Keysight Technologies

Монтаж и обслуживание солнечных фотогальванических систем

Использование портативных и лабораторных решений для солнечных энергетических установок

Рекомендации по применению

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Оглавление

1. Введение ... 3
Энергетическая экосистема ... 5
Рынки солнечной энергетики ... 5
Производство солнечной энергии для бытовых потребителей ... 5
Производство солнечной энергии для коммерческого и промышленного использования ... 5
Производство солнечной энергии для энергоснабжающих организаций ... 6
2. Компоненты солнечных фотогальванических систем ... 5
3. Солнечные панели: сбор солнечной энергии ... 6
Факторы, которые следует учитывать при монтаже солнечных панелей ... 6
Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием солнечных панелей ... 6
Обнаружение неисправных фотогальванических элементов и панелей ... 6
Диагностика повреждений фотогальванических модулей ... 7
Определение рабочих характеристик солнечных элементов и панелей ... 12
4. Кабели и межсоединения: передача солнечной энергии ... 9
Факторы, которые следует учитывать при монтаже кабелей и межсоединений ... 9
Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием кабелей и межсоединений ... 9
Обнаружение поврежденных кабелей и межсоединений ... 9
Проверка монтажа кабелей и межсоединений и выявление ухудшения рабочих характеристик ... 10
5. Контроллеры заряда и аккумуляторы: накопление солнечной энергии ... 11
Факторы, которые следует учитывать при монтаже контроллеров заряда и аккумуляторов ... 11
Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием контроллеров заряда и аккумуляторов ... 11
Проверка, мониторинг и тестирование аккумулятора ... 12
Тестирование солнечного контроллера заряда ... 12
6. Солнечный инвертор: преобразование солнечной энергии ... 13
Факторы, которые следует учитывать при монтаже солнечных инверторов ... 13
Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием солнечных инверторов ... 13
Измерение качества электроэнергии, вырабатываемой солнечным инвертором ... 14
Мониторинг работы солнечного инвертора и выявление неполадок ... 15
7. Интеллектуальные счетчики, трансформаторы и переключатели заземления: мониторинг и учет произведенной электроэнергии ... 16
Факторы обеспечения безопасной, надежной и бесперебойной работы солнечных фотогальванических систем ... 16
Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием интеллектуальных счетчиков, трансформаторов и переключателей заземления ... 16
8. Заключение ... 16
9. Литература ... 17

1. Введение

В данном документе рассматриваются портативные и лабораторные решения компании Keysight, предназначенные для использования при монтаже и обслуживании фотогальванических систем, преобразующих солнечное излучение в электрическую энергию. Солнце — поистине неисчерпаемый источник возобновляемой энергии. Земля получает от Солнца около 4000 кВт·ч. Даже если использовать всего лишь 5% от этого объема, произведенного электричества будет достаточно, чтобы полностью покрыть мировую потребность в электроэнергии [1].

В настоящее время потребление солнечной энергии растет в геометрической прогрессии, и к 2050 году солнечное излучение может превратиться в крупнейший мировой источник электроэнергии. В соответствии с планом разработки и внедрения новых технологий Международного энергетического агентства (IEA), к 2050 году солнечные фотогальванические системы будут производить до 16% мирового объема электроэнергии, а объем термоэлектрической энергии, вырабатываемой на солнечных энергетических установках с концентраторами солнечного излучения, составит еще 11% [2].

Потенциал солнечной энергетики огромен, и компания Keysight способствует развитию этого потенциала с помощью широкого диапазона измерительных инструментов, предназначенных для монтажа и обслуживания солнечных фотогальванических систем.

Энергетическая экосистема

На рынке представлен широкий выбор компонентов солнечных фотогальванических систем от огромного числа производителей. Как правило, эти предприятия предлагают такие компоненты, как солнечные панели, кабели, межсоединения, аккумуляторы, зарядные устройства, инверторы, интеллектуальные счетчики учета потребления, трансформаторы, защитные реле, переключатели и т. д.

Рынки солнечной энергетики

Спрос на солнечную электроэнергию создают:
- бытовые потребители;
- коммерческие и промышленные предприятия;
- энергоснабжающие организации.

Производство солнечной энергии для бытовых потребителей

В странах, где в бытовом секторе экономики внедряются особые тарифы для стимулирования возобновляемой энергетики, солнечная энергетика испытывает значительный подъем. Потребители устанавливают солнечные панели на крышах (обычно наклонных), и в среднем каждый дом обеспечивает мощность электроэнергии от 1 до 10 кВт.

В крупных городах, где применяются программы особой тарификации, потребители объединяют свои домашние системы в единую сеть. В результате они получают возможность продавать энергоснабжающей компании или всю произведенную электроэнергию, или ее избыток. В сельской местности жители обычно добавляют к солнечной фотогальванической системе аккумуляторные батареи, чтобы использовать выработанную энергию для собственных нужд.

Производство солнечной энергии для коммерческого и промышленного использования

Солнечные фотогальванические системы пользуются все большей популярностью в коммерческом и промышленном секторе благодаря быстрому возмещению эксплуатационных расходов (после того, как окупятся первоначальные затраты на монтаж системы). Устанавливая на зданиях солнечные фотогальванические системы, компании демонстрируют социальную ответственность и создают себе репутацию защитников окружающей среды.

В этом секторе солнечные панели обычно устанавливаются на плоских крышах или крышах с небольшим наклоном. В некоторых случаях они также служат навесами над автостоянками (см. рис. 1). Мощности установок на этом рынке могут составлять от 10 кВт до нескольких тысяч мегаватт. Обычно солнечные фотогальванические системы синхронизируются с сетями энергоснабжающих компаний.

Рис. 1. Солнечные панели над автостоянкой компании Keysight Technologies (г. Санта-Роза, Калифорния).

Производство солнечной энергии для энергоснабжающих организаций

На энергетическом рынке производство солнечной электроэнергии является основным видом деятельности. Мощности здесь составляют порядка тысяч мегаватт и выше. Солнечные фотогальванические системы для этого рынка имеют более сложное устройство и обычно оснащены улучшенными системами мониторинга, управляющими элементами и возможностями удаленного отключения. В качестве компонентов используются центральные инверторы для крупномасштабных систем, высоковольтные распределительные устройства, переключатели и трансформаторы, подключенные к местной энергосети.

2. Компоненты солнечных фотогальванических систем

В данном разделе кратко описывается типичное устройство солнечной фотогальванической системы.
Система включает в себя следующие компоненты, показанные на рис. 2:

- солнечные панели для сбора солнечной энергии;
- кабели и межсоединения для передачи энергии;
- контроллеры заряда и аккумуляторы для накопления энергии;
- солнечные инверторы для преобразования аккумулированной энергии в электрическую;
- интеллектуальные счетчики, трансформаторы и переключатели заземления для мониторинга и учета произведенной электроэнергии.

