



# Новое поколение российских систем для тестирования аэрокосмической техники

Сергей Зайченко (Москва)

В 2016 году разработчики автоматизированного комплекса ТЕСТ-9110 отмечали его 10-летний юбилей. За это время был пройден огромный путь по модернизации и совершенствованию тестового комплекса. Данная статья посвящена новому поколению систем для тестирования аэрокосмической техники.

## ТЕСТЕР ПРОВОДНОГО МОНТАЖА ТЕСТ-9110

В 2006 году специалистами холдинга Информтест был разработан первый автоматизированный комплекс для тестирования жгутов серии ТЕСТ-9110 «Полёт».

Сегодня «Полёт» серийно изготавливается компанией ООО «VXI-Системы». В прошлом году отмечали 10-летний юбилей комплекса ТЕСТ-9110. На сегодняшний день в эксплуатации находится более 230 комплектов систем серии ТЕСТ-9110 различных модификаций от небольших переносных на 100–200 каналов, мобильных и стационарных систем от 1000 каналов до комплексов на 23 000 каналов.

Система ТЕСТ-9110 применяется как на этапе контроля качества в цехах по производству жгутов, так и в цехах окончательной сборки сложных изделий, где при помощи «Полёта» автоматизированную проверку проходит

вся бортовая кабельная сеть. Одним из наиболее ярких примеров успешной эксплуатации системы для проверки всей бортовой кабельной сети объекта является уникальный опыт внедрения системы ТЕСТ-9110 в процесс изготовления самолёта SSJ-100 в г. Комсомольск-на-Амуре (см. рис. 1 и 2).

Система контроля электромонтажа ТЕСТ-9110 является примером успешной российской разработки сложной электронной техники, успешно конкурирующей с западными аналогами и заменяющей их по всем параметрам. Примечателен тот факт, что ТЕСТ-9110 является единственным в РФ тестером проводного монтажа, на который предоставляется 10-летнее гарантийное обслуживание.

## СОСТАВ СИСТЕМЫ

Основными компонентами системы контроля электромонтажа серии

ТЕСТ-9110 являются различные модули (см. рис. 3), собранные и объединённые в одну систему. По сути, архитектура построения больших систем ничем не отличается от портативных, за исключением типов крейтов и количества коммутаторов. Проще говоря, в состав установки ТЕСТ-9110 на 200 каналов входят всё те же модули, что и в состав ТЕСТ-9110 на 2000 каналов, разнится лишь число коммутаторов. В то же время многие иностранные мобильные и стационарные тестеры представляют собой просто разные системы, например, Horizon HV или MPT от Cable Test.

Фактически комплекс серии ТЕСТ-9110 представляет собой электронный «конструктор», все компоненты которого разработаны и производятся в открытых международных стандартах VXI, LXI и AXIe. Потребителю требуется лишь собирать нужную ему систему с необходимым количеством каналов.

В таблице представлен аппаратный состав автоматизированной измерительной системы серии ТЕСТ-9110.

Измерительные модули для расширения функциональных возможностей системы могут добавляться по желанию заказчика. В настоящий момент предлагается более 140 типов модуль-



Рис. 1. Комплекс ТЕСТ-9110 в процессе тестирования систем самолёта SSJ-100 в г. Комсомольск-на-Амуре



Рис. 2. Вариант распределённой системы ТЕСТ-9110 для проверки самолёта в цехе окончательной сборки



Рис. 3. VXI-модули из состава TEST-9110-VXI

ных измерительных приборов, включая более 60 в мезонинном исполнении, которые могут быть включены в состав системы, исходя из требований и задач по тестированию. При необходимости сопутствующие покупные устройства, например, пробойные установки или LCR-измерители, подключаются к TEST-9110 через блок ПУ-ИС.

Таким образом, комбинируя нужные компоненты, потребитель сам собирает нужную измерительную систему.

