



# Тестер FORMULA<sup>®</sup> TT2 – российское средство измерений параметров полупроводниковых приборов

Наталья Елисеева, Виктор Попов, Александр Шустров, Олег Григорьев (Москва)

Высокий уровень комплексной автоматизации всех этапов процесса измерений, который обеспечивает тестер FORMULA<sup>®</sup> TT2, позволяет инженеру сосредоточиться на самом главном – особенностях работы и анализе отклонений проверяемых полупроводниковых приборов. Аппаратно-программные, конструкторские и метрологические решения, реализованные в тестере, обеспечивают высокую достоверность результатов, позволяют испытателям избежать ошибок и избавиться от рутины, в несколько раз повышают эффективность организации труда при проведении измерений и испытаний на предприятиях отрасли.

## Назначение и область применения

Тестер FORMULA<sup>®</sup> TT2 – это универсальная контрольно-измерительная система, предназначенная для комплексной автоматизированной проверки статических параметров полу-

проводниковых приборов: полевых и биполярных транзисторов, диодов, тиристоров, стабилитронов, оптронов, а также полупроводниковых микросборок.

Область применения тестера – испытания и контроль качества на всех ста-

диях жизненного цикла п/п приборов, включая:

- испытания и исследования вновь разработанных типов п/п приборов;
- производственные и приёмочные испытания серийной п/п продукции: типовые, квалификационные, периодические, отбраковочные, приёмосдаточные;
- сертификационные испытания ЭКБ ИП;
- входной контроль.

FORMULA<sup>®</sup> TT2 (см. рис. 1) учитывает современные потребности электронной промышленности и ВПК России, обеспечивая требования метрологического законодательства РФ и нормативной документации в области измерений и испытаний в микроэлектронике.

## Основные технические характеристики и функциональные возможности

Тестеры FORMULA<sup>®</sup> TT2 созданы для максимально достоверных измерений параметров п/п приборов. Аппаратно-программные и конструктивно-технологические решения, реализованные в тестере, позволили сделать шаг вперёд по точности измерений, диапазонам контроля, числу методов измерений и эксплуатационным возможностям оборудования. Ключевые характеристики тестера представлены в таблице.

Тестер является функционально полным автоматизированным средством измерений п/п приборов широкой номенклатуры и обеспечивает потребителям следующие преимущества:

- высокий уровень готовности оборудования к измерениям и испытаниям;
- автоматизация всех стадий измерительного процесса и управления данными;
- интеграция с зондовыми автоматами, автозагрузчиками, испытательным оборудованием и приборами;
- дружественное владельцу программное обеспечение;
- быстросменная измерительная оснастка;



Рис. 1. Общий вид Тестера FORMULA<sup>®</sup> TT2 с двумя постами оператора

## Ключевые характеристики Тестера FORMULA<sup>®</sup> TT2

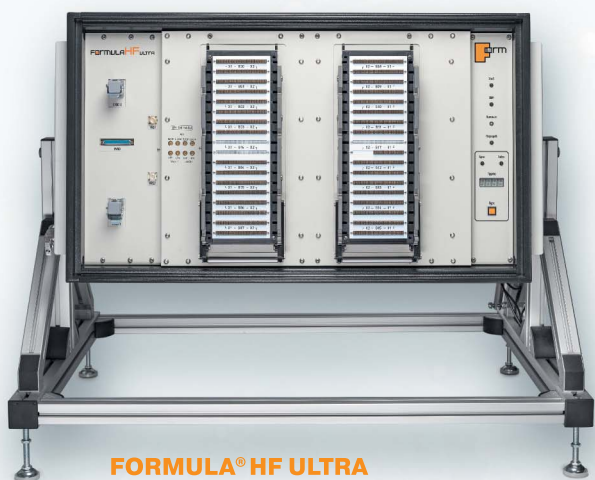
Ключевые технические характеристики	Описание / значение
Количество постов оператора	1 или 2
Число каналов тестера	2 сигнальных, каждый на задание и измерение параметров 4-проводная схема подключения
Операционная система	Windows
Программное обеспечение	FTT
<i>Источники и измерители напряжения</i>	
Диапазон задаваемого и измеряемого напряжения	±100 мВ...±2000 В
Ряд независимых источников и измерителей напряжения	10; 20; 200; 500; 2000 В
Погрешность задания и измерения напряжения	от ±(0,5% + 10) мВ
<i>Источники и измерители тока</i>	
Диапазон задаваемого и измеряемого тока	±100 нА...±100 А
Ряд независимых источников и измерителей тока	5 мА; 200 мА; 10 А; 100 А
Погрешность задания и измерения тока	от ±(1% ± 50) нА
Режим малых токов	±2 нА...±20 мА с погрешностью от ±(0,4% + 400) фА
Длительность измерительного импульса	300 мкс...100 с
Разрешение по времени	50 мкс
Коммутатор для термоиспытаний	Испытания до 20 различных приборов одновременно