Рис. 2. Компоненты солнечной фотогальванической системы.

Установка солнечной фотогальванической системы не завершается с установкой всех ее компонентов. Организация, выполнившая монтаж системы, должна проводить регулярные проверки и мониторинг качества выработанной энергии. Это необходимо для обеспечения надежного встраивания солнечной фотогальванической системы в сеть энергоснабжения. Более того, уже сейчас или в ближайшем будущем от поставщиков солнечной энергии могут потребовать обеспечения стабилизирующего воздействия на энергосистему путем регулирования реактивной мощности. На рис. 3 показаны задачи, связанные с проверкой и обслуживанием солнечной фотогальванической системы.

Рис. 3. Задачи тестирования в энергетической экосистеме.

3. Солнечные панели: сбор солнечной энергии

Факторы, которые следует учитывать при монтаже солнечных панелей

Перед монтажом солнечной фотогальванической системы специалисты рассчитывают размеры солнечных модулей и батарей для достижения максимальной выходной мощности в рамках отведенного бюджета.

Точный расчет размеров солнечных модулей и батарей имеет особую важность для оптимальной эксплуатации в холодное и жаркое время года. Специалисты, монтирующие систему, должны убедиться, что напряжение модулей будет соответствовать стандартным нормативам и не превысит максимально допустимых значений для компонентов системы.

Приведем пример. Обычно для инвертора характерен диапазон напряжений отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) от 250 до 500 В. Солнечные панели имеют отрицательный температурный коэффициент, а это значит, что в летнюю жару напряжение в системе может снизиться и даже упасть ниже 250 В — нижнего значения диапазона ОТММ. Это может привести к отключению солнечного инвертора в жаркий летний день с высокой интенсивностью солнечного излучения. И напротив, холодной зимой напряжение в системе может выйти за верхнюю границу рабочего диапазона ОТММ инвертора или превысить нормальные эксплуатационные характеристики компонента. В зависимости от конструкции системы это может привести к срезанию мощности и, как следствие, к потерям энергии [4].

Электроизмерительные работы, которые необходимо провести в процессе монтажа солнечных панелей, обычно включают в себя измерение силы тока короткого замыкания ($I_{КЗ}$), напряжения холостого хода (V_{XX}), напряжения и силы тока солнечной батареи и интенсивности солнечного излучения.

Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием солнечных панелей

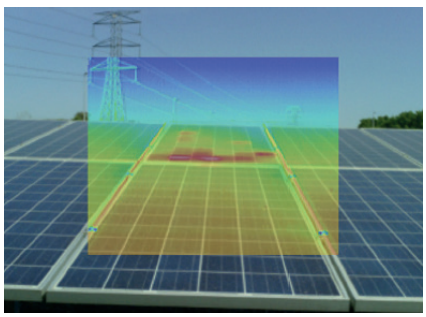
Ниже перечислены задачи, связанные с проверкой и обслуживанием панелей солнечной фотогальванической системы:

- обнаружение неисправных фотогальванических элементов и панелей;
- диагностика повреждений фотогальванических модулей;
- определение рабочих характеристик солнечных элементов и панелей.

Обнаружение неисправных фотогальванических элементов и панелей

Одним из наиболее эффективных методов обнаружения неисправных фотогальванических элементов и панелей является термический анализ. На солнечной электростанции, занимающей площадь более восьми гектаров, инженер просто не в состоянии проверить фотогальванические батареи модуль за модулем, отсоединяя и тестируя каждый модуль по очереди.

Но он может быстро получить ИК-изображение (термограмму) с помощью тепловизора Keysight U5855A TrueIR (см. рис. 4). Неисправные фотогальванические элементы обычно отображаются в виде пятен с повышенной температурой, поскольку они имеют низкий КПД, который, в свою очередь, приводит к накоплению тепловой энергии, которая не была переработана в электрическую. Одной из причин этого может являться износ электронных компонентов, например шунтирующих диодов солнечных панелей. Это приводит к снижению выходной мощности. Для получения дополнительной информации см. «Термический анализ фотогальванических панелей с использованием тепловизора U5850 серии TrueIR. Руководство по применению» (на англ. яз.) (http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-0719EN.pdf).



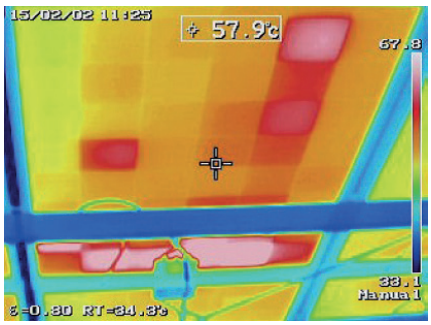


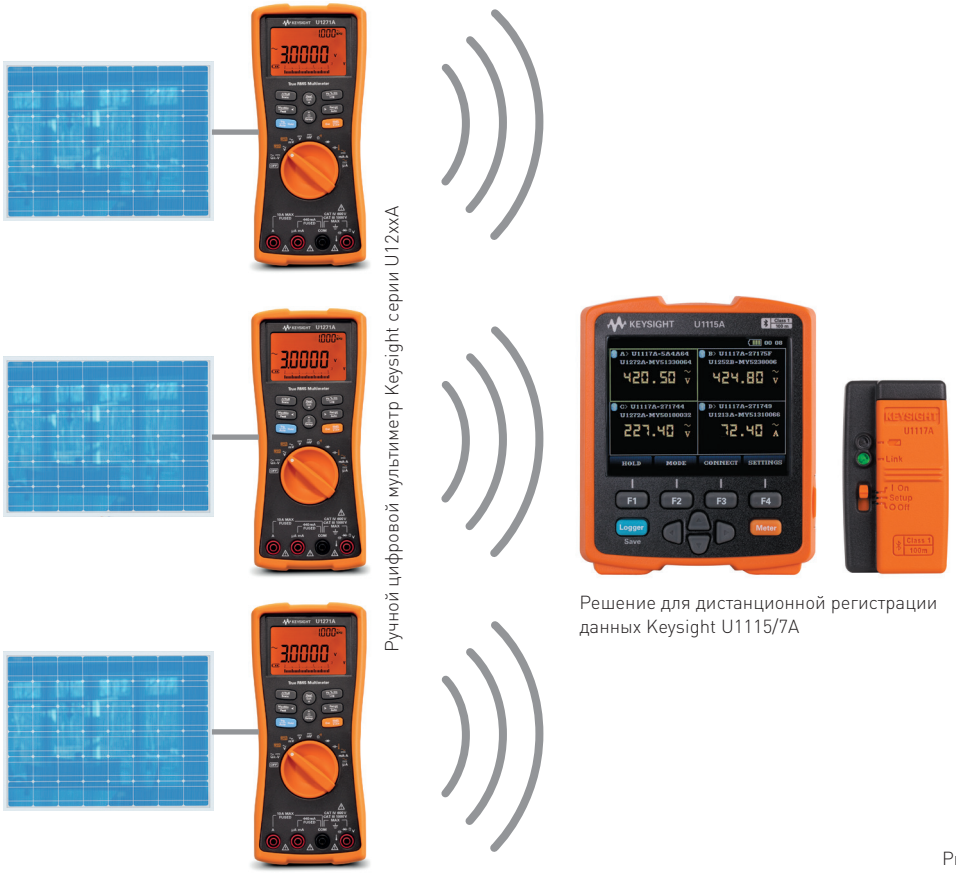
Рис. 4b. Отображение солнечных элементов с повышенной температурой в режиме «Картинка в картинке» (ИК-изображение совмещено с видимым изображением).

