

Николай Клюквин  
lines@ostec-group.ru

## Комплексный подход к решению задач контроля кабельной продукции и кабельных систем

Независимо от назначения и степени сложности электронной техники, использования новой или устаревшей элементной базы и различных сборочных технологий практически всегда в конструкции будут использоваться конструктивные компоненты, без которых невозможно обойтись. Это комплекты кабельных и жгутовых соединений, кабельных трасс, обеспечивающих связь между электронными модулями, функциональными стойками, шкафами и системами. Сложность таких соединений варьируется от простейшего шлейфа в персональном компьютере до многокилометровых кабельных трасс в летательном аппарате. В любом случае необходимо обеспечить качественное и надежное соединение, а значит, необходим контроль.

В последнее время широкое распространение получили различные автоматы по обработке проводов и кабелей: зачистки, обжима, пайки соединителей, под сборки жгутов. Тем не менее, доля человеческого фактора в операциях еще остается достаточно большой, и появление одного дефекта, например, в виде перепутанной пары проводов может привести как к выходу электронного модуля из строя, так и к огромному объему работы по замене и перекладке дефектного жгута.

Наглядно демонстрирует эту проблему пример с обычным легковым автомобилем, когда после его сборки обнаруживается, что электрический жгут, проходящий через весь салон, имеет дефект и устранить его возможно только путем замены. Объем предстоящих работ и затраты на него вы можете представить сами. А когда та же проблема обнаруживается в собираемом летательном аппарате, локомотиве, ракетном комплексе?

В данной ситуации возникает два вопроса:

- На какой стадии возник дефект?
- Какие меры контроля необходимы для предотвращения перехода изделия с дефектным компонентом (жгутом) на следующий этап технологического процесса сборки?

Если брать пример с автомобильной промышленностью, возникновение дефекта в жгуте возможно как на стадии изготовления, так и при его прокладке в кузове автомобиля и повреждении при нарушении технологии

монтажа. В этом случае необходим тройной контроль качества. Почему тройной? Потому что первый этап контроля требуется на стадии изготовления самого жгута. Второй – после укладки в кузове машины. А третий – уже после сборки автомобиля или/и на промежу-

точном этапе, т.к. всегда существует вероятность повреждения проводки на последующих сборочных операциях (например, при монтаже элементов салона, установке двигателя и т.п.).

Таким образом, ответственность за каче-



**ДОЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОПЕРАЦИЯХ ЕЩЕ ОСТАЕТСЯ ДОСТАТОЧНО БОЛЬШОЙ И МОЖЕТ ПРИВЕСТИ КАК К ВЫХОДУ ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ ИЗ СТРОЯ, ТАК И К ОГРОМНОМУ ОБЪЕМУ РАБОТЫ ПО ЗАМЕНЕ И ПЕРЕКЛАДКЕ ДЕФЕКТНОГО ЖГУТА**

ство и работоспособность кабельного соединения ложится как на производителя самого жгута, так и на кабельного мастера по прокладке. Эта ответственность также распространяется и на другие этапы сборочных операций. Словом, в вопросе обеспечения качества человеческий фактор достаточно высок. Понятно, что без автоматизированных и эффективных средств контроля на всех перечисленных этапах не обойтись.

Исходя из вышесказанного видно, что существует несколько уровней контроля качества кабельной продукции и контроля ее работоспособности на разных производственных этапах сборки конечных изделий:

- Контроль жгута на стадии его изготовления.
- Контроль жгута после его монтажа на разных стадиях сборки конечного изделия.

На первой стадии наиболее просто выявить все производственные дефекты как соединителей, так и самих проводников в жгуте. Данная задача, в большинстве случаев, решается на производствах при помощи специальных стендов, приспособлений и т.п. в зависимости от уровня организации и объемов производства.

Вторая стадия намного сложнее. Проблема, когда блок функционирует в разобранном виде на столе, а в собранном виде отказывается работать, возникает довольно часто, и дефекты кабельных соединений здесь имеют большой процент вероятности. В отличие от печатного узла, законченного блока, имеющего жесткие геометрические и объемные характеристики, кабельные соединения обладают сложной, объемной и легкодеформируемой формой. Поиск дефектов, возникших в результате нарушений технологии прокладки проводки и ошибок при монтаже, достаточно сложен. Дефекты могут возникать при прокладке кабельной трассы, жгута в сложных местах с ограниченным доступом и недостаточной видимостью для монтажника. При этом необходимо производить изгибы кабеля, предотвращать изломы, исключать остаточные напряжения и перекручивания, исключать возможность будущих повреждений кабеля от

соприкосновения с конструктивными элементами.