● **ФОРМ** — российский лидер  
в создании комплексных решений  
для контроля качества ЭКБ

Мы разрабатываем и производим  
автоматизированные средства измерений ЭКБ — **Тестеры FORMULA®**

90 предприятий ОПК России применяют сотни **Тестеров FORMULA®**  
для разработки, производства, испытаний и входного контроля микросхем,  
полупроводниковых приборов, электромагнитных реле и электронных модулей.



**FORMULA® HF ULTRA**

Функциональный и параметрический контроль  
СБИС, ЗУ, ЦАП/АЦП, СнК  
1024 канала/550/1200 МГц/128 М



**FORMULA® HF3**

Функциональный и параметрический контроль  
СБИС и ЗУ  
512 каналов/200 МГц/64 М



**FORMULA® CK**

Функциональный и параметрический контроль  
узлов РЭА  
192 канала/20 МГц/±30 В



**FORMULA® 2K**

Функциональный и параметрический контроль  
аналоговых и цифровых ИМС  
256 каналов/20/40 МГц/1 М/±20 В



**FORMULA® TT2**

Контроль статических параметров  
полупроводниковых приборов  
2000 В/100 А/50 мкс



**FORMULA® R**

Контроль слаботочных  
электромагнитных реле  
8 обмоток/12 контактных групп/800 В

Реклама

**24 года инженерных инноваций, воплощенных в серийной продукции**

ООО «ФОРМ»  
119530, Москва, Очаковское шоссе 34  
Тел.: (495) 269-75-90, (495) 269-75-91  
Факс: (495) 269-75-94  
E-mail: info@form.ru

ТЕСТЕРЫ  
**FORMULA**

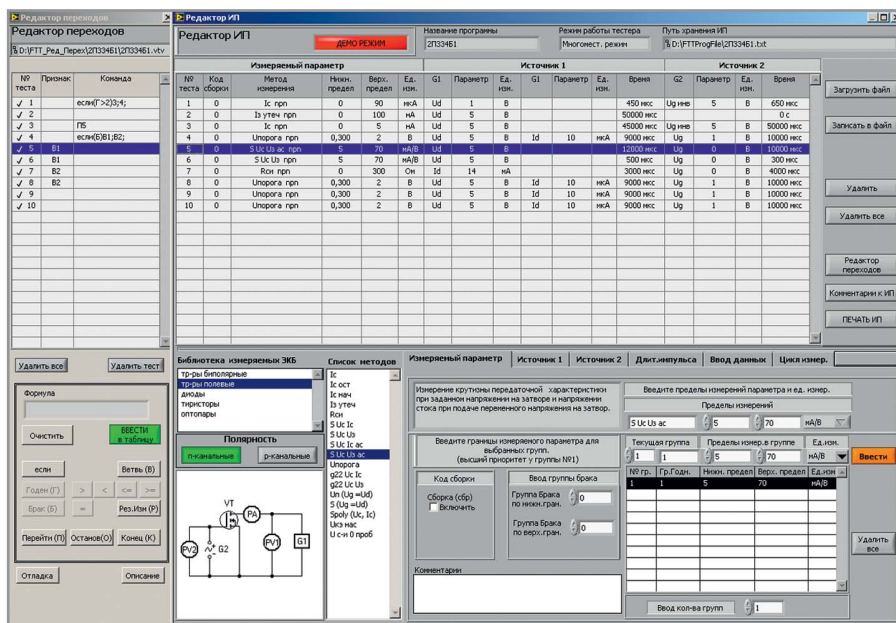


Рис. 2. Окно программной среды FTT для составления и редактирования измерительной программы

- надёжность в круглосуточном режиме работы;
- специальные решения для независимого метрологического контроля со стороны представителя заказчика (контрольные гнезда для подключения образцовых приборов).