Рис. 4a. Тепловизор Keysight U5855A TrueIR.

Диагностика повреждений фотогальванических модулей

Для проверки и диагностики повреждений отдельных модулей проектировщики и специалисты по монтажу солнечных фотогальванических систем могут использовать цифровые мультиметры с адаптерами Bluetooth. Соединение по беспроводной персональной сети позволяет одновременно сравнивать до четырех модулей (см. рис. 5).

Одновременное измерение напряжения четырех модулей имеет определенные преимущества в сравнении с последовательным измерением напряжения каждого отдельного модуля. При одновременном измерении устраняются расхождения, связанные с колебаниями интенсивности излучения, тенями от движущихся облаков и прочими внешними воздействиями, способными повлиять на результат измерений напряжения модуля.



Решение для дистанционной регистрации данных Keysight U1115/7A

Рис. 5. Сравнение фотогальванических модулей.

Определение рабочих характеристик солнечных элементов и панелей

Цепочка солнечных элементов, образующих солнечную панель, обычно ведет себя как источник тока в схеме с параллельно подключенным диодом, паразитным параллельным сопротивлением (шунтом) и последовательным сопротивлением, как показано на рис. 6.

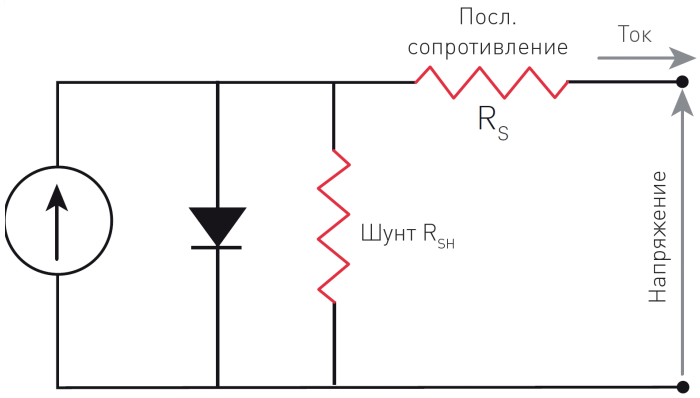


Рис. 6. Упрощенная модель солнечного элемента.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечного элемента представлена на рис. 7.

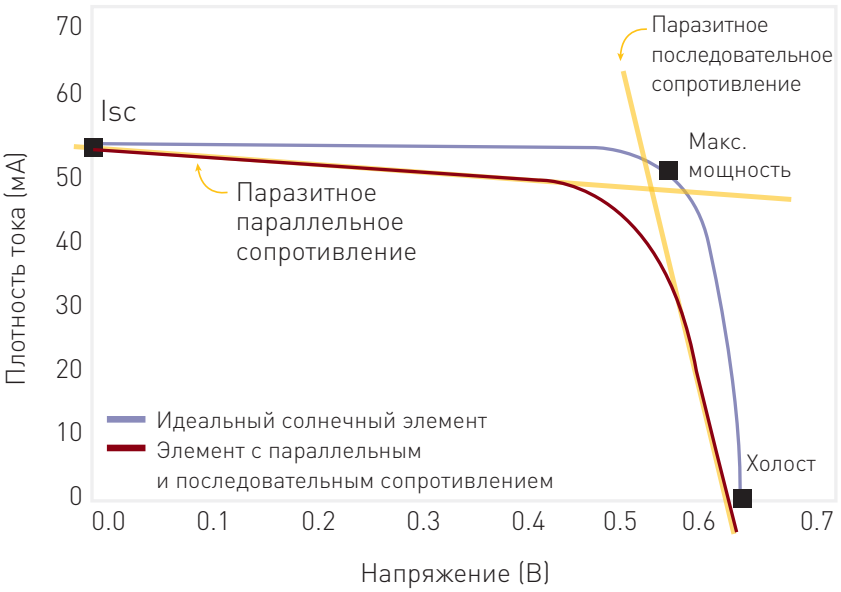


Рис. 7. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента.

Важнейшие параметры солнечного элемента или солнечной панели, такие как сила тока короткого замыкания ($I_{КЗ}$), плотность тока короткого замыкания ($J_{КЗ}$), напряжение холостого хода (V_{XX}), точка максимальной мощности ($P_{ММ}$) и коэффициент преобразования (n), могут измеряться с помощью прецизионных параметрических анализаторов Keysight серии B2900A. Режим свипирования по списку в таком анализаторе позволяет легко отобразить вольт-амперную характеристику солнечного элемента или панели в виде графика. Для получения дополнительной информации см. «Определение вольт-амперных характеристик солнечных элементов с помощью параметрических анализаторов серии B2900A. Технический обзор», публикация № 5990-6660EN (на англ. яз.).

Одно из важных преимуществ режима свипирования по списку в прецизионном параметрическом анализаторе Keysight серии B2900A состоит в том, что этот режим позволяет устанавливать широкие интервалы в областях, где характеристики устройства стабильны, и узкие — в областях, представляющих особый интерес, например в точке максимальной мощности фотогальванического элемента.

Прецизионные параметрические анализаторы Keysight серии B2900A обладают удобным графическим интерфейсом и комплектуются бесплатным программным обеспечением для ПК, которое позволяет мгновенно получать результаты измерений.

