



Измерение солнечного излучения в солнечной энергетике



**Мониторинг потока солнечной энергии
для фотоэлектрических и
концентрирующих солнечных электростанций**

Почему точность измерения потока солнечного излучения важна для солнечной энергетики?

Качественные, надежные данные об энергии солнечного излучения чрезвычайно важны во всех сферах солнечной энергетики. Различные солнечные энергосистемы – фотоэлектрические или тепловые – требуют различных типов данных, но в любом случае эти данные должны быть одинаково точными.

Технологические исследования

Совершенствование фотоэлектрических технологий происходит постепенно, шаг за шагом, что в итоге приводит к их значительным улучшениям. Например, два различных технических решения могут показывать эффективность 20 % и 22 % (улучшение на 10 %) в идеальных лабораторных условиях. Однако этот результат должен быть подтвержден в реальных условиях эксплуатации при различных погодных условиях в сравнении с современными эталонными измерениями солнечного излучения.

Контроль за качеством

Если производитель электроэнергии хочет быть уверенным в том, что производительность его солнечных батарей колеблется не более, чем, например, на 5 %, то энергию солнечного излучения необходимо измерять с более высокой точностью. Проверка технических характеристик оборудования солнечной энергетики производителем или независимой испытательной лабораторией должна выполняться с эталонной точностью.

Оптимизация расположения

В настоящее время карты ресурсов солнечной энергии находятся в открытом доступе – на рисунке 1 показана такая карта для Европы. Эти карты часто используют для определения потенциала выработки солнечной энергии для конкретной территории. Эти карты создаются на основе спутниковых снимков и интерполяции данных наземных метеорологических станций. Однако станции не редко весьма удалены друг от друга, а их данные не всегда точны. Данные на этих карт зачастую не достаточно высокого качества и имеют

слишком большой масштаб для того, чтобы служить надежной опорой для принятия решений по выбору необходимого оборудования и вложению инвестиций. Из-за различий в микроклимате и топографии местности ошибка в выборе места расположения электростанции всего лишь на несколько сотен километров может привести к существенному уменьшению возможного количества солнечных дней в году.

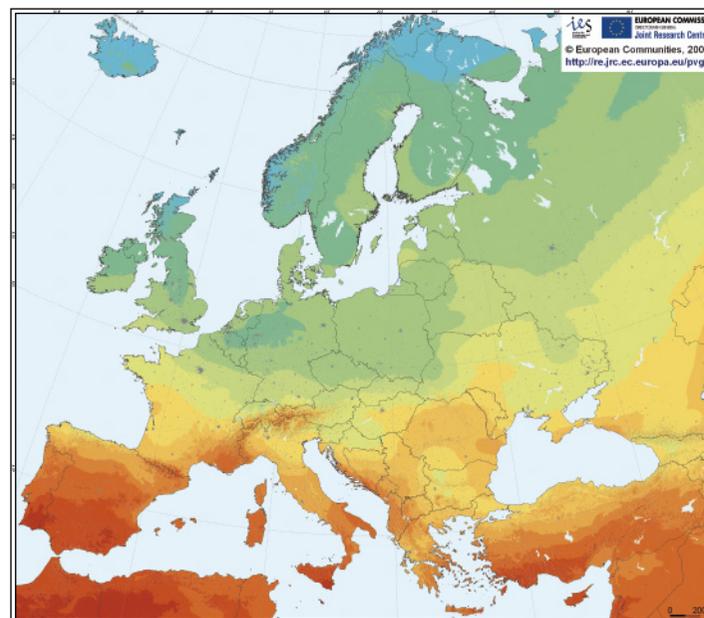


Рисунок 1: Карта ресурсов солнечной энергии для Европы с указанием годового количества доступной солнечной энергии



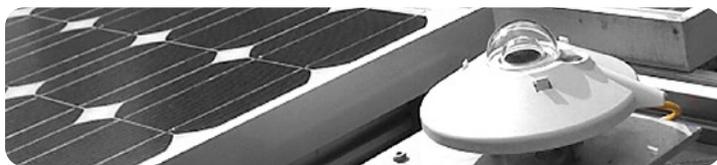
Обычно сначала выбирают потенциальное место расположения солнечной станции на основании карт ресурсов солнечной энергии и других важных критериев, таких как, существующая инфраструктура, расстояние до сетей электропередач, климат и т.д. После этого необходимо проверить правильность выбора при помощи точных и надежных измерений потока энергии солнечного излучения непосредственно на месте в течение как минимум целого года. Частота измерений должна обеспечивать полное понимание изменений необходимых параметров в течение каждого дня. Например, выбранное место может иметь много солнечных дней, но если там слишком высокий уровень загрязнения атмосферы или большая ее запыленность, то такое место не подходит для установки солнечной электростанции.