Удобство работы с тестером достигается за счёт следующих возможностей оборудования:

- короткоимпульсный (от 300 мкс) режим измерений мощных транзисторов, исключая необходимость организации technically сложного теплоотвода с объекта контроля;
- программирование параметров входных воздействий на объект контроля по длительности и напряжению/току;
- мультикристалльный режим для контроля транзисторных и диодных сборок;
- режимы исследований объекта контроля со снятием вольт-амперных характеристик и осциллограмм;
- режим прецизионных измерений в диапазоне малых токов от 0,2 нА на пластинах и в корпусе.

Помимо нормативных методов контроля тестер реализует ряд специфических измерений, в числе которых измерения двухэмиттерных, двухзатворных и двухбазовых транзисторов.

При выполнении всех видов измерений контролируемые п/п приборы подключаются по 4-проводной схеме.

**Эргономика и безопасность рабочего места**

Тестер предоставляет возможность контроля п/п приборов на одном или

двух измерительных постах, обеспечивая независимо-поочерёдный контроль двух разных типов п/п приборов при работе двух операторов.

Для удобства организации рабочих мест предусмотрена возможность дистанционного (до 1,5 м от тестера) размещения измерительных постов, что позволяет установить их на удобном для работы расстоянии.

В ручном режиме измерений операторы работают только с кнопкой «Пуск» и панелью индикации, отображающей результаты «Годен» или «Брак» с возможностью сортировки проверяемых приборов по разным группам годности. Табло индикации после каждого измерения показывает номер группы годности, используя до 69 видов разбраковки.

Надёжная защита зоны высоковольтных измерений обеспечивается конструктивными решениями и гарантирует полную электробезопасность оператора как при работе на основном посту, так и при использовании коммутаторов, поставляемых опционально.

**Программное обеспечение**

Управление работой Тестера FORMULA® TT2 обеспечивается средствами программного обеспечения FTT, которое автоматизирует процесс измерений на всех его фазах – от разработки и отладки программ контроля до выполнения измерений и сервисных процедур.

ПО характеризуется простотой в использовании и представляет собой интуитивно понятную символично-графическую среду высокого уров-

ня, представленную в табличном виде (см. рис. 2). Благодаря этому от разработчика измерительных программ не требуется квалификации программиста.

Основой автоматизации работы на тестере является встроенная в ПО FTT библиотека методов измерений полупроводниковых приборов (МИПП), выполненных в полном соответствии с требованиями ГОСТ:

- ГОСТ 20398 – полевые транзисторы;
- ГОСТ 18604, ГОСТ 27264, ГОСТ 18604 – биполярные транзисторы;
- ГОСТ 24613 – оптопары;
- ГОСТ 19138 – тиристоры;
- ГОСТ 18986 – диоды и стабилитроны.

МИПП включает 65 нормативных методов контроля, существенно упрощая разработку измерительных программ, их обновление и доработку, уменьшая время разработки и количество создаваемых ошибок, а также их исправление.

Благодаря применению МИПП измерительная программа создаётся простым переносом данных из ТУ на испытуемое изделие в таблицу «Редактора измерительной программы» (см. рис. 2). Время составления одной программы контроля занимает не более 10 минут: требуется просто выбрать и расставить по порядку следования необходимые методы измерений из библиотеки МИПП, ввести условия тестирования и ожидаемые результаты.

Если измерительная программа должна выполняться с применением алгоритмов условных и безусловных переходов, при составлении программы контроля используется специальный инструмент «Редактор переходов» (см. рис. 2).