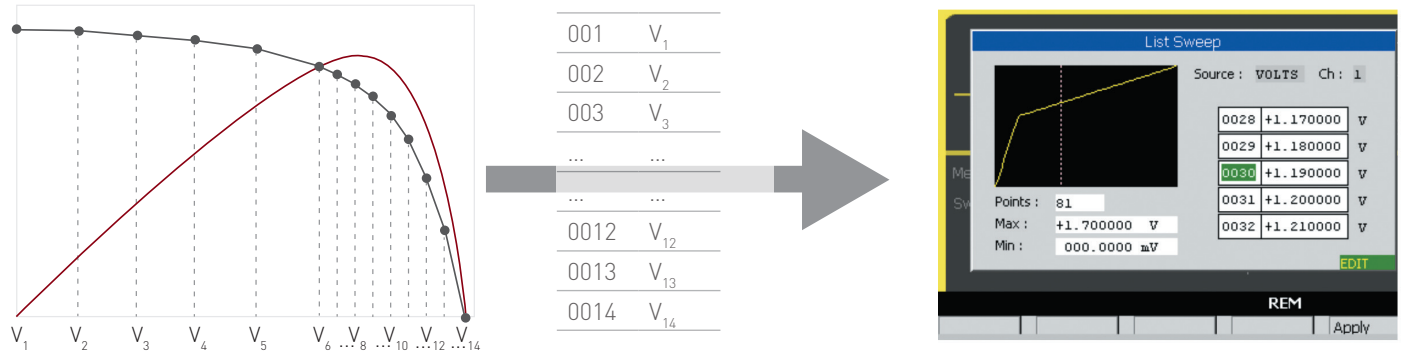


Рис. 8. Режим свипирования по списку прецизионного параметрического анализатора серии B2900A позволяет определить характеристики фотогальванических элементов в интересующей области.

4. Кабели и межсоединения: передача солнечной энергии

Факторы, которые следует учитывать при монтаже кабелей и межсоединений

Кабели и межсоединения в солнечных энергетических установках рассчитаны на длительное воздействие ультрафиолетовых лучей, экстремальных температур — от мороза до сильной жары — и повышенной влажности. В фотогальванических системах используются стандартные межсоединения и диаметры кабелей. Более того, на кабели и межсоединения нанесена цветная маркировка, упрощающая монтаж.

При укладывании в желоба в процессе монтажа системы кабели и межсоединения подвергаются многократному скручиванию и изгибам, а также истиранию. Это может привести к нарушению изоляции. Поэтому, в соответствии со стандартом IEC 62446:2009, необходимо проводить электроиспытания для обеспечения нормального ввода в эксплуатацию и контроля безопасности. Испытания включают в себя измерение сопротивления изоляции и проверку целостности заземления.

Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием кабелей и межсоединений

Хотя кабели и межсоединения, используемые в солнечных фотогальванических системах, отличаются повышенной прочностью, их необходимо периодически проверять на наличие повреждений, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование и оптимальные характеристики системы.

Ниже перечислены задачи, связанные с проверкой и обслуживанием кабелей и межсоединений солнечной фотогальванической системы:
- обнаружение поврежденных кабелей и межсоединений;
- проверка монтажа кабелей и межсоединений и выявление ухудшения рабочих характеристик.

Обнаружение поврежденных кабелей и межсоединений

Поврежденные кабели и межсоединения склонны перегреваться. Тепловизор Keysight U5855A TrueIR — лучшее устройство для выявления точек повышенной температуры. Перегрев кабелей и межсоединений может указывать на ненадежное или поврежденное соединение (см. рис. 9).

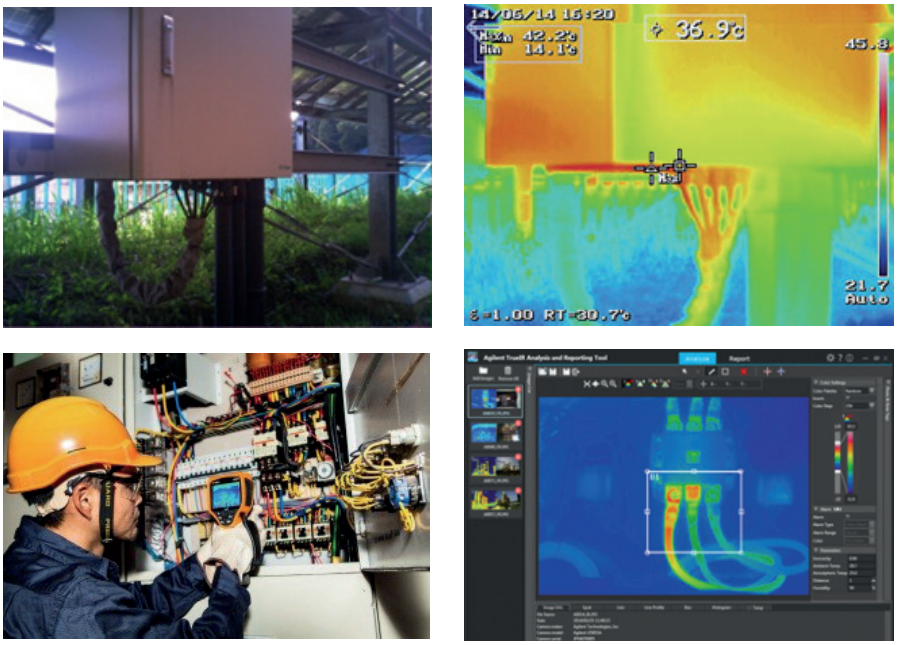


Рис. 9a. ИК-изображения кабелей и межсоединений помогают выявить признаки перегрева.

Рис. 9b. Тепловизор Keysight U5855A TrueIR.

Проверка монтажа кабелей и межсоединений и выявление ухудшения рабочих характеристик

В соответствии со стандартом IEC 62446:2009, измерение сопротивления изоляции является одним из важнейших тестов при проведении приемочных испытаний и проверке фотогальванических систем, подключенных к энергосети. Также очень важно регулярно проверять кабели и межсоединения на наличие повреждений, чтобы обеспечить бесперебойное и эффективное функционирование системы.

Ручные измерители сопротивления изоляции Keysight серий U1450A/60A используются при проведении профилактического технического обслуживания и применяются для раннего обнаружения поврежденных кабелей и межсоединений. Напряжение тестирования такого измерителя может составлять до 1000 В, а диапазон измерения сопротивления изоляции — до 260 ГОм.

