

Руководство по эксплуатации многофункционального тестера для проверки фотоэлектрических систем



Внимательно изучите настоящее руководство перед началом использования прибора.
В нем содержится важная информация по технике безопасности.

Содержание	Страница
1. Вступление	5
2. Информация по технике безопасности	5
3. Технические характеристики	6
3-1. Технические характеристики	6
3-2. Безопасность	8
3-3. Общие характеристики	9
4. Перед началом работы	10
4-1. Состав комплекта	10
4-2. Порядок использования поворотного переключателя	11
4-3. Кнопки управления	12
4-4. Дисплей	13
4-5. Клеммы/измерительные провода	14
4-6. Обнуление измерительных проводов	15
4-7. Сообщения об ошибках	16
5. Настройка тестера	17
5-1. Сопряжение тестера с измерителем инсоляции	17
5-2. Испытания по стандарту IEC 62446-1, категория 1	18
5-2-1. Визуальный контроль	18
5-2-2. Непрерывность защитных проводников заземления и уравнивания потенциалов	18
5-2-3. Установка предельных значений	18
5-3. Измерение сопротивления (R_{Lo})	19
5-3-1. Сопротивление проводников заземления и уравнивания потенциалов	19
5-3-2. Проводники систем молниезащиты	19
5-3-3. Система заземления	19
5-4. Проверка полярности	20
5-4-1. Распределительная коробка цепей	20
5-4-2. Цепь фотоэлектрической системы	21
5-5. Проверка напряжения/тока (V_{oc}/I_{sc})	22
5-5-1. Выбор модели фотоэлектрической системы	22
5-5-2. Сопряжение только с измерителем инсоляции	23
5-5-3. Быстрое измерение V_{oc}/I_{sc}	23
5-5-4. Измерение V_{oc} и рабочего тока	23
5-6. Испытания мощности (перем./пост. ток) и функциональные проверки	24
5-6-1. Проверка эффективности однофазного инвертора	24
5-6-2. Проверка эффективности трехфазного инвертора	25
5-6-3. Измерение напряжения перем./пост. тока	25
5-6-4. Измерение перем./пост. тока	26
5-6-5. Функциональные испытания	26
5-7. Испытание сопротивления изоляции (R_{INS})	27
5-7-1. Метод испытания 1 (без перекоммутации проводов)	27
5-7-2. Метод испытания 2 (по умолчанию)	28
5-7-3. Непрерывное измерение	29

Содержание	Страница
5-7-4. Испытание сопротивления изоляции во влажной среде	29
5-8. Снятие воль-амперной характеристики.....	30
5-9. Дополнительные испытания	31
5-9-1. Проверка байпасных диодов	31
5-9-2. Проверка блокирующих диодов	32
5-9-3. Непрерывное испытание диодов	33
5-9-4. Проверка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)	34
5-10. Автоматическая последовательность испытаний	35
6. Меню	36
6-1. Выгрузка результатов измерений	36
6-2. Загрузка базы данных фотоэлектрических модулей.....	36
7. Техническое обслуживание	37
7-1. Очистка.....	37
7-2. Замена предохранителей	37
7-3. Утилизация изделия	37

1. Вступление

- Многофункциональный тестер для проверки фотоэлектрических систем (тестер фотоэлектрических систем или прибор) представляет собой портативный прибор с батарейным питанием, предназначенный для приемосдаточных и периодических испытаний фотоэлектрических систем (ФЭ), подключенных к сети.
- В табл. 1 приведен перечень основных функций.

Табл. 1. Функции

Функция	Описание
Режим испытаний категории 1	Чек-лист для визуального контроля.
	Измерение сопротивления защитного заземления (R_{Lo}) испытательным током ≥ 200 мА (при 2 Ом).
	Проверка полярности с автоматическим отображением и звуковым/визуальным оповещением при неправильном подключении.
	Измерение напряжения холостого хода (V_{oc}) на модуле или в цепи до 1500 В пост. тока.
	Измерение тока короткого замыкания (I_{sc}) на модуле или в цепи до 30 А пост. тока.
	Измерение сопротивления изоляции (R_{ins}) при испытательном напряжении 100 В, 250 В, 500 В, 1000 В.
	Проверка блокирующих диодов (V_{BD}) методом 1 и 2 (IEC 62446-1).
Функциональные испытания	Проверка байпасных диодов панели в затененном состоянии или в темноте.
	Проверка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).
	Измерения мощности на стороне постоянного и переменного тока для проверки КПД.
	Измерение постоянного и переменного напряжения.
Режим испытаний категории 2	Измерение постоянного/переменного тока с помощью клещевых зажимов.
	Чек-лист функциональных испытаний.
	Снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ) цепей панелей, включая построение графиков ВАХ и использование ПО для анализа, отчетности и сертификации.
Длительный мониторинг ошибок изоляции (непрямое испытание изоляции во влажной среде) и периодическое измерение R_{ins} в течение 24 часов (с настраиваемым интервалом).	
Программное обеспечение для ПК: загрузка, выгрузка, просмотр, анализ и печать результатов испытаний.	
Связь с выносными датчиками (инсоляция, угол наклона, температура).	
Связь с компьютером.	

2. Информация по технике безопасности

- Общие сведения по технике безопасности приведены в отдельном печатном документе «Информация по технике безопасности». Более конкретные указания по безопасности содержатся в соответствующих разделах данного руководства.
- «Осторожно» (Warning) указывает на опасные условия или действия, которые могут привести к травмам пользователя.
- «Внимание» (Caution) указывает на условия или действия, которые могут привести к повреждению прибора или проверяемого оборудования.

3. Технические характеристики

3-1. Технические характеристики

Функция	Диапазон индикации	Диапазон измерений	Разрешение	Погрешность
Сопротивление защитного заземления R_{Lo}	0,00–19,99 Ом	0,20–19,99 Ом	0,01 Ом	$\pm(2\% + 2 \text{ ед. мл. разр.})$
	20,0–199,9 Ом	20,0–199,9 Ом	0,1 Ом	
	200–2000 Ом	200–2000 Ом	1 Ом	$\pm(5\% + 2 \text{ ед. мл. разр.})$

Испытательный ток: $\geq 200 \text{ мА}$ ($\leq 2 \text{ Ом} + R_{COMPR}$) [1]; испытательное напряжение: 4–10 В пост. тока; реверс полярности: да; компенсация сопротивления измерительных проводов (R_{comp}): до 3 Ом

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 50 \text{ В}$ перем./пост. тока (тип.) перед началом измерения.

[1]: количество тестов на непрерывность (200 мА при 0,1 Ом) на одном комплекте новых батарей составляет > 1000 .

Напряжение холостого хода (V_{OC}) ФЭ модуля/цепи	0,0–99,9 В	5,0–99,9 В	0,1 В	$\pm(0,5\% + 2 \text{ ед. мл. разр.})$
	100–1000 В	100–1500 В	1 В	

Проверка полярности: да

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 5 \text{ В}$ перем. тока перед началом измерения.

Ток короткого замыкания (I_{sc}) ФЭ модуля/цепи	0,0–30,0 А	0,2–30,0 А	0,1 А	$\pm(1\% + 2 \text{ ед. мл. разр.})$
---	------------	------------	-------	--------------------------------------

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 5 \text{ В}$ перем. тока (тип.) перед началом измерения.

Сопротивление изоляции R_{INS}	0,00–99,99 МОм	0,20–99,99 МОм	0,01 МОм	$\pm(5\% + 5 \text{ ед. мл. разр.})$
	100,0–199,9 МОм	100,0–199,9 МОм	0,1 МОм	$\pm(10\% + 5 \text{ ед. мл. разр.})$
	200–999 МОм	200–999 МОм	1 МОм	$\pm(20\% + 5 \text{ ед. мл. разр.})$
	Испытательное напряжение без нагрузки	50 В/100 В/250 В до 199,9 МОм	500 В/1000 В до 999 МОм	1 В

Испытательный ток: мин. 1 мА (при 250 кОм/500 кОм/1 МОм); макс. 1,5 мА (короткое замыкание)

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 15 \text{ В}$ перем. тока (тип.) перед началом измерения. Максимальная емкостная нагрузка: до 2 мкФ при 1 МОм.

Примечание. Количество тестов изоляции на комплекте новых батарей составляет > 900 при 1000 В/1 МОм.

Проверка блокирующих диодов (V_{BD})	0,00–6,00 В пост. тока	0,50–6,00 В пост. тока	0,01 В пост. тока	$\pm(5\% + 10 \text{ ед. мл. разр.})$
--	------------------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 50 \text{ В}$ перем./пост. тока (тип.) перед началом измерения.

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)	0–1000 В пост. тока	50–1000 В пост. тока	1 В пост. тока	$\pm(10\% + 5 \text{ ед. мл. разр.})$
---	---------------------	----------------------	----------------	---------------------------------------

Обнаружение цепи под напряжением: блокировка теста при обнаружении на клеммах напряжения $> 50 \text{ В}$ перем./пост. тока (тип.) перед началом измерения.

Функция	Диапазон индикации	Диапазон измерений	Разрешение	Погрешность
Истинное среднев. знач. RMS, ACV, DCV, ACA, DCA	Тестер фотоэлектрических систем измеряет как переменную, так и постоянную составляющую сигнала (напряжения или тока) и отображает комбинированное среднеквадратичное значение (перем. ток + пост. ток). Отображение единиц измерения перем. тока или пост. тока зависит от наличия перехода сигнала через ноль.			

