной области соответствует 1024 линиям в частотной области.

Пример:

Временная выборка: 2048 точек, dT = 0,001 с, T = 2,048 с.

БПФ: 1024 линий, 0,488–500 Гц.

Представления: орбитальный график, каскадный график, спектрограмма

Помимо двумерных графиков, широко применяются такие представления, как орбитальные графики, каскадные графики и спектрограммы. На орбитальном графике (рис. 24) (не путайте с полярными координатами) отображаются значения сигналов двух каналов в интервале времени, что дает визуализацию движения вращающегося вала. Каскадный график — это трехмерный график, образованный каскадированием последовательно полученных двумерных графиков. Каскадный график показывает, как сигнал меняется со временем или как сигнал от вращающейся машины меняется в зависимости от частоты вращения. Эти графики полезны для порядкового анализа. На рис. 25 показан типичный каскадный график спектра вибрации вращающейся машины во время раскрутки и вращения по инерции. Нередко предусматривается возможность отобразить отдельный срез каскадного графика и весь график целиком в отдельных панелях.

Каскадные графики могут также изображаться в виде спектрограмм (рис. 26) — двумерных представлений, в которых амплитуда кодируется цветом.

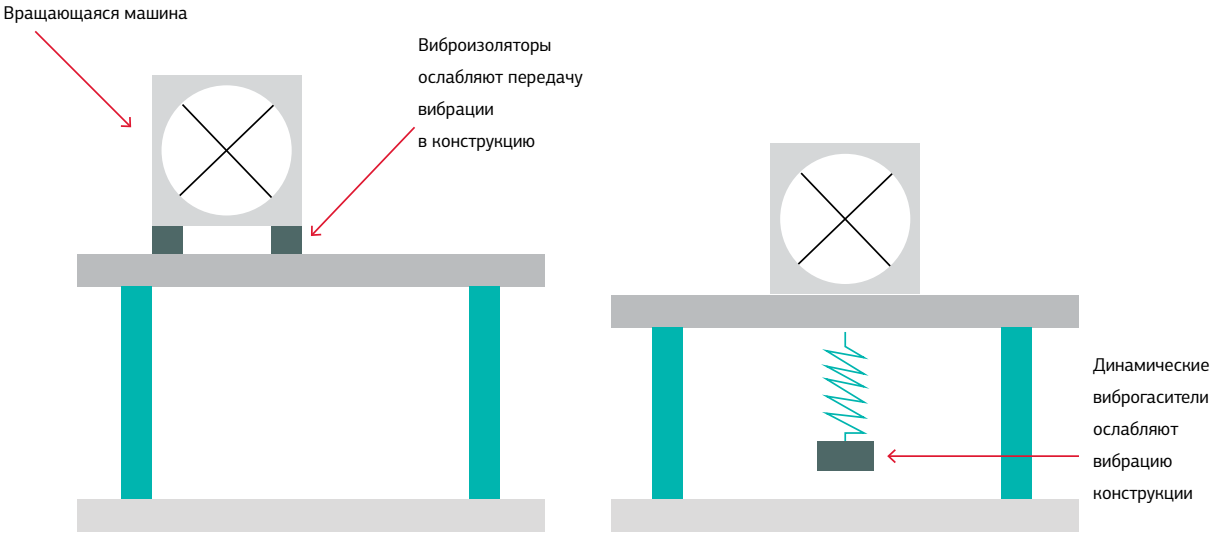


Рис. 27. Виброизоляция (слева) и динамическое гашение вибрации (справа) — методы пассивной виброзащиты

Виброзащита

После того как вибрационные измерения выполнены и проблемы конструкции определены, встает задача их устранить. Обычно это делается путем виброзащиты, т. е. подавления нежелательной вибрации путем внесения изменений в конструкцию. Существует множество методов виброзащиты, в том числе виброизоляция, динамическое гашение вибрации, применение демпфирующих материалов и активная виброизоляция. Ниже приведены примеры способов виброзащиты, применяемых для вращающихся машин.