Выбор типа системы

Система мониторинга должна быть независимой от выбора типа оборудования для солнечной энергетики. На основе данных систем мониторинга выбирают наиболее подходящую технологию солнечной энергетики.

Обоснование инвестиционных решений и финансовой надежности проекта

Инвесторы хотят снизить до минимума неопределенность в данных по ресурсам солнечной энергии, а также в технических характеристиках и надежности оборудования перед принятием решений о месте установки солнечной электростанции и выборе типа системы. Ошибки в измерениях энергии солнечного излучения могут серьезно повлиять на окупаемость проекта. Точные и надежные данные об энергии солнечного излучения крайне важны для оценки финансовых рисков инвестиций.



Максимальная эффективность работы

Каждая солнечная электростанция должна иметь эталонные приборы для постоянного мониторинга потока солнечного излучения и оценки эффективности выработки электроэнергии.

Планирование технического обслуживания

Данные о солнечном излучении, поступающие на каждый инвертор, дают возможность постоянного контроля эффективности выработки электроэнергии. Резкие колебания вырабатываемой электроэнергии могут означать, что модуль требует замены, кратковременное падение мощности – модуль нуждается в чистке, а длительное падение мощности, скорее всего, связано со старением модуля. Понятно, что для такого контроля нужны данные о солнечном излучении, которые должны быть более точными и полными, чем те, которые могут обеспечить сами модули.

Мониторинг производительности

Точные и надежные измерения потока солнечного излучения позволяют создать базу данных о производительности электростанции в различных условиях. Это дает возможность более точно прогнозировать во времени объемы выработки энергии и сроки окупаемости затрат.

Прогнозирование объема вырабатываемой энергии

Текущие измерения солнечного излучения и других метеорологических параметров, сопоставление их с данными прошлых лет, спутниковые данные и прогноз погоды могут служить исходными данными для планирования в выработке электроэнергии. Это важно для операторов электрических сетей, так как невозможно мгновенно переключиться на другие энергетические источники, если вдруг небо над солнечной электростанцией затянулось облаками.

Passion for Precision

Кратко о солнечном излучении

Солнце поставляет 99,98% всей энергии нашей планеты (остальная энергия – геотермальная). Оно отвечает, прямо или косвенно, за существование самой жизни на Земле. Солнце – это звезда, состоящая на 71% из водорода, 27% – гелия и 2% – твердой материи. Температура вблизи ядра Солнца достигает приблизительно 16 миллионов градусов, а на его поверхности – фотосфере – температура составляет около 5770 К. Мощность энергии, излучаемой Солнцем, составляет около 63 МВт с каждого квадратного метра его поверхности, всего около 3.72×10^{20} МВт.

Единицей измерения потока солнечной энергии в системе СИ является ватт на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$). При среднем расстоянии от Земли до Солнца – 150 миллионов километров – плотность энергии солнечного излучения, которое достигает атмосферы Земли, составляет в среднем $1,367 \text{ кВт}/\text{м}^2$. Эта величина называется солнечной постоянной. Различные процессы внутри Солнца и на его поверхности, как, например, солнечные пятна и вспышки, приводят к флуктуациям этой величины, но они не превышают 0,1%.

Расстояние от Земли до Солнца изменяется из-за эллиптичности орбиты Земли, поэтому солнечное излучение в верхней границе атмосферы на 6,6% больше 4 января (когда Земля находится ближе всего к Солнцу, в перигелии), чем 4 июля (когда Земля наиболее удалена от Солнца, в афелии). Эти даты не совпадают с датами зимнего и летнего солнцестояния потому, что ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики на $23,5^\circ$.