Напряжение перем. и пост. тока Измерение через тестовые гнезда 4 мм	0,0–99,9 В перем. тока	5,0–99,9 В перем. тока	0,1 В	±(2,5 % + 2 ед. мл. разр.) (пост. ток, перем. ток 50/60 Гц)
	100–700 В перем. тока	100–700 В перем. тока	1 В	
	0,0–99,9 В пост. тока	5,0–99,9 В пост. тока	0,1 В	
	100–1500 В пост. тока	100–1500 В пост. тока	1 В	

Определение перем. тока/пост. тока: да (автоматически); проверка полярности (прямой/обратной): да

Перем./пост. ток с помощью токовых клещей	0,0–400 А пост. тока	1,0–400 А пост. тока	0,1 А	±(3 % + 8 ед. мл. разр.) [2] (пост. ток, перем. ток 50/60 Гц)
	0,0–400 А перем. тока (истинное среднев. знач. TRMS)	1,0–400 А перем. тока (истинное среднев. знач. TRMS)		

[2]: погрешность клещей не включена, см. «Погрешности токовых клещей».

Измерение мощности перем./пост. тока (с помощью токовых клещей)	0,0–700 В перем. тока	5,0–700 В перем. тока	0,1 В	±(2 % + 5 ед. мл. разр.)
	0,0–1500 В пост. тока	5,0–1500 В пост. тока		
	0,0–400 А перем./пост. тока	1,0–400 А перем./пост. тока	0,1 А	±(3 % + 8 ед. мл. разр.)
	0 Вт/В·А–600 кВт/кВ·А	5 Вт/В·А–600 кВт/кВ·А	1 Вт/В·А; 1 кВт/кВ·А	±(7,5 %VI+0,6V+0,2I)

Функция	Диапазон измерений	Выходной сигнал	Погрешность	Максимальный гистерезис
Погрешности токовых клещей	1–400 А пост. или перем. тока < 1 кГц	10 мВ/А перем./пост. тока	±(1,5 % + 0,5 А) (пост. ток, перем. ток 50/60 Гц)	±0,4 А

- Погрешность определена как ±(% от показания + единицы младшего разряда) при температуре 23 °С ± 5 °С и относительной влажности ≤ 80 %.
- Дополнительная температурная погрешность (для диапазонов 0–18 °С и 28–50 °С): 0,1х (базовая погрешность) на каждый градус (°С).

3-2. Безопасность

Многофункциональный тестер фотоэлектрических систем	IEC 61010-1, степень загрязнения 2; IEC 61010-2-034, CAT III 1000 В пост. тока, CAT III 700 В перем. тока
Токовые клещи	IEC 61010-2-032, тип D (для изолированных проводников), 1000 В
Комплекующие	IEC 61010-031
1000-МС4	CAT III 1500 В, 30 А
Выносной щуп 1000 с колпачком	CAT IV 600 В, CAT III 1000 В, 10 А
Выносной щуп 1000 без колпачка	CAT II 1000 В, 10 А
Измерительные провода 1000	CAT III 1000 В, 10 А
Измерительный провод 1000/30М	CAT III 1000 В, CAT IV 600 В, 5 А (на катушке), 10 А (полностью размотан)
Тестовые щупы с колпачком	CAT IV 600 В, CAT III 1000 В, 10 А
Тестовые щупы без колпачка	CAT II 1000 В, 10 А
Зажимы типа «крокодил»	CAT III 1000 В, 10 А
Рабочие характеристики	IEC 61557-1, IEC 61557-2, IEC 61557-4, IEC 61557-10

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Международные стандарты	IEC 61326-1: переносное электрооборудование, CISPR 11: группа 1, класс А	
	Группа 1	Оборудование намеренно генерирует и/или использует кондуктивно связанную радиочастотную энергию, необходимую для внутреннего функционирования самого прибора.
	Класс А	Оборудование подходит для использования в любых учреждениях, кроме жилых помещений и объектов, напрямую подключенных к низковольтным сетям электроснабжения жилых зданий. В иных условиях могут возникнуть сложности с обеспечением ЭМС из-за кондуктивных и излучаемых помех.
	Внимание	Данное оборудование не предназначено для использования в жилых зонах и может не обеспечивать должную защиту радиоприема в таких условиях.
Корея (KCC)	Оборудование класса А (промышленное оборудование для вещания и связи)	
	Класс А	Прибор соответствует требованиям к промышленному оборудованию по уровню электромагнитного излучения. Продавцу и пользователю следует учитывать, что данное устройство предназначено для коммерческой эксплуатации и не должно использоваться в быту.
США (FCC)	Подраздел В раздела 15 Свода законов США (CFR)	
	Преднамеренные излучатели	Данное устройство соответствует требованиям раздела 15 правил Федеральной комиссии по связи США (FCC). Эксплуатация допускается при соблюдении следующих условий: (1) устройство не должно создавать недопустимых помех, и (2) устройство должно выдерживать любые внешние помехи, включая те, что могут вызвать сбой в работе (п. 15.19). Изменения или модификации, не одобренные компанией SEM в явном виде, могут лишить пользователя права на эксплуатацию данного прибора (п. 15.21).

Беспроводной радиомодуль

Диапазон частот	2,402–2,480 ГГц
Выходная мощность	8 дБм

3-3. Общие характеристики

Максимальное напряжение относительно земли (для любой клеммы)	1500 В пост. тока
Макс. дифференциальное напряжение (между красной и синей клеммами)	700 В перем. тока
Размеры (ДхШхВ)	10,0х25,0х12,5 см (3,8х9,8х4,9 дюйма)
Масса с акк. батареей	1,4 кг (3,09 фунта)
Аккумуляторная батарея	Литиевая, 7,4 В/7500 мА·ч
Ресурс батареи	До 1000 измерений
Предохранители	F2: FF 500 мА, 1000 В, IR 30 кА, 6,3 x 32 мм F3: FF 1 А, 1000 В, IR 30 кА, 6,3x2 мм F4: gPV 1000 В пост. тока, 30 А, IR 30 кА (L/R = 2 мс), 14x65 мм
Рабочая температура	От 0 до 50 °С (от 32 до 122 °F)
Температура хранения	От –30 до 60 °С (от –22 до 140 °F), батарея извлечена
Относительная влажность	До 80 %
Рабочая высота над уровнем моря	2000 м
Высота хранения над уровнем моря	12 000 м
Виброустойчивость	MIL-PRF-28800F: класс 2
Степень защиты оболочки	IEC 60529: IP40
Интерфейс связи	USB Type-C и Bluetooth
Версия беспроводного соединения	Bluetooth 5.0

4. Перед началом работы

В данном разделе приведена общая информация о комплектации прибора, а также сведения для ознакомления с органами управления и дисплеем тестера фотоэлектрических систем.

4-1. Состав комплекта

В табл. 2 приведен перечень компонентов, входящих в комплект поставки.



Табл. 2. Состав комплекта

Поз.	Наименование
1	Многофункциональный тестер фотоэлектрических систем
2	Токовые клещи перем./пост. тока 40 A/400 A
3	Беспроводной измеритель солнечной инсоляции
4	Адаптер установки нуля
5	Комплект измерительных проводов на катушке (30 м)
6	Тестовый щуп с кнопкой дистанционного управления
7	Комплект измерительных проводов
8	Комплект измерительных проводов MC4 (штекер и гнездо)

4-2. Порядок использования поворотного переключателя

Используйте поворотный переключатель для выбора типа испытания (см. табл. 3).

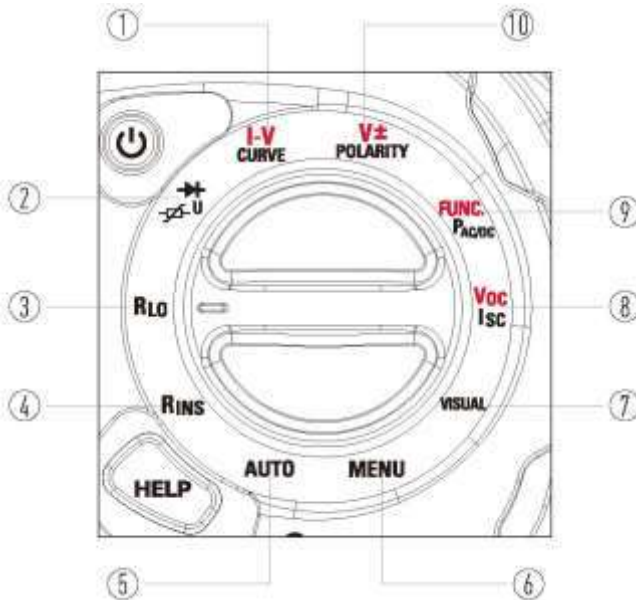


Табл. 3. Поворотный переключатель

Поз.	Положение	Описание
1	I-V CURVE	Снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ): построение графика по результатам измерений V_{OC} и I_{SC} для определения максимальных параметров солнечной панели при стандартных условиях испытаний.
2		Проверка блокирующих/байпасных диодов и устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).
3	R_{Lo}	Проверка непрерывности защитных проводников уравнивания потенциалов и проводников системы молниезащиты.
4	R_{INS}	Измерение сопротивления изоляции.
5	AUTO	Автоматическая последовательность испытаний.
6	MENU	Меню: память сохраненных измерений, настройки прибора и справочная информация (Help).
7	VISUAL	Чек-лист для предварительного визуального контроля.
8	V_{oc}/I_{sc}	Измерение напряжения холостого хода и тока короткого замыкания.
9	FUNC/P _{AC/DC}	Чек-лист измерения мощности, напряжения, тока и функциональных испытаний.
10	V_{\pm} POLARITY	Проверка полярности.