Аппаратный состав автоматизированной измерительной системы серии TEST-9110

Назначение модуля/ стандарт	Реализация в VXI	Реализация в LXI	Реализация в AXIe
Измеритель-формирователь высокого напряжения	ИС4-М (1050 VDC / 750 VAC, 2 А, 6,5 знаков) УПЭМ <sup>1</sup>	УПЭМ <sup>1</sup> (4000 VDC / 3000 VAC, 2 А, 6,5 знаков). Мультиметр, мегомметр, пробойная установка и LCR-метр	УПЭМ <sup>1</sup>
Высоковольтный релейный коммутатор	BVK5 (200 каналов, 1050 VDC / 750 VAC). BVK6 (100 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC). BVK7 (200 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC)	PK36 (36 каналов, 3500 VDC / 2500 VAC, 1 А). PK27 (27 каналов, 2500 VDC / 1500 VAC, 10 А)	BVK-AXIe (300 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC). BVK-AXIe является рекордсменом по плотности каналов среди аналогов на российском рынке
Крейты	3, 4, 6, 13 слотов	БРК-308 <sup>2</sup>	4, 6, 9, 14 слотов
Контроллер	VXI-VXB, USB 2.0, LAN 100/1000	Встроен в крейт 100 Мбит LAN	1 Гбит LAN, 100 Мбит LAN («low cost» версия для приложений, не предъявляющих высокие требования к синхронизации проводимых измерений)

Примечания:

<sup>1</sup>УПЭМ является уникальным устройством, не имеющим аналогов на российском рынке, одновременно решая задачи мультиметра, мегомметра, пробойной установки и LCR-метра.

<sup>2</sup>БРК-308 уже содержит в себе процессорный модуль управления собственной разработки холдинга «Информтест» и стандартный Ethernet-интерфейс для связи с компьютером.

Стоит особо отметить, что одновременно с модернизацией и развитием систем серии TEST-9110, развивались и появлялись новые варианты ком-

мутационных панелей, роль которых при интенсивной эксплуатации системы невозможно переоценить. Сегодня доступны как стандартные комму-



## Холдинг "ИНФОРМТЕСТ"

Российские модульные приборы и системы для автоматизации контроля и испытаний

Тестирование бортовой кабельной сети и электромонтажа  
 Оборудование для контроля параметров ВЧ и СВЧ устройств  
 НАСК и системы для контроля БРЭО различного исполнения  
 Функциональное и параметрическое тестирование  
 Системы управления стендовых испытаний  
 Телеметрические системы

Стандарты AXIe, LXI и VXI

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ**

Российские измерительные системы и оборудование в открытых международных стандартах AXIe, LXI и VXI

СДЕЛАНО В РОССИИ

**WWW.INFORMTEST.RU**  
 +7 (495) 983-10-73 +7 (499) 645-56-67  
 124482, Москва, Зеленоград, Савелкинский пр-д, д.4, 6 этаж



Рис. 4. Пример системы TEST-9110-LXI на 144 канала 3500 DC / 2500 AC

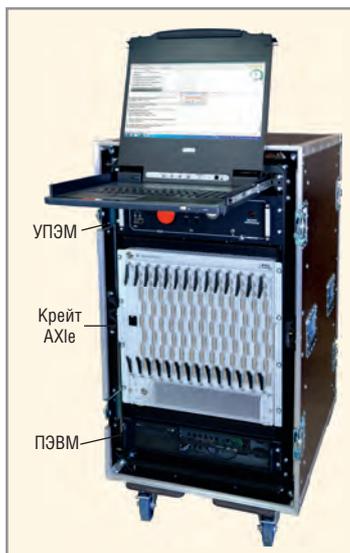


Рис. 5. Пример системы TEST-9110-AXIe на 3900 каналов 2120 DC / 1500 AC



Рис. 6. Пример двух систем TEST-9110-VXI на 4400 каналов 1050 DC / 750 AC

тационные панели для быстросъёмного подключения переходных кабелей, так и новые решения на базе переходных адаптеров или специализированных рабочих мест с интерактивной («умной») оснасткой. Особой популярностью пользуются решения для автоматизации тестирования «под ключ».