Тестирование сопротивления изоляции выполняется путем пропускания через тестируемое оборудование постоянного тока под высоким напряжением, что приводит к протеканию небольшого тока по поверхности изолятора. Этот ток и измеряется. Полный ток состоит из трех компонентов: тока заряда емкости, тока абсорбции и тока утечки (см. рис. 10). Ток утечки, показанный в виде зеленой линии, определяется материалом и является постоянной величиной, не зависящей от времени. Для получения дополнительной информации см. «Профилактическое тестирование с измерением сопротивления изоляции. Руководство по применению», публикация № 5991-4026EN (на англ. яз.).

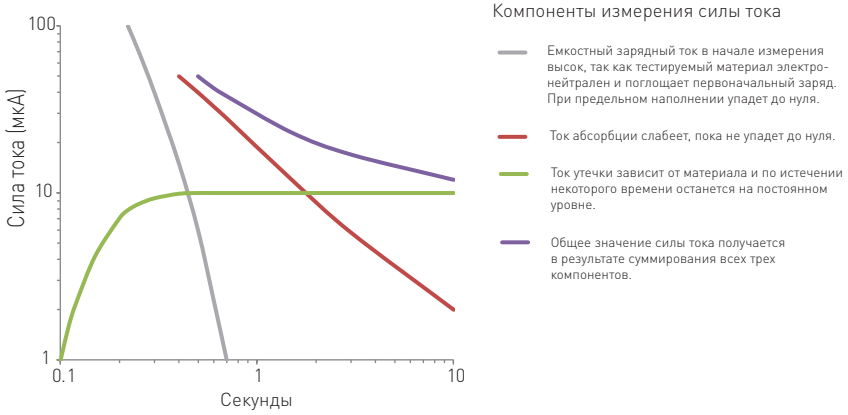


Рис. 10a. График тока утечки в изолирующем материале с течением времени.

Рис. 10b. Ручной измеритель сопротивления изоляции Keysight серии U1450A/60A (U1452A).

Периодическое тестирование изоляции помогает выявить ухудшение характеристик материала со временем, как показано на рис. 11. На графике отображен сценарий, при котором измерения проводятся через каждые шесть месяцев и изменения полученных результатов соответствуют изменениям в солнечной фотогальванической системе.

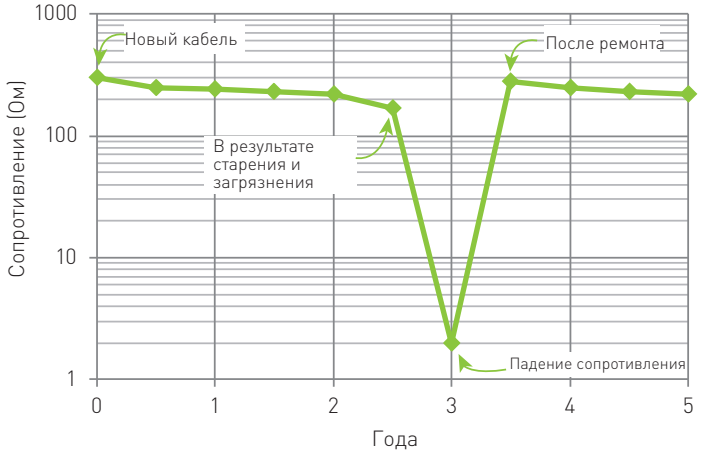


Рис. 11. Периодические измерения характеристик.

5. Контроллеры заряда и аккумуляторы: накопление солнечной энергии

Факторы, которые следует учитывать при монтаже контроллеров заряда и аккумуляторов

Роль накопителей энергии на основе аккумуляторов в бытовом и коммерческом секторе будет расти. Такие накопители обеспечивают бесперебойную подачу электрической энергии бытовым и промышленным потребителям и соблюдение требуемых технических характеристик.

Контроллеры заряда и аккумуляторы, разрабатываемые специально для солнечных энергетических установок, отличаются от стандартных. Например, у аккумулятора солнечной установки обычно есть возможность «глубокой зарядки», и поэтому в ходе эксплуатации он может расходовать большую часть своей емкости (до 80%). Срок эксплуатации аккумуляторной батареи зависит от того, как она заряжалась, обслуживалась и хранилась (соблюдались ли температурные условия), а также от других факторов. В солнечных установках используются контроллеры заряда с отслеживанием точки максимальной мощности (ОТММ) и программным обеспечением, позволяющим динамически согласовывать фотогальваническое напряжение с напряжением аккумуляторной батареи и максимизировать ее заряд.

Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием контроллеров заряда и аккумуляторов

Ниже перечислены задачи, связанные с проверкой и обслуживанием контроллеров заряда и аккумуляторов:

- проверка, мониторинг и тестирование аккумулятора;
- тестирование солнечного контроллера заряда.

Проверка, мониторинг и тестирование аккумулятора

Аккумулирование солнечной энергии имеет особенно важное значение в сельской местности, где не всегда есть возможность подключиться к энергосети. Аккумуляторы позволяют получать электроэнергию в периоды отсутствия солнечного света.

Обычная программа эксплуатации аккумуляторной батареи включает в себя контрольно-измерительные мероприятия, связанные с физическим обслуживанием и электрообслуживанием.

В рамках физического обслуживания аккумуляторных батарей проводятся следующие контрольно-измерительные мероприятия:

1. визуальный осмотр батарей для выявления протечек, коррозии, деформаций, обесцвечивания пластин аккумуляторов и проверки уровня электролита;
2. динамические проверки целостности обмотки соединителя;
3. проверки температуры окружающей среды и в некоторых случаях температуры аккумулятора.

В рамках электрообслуживания аккумуляторных батарей проводятся следующие контрольно-измерительные мероприятия:

1. изолирование блока аккумуляторов от солнечного инвертора;
2. изолирование отдельного аккумулятора;
3. измерение напряжения на выводах аккумуляторной батареи (без нагрузки);
4. измерение напряжения с нагрузкой 100 А;
5. запись и анализ данных каждой батареи для выявления необходимости в профилактическом обслуживании.

На рис. 12 показан пример помещения для хранения аккумуляторных батарей и инструменты Keysight для выполнения контрольно-измерительных мероприятий, связанных с электрообслуживанием.