4-3. Кнопки управления

Кнопки предназначены для управления работой тестера фотоэлектрических систем, выбора режимов и навигации по результатам измерений (см. табл. 4).

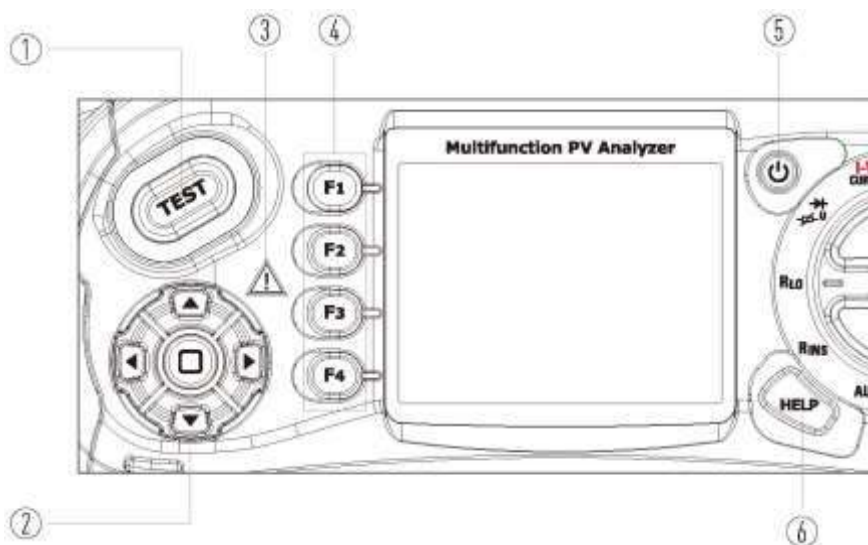


Табл. 4. Назначение кнопок

Поз.	Кнопка	Описание
1	TEST	Запуск выбранного испытания.
2	▲ ◀ □ ▶ ▼	Кнопки навигации (со стрелками вверх, вниз, влево, вправо) и подтверждения для выбора функций на дисплее. Более подробная информация приведена в инструкциях к конкретным тестам.
3	⚠	Индикатор опасного напряжения.
4	F1, F2, F3, F4	Функциональные клавиши (выбор экранных меню).
5	⏻	Включение и выключение питания.
6	HELP	Вывод схем подключения и инструкций по настройке функций в зависимости от положения переключателя. Кнопка HELP выводит справочную информацию по использованию каждой функции тестера фотоэлектрических систем. Выберите нужное положение поворотного переключателя и нажмите HELP, чтобы отобразить на дисплее схемы подключений и рекомендации по выполнению выбранного теста. Если в правой части дисплея отображается полоса прокрутки, используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для просмотра дополнительной информации.

4-4. Дисплей

В табл. 5 приведен пример интерфейса дисплея и его компонентов.



Табл. 5. Дисплей

Поз.	Элемент	Описание
1	Панель навигации	Отображает функции, назначенные кнопкам F1, F2, F3, F4.
2	Меню	Выбранная функция выделена цветом. Используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для навигации и кнопку F1 для открытия настроек выбранного пункта.
3	Штамп даты и текущего времени	Дата и время
4	Состояние акк. батареи	Индикация уровня заряда аккумуляторной батареи.
5	Параметры меню	Отображает доступные настройки или корректировки; нажмите кнопку F4 для выхода из меню параметров.

4-5. Клеммы/измерительные провода

Измерительные провода подключаются и остаются подсоединенными (не отключайте их) на протяжении всего цикла испытаний. В табл. 6 показаны входные клеммы.

⚠ ⚠ ОСТОРОЖНО. Во избежание поражения электрическим током, возникновения пожара или травм запрещается использовать тестовые щупы в средах категорий CAT III или CAT IV без установленных защитных колпачков. Защитный колпачок ограничивает длину открытой металлической части наконечника до < 4 мм, что минимизирует риск возникновения дугового разряда при коротком замыкании.

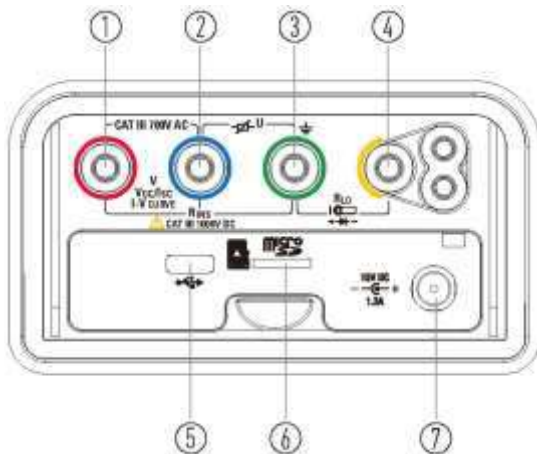


Табл. 6. Клеммы

Поз.	Описание
1	Красное гнездо (PV [+], вход V)
2	Синее гнездо (PV [-], вход COM)
3	Зеленое гнездо (заземление)
4	Желтое гнездо (PE, общий вход для токовых клещей)
5	Порт данных USB Type-C
6	Карта памяти Micro SD
7	Разъем для зарядки, адаптер 15 В пост. тока

- Подключитесь к смартфону через Bluetooth 5.0 или к ПК с помощью кабеля Type-C, чтобы загрузить результаты измерений через программное обеспечение Smart Power Management.
- Данное ПО позволяет собирать, систематизировать и визуализировать полученные данные.
- Более подробные инструкции по работе с портом USB Type-C см. в разделе «Загрузка результатов испытаний».

4-6. Обнуление измерительных проводов


⚠ ⚠ ОСТОРОЖНО. Во избежание поражения электрическим током, возникновения пожара или получения травм запрещается использовать прибор в средах категорий CAT III или CAT IV без установленных защитных колпачков. Защитный колпачок ограничивает длину открытой металлической части наконечника до < 4 мм, что минимизирует риск возникновения дугового разряда при коротком замыкании.

- При измерении непрерывности (сопротивления R_{LO}) проводников уравнивания потенциалов и систем молниезащиты необходимо учитывать собственное сопротивление измерительных проводов, которое может повлиять на результат измерений.
- Перед началом проверки непрерывности цепи используйте адаптер обнуления для компенсации сопротивления измерительных проводов (см. рис. 1).



Рис. 1. Схема подключения адаптера обнуления

4-7. Сообщения об ошибках

- При обнаружении неисправности на дисплее тестера появляется символ «» и код ошибки (см. табл. 7).
- Наличие ошибки блокирует запуск теста или прерывает текущее измерение.

Рекомендация. Нажмите кнопку HELP (СПРАВКА) для получения краткой справки по коду ошибки.

Табл. 7. Коды ошибок



Код ошибки	Тип испытания	Описание
1.1	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между зеленым и желтым входами ($V \geq 50,0$ В).
1.2	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между красным и синим входами, $V \geq 1520$ В, V_{AB} Полярность: ОТРИЦАТ. или перем. ток (при $V > 5,0$ В).
1.3	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между синим и желтым входами, $V \geq 30,0$ В.
1.4	Автоматическая предварительная проверка	Перегрузка по току короткого замыкания, $I_{SC} \geq 30,5$ А.
1.5	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между красным и зеленым (или синим и зеленым) входами, $V \geq 50,0$ В.
1.6	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между красным и синим входами, $V \geq 1520$ В, ≥ 720 В перем. тока, ОТРИЦАТ. (при $V \geq 5,0$ В).
1.7	Автоматическая предварительная проверка	Обнаружено недопустимое напряжение между зеленым и желтым входами, $V \geq 720,0$ В.
2.1	Автоматическая проверка	Перегрев (недопустимое повышение температуры)
3.1	Автоматическая проверка	Заполнение памяти
4.1	Постконтроль	Отказ предохранителя F4; обнаружен обрыв защитного предохранителя (30 А); замена должна выполняться квалифицированным специалистом.
4.2	Постконтроль	Отказ предохранителя F2; обнаружен обрыв защитного предохранителя (0,5 А; требуется замена для продолжения работ (см. раздел 7-1. «Замена предохранителя»).
4.3	Постконтроль	Отказ предохранителей F4 и F2; обнаружен обрыв обоих защитных предохранителей (30 А и 0,5 А); замена F4 должна выполняться квалифицированным специалистом.

5. Настройка тестера

- Данный комплект предназначен для анализа безопасности и производительности фотоэлектрических (ФЭ) систем в соответствии со стандартом IEC 62446-1. В состав комплекта входят тестер фотоэлектрических систем и измеритель инсоляции.
- Тестер служит для измерения параметров безопасности и рабочих характеристик фотоэлектрических систем.
- Измеритель инсоляции фиксирует вспомогательные данные: уровень солнечного излучения и температуру солнечных панелей. Эти сведения дополняют построенные тестером графики вольт-амперной характеристики и передаются на тестер по беспроводному каналу.
- При разрыве беспроводного соединения измеритель автоматически сохраняет данные во внутреннюю память для их последующей передачи после восстановления связи.
- В обоих устройствах предусмотрена синхронизация системного времени для точного сопоставления данных.