Наличие у холдинга собственного монтажного участка и отработанной технологии проектирования и изготовления переходной оснастки позволяет выдерживать жёсткую конкуренцию и предлагать законченное решение.

Очевидно, что открытые международные стандарты, на базе которых и разработаны все модульные компоненты, входящие в TEST-9110 «Полёт», предоставляют огромные возможности по подбору оптимальной конфигурации системы, подходящей под любые цели и задачи. Все составляющие легко комплексируются между собой в рамках собираемой системы.

Далее приводятся примеры построения автоматизированных рабочих мест серии TEST-9110 в исполнениях LXI, AXIe и VXI:

- Пример системы TEST-9110-LXI на 144 канала 3500 DC / 2500 AC (см. рис. 4). В состав рабочего места входят блоки УПЭМ и БРК-308. Все блоки соединяются между собой и ноутбуком с установленным ПО АФК-9110 стандартным Ethernet-кабелем.
- Пример системы TEST-9110-AXIe на 3900 каналов 2120 DC / 1500 AC (см. рис. 5). Мобильное рабочее место объединяет блок УПЭМ и 14-мо-

дульный AXIe-крейт. Управление через консоль и ПЭВМ с установленным ПО АФК-9110.

- Пример двух систем TEST-9110-VXI на 4400 каналов 1050 DC / 750 AC (см. рис. 6). Мобильные рабочие места могут функционировать как автономные системы по 2200 каналов каждое или как одна система на 4400 каналов. Объединение систем происходит по стандартному интерфейсу Ethernet. Управление через консоль и ПЭВМ с установленным ПО АФК-9110.

Все эти решения работают под управлением единого ПО АФК-9110.

### ЭВОЛЮЦИЯ ТЕСТЕРА ПРОВОДНОГО МОНТАЖА TEST-9110

Для электронной продукции 10 лет выпуска – это длительный срок и без модернизации электроника не может соответствовать требованиям современного рынка. За это время аппаратура TEST-9110 и ПО версии VXI изменились полностью, появились варианты исполнения в стандартах LXI, AXIe и смешанные варианты. Рассмотрим основные аппаратные и программные изменения, которые произошли с TEST-9110.

#### Измерители

Измерители электрического сопротивления и формирователи высокого напряжения являются основным элементом любой системы контроля электроустановок. Они позволяют измерять сопротивление каждого провода, сопротивление изоляции, прове-

рять прочность изоляции, выполнять дополнительные измерения (ёмкость, индуктивность, напряжение).

В самых первых моделях TEST-9110-VXI (2006–2007 гг. выпуска) использовался измеритель-мегаомметр-формирователь ИС2-VXI. Его основными функциями было: измерение сопротивления, сопротивления изоляции и формирование напряжения постоянного тока до 625 В. Главным недостатком была невозможность работы с напряжением переменного тока, которое весьма востребовано на рынке, и невозможность формирования большого тока.

Следующим, используемым в TEST-9110 модулем, стал измеритель-формирователь ИС3-VXI, который выпускался с 2007 по 2011 год. Прибор ИС3 позволял формировать напряжение постоянного тока до 1000 В и напряжение переменного тока до 650 В. Однако, по аналогии с ИС2, ИС3 также не мог обеспечивать большой ток.

В 2011 г. ИС3 был переработан, и выпущена модель ИС4, которая обладала всеми достоинствами ИС3, а также уже позволяла генерировать ток в 1 А.

В 2015 году была проведена последняя на сегодняшний день модернизация модуля измеритель-формирователь до ИС4-М. ИС4-М, кроме полного комплекса измерений, может формировать напряжение постоянного тока до 1050 В, напряжение переменного тока до 750 В и ток до 2 А.

Эта модернизация сделала параметры ИС4-М полностью идентичными параметрам измерителей импортных тестеров серии SYNOR 5000 (изгото-



Рис. 7. LXI измеритель-формирователь УПЭМ



Рис. 8. Коммутатор ВВК-AXIe-0 на 300 каналов



Рис. 9. Эволюция коммутаторов в стандарте VXI для ТЕСТ-9110-VXI

витель Sefelec, Франция), Weetech W434 и W454 (изготовитель Weetech, Германия), МК-Test (изготовитель МК Test, Англия), MPT-1500 (изготовитель CableTest, Канада).