Все тесты с указанными в них параметрами автоматически объединяются в одну измерительную программу, которую можно сразу же выполнить на объекте контроля, как полностью, так и в пошаговом режиме.

Удобство программного инструментария FTT для создания тестов позволяет инженеру сосредоточиться на самом главном – особенностях работы объекта контроля и эффективном решении вопросов обеспечения качества проверяемых п/п приборов.

Управление процессом тестирования включает автоматическое документирование данных, которые используются для подтверждения соответствия или несоответствия проверенного компонента требованиям ТУ или ТЗ. Данные включают сведения

о заводском номере средства измерений, режимах проверки и результатах измерений по каждому тесту каждого объекта контроля. Символьно-графическое отображение результатов в процессе измерений представлено на рисунке 3. Предусмотрена также возможность отображения результатов по измеренным партиям за любой период времени (см. рис. 4).

ПО FTT позволяет автоматически генерировать текстовые протоколы измерений различного уровня детализации: от результатов разбраковки «Годен»/«Брак» до комплексных отчётов по каждому измеренному прибору и каждому параметру (см. рис. 5). Протоколы измерений хорошо читаются, удобны для анализа и могут быть преобразованы в типовые формы, принятые на предприятии потребителя.

Протоколы автоматически сохраняются в текстовом или EXCEL-файле и служат документальной и метрологической основой рекламационной работы.

Данные об измерениях могут транслироваться на удалённые серверы предприятия посредством подключения тестера к сети с помощью динамических библиотек.

**Средства визуализации**

Программный блок «Статистика» позволяет строить гистограммы и графики для визуальной интерпретации сводных отчётов об измерениях разных партий приборов за требуемый период (см. рис. 4) с возможностью анализа отклонений по параметрам и другим признакам изделий/партий.

Графическая интерпретация измерений в виде вольт-амперных характеристик (ВАХ) помогает сделать быструю визуальную оценку результатов измерений, а также исследовать поведение измеряемого прибора в диапазоне воздействий (см. рис. 6).

Все результаты измерений выводятся на экран в виде измеренного значения параметра, а также графически отображаются в виде формы измеренных сигналов на встроенном в тестер осциллографе (см. рис. 7).

**Автоматизация сервиса и метрологии тестера**

Сервисный комплекс ПО FTT охватывает все стороны эксплуатации Тестера FORMULA® TT2, включая контроль работоспособности оборудования, локализацию неисправностей и проверку метрологического соответствия. Обе-