Из-за большого расстояния между Солнцем и Землей солнечное излучение, которое достигает верхней границы атмосферы, падает в виде почти параллельных лучей. Это излучение включает в себя ультрафиолетовое излучение (УФ), видимый свет и ближнее инфракрасное излучение (БИК). Максимальная интенсивность излучения приходится на диапазон видимого спектра – излучение с длиной волны от 400 до 800 нм. Интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучения значительно ниже. Доля дальнего инфракрасного излучения, приходящего от Солнца, очень мала, однако, когда Земля нагревается под действием солнечного излучения, она излучает ближнее и дальнее ИК излучение, которое, в свою очередь, поглощается и отражается газами, частицами и облаками в атмосфере.



При прохождении через атмосферу часть солнечного излучения достигает поверхности Земли, а часть рассеивается молекулами газов, аэрозольными частицами, каплями воды и кристаллами льда. Молекулы газов и аэрозоли отвечают за большую часть поглощения

излучения. Рассеивание солнечного излучения на каплях воды и кристаллах льда происходит во всем спектральном диапазоне. Молекулы же в основном рассеивают излучение коротких длин волн, а аэрозоли – более длинных.

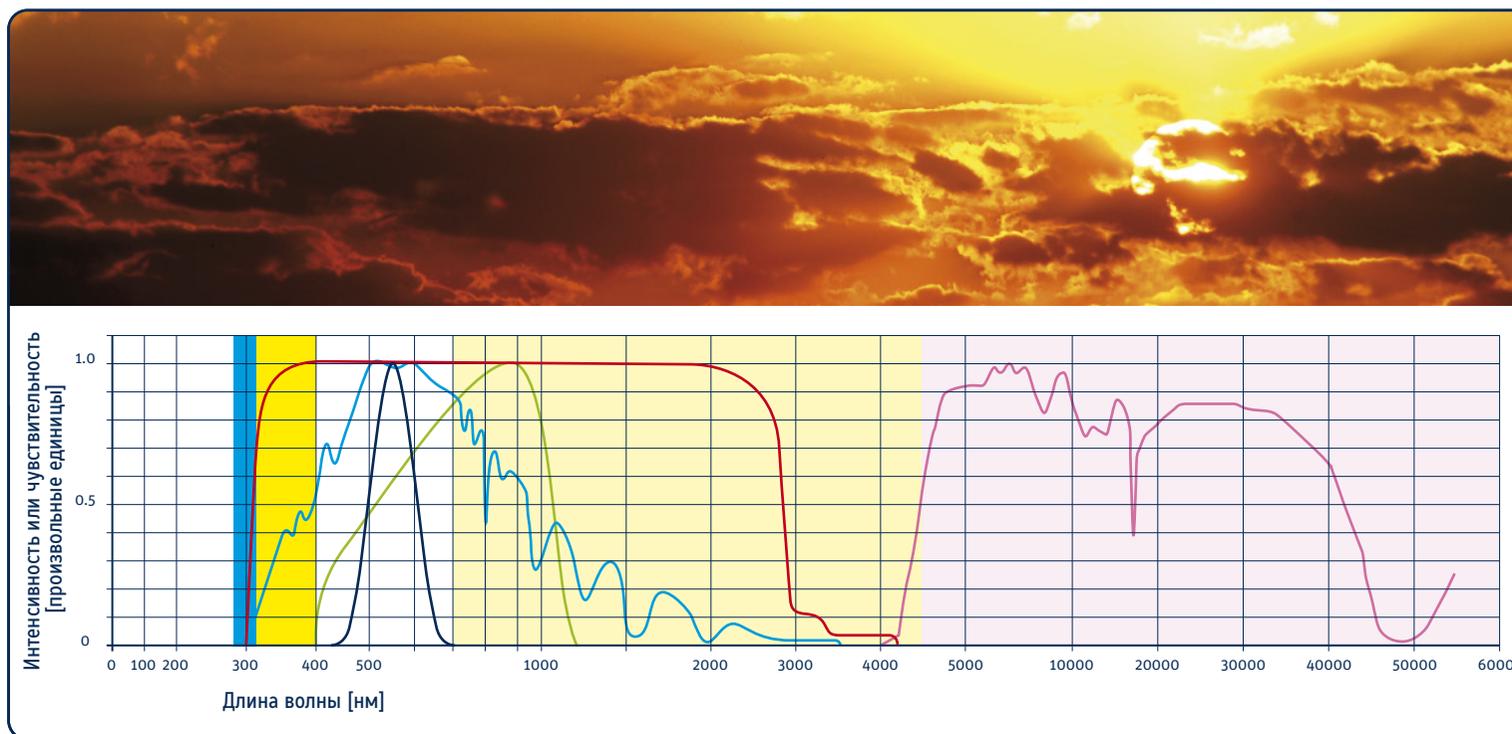


Рисунок 2: Участки спектра солнечного излучения. Синим цветом обозначено длинноволновое УФ-излучение, желтым – средневолновое УФ-излучение, белым – видимый свет, кремовым – ближнее инфракрасное излучение и розовым – дальнее инфракрасное излучение. Синяя линия показывает солнечное излучение на земной поверхности, черная – чувствительность человеческого глаза, зеленая – спектральную чувствительность типичного фотоэлемента, красная – чувствительность пиранометра со стеклянным куполом и розовая – чувствительность пиргеометра. Для сравнения все приведено к условному максимуму 1,0.