Дополнительно к спектру своих возможностей ИС4-М позволяет измерять постоянное и переменное напряжение, чего не делают импортные тестеры.

В том случае, если для измерения сопротивления требуется более высокое напряжение (до 4000 В), предлагается воспользоваться специализированной пробойной установкой типа GPT-9703, которая аппаратно интегрируется в ТЕСТ-9110 через блок ПУ-ИС.

В 2016 году коллективом разработчиков холдинга «Информтест» было внедрено новое решение в области тестирования проводного монтажа – измеритель-формирователь УПЭМ (см. рис. 7). УПЭМ не устанавливается в кейт и выполнен в виде отдельного прибора в стандарте LXI, что увеличивает количество свободных слотов в кейте, делает систему компактнее.

УПЭМ выполняет прецизионные измерения сопротивления (0,001 Ом с погрешностью 1%), напряжения на уровне мультиметра точностью 6,5 знаков, ёмкости, индуктивности (функция LCR-измерителя) и формирует высокие напряжения (4000 VDC / 3000 VAC). Фактически УПЭМ объединяет в себе функции: мультиметра, мегомметра, пробойной установки и LCR-метра.

Измеритель УПЭМ интегрируется во все версии ТЕСТ-9110 – в VXI-версии вместо ИС4-М, в LXI и AXIe-версиях в качестве основного измерителя. Однако в тех исполнениях, где достаточно формирования напряжения до 1050 В

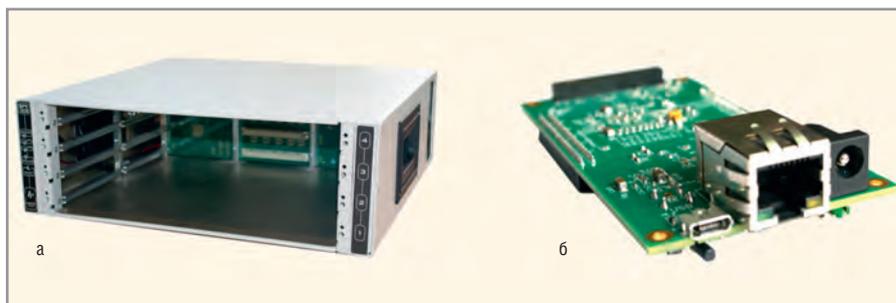


Рис. 10. LXI-блок релейных коммутаторов БРК-308 (а) и универсальный процессорный модуль УПМ STM32F429 (б)

и не требуются измерения индуктивности, практичнее и экономичнее использовать ИС4-М.

**Коммутаторы**

Следующей важной составной частью тестера проводного монтажа ТЕСТ-9110 являются высоковольтные коммутаторы, которые во многом определяют потребительские свойства и цену системы.

Главными элементами коммутатора являются используемые реле. Потребителю важно понимать, основой коммутатора высокого уровня и надёжности являются такие коммутационные элементы, которые позволяют выдерживать максимальное количество переключений – от 100 миллионов и выше. Это особенно важно при применении тестера проводного монтажа в условиях непрерывного заводского производства кабелей.

В комплексе ТЕСТ-9110 используются реле двух фирм: MEDER (Германия) и КОТО (Япония, США). Количество гарантированных срабатываний от 500 млн.

За десять лет выпуска системы ТЕСТ-9110 в используемых коммутаторах усовершенствовано всё: реле, разъёмы, количество каналов, пробойное напряжение между каналами коммутаторов.

Первым коммутатором для версии ТЕСТ-9110-VXI был ВВК2 (2006–2007 гг. – 96 каналов). Начиная с 2007 года стал продаваться ВВК3 (2007–2009 гг. – 154 канала), потом ВВК4 (2009–2011 гг. – 200 каналов), далее ВВК5 (2011 г. – по настоящее время – 200 каналов 1050 VDC / 750 VAC). В 2015 году появился ВВК6 (100 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC). В 2016 году был выпущен ВВК7 (200 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC).