Виброизоляция

Воздействие на источник вибрации — самый эффективный и зачастую самый дешевый способ устранения нежелательной вибрации. Разбалансировка ротора (рис. 27) может вызвать вибрацию всей конструкции. Эту проблему можно решить, сбалансировав ротор и тем самым устранив источник вибрации. Другой метод виброизоляции — поместить материал с сильным демпфирующим эффектом между источником вибрации и защищаемой конструкцией. Например, в автомобилях шасси изолируются от двигателя большими резиновыми амортизаторами (подушка двигателя).

Динамическое гашение вибрации

Когда невозможно изолировать источник вибрации от конструкции, есть еще один выход: установить динамический виброгаситель. Задача в том, чтобы погасить вибрацию, не влияя на конструкцию. Динамический виброгаситель представляет собой просто систему «груз–пружина–демпфер», которая присоединена к защищаемой конструкции и настроена на частоту нежелательной вибрации. Пример показан на рис. 27, где динамическим виброгасителем оснащена станина вращающейся машины, чтобы уменьшить вибрацию станины и остальной конструкции. Система «груз–пружина–демпфер» резонирует и вибрирует с большой амплитудой, тем самым устраняя или уменьшая вибрацию остальной конструкции и ослабляя передачу вибрации на другие части конструкции.

Применение демпфирующих материалов

Самая распространенная форма виброзащиты — применение вязкоупругих демпфирующих материалов в элементах конструкции, исходно характеризующихся слабым демпфированием. Тонкая стальная балка может иметь выраженные резонансные свойства и испытывать сильную вибрацию, которая вызывает усталость и, в конечном счете, разрушение балки, или же передавать вибрацию на другие части конструкции. Если нанести на ее поверхность упругое покрытие, это повысит коэффициент демпфирования балки, тем самым существенно уменьшив ее вибрацию и ослабив передачу вибрации. Этот метод позволяет решить проблему

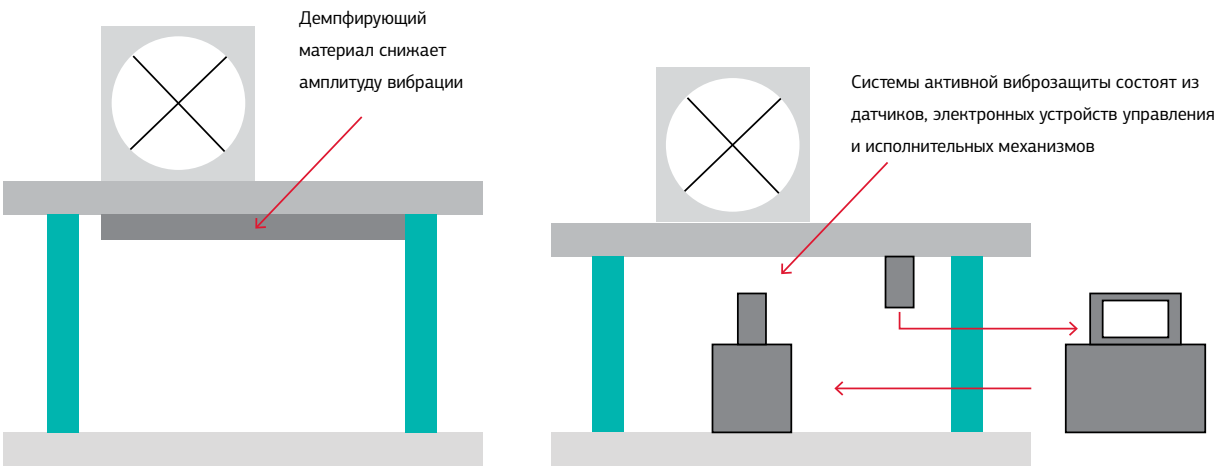


Рис. 28. Самый распространенный метод виброзащиты — применение демпфирующих материалов, самый дорогостоящий — активная виброзащита

нежелательной вибрации ценой пренебрежимо малого увеличения массы конструкции. В некоторых конструкциях для усиления демпфирования применяются сложные композитные материалы. Примером могут служить многослойные металлические листы, из которых изготавливаются автомобильные кузова.