Примечание. Перед началом измерения вольт-амперной характеристики необходимо синхронизировать тестер и измеритель инсоляции (см. раздел 5-1. «Сопряжение тестера с измерителем инсоляции»).

• Для включения тестера фотоэлектрических систем:

1. Нажмите кнопку  на 1 секунду, чтобы включить тестер фотоэлектрических систем; на дисплее отобразится экран запуска с указанием версии прошивки.
2. Нажмите кнопку  на 2 секунды, чтобы выключить тестер фотоэлектрических систем.


5-1. Сопряжение тестера с измерителем инсоляции

Перед первым использованием необходимо выполнить сопряжение тестера фотоэлектрических систем с измерителем инсоляции:

1. Включите тестер фотоэлектрических систем и измеритель инсоляции.
2. Убедитесь, что оба прибора находятся в зоне действия беспроводной связи (расстояние между ними < 50 м).
3. Установите поворотный переключатель в положение «MENU» (МЕНЮ).
4. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз**, чтобы выбрать пункт «Device Settings» (Настройки прибора).
5. Нажмите кнопку **F1**, чтобы открыть меню настроек прибора.
6. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз**, чтобы выбрать пункт «Irradiance Meter Pairing» (Сопряжение измерителя инсоляции).
7. Нажмите кнопку **F1**.
8. Следуйте указаниям на дисплее тестера фотоэлектрических систем, чтобы выполнить сопряжение устройств.
9. Появление значка  на дисплее тестера подтверждает установку соединения между приборами.

Примечание. В дальнейшем приборы будут сопрягаться автоматически при включении в зоне действия беспроводной связи (< 50 м).

Синхронизация тестера фотоэлектрических систем и измерителя инсоляции для измерения вольт-амперной характеристики в начале рабочего дня:

1. Включите тестер фотоэлектрических систем и измеритель инсоляции.
2. Убедитесь, что оба прибора находятся в зоне действия беспроводной связи (расстояние между ними < 50 м).
3. Установите поворотный переключатель тестера в положение «IV CURVE» (ВАХ).
4. Нажмите кнопку **F4**.
5. Следуйте указаниям на дисплее тестера фотоэлектрических систем, чтобы выполнить синхронизацию устройств.
6. Появление значка  на дисплее тестера подтверждает установку соединения между приборами.

- При синхронизации тестер фотоэлектрических систем сопоставляет накопленные данные измерителя инсоляции с записями предыдущих сессий, синхронизирует время, после чего память измерителя очищается. Измеритель обеспечивает до 17 часов непрерывной записи.
- Предусмотрена возможность ручного ввода значений инсоляции и температуры.
- Более подробную информацию см. в разделе 5-8. «Проверка вольт-амперной характеристики».

Примечание. Если измеритель инсоляции уже смонтирован на панели, поднесите тестер в зону действия беспроводной связи для синхронизации.

5-2. Испытания по стандарту IEC 62446-1, категория 1

5-2-1. Визуальный контроль

- Стандарты IEC требуют проведения визуального контроля фотоэлектрической системы. Тестер предоставляет готовый чек-лист, фиксирует и сохраняет результаты проверки во внутренней памяти. Данные можно выгрузить на ПК для формирования финальных отчетов.
- Порядок проведения визуального контроля:
 1. Включите тестер фотоэлектрических систем.
 2. Установите поворотный переключатель в положение «**VISUAL**» (**ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ**) и следуйте указаниям на дисплее.
 3. Если справа отображается полоса прокрутки, используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для просмотра всех пунктов чек-листа.
 4. Выберите результат с помощью кнопки **F1**, **F2** или **F3**.
 5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**), чтобы сохранить результаты в памяти.
 6. На дисплее появляется сообщение с подтверждением сохранения.

5-2-2. Непрерывность защитных проводников заземления и уравнивания потенциалов

Для получения точных результатов всегда выполняйте компенсацию сопротивления измерительных проводов перед началом измерений:

1. Включите тестер фотоэлектрических систем.
2. Установите поворотный переключатель в положение **R_{Lo}**.
3. Обнулите (закоротите) зеленый и желтый провода.
4. Нажмите кнопку **F4**; более подробную информацию см. на рис. 1.
5. Следуйте указаниям на дисплее.
6. Для автоматического определения статуса «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение) установите нормативные пределы измерений.

Примечание. Предельные значения нельзя изменить для уже выполненного замера. При изменении пределов измерение необходимо провести повторно.

5-2-3. Установка предельных значений

Нормативный предел рассчитывается исходя из длины кабеля. Для настройки:

1. Включите тестер фотоэлектрических систем.
2. Установите поворотный переключатель в положение **R_{Lo}**.
3. Для выбора нужного параметра используйте кнопку **F1**, **F2**, **F3** или **F4**.
4. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы изменить параметр; на дисплее отобразится экран ручного ввода.
5. Нажмите кнопку **F1**, чтобы открыть меню настроек.
6. Для изменения значения используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз**.
7. При необходимости настройте сечение и материал проводника.
8. Нажмите кнопку **F3**, чтобы переключаться между экраном ручного ввода и экраном автоматического расчета предельного значения.
9. Нажмите кнопку **F4**, чтобы сохранить расчет и вернуться к экрану измерения **R_{Lo}**.

5-3. Измерение сопротивления (R_{LO})

Тестер фотоэлектрических систем проверяет непрерывность следующих цепей (R_{LO}) испытательным током ≥ 200 мА (при 2 Ом):

- проводников заземления и уравнивания потенциалов согласно IEC 62446-1 (п. 6.1);
- системы молниезащиты (LPS);
- системы защитного заземления.

5-3-1. Сопротивление проводников заземления и уравнивания потенциалов

Порядок проведения измерений:

1. Установите поворотный переключатель в положение R_{LO} .
2. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** выберите пункт «Equipotential Bonding» (Уравнивание потенциалов).
3. Нажмите кнопку **F1** для выбора режима «One Shot» («Однократное измерение», режим по умолчанию) и следуйте указаниям на дисплее.
4. Подключите зеленый измерительный провод к центральной шине заземления (PE) или контуру заземления.
5. Подключите желтый измерительный провод к точке измерения, например к металлической раме модуля или направляющим монтажной системы.
6. Нажмите кнопку «**TEST**» (ПРОВЕРКА) на тестере фотоэлектрических систем или на выносном щупе.
 - В этом режиме тестер фотоэлектрических систем выполняет короткий замер при прямой полярности (R_{LO+}), а затем — при обратной (R_{LO-}).
 - По завершении цикла на дисплее тестера отображаются оба значения. Наибольшее из них (худший результат) принимается за основное. На основании заданного предела для всех трех полученных значений выводится статус «PASS» (Норма) или «FAIL» (Отклонение).
 - Дополнительно на дисплее тестера отображается величина испытательного тока (I_{RLO}).

5-3-2. Проводники систем молниезащиты

Для измерения сопротивления в системе молниезащиты (LPS):



1. Установите поворотный переключатель в положение R_{LO} .
2. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** выберите пункт «Lightning Protection Conductor» (Проводник системы молниезащиты).
3. Нажмите кнопку **F4** для выбора режима «One Shot» («Однократное измерение», режим по умолчанию) и следуйте указаниям на дисплее.
 - В этом режиме тестер фотоэлектрических систем выполняет короткий замер при прямой полярности (R_{LO+}), а затем — при обратной (R_{LO-}).
 - По завершении цикла на дисплее тестера отображаются оба значения. Наибольшее из них (худший результат) принимается за основное.
 - На основании заданного предела для всех трех полученных значений выводится статус «PASS» (Норма) или «FAIL» (Отклонение).

5-3-3. Система заземления

- Для поиска неисправностей в системе заземления применяется метод непрерывного измерения сопротивления R_{LO} .
- Нажмите **F2** для замера **R+** при **прямой полярности** или **F3** для замера **R-** при **обратной полярности** и следуйте указаниям на дисплее.

5-4. Проверка полярности

Проверка полярности проводится согласно пункту 6.2 стандарта IEC 62446-1 для подтверждения правильности подключения положительного и отрицательного проводников к распределительной коробке, инвертору или распределительному устройству фотоэлектрической системы.



  **ОСТОРОЖНО.** Во избежание травм или повреждения системы все соединения должны выполняться с соблюдением полярности.

Порядок проведения проверки полярности:

1. Установите поворотный переключатель в положение **«V±POLARITY» (НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ)**.
2. Подключите красный измерительный провод к положительному контакту цепи фотоэлектрической системы, а синий — к отрицательному.

Рекомендация. Нажмите кнопку **«HELP» (СПРАВКА)**, чтобы посмотреть схему подключения.

3. Следуйте указаниям на дисплее.

- В верхней части экрана отображается текущее напряжение на измерительных проводах.
- При напряжении > 5 В тестер автоматически определяет статус:  **«PASS» («Норма**», положительное напряжение) или  **«Fail» («Отклонение**», отрицательное напряжение).
- При обнаружении переменного напряжения на дисплее появится предупреждение.

5-4-1. Распределительная коробка цепей

Процедура выполняется согласно пункту 6.3 стандарта IEC 62446-1 перед первым включением предохранителей или разъемов цепей:

- Подключите все отрицательные предохранители или разъемы, чтобы объединить цепи на общей отрицательной шине.
- Не подключайте положительные предохранители или разъемы.
- Измерьте напряжение холостого хода первой цепи (красный измерительный провод на «+», синий — на «-») и убедитесь, что оно соответствует расчетному значению.
- Проведите замеры на остальных цепях; убедитесь, что значения соответствуют расчетным и отклонение от предыдущих замеров не превышает ± 15 В.