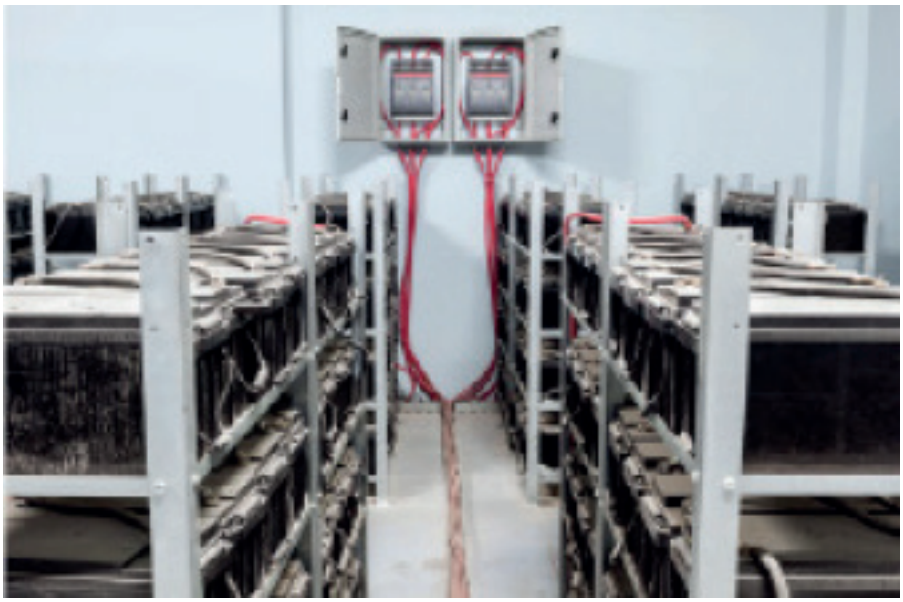


Рис. 12a. Пример помещения для хранения аккумуляторных батарей и инструменты Keysight для выполнения контрольно-измерительных мероприятий, связанных с электрообслуживанием.

(1)

(2)

(3)

Рис. 12b. (1) Решение для дистанционной регистрации данных Keysight U1115/7A; (2) ручной цифровой мультиметр Keysight серии U12xxA; (3) тепловизор Keysight U5855A TrueIR.

Тестирование солнечного контроллера заряда

В солнечных контроллерах заряда используются встроенные устройства отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) для более эффективной зарядки аккумуляторов от источников солнечной энергии.

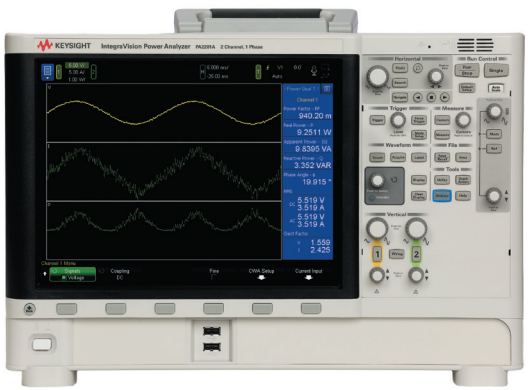
Тестирование устройства ОТММ включает в себя следующие проверки:

1. Электрический КПД устройства ОТММ. Тест выполняется путем сравнения выходной и входной мощности с использованием анализатора мощности IntegraVision PA2201A компании Keysight (см. рис. 13).
2. Эффективность отслеживания устройства ОТММ. Тест выполняется путем мониторинга мощности, требуемой для ОТММ, и ее сравнения с мощностью солнечного модуля, которая динамически изменяется из-за изменений интенсивности солнечного излучения. Для анализа проблем при монтаже системы и для оценки эффективности устройств ОТММ успешно используются ручные цифровые мультиметры Keysight серии U12xxA и токоизмерительные клещи Keysight серий U119xA или U121xA (см. рис. 13).

Оба теста включены в стандарт DIN EN 50530 «Общий КПД фотогальванических инверторов, подключенных к энергосети».

(1)

(2)



(3)

Рис. 13. Инструменты компании Keysight для тестирования солнечного контроллера заряда. (1) Ручной цифровой мультиметр Keysight серии U12xxA; (2) токоизмерительные клещи Keysight серий U119xA и U121xA; (3) анализатор мощности Keysight IntegraVision PA2201A.

6. Солнечный инвертор: преобразование солнечной энергии

Факторы, которые следует учитывать при монтаже солнечных инверторов

Основная задача инвертора заключается в преобразовании постоянного электрического тока, производимого солнечными панелями, в переменный ток. Солнечные инверторы могут обладать следующими встроенными возможностями:

1. Технология OTMM для определения динамических условий на выходе солнечного модуля или батареи и для максимизации выходной мощности солнечного инвертора.
2. Синхронизация выходного напряжения и тока с сетью энергоснабжающей компании.
3. Технология обнаружения изолированных участков, где в линии или сети энергоснабжения происходит падение мощности, и оперативного отключения солнечного инвертора.

Качество и КПД солнечных инверторов, преобразующих постоянный ток в переменный, очень важны при монтаже солнечной фотогальванической системы. Обычно производители солнечных инверторов указывают значения максимального КПД. Но в действительности значения напряжения, создаваемого солнечными энергетическими установками, изменяются по многим причинам. Поэтому в Европейских странах был введен стандартный метод вычислений средневзвешенного КПД преобразования (n_{EU}). В свою очередь в США Энергетическая комиссия Калифорнии (CEC) внедрила собственный метод вычисления средневзвешенного КПД (n_{CEC}). Примеры вычисления средневзвешенного КПД в странах Европы и в США приведены на рис. 14.

Вычисление средневзвешенного КПД по методу Энергетической комиссии Калифорнии (CEC):

$$\eta_{CEC} = 0.04 \cdot \eta_{10\%} + 0.05 \cdot \eta_{20\%} + 0.12 \cdot \eta_{30\%} + 0.21 \cdot \eta_{50\%} + 0.53 \cdot \eta_{75\%} + 0.05 \cdot \eta_{100\%}$$

Вычисление средневзвешенного КПД по европейскому методу:

$$\eta_{EU} = 0.03 \cdot \eta_{5\%} + 0.06 \cdot \eta_{10\%} + 0.13 \cdot \eta_{20\%} + 0.10 \cdot \eta_{30\%} + 0.48 \cdot \eta_{50\%} + 0.20 \cdot \eta_{100\%}$$

Рис. 14. Примеры вычисления средневзвешенного КПД преобразования по методам CEC и Европейского союза [3].

Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием солнечных инверторов

Как однофазный, так и трехфазный инвертор должен выдавать высококачественный выходной сигнал, пригодный для питания местной энергосети или для домашнего потребления.

Низкое качество выходного сигнала солнечного инвертора может привести к следующим проблемам:

- Если в синусоидальном выходном сигнале переменного тока будут присутствовать гармонические искажения, это приведет к дополнительной нагрузке на сеть электроснабжения и понизит эффективность всей системы.
- Неравномерность нагрузки, приводящая к дополнительной асимметрии напряжений, повлияет и на другие нагрузки в этой же энергосети.
- Быстрые колебания напряжения приводят к мерцанию света.