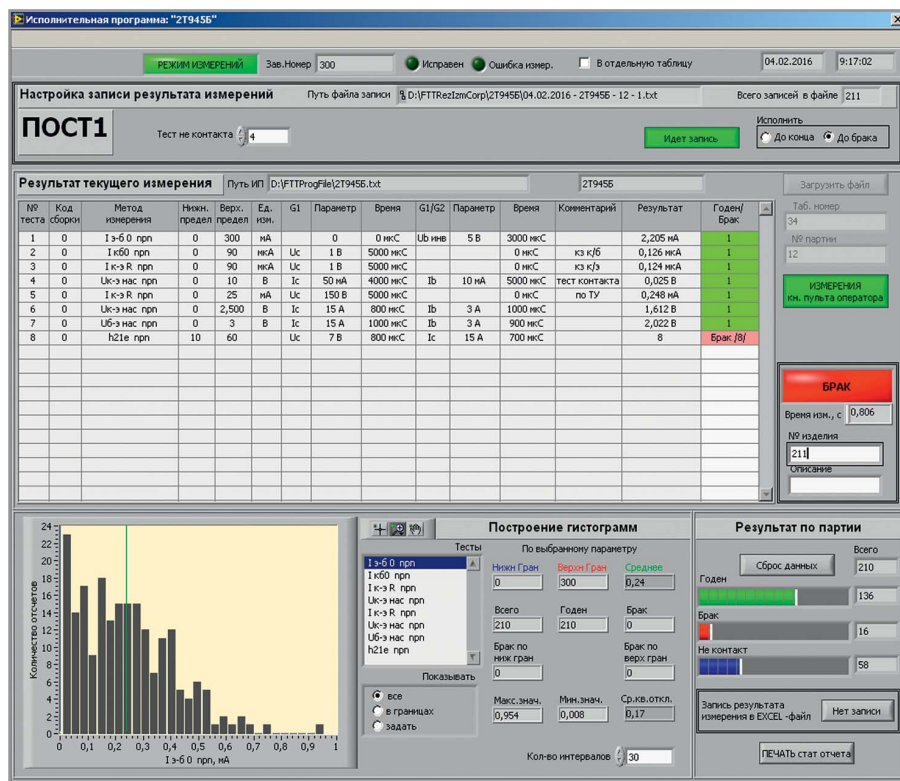


Рис. 3. Отображение режимов, методов и результатов в процессе измерений

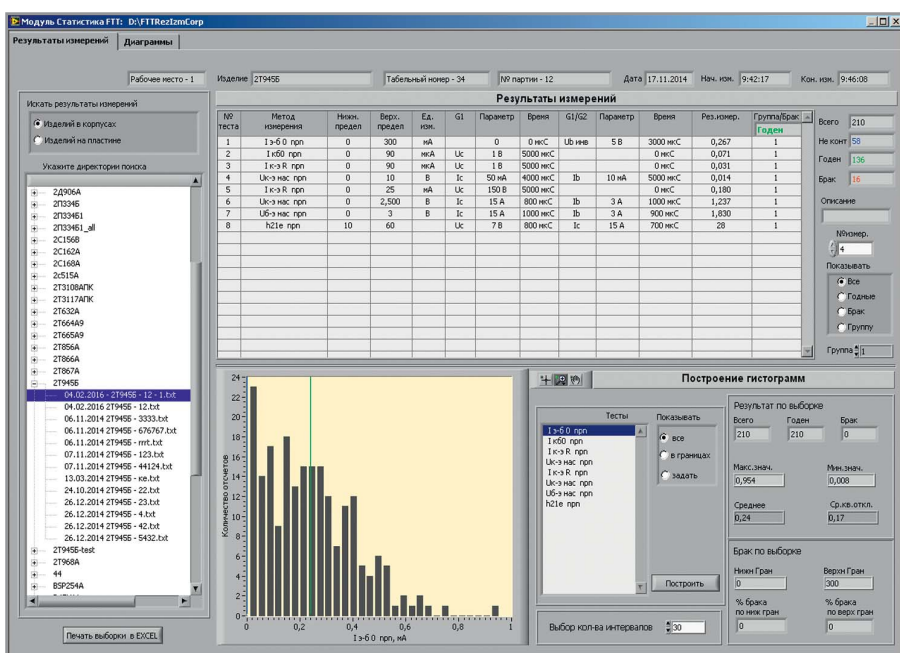


Рис. 4. Отображение сводных отчётов по измерениям за период в программном блоке «Статистика»

спечивается управление диагностикой и калибровкой тестера, автоматическое формирование протоколов поверки.

В результате удастся предельно сократить время на обслуживание оборудования и при этом дать полную уверенность в правильности результатов измерений.

**Тестовые решения**

Замещая оборудование предыдущего поколения, Тестер FORMULA® TT2 обеспечивает конструктивную совме-

стимость с измерительной оснасткой советских тестеров «14ТКС» и серии приборов «Л2-XX». Это позволяет обладателям старого оборудования приступить к работе на FORMULA® TT2 без затрат на производство контактных устройств.

Кроме того, в комплект поставки тестера предлагается включать разнообразные типы измерительной оснастки (см. рис. 8).