Еще сложнее обеспечить контроль качества при создании кабельных трасс «с нуля» в условиях больших и протяженных объектов (судно/корабль, летательный аппарат), когда кабельная трасса собирается по отдельным проводам, пучкам, а кабельные разъемы монтируются после прокладки. Не каждый кабельный тестер справится с подобной задачей контроля электрических параметров в условиях протяженных объектов.

Хороший кабельный тестер должен решать следующие задачи:

- контролировать электрическую целостность проводников;
- проверять соответствие топологии жгута на разъемах и соединителях;
- контролировать отсутствие коротких замыканий;
- выявлять утечки, низкое сопротивление изоляции (обычно возникают при механическом повреждении проводников при прокладке, ненормированных изгибах и т.п.);
- выявлять дефекты в разъемах и соединениях;
- обеспечивать испытание изоляции на пробой;
- осуществлять проверку правильности монтажа компонентов, вмонтированных в кабельный жгут, корпус разъема и т.п. (резисторы, конденсаторы, диоды и т.п.).

Но измерительные возможности тестового оборудования – это только часть необходимых требований. Немаловажную роль в эффективном применении играет инфраструктура, которая обеспечивает удобство эксплуатации и быструю переналадку при переходе на другие объекты контроля. Наличие на предприятии большой номенклатуры жгутов и типов соединителей требует от оборудования большой гибкости, возможности масштабирования (сегодня в жгуте 100 проводников, а завтра 1000 и более), автоматизации средств создания программ контроля.

Наше Предприятие уже давно имеет в своем составе отдельное Направление, которое занимается вопросами и технологиями производства кабельной продукции, обработки проводов. Предлагаемые решения пользуются хоро-



Рис. 1 Тестирование кабельной системы самолета перед монтажом авиационного оборудования. Красный цвет имеют тестовые кабели, подключаемые к внутренней проводке самолета



Рис. 2 Вид кабины самолета, подготовленной к проведению контроля



Рис. 3 Вид авиационного тестового комплекса кабельных систем. Комплекс выполнен на раме контейнерного типа для удобной транспортировки



Рис. 4 Тестирование электрических цепей пусковой установки НУРС (неуправляемых реактивных снарядов)



**Рис. 5** Стенд контроля жгутовых соединений энергетических агрегатов



**Рис. 6** Настольный тестовый комплекс контроля блока управления (железнодорожный транспорт)



**Рис. 7** Мобильный тестовый комплекс для контроля изделий спецтехники (проверка цепей безопасности перед загрузкой торпеды на ПЛ)

шим спросом, и закономерным этапом дальнейшего развития стал вопрос выбора современных решений по контролю собранной кабельной продукции.

Требований и критериев, которые мы предъявляли при выборе, было достаточно, особенно с учетом нашей российской специфики. Огромное значение имело наличие большого практического опыта у поставщика оборудования в данной области, причем в разных ее направлениях и формах.

В итоге мы остановились на решениях по контролю кабельной продукции на основе оборудования нашего нового партнера в данном направлении – французской компании SEFELEC (Сефелек).

Компания SEFELEC работает в области тестирования кабельной продукции и объектов, ее содержащих, уже четыре десятилетия и хорошо известна как европейским производителям, так и производителям в других частях света. Особую репутацию компания заслужила, работая в оборонной сфере, причем не только на территории Франции. Клиентская база компании включает как мелкосерийных производителей оборудования, так и крупные промышленные авиационные, железнодорожные, судостроительные, энергетические компании.

Несколько примеров реализации решений показано на приведенных ниже рисунках (рис. 1-7). Оборудование компании хорошо приспособлено к решению задач контроля как в условиях кабельного производства, так и к условиям сборочных производств конечных систем и объектов.

Представленные примеры наглядно демонстрируют направления применения и масштаб тестовых систем компании SEFELEC.

Мы готовы предоставить широкий спектр решений по контролю кабельной продукции: от настольных, с числом каналов от 16, до систем, имеющих многие тысячи каналов. Расширяемая архитектура позволяет постепен-

но наращивать канальность тестовых систем уже в процессе эксплуатации и в соответствии с реальными потребностями производства. В номенклатуру тестовых функциональных модулей входят как мультиплексоры и коммутаторы с различной канальностью и нагрузочной способностью, так и специализированные генераторы напряжения переменного и постоянного тока.

Максимальное значение подаваемого в кабель напряжения может составлять до 6000 В. Все эти возможности полностью перекрывают потребности и требования к средствам контроля российских потребителей, позволяют быть уверенными в качестве выпускаемой продукции.

Общие технические характеристики тестовых систем представлены в таблице 1.