Плохое качество сигнала может привести к неожиданным отключениям питания, неисправностям и перегреву оборудования (приводящему к сокращению срока эксплуатации), возникновению помех при электронной связи и т. д. [5].

Ниже перечислены задачи, связанные с обслуживанием солнечного инвертора:

- измерение качества электроэнергии, вырабатываемой солнечным инвертором;
- мониторинг работы солнечного инвертора и устранение неполадок.

Измерение качества электроэнергии, вырабатываемой солнечным инвертором

Важнейшая измеряемая характеристика солнечного инвертора — это КПД преобразования постоянного тока в переменный. Ее можно определить с помощью анализатора мощности Keysight IntegraVision серии PA2200. Обычно производители указывают значения максимального КПД, но средневзвешенные величины, определяемые в соответствии со стандартами CEC и Европейского союза, более точно отражают фактический КПД для данного варианта использования.

Анализатор мощности Keysight IntegraVision серии PA2200 способен определять важнейшие параметры качества сигнала, в том числе активную и полную мощность переменного тока, реактивную мощность, коэффициент электрической мощности, фазовый угол и коэффициент амплитуды напряжения и силы тока. Также он измеряет гармонические колебания напряжения, силы тока и мощности до 250-го порядка. Эти возможности делают анализатор мощности Keysight IntegraVision серии PA2200 эффективным инструментом для измерения КПД преобразования постоянного тока в переменный (см. рис. 15).

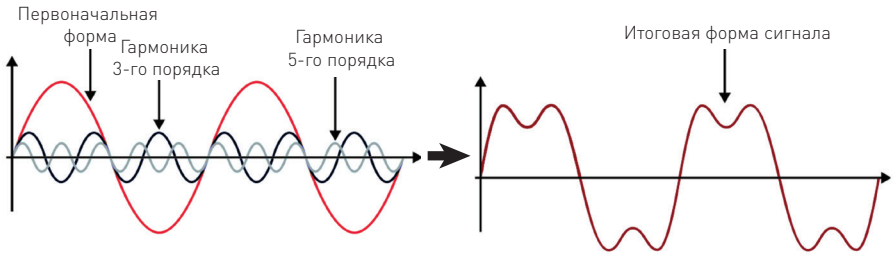


Рис. 15. На графике показана форма сигнала, получившаяся в результате наложения синусоидальной волны и гармоник третьего и пятого порядка.

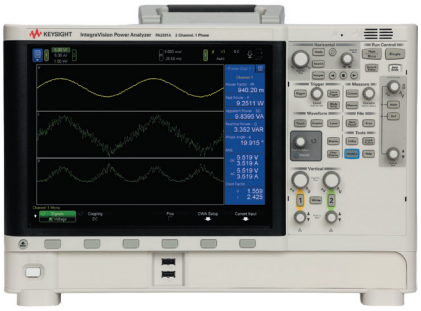


Рис. 15b. Анализатор мощности Keysight IntegraVision PA2201A.

В случаях, когда невозможно использовать настольные инструменты, компания Keysight предлагает целый ряд ручных приборов, например ручные цифровые мультиметры серий U12xxA и токоизмерительные клещи серий U119xA, незаменимые при выполнении проверок в ходе быстрой наладки или устранения неисправностей. Для получения дополнительной информации о том, как выявлять проблемы, связанные с гармоническими колебаниями сигнала, с помощью ручных цифровых мультиметров компании Keysight см. «Выявление гармоник в сигнале переменного тока. Руководство по применению», публикация № 5989-7687EN (на англ. яз.).

На графике на стр. 16 показана зависимость КПД преобразования постоянного тока в переменный от мощности. Обычно хорошими значениями КПД считаются 90% и больше. Следовательно, как видно на графике, существует диапазон оптимальной мощности, в котором данный инвертор достигает таких КПД преобразования.

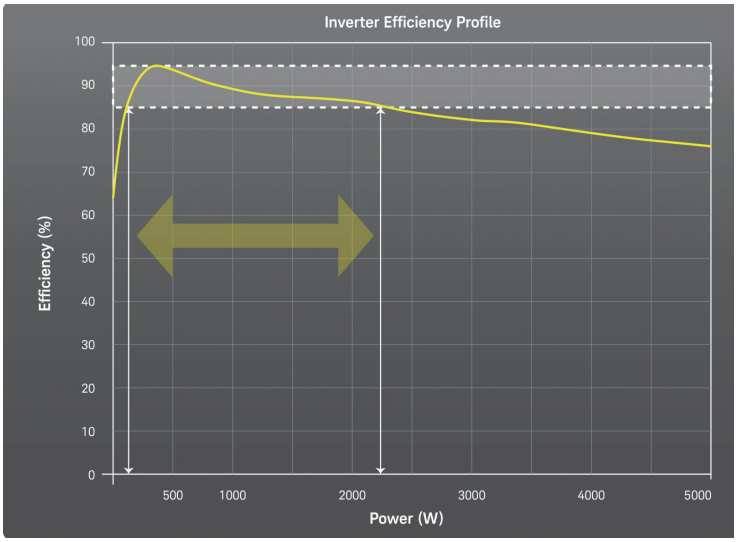


Рис. 16a. Зависимость КПД солнечного инвертора от мощности.

(1) (2)

Рис. 16b. (1) Ручной цифровой мультиметр Keysight серии U12xxA; (2) токоизмерительные клещи Keysight серий U119xA и U121xA.

Мониторинг работы солнечного инвертора и выявление неполадок

Первым признаком неисправности обычно является перегрев. А самый эффективный способ выявить превышение диапазона рабочих температур — это использование тепловизора. Тепловизор Keysight U5855A TrueIR позволяет выполнить быстрое сканирование солнечного инвертора (см. рис. 17) для проверки его нормального функционирования.