Измерительная оснастка является неотъемлемой частью «коробочных



A	B	C	D	E	F
1	РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ 14.08.2014				
2	Изделие: 2T8566				
3	Пластина: 856-1				
4	Всего: 366				
5	Годных: 39				
6	Брак: 279				
7	Кол-во неконтактов: 48				
8					
9					
10	1 Ук-э нас rnp (0-1 В) Iс=500 мА Ib=100 мА				
11	2 I к-э R rnp (0-90 мкА) Uc=1 В				
12	3 I к60 rnp (0-90 мкА) Uc=1 В				
13	4 Iэ-60 rnp (0-90 мкА) =0 Ub инв=1 В				
14	5 Iэ-60 rnp (0-10000 мкА) =0 Ub инв=5 В				
15	6 I к60 rnp (0-1,500 мА) Uc=840 В				
16	7 Ук-э нас rnp (0-1,350 В) Iс=5 А Ib=1 А				
17	8 h21e ОЭ rnp (12-27) Uc=5 В Iс=5 А Ib=185,185 мА				
18					
19	Брак по Ук-э нас rnp - 48				
20	Брак по I к-э R rnp - 14				
21	Брак по I к60 rnp - 0				
22	Брак по Iэ-60 rnp - 97				
23	Брак по Iэ-60 rnp - 0				
24	Брак по I к60 rnp - 119				
25	Брак по Ук-э нас rnp - 0				
26	Брак по h21e ОЭ rnp - 49				
27					
28	0 < Ук-э нас < 0,10 В - 309				
29	0,10 < Ук-э нас < 0,20 В - 6				
30	0,20 < Ук-э нас < 0,30 В - 2				
31	0,30 < Ук-э нас < 0,40 В - 1				
32	0,40 < Ук-э нас < 0,50 В - 0				
33	0,50 < Ук-э нас < 0,60 В - 0				
34	0,60 < Ук-э нас < 0,70 В - 0				
35	0,70 < Ук-э нас < 0,80 В - 0				
36	0,80 < Ук-э нас < 0,90 В - 0				
37	0,90 < Ук-э нас < 1,00 В - 0				
38	Ук-э нас > 1,00 В - 48				