Эти процессы в значительной степени влияют на спектр излучения, которое достигает земной поверхности. Когда солнце находится прямо над головой, оптическая масса атмосферы является минимальной и по определению имеет для этой местности атмосферную массу равную 1,0. Когда солнце опускается к горизонту, оптическая масса атмосферы увеличивается приблизительно в 11 раз и ее влияние на поглощение и рассеивание солнечного излучения становится значительно больше.

Некоторые из этих процессов легко наблюдать. Молекулы атмосферы намного сильнее рассеивают короткие волны, чем более длинные – рэлеевское рассеивание. Поэтому, когда солнце находится высоко, небо выглядит синим. Когда же солнце находится вблизи горизонта, короткие волны, проходя через толстый слой атмосферы, испытывают полное рассеивание, и небо по утрам и вечерам выглядит красным.

В безоблачный день поток солнечной энергии, достигающий земной поверхности в местный полдень, обычно находится в интервале от 700 до 1300 Вт/м² в зависимости от широты, долготы, высоты над уровнем моря и времени года.

Наблюдения за солнечным излучением на земной поверхности ведут в двух диапазонах длин волн: коротковолновом излучении с длиной волны от 300 до 4000 нм и длинноволновом – от 4500 нм (4,5 мкм) до 40 мкм. Коротковолновое излучение включает ультрафиолетовое, видимое и ближнее инфракрасное излучение.

Часть солнечного излучения, которая достигает земной поверхности, отражается от нее, а другая часть поглощается. Снег и лед имеют высокую отражательную способность (альбедо), темные и/или неровные поверхности – более низкую. Часть излучения, которая поглощается земной поверхностью, излучается обратно в атмосферу в ближнем

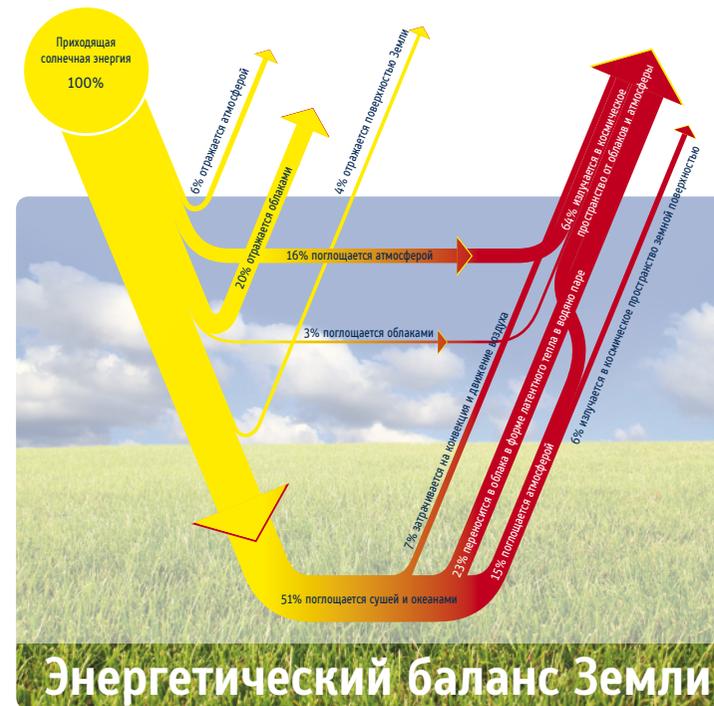


Рисунок 3: Схематическое представление баланса энергии Земли

инфракрасном диапазоне. Углекислый газ (CO₂), метан (CH₄) и водяной пар (H₂O) в атмосфере способны поглощать это излучение, в свою очередь, нагревая земную атмосферу. Это – так называемый «парниковый эффект». В целом же существует равновесие: Земля получает столько же солнечного излучения, сколько излучает обратно в космос, иначе Земля нагревалась бы или остывала.