Удобство работы с тестовой системой обеспечивается проработанным программным обеспечением. Создание тестовой программы для жгута происходит в интерактивном режиме. Сначала задается топология жгута, указываются встроенные дискретные компоненты (если они присутствуют), заполняется таблица с параметрами контроля (напряжение, длительность, тип тока). После этого система в автоматическом режиме создает тестовую программу.

Существует возможность создания тестовой программы и в автоматическом режиме по образцу при отсутствии информации о топологии кабеля.

Независимо от сложности ваших задач мы обеспечим:

- уверенность в качестве и успехе выполнения поставленной задачи;
- индивидуальный подход;
- техническую поддержку и сопровождение в течение всего жизненного цикла системы.

Предприятие Остек обеспечивает полный цикл работ, включая обучение персонала и отработку технологии тестирования кабельной продукции на изделиях Клиента. **G**

**РАСШИРЯЕМАЯ АРХИТЕКТУРА ПОЗВОЛЯЕТ ПОСТЕПЕННО НАРАЩИВАТЬ КАНАЛЬНОСТЬ ТЕСТОВЫХ СИСТЕМ УЖЕ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И В СООТВЕТСТВИИ С РЕАЛЬНЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ ПРОИЗВОДСТВА**

Таблица 1 Основные электрические характеристики тестовых систем

Тест на целостность/разоб- щенность цепей	Испытание изоляции	Измерение компонентов
<p>2-х проводный метод измерения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение теста от 5 V до 25 V</li> <li>• Ток от 10 mA до 2 A</li> <li>• Сопротивление по нижнему пределу от 0 до 250 Ом</li> <li>• Сопротивление по верхнему пределу от 1 до 250 Ом</li> <li>• Время теста от 0 to 99 s</li> <li>• Точность ± 2%</li> </ul> <p>4-х проводный метод измерения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение теста от 5 V до 25 V</li> <li>• Ток от 10 mA до 2 A</li> <li>• Сопротивление по нижнему пределу от 500 μOm до 250 Ом</li> <li>• (в зависимости от тока) ; сопротивление &lt;100 μOm - опционально</li> <li>• Сопротивление по верхнему пределу от 500 μOm до 250 Ом</li> <li>• (в зависимости от тока) ; сопротивление &lt;100 μOm - опционально</li> <li>• Время теста от 0 to 99 s</li> <li>• Точность в диапазоне 500 μOm - 5 mOm : ± 15%, и 5 mOm - 250 Ом : ± 2%</li> </ul>	<p>Сопротивление изоляции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение теста от 20 V до 4200VDC</li> <li>• (в зависимости от типа мультиплексорной карты)</li> <li>• Сопротивление изоляции от 50 kOm до 500 MOm при 500 V, и от 50 kOm до 1 GOm при 2000 V DC или 4200 V DC (и &gt;15 GOm опционально)</li> <li>• Точность ± 5%</li> <li>• Ток короткого замыкания 3 mA</li> <li>• Время нарастания от 3 ms to 99 s</li> <li>• Время удержания от 3 ms to 99 s</li> </ul> <p>ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ НА ПРОБОЙ (HIPOT)</p> <p><b>На постоянном токе</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение от 20 V до 6000 VDC - 1 V шаг</li> <li>• Ток пробоя от 500 μA до 10 mA</li> <li>• (ΔI)</li> <li>• Время нарастания от 10 ms to 99 s</li> <li>• Время удержания от 10 ms to 99 s</li> </ul> <p><b>На переменном токе (опция)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Напряжение от 20 V до 5000 VAC - 1 V шаг</li> <li>• Ток пробоя от 500 μA до 100 mA</li> <li>• (ΔI)</li> <li>• Время нарастания от 500 ms до 99 s</li> <li>• Время удержания от 20 ms to 99 s</li> </ul>	<p>Диоды</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ток теста от 10 mA до 2 A Рабочее напряжение от 100 mV до 90 V</li> <li>• Точность ± 5%</li> </ul> <p>Сопротивления (Автоматический выбор диапазона)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сопротивление от 10 Ом до 10 MOm</li> <li>• Время теста от 3 ms до 99 s</li> <li>• Ток теста от 1 μA до 10 mA</li> <li>• Точность ± 2%</li> </ul> <p>Емкость на постоянном токе</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Емкость от 100 pF до 100 mF</li> <li>• Точность ± 5 pF ± 10%</li> </ul> <p>Емкость на переменном токе (опция)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Емкость от 100 pF до 2 mF</li> <li>• Точность ± 5 %</li> <li>• Частота измерения 450 mV – 100 Hz, 1 KHz и 10 KHz (автоматический выбор)</li> </ul>