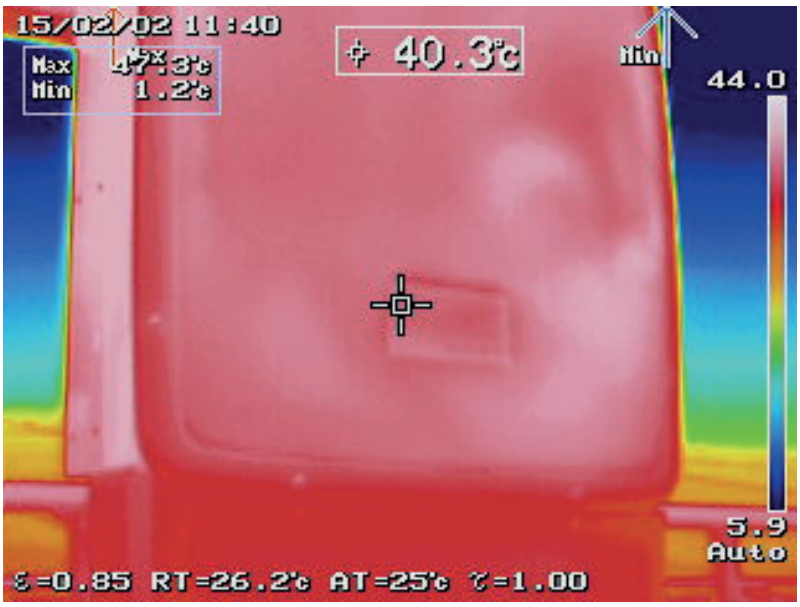


Рис. 17a. ИК-изображение работающего солнечного инвертора.

Рис. 17b. Тепловизор Keysight U5855A TrueIR.

7. Интеллектуальные счетчики, трансформаторы и переключатели заземления: мониторинг и учет произведенной электроэнергии

Факторы обеспечения безопасной, надежной и бесперебойной работы солнечных фотогальванических систем

При проведении периодической проверки технического состояния солнечной фотогальванической системы очень важно убедиться в целостности соединений и обмоток трансформаторов. Также необходимо проверить интеллектуальные счетчики и переключатели заземления. Любое повреждение этих компонентов может вывести из строя солнечную фотогальваническую систему и повлечь за собой трудоемкий процесс устранения неисправностей. Более того, это может привести к возникновению опасной ситуации для технического персонала.

Задачи, связанные с проверкой и обслуживанием интеллектуальных счетчиков, трансформаторов и переключателей заземления

Обычно об угрозе возникновения неисправности свидетельствует чрезмерный перегрев. В этой ситуации удобнее и безопаснее всего воспользоваться тепловизором, например моделью Keysight U5855A TrueIR, и получить ИК-изображения находящихся под напряжением трансформаторов и соединений (см. рис. 18). Этот ручной тепловизор поможет вам быстро проверить, перегреваются ли компоненты.

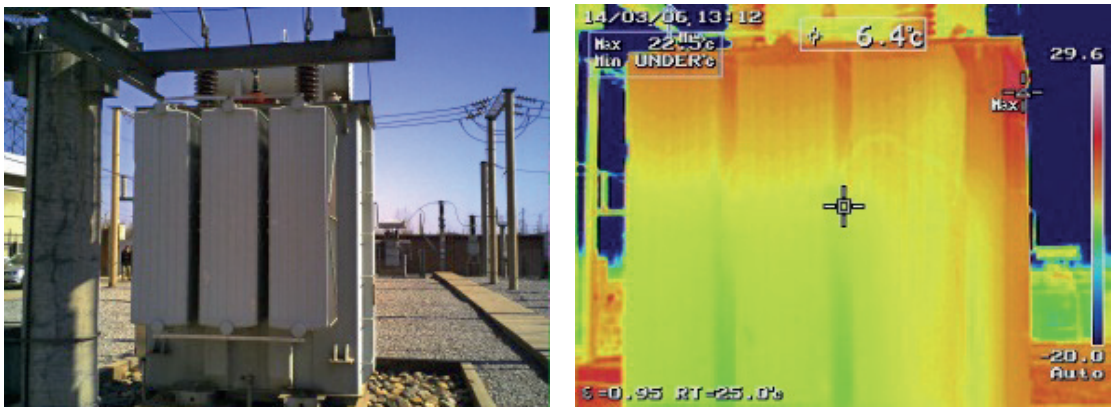


Рис. 18. ИК-изображение трансформаторов под напряжением.

8. Заключение

Компания Keysight Technologies предлагает все необходимые ручные инструменты для решения задач, связанных с монтажом и профилактическим тестированием солнечных энергетических установок.

Дополнительную информацию о ручных инструментах Keysight Technologies см. на сайте: www.keysight.com/find/handheld-tools

www.axiestandard.org

AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test) представляет собой открытый стандарт, основанный на архитектуре AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA являются зарегистрированными торговыми марками консорциума PICMG.

www.lxistandard.org

LXI (LAN eXtensions for Instruments) представляет собой сетевой интерфейс, пришедший на смену интерфейсу GPIB и обеспечивающий более быстрый и эффективный обмен данными. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.

www.pxisa.org

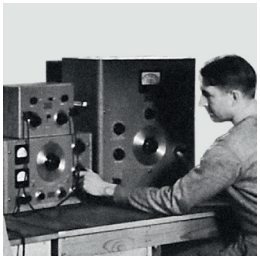
PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) — формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.

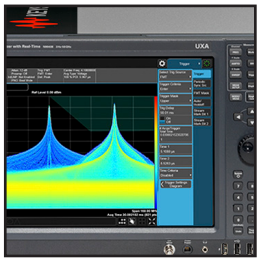
9. Литература

[1] Производство и использование электроэнергии. С. Сиванагараю, М. Баласубба Редди, Д. Шрилатха. – Pearson India.
[2] Как солнечное излучение к середине века сможет стать крупнейшим источником электроэнергии. Международное энергетическое агентство (МЭА), 29 сентября 2014 г.
[3] Типы КПД солнечного инвертора. Джеймс Мартин II, 8 августа 2011 г., Solar Choice.
[4] Измерение размеров солнечных модулей и напряжения батареи. Ребека Хрен, SolPowerPeople.
[5] Важность высокого качества сигнала. Курт Шипман, Франсуа Делинс, ABB Power Quality Products, Бельгия.

Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.
От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.





myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
Персонализированная подборка только нужной вам информации.

http://www.keysight.com/find/emt_product_registration
Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

KEYSIGHT SERVICES
Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight
www.keysight.com/find/service
Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по поверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.

CALIBRATION WARRANTY UP TO 10 YEARS
ASSURANCE PLANS

Планы технической поддержки Keysight
www.keysight.com/find/AssurancePlans
ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight
www.keysight.com/find/channelpartners
Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

Российское отделение
Keysight Technologies
115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954
8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)
Факс: +7 (495) 7973902
e-mail: tmo_russia@keysight.com
www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва, Космодамианская наб, 52, стр. 3
Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901
e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-16-10-14)

DEKRA Certified ISO 9001:2008

www.keysight.com/go/quality
Keysight Technologies, Inc.
Сертифицировано DEKRA на соответствие стандарту ISO 9001:2015
Система управления качеством

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Информация может быть изменена без уведомления.
© Keysight Technologies, 2017
Published in USA, December 01, 2017
5992-1004RURU
www.keysight.com