Как измеряется поток солнечной энергии?

Высококачественные наземные измерения солнечного излучения всегда производятся с помощью радиометров с плоской спектральной зависимостью в широком спектральном диапазоне. Для этого обычно используют датчик на основе термопары с зачерненной поверхностью, которая поглощает все падающее на нее излучение. Датчик нагревается и преобразует повышение температуры в слабый электрический сигнал.

Суммарный поток энергии солнечного излучения, падающего на поверхность Земли, состоит из потока рассеянного излучения от небосвода и прямого излучения от солнца. Это излучение является коротковолновым и состоит из УФ, видимого и ближнего инфракрасного излучения. Когда солнечные лучи падают на земную поверхность под углом, они попадают на поверхность с большей площадью, чем в случае, когда это происходит перпендикулярно. Таким образом, количество энергии на единицу площади становится меньше, что легко высчитывается умножением потока прямого излучения на косинус зенитного угла солнца.

Отношение между различными составляющими энергии солнечного излучения выражается следующей формулой: Суммарный поток = Рассеянный поток + Прямой поток $\times \cos(\theta)$, где θ – зенитный угол солнца (0° соответствует солнцу прямо над головой, а 90° – солнцу на линии горизонта). Суммарный поток энергии солнечного излучения измеряется пиранометром, установленным в горизонтальной плоскости. Термопарный датчик защищен от внешних воздействий одним или двумя стеклянными полусферическими колпаками, которые, задают также спектральную чувствительность прибора, показанную красной линией на рисунке 2. Уже давно такие инструменты используются в сетях метеорологических и климатологических станций, а также в научных исследованиях и инженерных разработках в области солнечной энергетики.

Поток прямого солнечного излучения измеряют при помощи пиргелиометра. Пиргелиометр – это радиометр на базе термопарной батареи с полем зрения 5° и плоским окуляром. Для того чтобы прибор был постоянно направлен на центр солнечного диска, он должен быть установлен на высокоточной автоматической системе слежения за солнцем (так называемом «трекере»).

Рассеянное излучение может измеряться с помощью второго пиранометра установленного на трекере с дополнительным затеняющим устройством, которое движется вместе с трекером и постоянно предотвращает попадание прямого солнечного излучения на пиранометр.

Типы пиранометров и пиргелиометров, их рабочие характеристики, методы калибровки и т.д. определены Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Международной организацией по стандартизации (ISO).

Инструменты, отвечающие требованиям ВМО и ISO, обеспечивают точные и надежные измерения солнечного излучения в любых климатических условиях. Мировые метеорологические службы и научное сообщество используют приборы одного и того же типа. Поэтому полученные данные можно сопоставлять с данными метеорологических и климатологических станций по всему миру, а также данными метеорологических и



климатологических спутников для различных земных районов и вне зависимости от типа выбранной солнечной энергетической установки.

Эта комбинация из инструментов для измерения суммарного потока, прямого и рассеянного солнечного излучения составляет «станцию солнечного мониторинга». К ней также можно добавить горизонтально установленный пиргеометр для измерения дальнего инфракрасного (ДИК) излучения согласно требованиям ВМО. Пиргеометр работает по тому же принципу, что и пиранометр, но его спектральная чувствительность, показанная розовой линией на рис. 2, задается кремниевым окном (плоской или выпуклой

формы), которое пропускает ДИК-излучение и блокирует коротковолновое излучение при помощи специального внутреннего покрытия.

Низкоуровневый милливольтовый аналоговый выход радиометров обычно соединяют с регистратором данных (так называемым «даталоггером»), который записывает и сохраняет данные. Данные могут передаваться в реальном времени телеметрически или по проводам, а также периодически скачиваться для обработки и анализа. Приборы же из уникального нового поколения «интеллектуальных» радиометров от Kipp & Zonen можно встраивать непосредственно в цифровые системы сбора данных.