Порядок проведения проверки предохранителей в цепи:

1. Установите поворотный переключатель в положение **«V±POLARITY» (НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ)**.
2. Нажмите кнопку **«HELP» (СПРАВКА)**, чтобы посмотреть схему подключения.
3. Следуйте указаниям на дисплее.

5-4-2. Цепь фотоэлектрической системы

Измерение напряжения холостого хода и проверка рабочего тока (испытание на короткое замыкание или проверка в эксплуатационном режиме).

Измерение напряжения холостого хода (V_{oc})

- Измерение напряжения холостого хода (V_{oc}) согласно пункту 6.4 стандарта IEC 62446-1.
- Данный тест подтверждает правильность коммутации цепей и соответствие количества последовательно соединенных модулей проектной документации.
- При последовательном соединении измеренное напряжение должно быть равно сумме напряжений всех солнечных панелей в цепи.
- Тест также может применяться для проверки выходного напряжения отдельной панели.

Проверка тока цепи — испытание на короткое замыкание (I_{sc})

- Проверка тока цепи согласно пункту 6.5.2 стандарта IEC 62446-1 представляет собой измерение тока короткого замыкания для подтверждения корректности рабочих характеристик системы и отсутствия критических дефектов в проводке фотоэлектрической батареи. Данный тест не является инструментом оценки фактической производительности модулей или батарей.
- Результаты замера тока короткого замыкания необходимо сравнивать с техническими характеристиками солнечных панелей. Тестер выполняет расчеты автоматически, если в него загружены спецификации солнечных панелей и переданы данные об инсоляции и температуре с внешнего измерителя.

Рабочий метод испытания

Альтернативный метод проверки I_{sc} (см. пункт 6.5.3 стандарта IEC 62446-1).

Порядок проведения проверки:

1. Загрузите технические характеристики панели.
2. Выберите модель фотоэлектрической системы.
3. Введите количество модулей в каждой цепи.
4. Установите измеритель инсоляции на солнечной панели для проведения измерений.
5. Установите поворотный переключатель в положение « V_{oc}/I_{sc} ».
6. Подключите красный измерительный провод к положительному разъему цепи, а синий — к отрицательному.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения.

7. Следуйте указаниям на дисплее.

Тестер фотоэлектрических систем автоматически присваивает статус «PASS» (Норма) или «FAIL» (Отклонение) результатам измерения напряжения холостого хода и тока короткого замыкания на основе данных выбранной модели фотоэлектрической панели и указанного количества модулей.

5-5. Проверка напряжения/тока (V_{oc}/I_{sc})

- Измерение V_{oc} проводится согласно пункту 6.4 стандарта IEC 62446-1 для определения максимального напряжения солнечной панели при стандартных условиях испытаний.
- Измерение I_{sc} проводится согласно пункту 6.5.2 стандарта IEC 62446-1 для определения максимального тока солнечной панели при стандартных условиях испытаний.

Порядок проведения проверки:

1. Установите измеритель инсоляции на солнечной панели для проведения измерений.
2. Установите поворотный переключатель тестера в положение « V_{oc}/I_{sc} ».
3. Задайте предельное значение для V_{oc} . Расчет пределов при стандартных условиях испытаний выполняется на основе полученных от измерителя данных об инсоляции и параметров выбранной модели фотоэлектрической системы.
4. Задайте предельное значение для I_{sc} . Расчет пределов при стандартных условиях испытаний выполняется на основе параметров выбранной модели фотоэлектрической системы и данных об инсоляции (I_{rr}) и температуре ячеек (T_{cell}), которые поступают от измерителя инсоляции и отображаются на дисплее тестера.
5. Подключите красный измерительный провод к положительному разъему цепи, а синий — к отрицательному.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

6. После подключения измерительных проводов на дисплее отобразится значение V_{oc} .

Примечание. При обнаружении обратной полярности тестер подаст звуковой сигнал и выведет предупреждение об ошибке.

7. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) для запуска измерения I_{sc} . По завершении на экране отобразятся полученные значения V_{oc} и I_{sc} со статусом «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение), рассчитанным на основе данных измерителя инсоляции.
8. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-5-1. Выбор модели фотоэлектрической системы

Если измеритель инсоляции не подключен, автоматический расчет пределов, а также отображение данных об инсоляции и температуре будут недоступны.

Порядок проведения измерений:

1. Подключите измерительные провода тестера фотоэлектрических систем к солнечной панели.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

2. Измеренное значение V_{oc} отобразится на дисплее сразу после подключения измерительных проводов. Статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение) в данном режиме не выводится.
3. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) для запуска измерения I_{sc} ; полученные значения V_{oc} и I_{sc} отобразятся на дисплее.
4. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-5-2. Сопряжение только с измерителем инсоляции

Если измеритель инсоляции подключен, но модель фотоэлектрической системы не выбрана, автоматический расчет пределов недоступен. На дисплее отображаются только текущие данные об инсоляции и температуре от измерителя.

Порядок проведения измерений:

1. Подключите измерительные провода тестера к солнечной панели — измеренное значение V_{oc} автоматически отобразится на дисплее.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения.

2. После подключения измерительных проводов на дисплее отобразятся измеренное значение V_{oc} , а также полученные от измерителя данные об инсоляции (Irr) и температуре ячеек (Tcell). Статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение) в данном режиме не выводится.
3. Нажмите кнопку «TEST» (ПРОВЕРКА) для запуска измерения I_{sc} ; полученные значения V_{oc} и I_{sc} отобразятся на дисплее.
4. Нажмите кнопку «SAVE» (СОХРАНИТЬ) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-5-3. Быстрое измерение V_{oc}/I_{sc}

Вы можете выполнить быстрое измерение V_{oc}/I_{sc} без подключения измерителя инсоляции или выбора модели фотоэлектрической системы. В этом режиме предельные значения для присвоения статуса «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение) и данные об инсоляции не отображаются.

Порядок проведения измерений:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических параметров в положение « V_{oc}/I_{sc} ».
2. Подключите измерительные провода к солнечной панели — измеренное значение V_{oc} автоматически отобразится на дисплее.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения; при напряжении ≥ 50 В загорается символ высокого напряжения.

3. Нажмите кнопку «TEST» (ПРОВЕРКА) для запуска измерения I_{sc} . По завершении на экране отобразятся полученные значения V_{oc} и I_{sc} . Статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение) в данном режиме не выводится.
4. Нажмите кнопку «SAVE» (СОХРАНИТЬ) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-5-4. Измерение V_{oc} и рабочего тока

Измерение рабочего тока является альтернативным методом проверки I_{sc} согласно пункту 6.5.3 стандарта IEC 62446-1. Порядок проведения измерений:

1. Подключите цепь фотоэлектрической системы к инвертору и включите систему в режим нормальной эксплуатации (инвертор должен находиться в точке максимальной мощности). Рекомендуется использовать Y-разветвители для параллельного измерения напряжения цепи.
2. Установите поворотный переключатель в положение « V_{oc}/I_{sc} ».
3. Подключите измерительные провода к солнечной панели — измеренное значение V_{oc} автоматически отобразится на дисплее.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения.

4. Нажмите кнопку «TEST» (ПРОВЕРКА) для запуска измерения V_{oc} ; полученное значение V_{oc} отобразится на дисплее.
 - Если выбрана модель фотоэлектрической системы и подключен измеритель инсоляции, на дисплее отображается статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение).
 - Функция измерения V_{oc} станет неактивной (серой) и будет отмечена галочкой, подтверждая завершение этапа.
 - Функция измерения рабочего тока станет активной (подсветится).
5. Подсоедините токовые клещи и убедитесь, что направление тока/полярность соответствуют стрелке на корпусе клещей.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения.

6. Нажмите кнопку «TEST» (ПРОВЕРКА) для запуска измерения рабочего тока.

5-6. Испытания мощности (перем./пост. ток) и функциональные проверки

Данные испытания проводятся согласно пункту 6.6. стандарта IEC 62446-1 для проверки выходной мощности фотоэлектрической системы и подтверждения корректности преобразования постоянного тока, вырабатываемого панелями, в переменный ток.

5-6-1. Проверка эффективности однофазного инвертора

Процедура включает измерение мощности на входе (пост. ток) и выходе (перем. ток) с последующим расчетом КПД.

Порядок измерения параметров постоянного тока:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение «**FUNC./PAC/DC**». На дисплее отобразятся пустые поля, готовые для сравнения значений постоянного и переменного тока.
2. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы задать предельное значение КПД.
3. Подключите цепь фотоэлектрической системы к инвертору и включите систему в режим нормальной эксплуатации (инвертор должен находиться в точке максимальной мощности).
4. Подключите красный измерительный провод параллельно к положительному контакту цепи фотоэлектрической системы, а синий — параллельно к отрицательному.
5. Подсоедините токовые клещи и убедитесь, что направление тока/полярность соответствуют стрелке на корпусе клещей.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

6. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
7. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера постоянного тока. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных.
8. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, если требуется сбросить значения в столбце постоянного тока и вернуться в исходное состояние.

Порядок измерения переменного тока:

1. Подключите измерительные провода к выходу переменного тока инвертора.
2. Установите токовые клещи.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

3. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
4. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера переменного тока. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных. Прибор автоматически рассчитает коэффициент эффективности (КПД) и выведет статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение).
5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-6-2. Проверка эффективности трехфазного инвертора

Процедура включает измерение мощности на входе (пост. ток) и выходе (перем. ток) ($L1+L2+L3$) с последующим расчетом КПД.