Рис. 5. Протокол измерений в Excel-формате

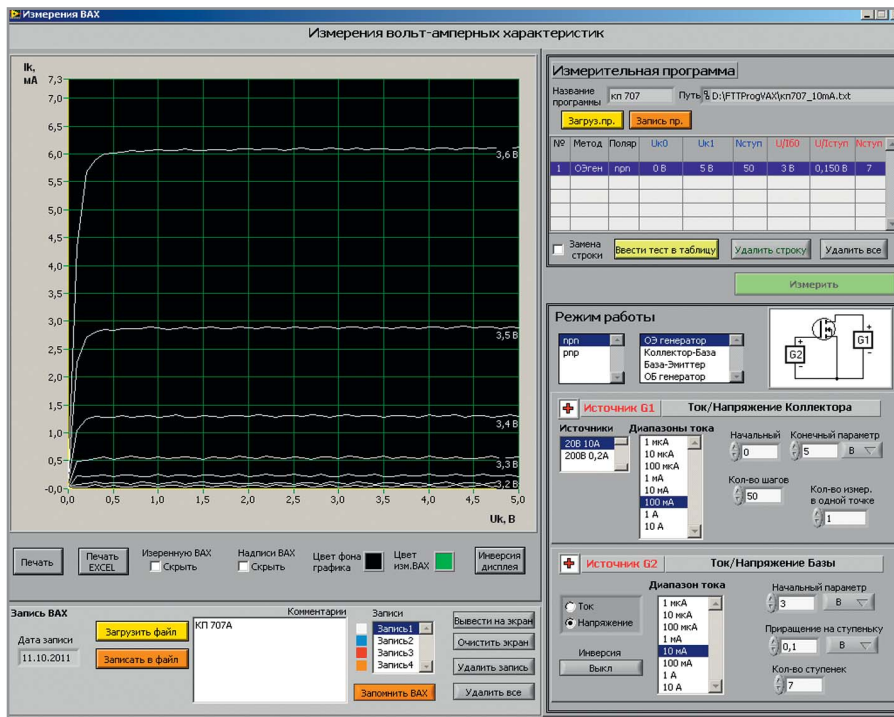


Рис. 6. Графическая интерпретация измерений в виде ВАХ

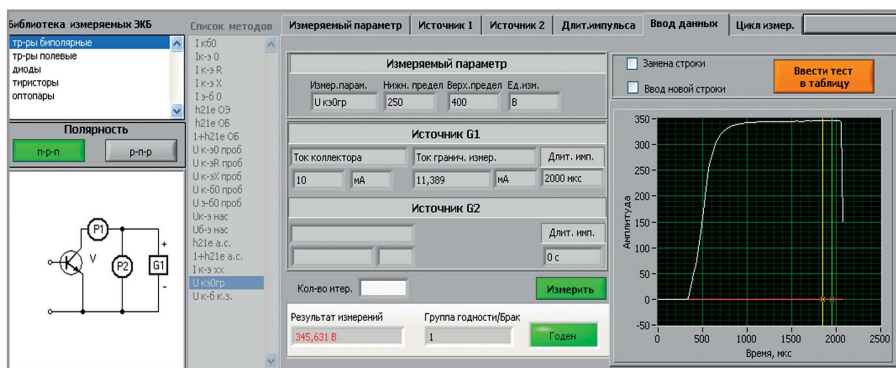


Рис. 7. Графическая интерпретация измерений в виде осциллограмм

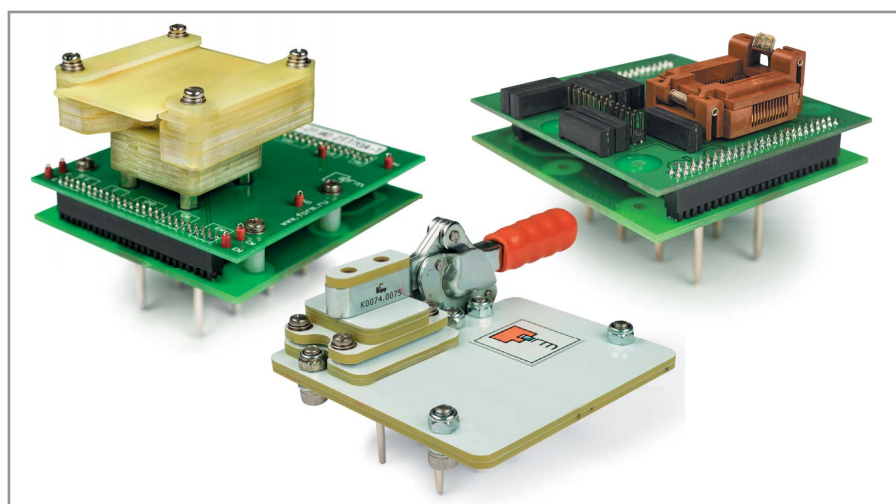


Рис. 8. Измерительная оснастка для Тестера FORMULA® TT2

продуктов» компании ФОРМ – готовых тестовых решений, предназначенных для широкой номенклатуры п/п приборов, включающих измерительную / испытательную оснастку, программу

контроля и паспорт с руководством оператора.

Тестовые решения позволяют обладателям Тестеров FORMULA® TT2 исключить все затраты на самостоя-

тельную разработку измерительной оснастки и программ контроля и незамедлительно приступить к измерениям и испытаниям, поручив работу рядовому оператору.

Если требуется отключить или добавить методы контроля, изменить параметры и группы разбраковки, программа контроля позволяет сделать это по усмотрению потребителя.

Тестовые решения предназначены для сокращения времени и издержек потребителя на подготовку процесса измерений ЭКБ. По заказу испытательная лаборатория ИЛФОРМ выполнит разработку новых тестовых решений.

### Средства интеграции с внешним оборудованием

Тестер оснащён программно-аппаратными средствами для интеграции с внешним оборудованием отечественного и иностранного производства: с зондовыми установками, испытательным оборудованием, внешними приборами, автозагрузчиками и автосортировщиками.

Средства интеграции тестера поставляются опционально и включают специальные программные модули FTT, коммутаторы и встроенные порты Handler, RS-232, GPIB и LAN.

Опции могут быть поставлены как при приобретении тестера, так и в процессе эксплуатации, в рамках выполнения работ по дооснащению тестера.