Passion for Precision

Какие приборы нужны для научных исследований и проектно-исследовательских работ в солнечной энергетике?

Как уже упоминалось выше, данные, которые получены с пиранометров и пиргелиометров, сертифицированных организациями WMO и ISO, могут напрямую сопоставляться с данными по всему миру – от сетей метеорологических станций и спутниковых данных до данных компьютерного прогнозирования солнечного излучения. Эти данные подходят для любых типов солнечных станций – термальных или фотоэлектрических – и поэтому являются идеальным решением, как для научных исследований, так и проектно-исследовательских работ при выборе места установки станции.

Основным требованием всегда является наличие горизонтально установленного пиранометра для измерения суммарной плотности энергии солнечного излучения. Он служит эталоном для данной установки или местности. Как для научных, так и для исследовательских целей важна высокая точность и надежность данных. Это значит, что пиранометры должны соответствовать классу ISO «вторичный эталон» (или выше). Модели CMP 11, CMP 21 и CMP 22, а также их «интеллектуальные» модификации способны измерять суммарный поток энергии солнечного излучения с очень малым уровнем неопределенности от 1 до 2%.

Фотоэлектрические панели имеют широкий угол обзора и должны располагаться так, чтобы получать максимальное количество энергии солнечного излучения. Из-за особенностей места, а также для экономии средств, панели могут быть установлены неподвижно, под определенным углом наклона. В этом случае необходим второй пиранометр. Обычно он устанавливается под оптимальным для данной местности углом для измерения суммарного потока энергии на наклонную поверхность. Такая установка пиранометра служит оценкой потока излучения падающего на неподвижную фотоэлектрическую панель.

Для максимального использования доступной солнечной энергии фотоэлектрические панели часто устанавливают на системах, которые следуют за солнцем в течение дня. Концентрирующие фотоэлектрические и тепловые системы используют линзы или зеркала для концентрации солнечной энергии, и они должны быть направлены на солнце с высокой степенью точности.



Такие технологии требуют измерять поток энергии прямого солнечного излучения с помощью пиргелиометра и автоматической системы слежения за солнцем (трекера). Пиргелиометр должен быть первого класса по классификации ISO, таким, как CHP 1 и «интеллектуальная» его версия – SHP1. Они способны измерять дневную суммарную энергию прямого солнечного излучения с неопределенностью не более 1%. Система слежения за солнцем должна обеспечивать точность направления на солнце $0,1^\circ$, на это способны модели SOLYS 2 и 2AP. Обычно сверху трекера устанавливают пиранометр для измерения суммарного потока солнечного излучения. Второй пиранометр с затеняющим устройством добавляют для измерения потока рассеянного солнечного излучения. Третий пиранометр устанавливают сбоку трекера и направляют на солнце для измерения суммарного потока нормального излучения, которое получает фотоэлектрическая панель, установленная на двухосевой следящей системе.

Традиционные фотоэлектрические полупроводниковые материалы в основном чувствительны к видимой и ближней инфракрасной части спектра, примерно от 400 до 1100 нм с пиком в инфракрасной области, как показано зеленой линией на рисунке 2. Однако в зависимости от состояния неба значительное количество энергии может поступать из ультрафиолетовой области спектра – с длиной волны до 400 нм, а также из ближнего инфракрасного излучения с длиной волны больше 1100 нм. Поэтому от разработчиков новых материалов требуют использовать и эту часть спектра. Все чаще при исследованиях в области фотоэлектрических материалов используют радиометр для полного УФ-излучения CUV 5, чтобы осуществлять мониторинг излучения с длиной волны в диапазоне от 280 до 400 нм.

Концентрирующие тепловые солнечные станции обычно используют параболические отражатели или специальные следящие зеркала (гелиостаты) для фокусировки солнечного излучения на трубу или башню коллектора, в которых теплоноситель (жидкость или газ) нагревается до очень высокой температуры (от 400 до 1000 °C). Нагретый теплоноситель, как правило, используется для производства пара, который приводит в движение традиционные турбины для выработки электроэнергии. Из-за особенностей конструкции таких станций понятно, почему они меньше зависят от длины волны, чем ФЭ установки. Они могут фокусировать все имеющиеся прямое излучение в УФ, видимом и ИК диапазонах, а в пасмурный день – длинноволновое излучение атмосферы и облаков. В этих системах для измерения длинноволнового излучения добавляют пиргеометры CGR 3 или CGR 4.