Порядок проведения измерений:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение «**FUNC./P_{AC/DC}**». На дисплее отобразятся пустые поля, готовые к проверке трехфазной системы.
2. Нажмите кнопку со стрелкой **вверх** для переключения между однофазным и трехфазным режимами.
3. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы задать предельное значение КПД.
4. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
5. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера постоянного тока. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных.
6. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
7. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера переменного тока L1. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных.
8. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
9. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера переменного тока L2. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных.
10. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**).
11. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера переменного тока L3. Синий цвет заголовка столбца подтверждает фиксацию данных. Прибор автоматически рассчитает коэффициент эффективности (КПД) и выведет статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение).
12. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-6-3. Измерение напряжения перем./пост. тока

Однократное измерение напряжения с автоматическим определением типа тока (переменный или постоянный).

Порядок проведения измерений:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических параметров в положение «**FUNC./P_{AC/DC}**».
2. Нажмите кнопку **F2** для измерения напряжения; тире на дисплее указывают на отсутствие подключенных проводов.
3. Подключите измерительные провода к проверяемой цепи, и тестер фотоэлектрических систем автоматически определит тип напряжения (переменное или постоянное).

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

4. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера на экране; данные измерений будут зафиксированы.
5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-6-4. Измерение перем./пост. тока

Однократное измерение тока с автоматическим определением типа (переменный или постоянный).

Порядок проведения измерений:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических параметров в положение «**FUNC./PAC/DC**».
2. Для измерения тока нажмите кнопку **F2**. Эта кнопка служит для переключения между режимами измерения напряжения и тока. Тире на дисплее указывают на отсутствие подключенных к тестеру измерительных проводов.
3. Подключите измерительные провода к проверяемой цепи, и тестер фотоэлектрических систем автоматически определит тип тока (переменный или постоянный).

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

4. Нажмите кнопку **F3**, чтобы зафиксировать результаты замера на экране; данные измерений будут зафиксированы.
5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-6-5. Функциональные испытания

Чек-лист для проведения функциональных испытаний.

Порядок проведения проверки:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических параметров в положение «**FUNC./PAC/DC**».
2. Нажмите кнопку **F3**, чтобы начать регистрацию результатов функциональных испытаний.
3. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для перемещения по пунктам чек-листа.
4. Используйте кнопки **F1** и **F2** для выбора статуса «Pass» (Норма), «Fail» (Отклонение) или «N/A» (Нет данных).
5. Нажмите кнопку **F4** (Назад), чтобы вернуться к экрану измерения мощности.

Рекомендация. Если заполнен хотя бы один пункт, кнопка **F3** становится доступной. Все результаты сохраняются на дисплее до начала новой сессии, независимо от выключения прибора или перерыва в работе.

6. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-7. Испытание сопротивления изоляции (R_{INS})

- Режим R_{INS} предназначен для проверки сопротивления изоляции между землей и фотоэлектрической батареей согласно пункту 6.7 стандарта IEC 62446-1.
- Данное испытание проводится как минимум для каждой батареи или секции батареи; при необходимости допускается проверка отдельных цепей.

5-7-1. Метод испытания 1 (без перекоммутации проводов)

Этот метод предполагает последовательный замер между отрицательной клеммой фотоэлектрической батареи и землей, а затем между положительной клеммой и землей без изменения схемы подключения (без перекоммутации проводов).

Порядок проведения проверки:

1. Установите поворотный переключатель тестера функциональных систем в положение « R_{INS} ».
2. Подключите измерительные провода к солнечной панели.

Рекомендация. Нажмите кнопку «HELP» (СПРАВКА), чтобы посмотреть схему подключения.

Если рамы модулей и точки заземления соединены с общим контуром заземления:

- | | |
|---|---|
| a | Подключите зеленый измерительный провод к контуру заземления. |
| b | Подключите красный измерительный провод к положительной клемме фотоэлектрической батареи. |
| c | Подключите синий измерительный щуп к отрицательной клемме фотоэлектрической батареи. |



Если рамы не соединены с точками заземления (класс защиты оборудования II):

- | | |
|---|---|
| a | Подключите зеленый измерительный провод к раме фотоэлектрической батареи. |
| b | Подключите красный измерительный провод к положительной клемме фотоэлектрической батареи. |
| c | Подключите синий измерительный щуп к отрицательной клемме фотоэлектрической батареи. |

3. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** выберите номинальное испытательное напряжение ($V_N = 50/100/250/500/1000$ В). Выбранное значение определит предельное значение для оценки соответствия.

4. После подключения проводов нажмите кнопку «TEST» (ПРОВЕРКА) и удерживайте ее нажатой > 1 с для запуска измерения R_{INS} (1). Во время измерения на дисплее будут мигать символы «тире», после чего отобразятся результаты:

R_{INS}	Наименьшее значение R_{INS+} или R_{INS-}
R_{INS+}	Сопротивление изоляции между PV+ и землей
R_{INS-}	Сопротивление изоляции между PV- и землей
V_{INS+}	Фактическое напряжение, поданное прибором во время соответствующего замера (между PV+ и землей)
V_{INS-}	Фактическое напряжение, поданное прибором во время соответствующего замера (между PV- и землей)

- **Норма (Pass **): короткий звуковой сигнал; результаты превышают установленный предел.
 - **Отклонение (Fail **): прерывистый звуковой сигнал; результаты ниже допустимого предела.
5. Нажмите кнопку «SAVE» (СОХРАНИТЬ) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

Примечание. Если сопротивление изоляции, полученное при проверке R_{INS} (1 или 2), выходит за допустимые рамки, используйте режим непрерывного измерения для локализации места пробоя или утечки в изоляции, см. раздел 5-7-3. «Непрерывное измерение».

5-7-2. Метод испытания 2 (по умолчанию)

- Метод испытания 2 (по умолчанию) предполагает измерение сопротивления между землей и короткозамкнутой батареей, сначала для положительной, затем для отрицательной клеммы.
 - В этом методе также используется опция «без перекоммутации проводов».
1. Установите поворотный переключатель тестера функциональных систем в положение « R_{INS} ».
 2. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** выберите номинальное испытательное напряжение ($V_N = 50/100/250/500/1000$ В). Выбранное значение определит предельное значение для оценки соответствия.
 3. Подключите измерительные провода к фотоэлектрической батарее.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

Если рамы модулей и точки заземления соединены с общим контуром заземления:

- | | |
|---|---|
| a | Подключите зеленый измерительный провод к заземлению. |
| b | Подключите красный измерительный провод к положительной клемме фотоэлектрической батареи. |
| c | Подключите синий измерительный провод к отрицательной клемме фотоэлектрической батареи. |



Если рамы не соединены с точками заземления (класс защиты оборудования II):

- | | |
|---|---|
| a | Подключите зеленый измерительный провод к раме фотоэлектрической батареи. |
| b | Подключите красный измерительный провод к положительной клемме фотоэлектрической батареи. |
| c | Подключите синий измерительный провод к отрицательной клемме фотоэлектрической батареи. |

4. После подключения проводов нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) для запуска измерения R_{INS} (2). По завершении результаты отобразятся на дисплее:

Примечание. Во время замера на экране отображаются тире и значок высокого напряжения.

R_{INS} (2)	Измеренное сопротивление изоляции
V_{INS}	Фактическое напряжение, поданное прибором во время проверки изоляции

- **Норма (Pass **): короткий звуковой сигнал; результаты превышают установленный предел.
 - **Отклонение (Fail **): прерывистый звуковой сигнал; результаты ниже допустимого предела.
5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

Примечание. Если сопротивление изоляции, полученное при проверке R_{INS} (1 или 2), выходит за допустимые рамки, используйте режим непрерывного измерения для локализации места пробоя или утечки в изоляции, см. раздел 5-7-3. «**Непрерывное измерение**».

5-7-3. Непрерывное измерение

- Вы можете измерять сопротивление R_{INS} между любыми двумя точками фотоэлектрической системы; данный режим помогает локализовать неисправности изоляции в кабельных линиях.
- Для получения точных результатов рекомендуется отключать солнечные модули, так как они могут влиять на показания. Порядок измерения:

1. Установите поворотный переключатель тестера функциональных систем в положение «**R_{INS}**».
2. Нажмите кнопку **F3** для входа в режим непрерывного измерения R_{INS} .
3. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** выберите номинальное испытательное напряжение ($V_N = 50/100/250/500/1000$ В). Выбранное значение определит предельное значение для оценки соответствия.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

4. После подключения проводов нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) и удерживайте ее нажатой > 1 с для запуска измерения R_{INS} . Во время измерения на дисплее будут мигать символы «тире», после чего отобразятся результаты:
 - Результаты в режиме реального времени: данные обновляются каждую секунду.
 - Зеленая галочка появляется, если результат выше предельного значения.
5. В любое время нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) и удерживайте ее нажатой > 1 с, чтобы приостановить и зафиксировать данные на экране.
6. Еще раз нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) и удерживайте ее нажатой > 1 с, чтобы возобновить измерение.
7. Перемещайте измерительные провода вдоль кабеля вверх и вниз по кабелю, пока не обнаружите проблемный участок:
 - Рядом со значением сопротивления ниже предела появится символ ошибки «**⊗**».
 - Прерывистый звуковой сигнал укажет на то, что обнаружено отклонение, и испытание не пройдено.
8. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.
9. Перейдите к следующей точке (сброс данных не требуется, если вы их не сохраняете) или к следующему испытанию.