Критические частоты вращения роторов машин

Вращающиеся машины — турбины, компрессоры, валы — особенно чувствительны к разбалансировке, которая вызывает вибрацию. Когда частота вращения вала совпадает с частотой первой собственной формы его изгибных колебаний, возникают большие силы, которые передаются на подшипники, что, в конечном счете, приводит к отказу изделия. Эта частота называется критической, а режим возникающей при этом вибрации — «синхронным вихрем». Обычно вращающиеся машины работают на частоте вращения выше критической, поэтому для раскрутки ротор должен пройти через критическую частоту. Если раскрутка слишком медленная, вследствие резонанса на критической частоте вращения могут развиться опасные уровни вибрации. Чтобы этого избежать, ротор должен иметь достаточно высокий коэффициент демпфирования на первой резонансной частоте.

Активная виброзащита

Активная виброзащита может оказаться единственным выходом в случае, если все прочие способы виброзащиты не годятся. Под активной виброзащитой понимается измерение уровня вибрации электронными датчиками с последующей обработкой данных измерения и выработкой управляющих сигналов для исполнительных механизмов, которые противодействуют вибрации, как показано на рис. 28. Этот метод аналогичен активному шумоподавлению, применяемому в наушниках и телефонах. Системы активной виброзащиты стоят дорого, требуют тщательного проектирования, и их устройство может в значительной степени определяться характером защищаемой конструкции. Серийно выпускаемых систем активной виброзащиты не существует.

Виброзащита — обширная тема, требующая отдельного рассмотрения. Лучше всего начать с источника вибрации и затем, по мере необходимости, следовать вдоль тракта ее передачи. В большинстве методов повышается коэффициент демпфирования или меняются масса и жесткость конструкции, чтобы разнести резонансные частоты с фиксированными рабочими частотами. Однако изменение вибрационного отклика одного элемента системы с высокой вероятностью приведет к изменению вибрационного отклика других ее элементов.

Вибрационный анализ конструкций — комплексная дисциплина, которая помогает повысить качество, надежность и рентабельность продукции во многих отраслях. Для анализа и решения вибрационных задач необходимо иметь базовое представление о понятии теории вибрации, основных теоретических моделях, анализе в частотной и временной областях, методах и средствах измерений, методах виброзащиты, модальном анализе. В нашем журнале мы продолжим рассмотрение этих и других вопросов.

ДИПОЛЬ

Шкафы сухого хранения VIKING серии DC

- Диапазон поддержания влажности 1–50% с точностью +/- 1 %;
- Полностью антистатическое исполнение, мобильность, 2 цветовых решения на выбор;
- 3 изолированных отделения, возможность установки до 6 дополнительных полок в каждое;
- Удобная система управления с помощью цифровой панели;
- Светодиодная подсветка внутренних отделений шкафа;
- Рациональное энергопотребление и низкий уровень шума;
- Автоматическая функция сигнала открытой двери;
- Обеспечение класса защиты IP55 от внешних воздействий.

Отраслевой интегратор

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

«Диполь» на Кубке конфедераций

22 июля в ДСИ «Зенит» сборная команда компании «Диполь» приняла участие в корпоративном благотворительном турнире по мини-футболу, приуроченном к Кубку конфедераций ФИФА и проводимом при поддержке Росглавспорта.

Корпоративный Кубок конфедераций 2017 — благотворительное мероприятие, подготовленное совместно с фондом Александра Кержакова «Звезды детям». Часть средств из организационного взноса каждой команды направляется в фонд для помощи детям из малоимущих семей.

В футбольном соревновании состязались 16 команд компаний Санкт-Петербурга и Северо-Запада, общее количество участников превысило 300 человек.

диполь

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, 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

ПРАГА

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

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

САРОВ

Россия,
607190, г. Саров,
ул. Варламовская дорога, д. 5а, офис 19

Тел./факс: (83130) 7-70-36
E-mail: deg@dipaul.ru

info@dipaul.ru
www.dipaul.ru

ЭКСПЕРТ+
знания технологии инновации