Для проектно-изыскательских работ при выборе места установки солнечной станции часто добавляют простую автоматическую метеостанцию. Это обеспечивает дополнительную информацию для принятия решений по месту установки. Эффективность солнечных батарей

зависит от температуры, а высокая скорость ветра может потребовать дополнительные крепления для панелей или стать причиной повреждений оборудования. Места установки часто удалены от населенных пунктов, и приборам, чаще всего, придется работать от солнечных батарей и аккумуляторов. Kipp & Zonen предлагает решения от одного пиранометра до полностью укомплектованных станций солнечного мониторинга, включающих измерение метеорологических параметров, сбор и хранение данных, их телеметрию и визуализацию.

Радиометры Kipp & Zonen просты в обслуживании – необходимо только поддерживать чистоту стеклянных колпаков и окошек, а также периодически заменять картридж с поглотителем влаги, который обеспечивает необходимую сухость воздуха внутри прибора. Частота чистки может быть сокращена, а длительность безотказной работы увеличена с помощью вентиляционного модуля, такого как CVF 3, который подает чистый воздух на колпак пиранометра для поддержания его в чистоте и удаления пыли, капель дождя и росы. Поток воздуха может подогреваться, чтобы прибор не обмерзал.



Кроме обычного обслуживания, необходимо проводить регулярную калибровку приборов для того, чтобы радиометры работали в пределах своих технических характеристик. Kipp & Zonen рекомендует калибровку своих радиометров, по крайней мере, каждые два года. Все калибровочные сертификаты Kipp & Zonen включают полную оценку неопределенностей измерений, а также данные о прослеживаемости к стандартам Мирового радиационного центра в Давосе (Швейцария).

Passion for Precision

Какие приборы необходимы для солнечных энергетических установок?

В зависимости от используемой технологии производства электроэнергии и цели измерений в пределах одной станции может потребоваться несколько типов приборов для измерения солнечного излучения.

«Эталонные» инструменты используют для количественной оценки солнечной энергии, доступной в данном месте. Эти надежные и высокоточные инструменты предоставляют данные для сравнения с измерениями в других местах и с другими источниками данных, например, такими как спутниковые данные. Они также дают возможность создавать базу данных прошлых, текущих и прогнозируемых значений для данного места.



Зачастую дополнительно устанавливают автоматическую метеорологическую станцию, которая дает информацию о погодных условиях местности. Эту информацию вместе с данными по солнечному излучению используют в моделях прогнозирования производительности будущей электростанции. На больших территориях необходимо иметь две или более таких метеостанций. Как правило, промышленные электростанции имеют полностью укомплектованную станцию мониторинга суммарного потока солнечного излучения, а также прямого и рассеянного потоков солнечного излучения. Поскольку эти инструменты являются частью производственного процесса, обычно устанавливают, по крайней мере, две системы, для обеспечения избыточности измерений, а также их непрерывности во время калибровки или замены радиометров.

Другой задачей пиранометров является проверка эффективности панелей на солнечных электростанциях. При этом панели могут быть как неподвижными, так и следящими. Как правило, каждый инвертор имеет вход для пиранометра, который используют для расчета эффективности панелей, подключенных к этому инвертору. Пиранометр обычно устанавливается на одной из панелей так, что бы он имел то же направление, что и фотоэлектрические панели. На станции может быть большое количество таких пиранометров. Поэтому вместо приборов Kipp & Zonen класса «Вторичный эталон» по ISO – CMP 11, CMP 21, CMP 22 и «интеллектуальных» SMP11 – применяют приборы второго класса по ISO: CMP 3 или их «интеллектуальные» версии – SMP3. Такие пиранометры, как CMP 3 и SMP3, в значительной степени заменили эталонные солнечные элементы, которые часто использовали на входах в инвертор для оценки эффективности системы. Для этого есть ряд причин. Фотоэлектрические модули испытываются при стандартизированных условиях с применением солнечных имитаторов, что может приводить к серьезной переоценке возможности модуля в реальных рабочих условиях при различных температурах,

накоплении загрязнений и других различных эффектов. Так как эталонный солнечный элемент того же типа будет иметь те же проблемы: загрязняться с той же скоростью и также быстро стареть, поэтому он всегда будет показывать 100 % эффективность панелей, что является неверным.