5-7-4. Испытание сопротивления изоляции во влажной среде

- Данное испытание проводится согласно пункту 8.3. стандарта IEC 62446-1 и является эффективным методом поиска неисправностей.
- Этот тест позволяет оценить состояние изоляции в условиях повышенной влажности (имитация дождя или росы). Он подтверждает, что к активным частям цепей не проникает влага, которая может стать причиной коррозии, замыкания на землю или поражения персонала электрическим током.
- Этот метод эффективен для выявления внешних дефектов (повреждение кабеля, негерметичность распределительных коробок), ошибок монтажа
- и производственного брака (проколы подложки, микротрещины корпусов, плохая заливка диодов, использование неподходящих (предназначенных для внутренней установки) разъемов).
- Испытание изоляции во влажной среде проводится в тех случаях, когда результаты испытания в сухой среде сомнительны, или есть подозрения на производственные дефекты.
- Испытание проводится либо для всей батареи целиком, либо (в крупных системах) для отдельных ее частей — компонентов или секций батареи. Выборочное тестирование конкретных сегментов выполняется при обнаружении или подозрении на неисправности по результатам других проверок. В ряде случаев испытание изоляции во влажной среде может потребоваться для контрольной выборки модулей в составе батареи.
- Процедура замера идентична описанной в разделах 5-7-1. «Метод испытания 1 (без перекоммутации проводов)» или 5-7-2. «Метод испытания 2» (по умолчанию).

5-8. Снятие воль-амперной характеристики

- Измерение V_{oc} проводится согласно пункту 7.2 стандарта IEC 62446-1 для определения максимального напряжения солнечной панели при стандартных условиях испытаний.
- Измерение I_{sc} проводится для определения максимального тока солнечной панели при стандартных условиях испытаний. Порядок измерения:
 1. Установите поворотный переключатель тестера функциональных систем в положение «**I-V Curve**» (**ВАХ**). На дисплее отобразится таблица вольт-амперной характеристики с индикацией статуса подключения измерителя инсоляции и выбранной модели фотоэлектрической системы к тестеру.

Если устройства не подключены:

- a. Нажмите кнопку **F4** для сопряжения измерителя инсоляции с тестером фотоэлектрических систем. Более подробную информацию см. в разделе **5-1. «Сопряжение тестера фотоэлектрических систем с измерителем инсоляции»**.
- b. Нажмите кнопку **F3**, чтобы выбрать модель фотоэлектрической системы из базы данных. После подключения отобразится таблица вольт-амперной характеристики:
 - текущие значения инсоляции, передаваемые с измерителя инсоляции;
 - текущие значения температуры ячеек, передаваемые с измерителя инсоляции;
 - номинальные параметры выбранной модели фотоэлектрической системы.
2. Нажмите кнопку **F2**, чтобы просмотреть график вольт-амперной характеристики. На графике отображаются:
 - номинальная кривая на основе паспортных данных фотоэлектрической системы;
 - доверительная зона, ограничивающая диапазон допустимых отклонений ($\pm 5\%$) от номинальной кривой.
3. Подключите красный измерительный провод к положительному контакту цепи фотоэлектрической батареи, а синий — к отрицательному.

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

4. Закрепите измеритель инсоляции на панели с помощью кронштейна.
5. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) для запуска измерения и построения кривой ВАХ. На дисплее отобразится индикатор выполнения.
6. Нажмите кнопку **F1** для отмены теста.

Примечание. При обнаружении переплюсовки в начале теста прибор выведет предупреждение. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

7. По завершении испытания результаты отобразятся в таблице вольт-амперной характеристики:
 - В столбце STC отображаются значения, приведенные к стандартным условиям.
 - Для каждой строки отображается статус «Pass» (Норма) или «Fail» (Отклонение).
 - В столбце MEAS (измеренные значения) отображаются фактические значения.
8. Нажмите кнопку **F2**, чтобы просмотреть графики: измеренная кривая и кривая STC будут наложены на номинальную доверительную зону.
9. Используйте кнопки со стрелкой **вверх** или **вниз** для переключения режимов отображения:
 - Расширенная таблица: детальный просмотр измеренных параметров.
 - Расширенный график: отображение измеренной характеристики в виде черной линии.
10. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с идентификационным номером, после чего устройство вернется в режим готовности (данные STC и MEAS будут очищены).

Примечание. Вопросительный знак на вкладке модели фотоэлектрической системы напоминает о необходимости актуализации данных модели перед следующим тестом.


5-9. Дополнительные испытания

Проверка диодов проводится в соответствии с требованиями пункта 8.2 стандарта IEC 62446-1.

5-9-1. Проверка байпасных диодов

Байпасные диоды защищают солнечные элементы от перегрева и выгорания, направляя ток в обход затененных или поврежденных ячеек.

Порядок настройки:

1. Установите поворотный переключатель тестера функциональных систем в положение «». На дисплее отобразится режим «Bypass Diode» (Байпасные диоды). Если режим не активировался, нажмите кнопку **F1**.
2. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы задать предельное значение для присвоения статуса «Pass» (Норма)/«Fail» (Отклонение) по результатам измерения напряжения на диоде.

Порядок настройки предельного значения:

Используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для выбора нужных параметров.

Нажмите кнопку **F1** для активации выбранного параметра и его редактирования на новом экране.

Нажмите кнопку **F4** для сохранения предельного значения и возврата к основному меню проверки диодов.

Нажмите кнопку **F3** для ручного ввода предельного значения для байпасных диодов.

Используйте кнопки **F1** и **F2** для выбора разряда, который нужно отредактировать.

Используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для изменения значения.



Нажмите кнопку **F4** (Назад), чтобы вернуться к экрану настройки предельного значения.

3. Подключите измерительные провода тестера фотоэлектрических систем к байпасному диоду: зеленый — к аноду (+), желтый — к катоду (-).

Рекомендация. Нажмите кнопку «**HELP**» (**СПРАВКА**), чтобы посмотреть схему подключения.

⚠ ВНИМАНИЕ. Во время теста модуль не должен генерировать энергию. Солнечная панель (испытываемое устройство) должна быть полностью затененной или находиться в темноте.

4. Нажмите кнопку «**TEST**» (**ПРОВЕРКА**) для запуска измерения. После завершения измерения на дисплее отобразятся измеренное напряжение и ток на байпасном диоде.

- **Норма (Pass):**  короткий звуковой сигнал; результаты превышают установленный предел.
- **Отклонение (Fail):**  прерывистый звуковой сигнал (на низкой частоте); результаты ниже допустимого предела.

Примечание. Прибор проверяет, находится ли падение напряжения в норме. Слишком низкое напряжение указывает на короткое замыкание диода, индикация «**OL**» — на его обрыв.


5. Нажмите кнопку «**SAVE**» (**СОХРАНИТЬ**) для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

Поиск и устранение неисправностей: если напряжение не соответствует норме, используйте режим непрерывного испытания для локализации вышедшего из строя диода, см. раздел **5-9-3. «Непрерывное испытание диодов».**

5-9-2. Проверка блокирующих диодов

- Блокирующие диоды обеспечивают протекание тока только в одном направлении — от группы солнечных батарей к инвертору, внешней нагрузке, контроллеру или аккумуляторным батареям. Это предотвращает протекание обратного тока, генерируемого параллельно подключенными фотоэлектрическими панелями, через затененные участки и исключает разрядку полностью заряженных аккумуляторных батарей через солнечные батареи в ночное время.
- Блокирующие диоды могут выходить из строя как по причине короткого замыкания, так и из-за обрыва цепи.

Порядок настройки:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение  \rightarrow По умолчанию прибор перейдет в режим проверки байпасных диодов.
2. Нажмите кнопку **F2** для перехода в режим проверки блокирующих диодов.
3. Подключите измерительные провода тестера фотоэлектрических систем к блокирующему диоду, зеленый — к аноду (+), желтый — к катоду (-).

Рекомендация. Нажмите кнопку **«HELP» (СПРАВКА)**, чтобы посмотреть схему подключения.

Примечание. Проверку блокирующих диодов можно проводить в работающих системах без отключения модулей и снятия напряжения.

4. С помощью кнопки со стрелкой **вниз** можно установить предельный уровень прохождения/непрохождения теста при измерении напряжения блокирующего диода.



Порядок настройки предельного значения:

Используйте кнопки F1 и F2 для выбора разряда, который нужно отредактировать.

Используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для изменения значения.

Нажмите кнопку F4 (Назад), чтобы вернуться к экрану проверки блокирующих диодов.

5. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** для запуска измерения. По завершении на дисплее отобразятся фактическое напряжение и ток на блокирующем диоде.

- **Норма (Pass **): короткий звуковой сигнал; результаты превышают установленный предел.
- **Отклонение (Fail **): прерывистый звуковой сигнал; результаты ниже допустимого предела.

Примечание. Прибор проверяет, находится ли падение напряжения в норме. Слишком низкое напряжение указывает на короткое замыкание диода, индикация **«OL»** — на его обрыв.


6. Нажмите кнопку **«SAVE» (СОХРАНИТЬ)** для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

Поиск и устранение неисправностей: если напряжение не соответствует норме, используйте режим непрерывного испытания для локализации вышедшего из строя диода, см. раздел **5-9-3. «Непрерывное испытание диодов»**.