Рис. 9. Общий вид коммутатора K4x20

### FORMULA® TT2 В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЙ П/П ПРИБОРОВ

Конструкция, аппаратное и программное обеспечение тестера создают хорошие условия для испытаний п/п приборов, в том числе для испытаний, совмещённых с измерениями, например, с использованием проходных камер и камер тепла-холода.

Коммутатор K4x20 (см. рис. 9) предназначен для проведения групповых термоиспытаний п/п приборов в камерах тепла-холода. Коммутатор обеспечивает выполнение тестером дистанционного контроля электрических статических параметров партий п/п приборов, находящихся в камере тепла-холода, посредством управления их подключением к тестеру. Общий вид рабочего места тестера с коммутатором приведён на рисунке 10.

Использование коммутатора K4x20 в практике испытаний позволяет:

- выполнять измерения п/п приборов партиями до 20 штук по заданной пользователем временной циклограмме;
- загружать одновременно до 20 различных измерительных программ для каждого измеряемого типа изделия;
- автоматически документировать и хранить результаты измерений в текстовом файле;
- отображать результаты измерений проверяемой партии в табличной форме и в виде диаграммы;
- запускать исполнение измерительных программ от внешней кнопки тестера «ПУСК».

Технические характеристики коммутатора:

- количество двухпроводных линий в канале – 4;
- количество выходов (направлений) коммутации канала – 20;
- количество одновременно включённых выходов – 1;
- максимальный коммутируемый импульсный ток – не более 20 А;



Рис. 10. Рабочее место Тестера FORMULA® TT2 с коммутатором для термоиспытаний

- максимальное коммутируемое импульсное напряжение – не более 2000 В.

### СЕРВИСНЫЕ УСЛУГИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

Для сокращения времени и издержек потребителя на вспомогательные работы, непосредственно не связанные с измерениями, производитель предоставляет следующие технические услуги:

- интеграция Тестеров FORMULA® TT2 в технологическую, информационную и испытательную инфраструктуру потребителя с подключением внешнего оборудования, приборов и сетей;
- плановое техническое обслуживание, ремонт и метрологический сервис на месте эксплуатации тестера специалистами калибровочной лаборатории;
- организация рабочих мест на основе тестеров с оснащением информационной базой данных для входного контроля;
- расширение конфигурации тестера в соответствии с перечнем типовых опций, либо с разработкой опций на заказ;
- разработка специализированной оснастки;
- сопровождение в рекламационной работе с выездом к поставщику.

Разработчик и производитель гарантирует полное метрологическое соответствие Тестеров FORMULA® заявленным характеристикам, высокое качество и надёжность в эксплуатации. Тестеры обеспечены надлежащим техническим обслуживанием и оперативным инженерным сервисом в течение всего срока эксплуатации.

Характеристики FORMULA® TT2 метрологически обеспечены в производстве и эксплуатации, подтверждены государственными испытаниями на утверждение типа средств измерений – Свидетельство №52666 от 10.10.2013 г., регистрационная запись в Государственном реестре средств измерений № 55187-13.

Бизнес-процессы разработки, производства, поставки и обслуживания Тестеров FORMULA® TT2, а также обучения и поддержки потребителей регламентированы и выполняются подразделениями предприятия ФОРМ с соблюдением всех требований ГОСТ ISO 9001-2011 (ISO 9001:2008), что подтверждается Сертификатом соответствия, регистрационный № РОСС RU.ФК14.И001159 от 16.11.2015 г.

Качество тестера при производстве обеспечивается полнотой конструкторской и программной документации, современной технологией изготовления СИ, применением надлежащих компонентов и материалов, всесторонними испытаниями каждого узла и тестера в целом по утверждённым программам и методикам испытаний, включая финишные процедуры калибровки и поверки средства измерений под надзором уполномоченного органа системы Ростехрегулирования.

Стабильность и надёжность ПО FTT гарантируется внутренними аудитами, регулярным тестированием, а также многолетним применением в измерительной практике собственной испытательной лаборатории производителя. На сегодня в эксплуатации находится более 70 единиц данного оборудования.