Для системы ТЕСТ-9110 прошедший 2016 год стал поистине революционным – были разработаны и вышли на рынок две новые версии ТЕСТ-9110 в стандартах AXIe-0 и LXI.

В стандарте AXIe-0 был выпущен коммутатор ВВК-AXIe (300 каналов, 2120 VDC / 1500 VAC). Модуль ВВК-AXIe (см. рис. 8) является первым в линейке коммутаторов в стандарте AXIe-0. Прибор имеет специальный

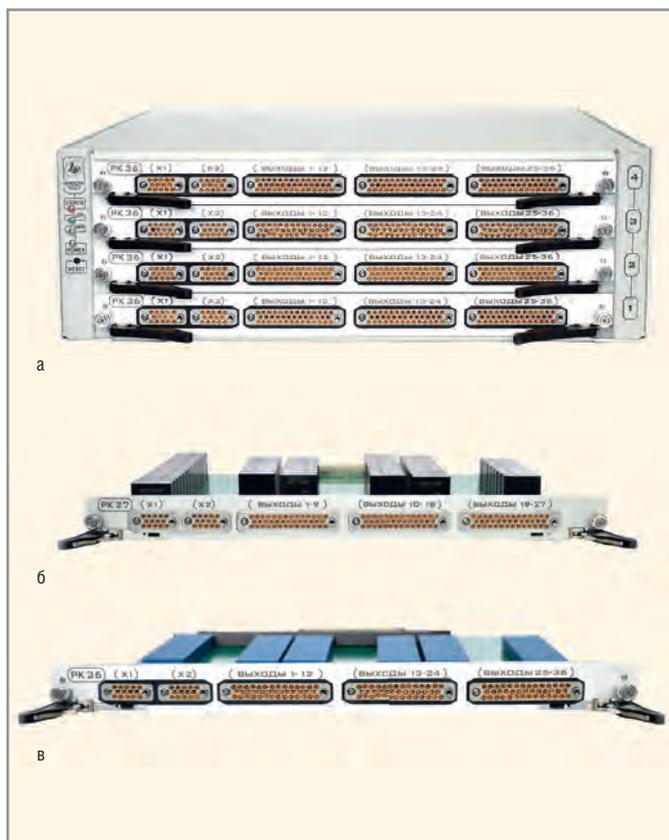


Рис. 11. Блок БРК-308 (а) с установленными коммутаторами РК-36 и коммутаторы РК-27 (б) и РК-36 (в)

процессор для управления и встроенный порт Ethernet. По своим параметрам он соответствует коммутатору ВВК7, который является новейшим для линейки VXI. При проектировании коммутаторов ВВК-AXIe-0 и ВВК7 была применена специальная технология разводки печатной платы, которая позволила при высокой плотности каналов на модуль (300 для ВВК-AXIe-0 и 200 для ВВК7) обеспечить беспрецедентные параметры напряжения, которые выдерживают каналы коммутатора – 2120 В постоянного тока и 1500 В переменного тока. Ближайшие аналоги от Sefelec и МК-Test обеспечивают только 64 канала на модуль со схожими параметрами при примерно таких же размерах модуля.

На рисунке 9 представлены коммутаторы в стандарте VXI для ТЕСТ-9110-VXI.

В январе 2017 года запущен в производство новый коммутатор в стандарте AXIe-0 РК-100x4-AXIe-0. Он рассчитан на широкое применение не только для тестеров проводного монтажа, но и для функционального контроля. Его основная функция – выдача команд управления и работа в качестве измерительного коммутатора. Прибор имеет конфигурацию 100x4, в нём использу-

ются специализированные реле, которые выдерживают ток до 5 А на канал. Коммутатор полностью совместим со стандартной программной оболочкой АФК 9110.