5-9-3. Непрерывное испытание диодов

Режим непрерывного испытания используется для проверки каждого отдельного диода фотоэлектрической ячейки и локализации неисправных компонентов.

Порядок настройки:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение  ; по умолчанию прибор перейдет в режим проверки байпасных диодов.
2. Нажмите кнопку **F3** для активации режима непрерывного испытания диодов.
3. Подключите измерительные провода тестера фотоэлектрических систем к диоду внутри распределительной коробки или к демонтированному диоду, зеленый — к аноду (+), желтый — к катоду (-).

Рекомендация. Нажмите кнопку **«HELP» (СПРАВКА)**, чтобы посмотреть схему подключения.

⚠ ВНИМАНИЕ. При проведении данного теста диоды не должны находиться под напряжением или в рабочей цепи.

4. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы задать предельное значение для присвоения статуса «Pass» (Норма)/«Fail» (Отклонение) по результатам измерения напряжения на диоде.


Порядок настройки предельного значения:


Используйте кнопки **F1** и **F2** для выбора разряда, который нужно отредактировать.

Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для изменения значения.

Нажмите кнопку **F4 (Назад)**, чтобы вернуться к экрану проверки блокирующих диодов.

5. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** для запуска измерения. После завершения измерения на дисплее отобразятся фактическое напряжение и ток на диоде; данные обновляются каждую секунду.

• **Норма (Pass )**: короткий звуковой сигнал; результаты превышают установленный предел.

• **Отклонение (Fail )**: прерывистый звуковой сигнал; результаты ниже допустимого предела.

Примечание. Прибор проверяет, находится ли падение напряжения в норме. Слишком низкое напряжение указывает на короткое замыкание диода, индикация **«OL»** — на его обрыв.


Рекомендация. Рекомендуется повторить замер с обратной полярностью (желтый к аноду (+), зеленый к катоду (-)) — в исправном состоянии прибор должен всегда показывать **«OL»**.

6. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** для фиксации показаний на экране. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** еще раз, чтобы возобновить измерение.
7. Нажмите кнопку **«SAVE» (СОХРАНИТЬ)** для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-9-4. Проверка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)

Проверка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) проводится для подтверждения работоспособности испытуемого устройства (DUT).

Порядок настройки:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение  ; по умолчанию прибор перейдет в режим проверки байпасных диодов.
2. Нажмите кнопку **F4** для перехода в режим испытания УЗИП; на дисплее отобразятся пустые поля для результатов измерений.
3. Нажмите кнопку со стрелкой **вниз**, чтобы открыть меню и задать предельное значение для присвоения статуса «Pass» (Норма)/«Fail» (Отклонение) по результатам измерения напряжения на диоде.

Порядок настройки предельного значения:

Используйте кнопки **F1** и **F2** для выбора разряда, который нужно отредактировать.


Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для изменения значения.

Нажмите кнопку **F4** (Назад), чтобы вернуться к экрану проверки УЗИП.

4. Подключите измерительные провода тестера к фотоэлектрической батарее, синий провод — к одному контакту УЗИП, зеленый — к другому контакту.

Рекомендация. Нажмите кнопку **«HELP» (СПРАВКА)**, чтобы посмотреть схему подключения.

5. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** и удерживайте ее нажатой > 1 с для запуска измерения.

Примечание. В процессе обработки данных на дисплее будет отображаться символ «» до момента стабилизации показаний. По завершении на экране появится измеренное значение напряжения.


6. Нажмите кнопку **«SAVE» (СОХРАНИТЬ)** для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

5-10. Автоматическая последовательность испытаний

Тестер фотоэлектрических систем поддерживает режим «Auto Test», который автоматически выполняет последовательность измерений на основе различных комбинаций параметров:


- С испытанием изоляции или без него.
- Категория 1 или категории 1+2.
- Класс защиты I или класс защиты II.

Порядок настройки:

1. Установите поворотный переключатель тестера фотоэлектрических систем в положение **«АУТО» (АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ)**; по умолчанию прибор перейдет в режим автоматической проверки.
2. Используйте кнопки со стрелкой **вверх** или **вниз** для прокрутки доступных шаблонов автоматических тестов. Дисплей будет обновляться, показывая детали выбранного теста.
3. Нажмите кнопку **F4** для изменения настроек автоматического теста.
 - Символ «» указывает на то, что модель фотоэлектрической системы не выбрана, или измеритель инсоляции не подключен. В этом случае после нажатия **F4** выполните следующее:

a	Измените тип теста.
b	Введите данные модели фотоэлектрической системы.
c	Выполните сопряжение с измерителем инсоляции, см. раздел 5-1. «Сопряжение тестера фотоэлектрических систем с измерителем инсоляции».
d	Используйте кнопку со стрелкой вверх или вниз для выбора опции «Set V_N » (Задать V_N).
e	Выберите значение V_N (доступно только для автоматических тестов, включающих измерение R_{INS}).
f	Выберите предельное значение R_{LO} .
g	Следуйте указаниям на дисплее для обнуления измерительных проводов.

Рекомендация. На дисплее отображается схема подключения тестера к фотоэлектрической батарее в зависимости от выбранного автоматического теста.

- Символ «» указывает на то, что модель фотоэлектрической системы выбрана, и измеритель инсоляции подключен.
4. Нажмите кнопку **«TEST» (ПРОВЕРКА)** для запуска автоматического теста. На дисплее будет отображаться ход выполнения последовательности испытаний. По завершении появится сообщение «Auto Test Complete» (Автоматический тест выполнен).
 5. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для просмотра списка выполненных испытаний и их результатов.
 6. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для прокрутки результатов.
 7. Нажмите кнопку **F3**, чтобы очистить результаты испытаний без сохранения.
 8. Нажмите кнопку **«SAVE» (СОХРАНИТЬ)** для сохранения результатов. На дисплее появится подтверждение с номером записи (ID), после чего прибор вернется в режим готовности.

6. Меню

Функция «Menu» (Меню) включает следующие разделы: «Memory» (Память), «Device Settings» (Настройки прибора) и «Help» (Справка).

Порядок работы с меню:

1. Установите поворотный переключатель в положение «**MENU**» (**МЕНЮ**).
2. Используйте кнопку со стрелкой **вверх** или **вниз** для выбора нужного раздела.
3. Нажмите кнопку **F1**, чтобы открыть выбранный раздел меню.
4. Следуйте указаниям на дисплее.

6-1. Выгрузка результатов измерений

- Для управления данными вы можете передать результаты измерений из памяти тестера на ПК, используя кабель Type-C.
 - Для выгрузки данных подключите кабель передачи данных TYPE-C к USB-порту прибора:
1. Выключите тестер.
 2. Схема подключения кабеля передачи данных TYPE-C к USB-порту компьютера показана на рис. 2.



Рис. 2

3. Запустите на компьютере программное обеспечение **Smart Power**.
4. Включите тестер фотоэлектрических систем.
5. Подробные инструкции по настройке даты/времени и экспорту данных из памяти тестера приведены в руководстве к программному обеспечению Smart Power.

6-2. Загрузка базы данных фотоэлектрических модулей

Для получения подробных инструкций по загрузке характеристик модулей в память тестера обратитесь к документации на **программное обеспечение Smart Power**.

7. Техническое обслуживание

⚠ ⚠ ОСТОРОЖНО. Во избежание поражения электрическим током, возгорания или получения травм:

- Запрещается использовать прибор при обнаружении утечки электролита из батарей.
- Ремонт прибора должен выполнять только уполномоченный технический персонал.
- Используйте только оригинальные запасные части.
- Для обеспечения защиты от дугового разряда заменяйте перегоревшие предохранители только на идентичные по номиналу и характеристикам.
- Не эксплуатируйте прибор со снятыми крышками или открытым корпусом — это может привести к контакту с опасным напряжением.
- Перед очисткой прибора отсоедините все измерительные провода.


7-1. Очистка

- Периодически протирайте корпус влажной салфеткой с использованием мягкого моющего средства. Загрязнение или попадание влаги в разъемы может исказить результаты измерений.
- Запрещается использовать абразивные материалы или растворители.

Для очистки разъемов:

1. Выключите тестер и отсоедините все провода.
2. Вытряхните скопившуюся в разъемах грязь.
3. Протрите внутреннюю полость каждого разъема чистой ватной палочкой, смоченной спиртом.

7-2. Замена предохранителей

1. Нажмите кнопку «» для выключения тестера.
2. Отсоедините измерительный провод от клеммы.
3. Открутите винты на крышке батарейного отсека и снимите ее.
4. Замените предохранитель.

Замена компонентов

A	UL 500 mA/1000 В (6,3 x 32 мм) — расположен под крышкой батарейного отсека.
B	UL 1 A/1000 В (6,3 x 32 мм) — расположен под крышкой батарейного отсека.
C	Предохранитель 30 A/1500 В — расположен внутри корпуса тестера. Замена должна производиться квалифицированным специалистом или силами завода-производителя.

5. Установите крышку на место и затяните винты.

7-3. Утилизация изделия

Сдавайте изделие на утилизацию в соответствии с экологическими нормами:

- Удалите все личные данные из памяти прибора перед утилизацией.
- Извлеките съемные аккумуляторные батареи и утилизируйте их отдельно.
- Если тестер оснащен несъемной аккумуляторной батареей, весь прибор целиком следует утилизировать как электронные отходы.