В стандарте LXI появилось семейство коммутаторов на основе LXI-крейта – БРК-308. Основная цель их создания – расширение спектра решаемых задач функционального контроля, связанных с управлением токовыми командами. Это проверка всевозможных релейных блоков и распределительных устройств. Коммутаторы для их контроля должны переключаться под высокими напряжениями и коммутировать большие (до 10 А и выше) токи. Разработанные ранее модули не позволяли решить эту задачу в полном объёме.

Иногда, особенно для железнодорожных и судостроительных отраслей, требуется измерение сопротивления изоляции на супервысоких напряжениях (до 4000 В и выше). Таких каналов измерения, как правило, немного, и чаще всего применяющаяся система контроля имеет только такие каналы. Если разрабатывать коммутаторы на 3500 VDC / 3000 VAC в стандарте VXI или AXIe-0, то, при условии соблюдения стандарта, каналов на модуле будет

мало, модуль станет двойной ширины, а управление модулем надо как-то отделять от высоковольтной части.

Зарубежные производители – МК-Test, Sefelec и Weetech – уже имеют специализированные версии коммутаторов, работающие на таких напряжениях, но в таких модулях всего по 8–16 каналов.

Российскими специалистами был разработан специализированный интеллектуальный крейт БРК-308, который имеет в своём составе процессорный модуль управления и стандартный Ethernet-интерфейс для связи с компьютером. В БРК-308 (см. рис. 10) на релейных платах размещаются только реле, без управления. Результатом такого решения стало получение до 36 каналов на модуль (коммутатор РК-36) и возможность использования релейных плат, коммутирующих токи до 10 А. Именно такой подход к построению позволил отделить супервысоковольтную часть (выше 3000 В) в отдельный крейт, а стандартные каналы (до 2500 VDC / 1700 VAC) оставить в VXI или AXIe-0 крейте. Помехозащитность такой архитектуры изделия стала на порядок выше, чем использованное ранее размещение всех каналов в одном стандартном крейте.



Рис. 12. Переносной вариант распределённой мобильной системы ТЕСТ-9110

На рисунке 11 представлены блок БРК-308 с установленными коммутаторами РК-36 и коммутаторы РК-27 и РК-36.

Если в системе присутствуют не только коммутаторы, но и модульные измерительные приборы, высоковольтная часть при такой архитектуре на них не влияет.

В 2016 году потребители заказали уже более 15 крейтов БРК-308 с различными коммутаторами, которые в некоторых системах выполняют функции основного коммутатора, в других – дополняют коммутаторы в VXI и AXIe-0 версиях.

### АРХИТЕКТУРА ТЕСТ-9110 И СИСТЕМНАЯ ЧАСТЬ

Высоковольтный тестер проводного монтажа серии ТЕСТ-9110 во всех своих исполнениях построен на основе модулей, выполненных в открытых международных стандартах VXI, LXI, AXIe-0.

Основное преимущество открытых стандартов в том, что все модульные компоненты ТЕСТ-9110 (измерители, коммутаторы, контроллеры, функциональные модули) имеют собственные драйверы, разработанные по технологии Plug&Play с открытым исходным текстом. Предусмотрен полный набор документации: руководство по эксплуатации, технические условия и др.

Все модули можно приобретать отдельно от ТЕСТ-9110, заказчик может самостоятельно собрать свой кабельный тестер.

Структурная схема ТЕСТ-9110 показана в таблице.

ТЕСТ-9110 может как составная часть добавляться в сложные системы функционального контроля электронной аппаратуры. Также в состав ТЕСТ-9110 могут добавляться при необходимости любые модульные приборы, доступные в данном стандарте.

Из таблицы видно, что в зависимости от стандарта в версиях ТЕСТ-9110 меняется общесистемная часть (крейты), иногда измерители. Если модуль ИС4-М доступен только в VXI-версии, то УПЭМ доступен во всех трёх стандартах. Их объединяет единое программное обеспечение АФК 9110. При необходимости можно составить совмещённые версии из коммутаторов в различных стандартах.

На рисунке 12 показан переносной вариант распределённой мобильной системы ТЕСТ-9110. Эта система при-

меняется для проверки бортовых жгутов на протяжённых объектах.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АФК-9110

Разработчики и программисты холдинга «Информтест» потрудились и над модернизацией программного обеспечения. Изначально, в 2006 году ТЕСТ-9110 поставлялся с ПО АКМ, потом оно было переработано в АФК-9110.

Отличительной особенностью ПО от Информтест является то, что разные пользовательские программы, написанные для абсолютно любой версии ПО ТЕСТ-9110-VXI, работают на более новых версиях. Более того, потребителям, уже купившим систему, на регулярной основе предлагается бесплатное обновление ПО до самых новых версий. Интерфейс ПО АФК-9110 постоянно совершенствуется, однако не претерпевает кардинальных изменений. Это позволяет потребителям, ранее знакомым с ПО АКМ и АФК-9110, сразу же начать работать с новыми версиями.

АФК-9110 является самой важной частью семейства кабельных тестеров серии ТЕСТ-9110 ещё и потому, что является единым для всех версий системы.

ПО АФК-9110 разрабатывалось для использования технологами и испытателями, и не требует специальных навыков программиста для написания пользовательских программ контроля соответствующих объектов (кабели, релейные блоки, шкафы, распределительные устройства).

АФК-9110 имеет функцию активного щупа, специальный режим контроля кабелей под вибрацией, режим автоопределения списка соединений по эталонному кабелю и многое другое.

Важно, что при прохождении сертификации на тип средства измерения в АФК-9110 была выделена метрологически значимая часть ПО. Это ценное качество позволяет спокойно модернизировать и развивать ПО, не проходя новую сертификацию после каждого обновления.

### СЕРТИФИКАЦИЯ НА ТИП СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система контроля электромонтажа должна быть средством измерения (СИ), потому что в итоговом протоколе она выдаёт значения сопротивле-

ний проводов, устанавливает испытательное напряжение и измеряет сопротивление изоляции, измеряет ёмкость и индуктивность. Эти метрологические параметры надо измерять легитимно.

По закону об обеспечении единства средств измерений все СИ, применяемые для государственных нужд, должны быть утверждённого типа и обязаны проходить процедуру поверки в соответствии с поверочным интервалом. Всевозможные уловки и попытки представить обычные тестеры как испытательное оборудование не выдерживают критики, и функционируют до первой серьёзной проверки. Очевидно, что это требование невозможно выполнить для таких старых тестеров, как ЛИАНА-Р100Е, ТЕМП и ИК-РКУ, потому что они не проходили процедуру утверждения типа средств измерений. Единственным правомочным документом для данных систем является внутренняя инструкция и аттестация. Любые ссылки на события десятилетней давности сегодня несостоятельны и полностью противоречат действующему законодательству в области измерений. Учитывая серьёзное отношение к качеству сегодня, особенно при выполнении гособоронзаказа, можно с уверенностью сказать, что при серьёзной проверке все эти вопросы будут жёстко поставлены перед руководителями предприятий и главными метрологами.

Большинство тестеров, представленных на российском рынке, уже прошли процедуру получения свидетельства об утверждении типа СИ.

Системы серии ТЕСТ-9110 проходили её три раза. В 2010 году ТЕСТ-9110-VXI прошёл первую сертификацию на утверждение типа СИ в качестве серийного изделия. В 2015 году свидетельство было продлено ещё на 5 лет до 2020 г. (свидетельство рег. № 45982-10). В 2016 году после выхода ТЕСТ-9110 в версии AXIe-0 и LXI было принято решение пройти новую процедуру сертификации. Новое свидетельство утверждения типа средств измерений № 64868-16 действует с 01.09.2016 года. До 2010 года каждый из тестеров ТЕСТ-9110-VXI проходил единичную сертификацию на тип СИ (по требованию заказчика).

Тестер ТЕСТ-9110-VXI занесён в специальный раздел Госреестра средств измерений для использования в МО РФ и других силовых структурах РФ. ©