В настоящее время существует много типов фотоэлектрических модулей и эталонных солнечных элементов. В связи с этим, трудно сравнивать один тип с другим, особенно, когда они имеют различные спектральные чувствительности. Это спектральное несоответствие может легко достигать до 10 % и приводить к расчетной эффективности выше 100 %! В действительности же эталонные солнечные элементы и фотоэлектрические модули сами часто калибруются по пиранометрам Kipp & Zonen в тестовых лабораториях.

Поскольку термопарные пиранометры имеют широкую и плоскую спектральную чувствительность, они измеряют всю плотность солнечного излучения, попадающего на ФЭ панель. Поэтому легко видеть, насколько эффективно каждая панель использует поступающую энергию и, следовательно, можно делать необходимые выводы.

Плоские фотоэлектрические модули загрязняются значительно быстрее, чем пиранометры с полусферическим колпаком. Следовательно, легко заметить, когда эффективность панели снижается за короткое время из-за ее загрязнения или за длительное время – из-за старения панели, а также можно выявить резкие изменения, которые могут быть следствием повреждения панели или инвертора.

Международные стандарты, такие как IEC 61724 «Контроль рабочих характеристик фотоэлектрических систем. Руководство по измерениям, обмену данными и анализу», определяют, что при оценке эффективности панелей должны использоваться пиранометры.



Passion for Precision

Приборы Kipp & Zonen – это все, что надо для измерения солнечного излучения



Фирма Kipp & Zonen производит оборудование для измерения потоков солнечного излучения с 1924 года и в течение многих десятилетий поставляет свои инструменты ведущим метеорологическим и климатологическим организациям, научным организациям по изучению атмосферы, научно-исследовательским институтам и энергетическим компаниям по всему миру.

Кроме радиометров и систем слежения за солнцем, фирма Kipp & Zonen поставляет широкий ряд вспомогательных устройств, систем по сбору и хранению данных, а так же решений для их интеграции. Калибровка наших инструментов полностью соответствует Мировому радиометрическому эталону Мирового радиационного центра в Давосе (Швейцария) и другим международным стандартам.

Последнее поколение приборов является новой уникальной серией «интеллектуальных» радиометров, которые имеют встроенные аналого-цифровые преобразователи и микропроцессоры для цифровой обработки сигнала. Они обладают полиномиальной температурной компенсацией данных, коротким временем отклика и полной двусторонней связью по протоколам RS-485 и Modbus® с промышленными системами сбора, обработки и отображения данных. К каждому радиометру нового поколения можно обратиться по его индивидуальному адресу, поэтому большое количество приборов можно подключить к одному кабелю, что ведет к экономии средств при построении различных систем.

«Интеллектуальные» радиометры имеют также встроенные аналого-цифровые преобразователи, что позволило расширить и улучшить их технические возможности, как например, унификация выходов по напряжению от 0 до 1 В или по току от 4 до 20 мА. Цифровой и аналоговый выходы стандартизированы, что упрощает их установку и замену при калибровке.

Фирма Kipp & Zonen имеет многолетнюю мировую репутацию за высокое качество, надежность, опыт и техническую поддержку. Все наши изделия имеют стандартную 2-х летнюю гарантию, которая может быть дополнительно расширена до 3-х лет.

Для более полной информации, пожалуйста, посетите наш сайт www.kippzonen.com



Избранный список наших клиентов

Бразилия

SONDA • Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais

Чили

Mainstream Renewable Power
Pontificia Universidad Católica de Chile

Франция

Akuo Energy
Bertin Technologies
CNR • Compagnie Nationale du Rhône
CSTB • Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
EDF • Energies Nouvelles
Eole-Res
INES • Institut National de l'Energie Solaire
LE2P Université de la Réunion
Université de Corse
Veolia Environnement Recherche & Innovation

Германия

Alfred-Wegener-Institute
CSP Services GmbH
Deutscher Wetterdienst
DLR • Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Forschungszentrum Jülich
GE:NET GmbH
IBC Solar
ISE • Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
Meteocontrol GmbH
Skytron Energy GmbH Berlin
Soitec Solar GmbH
TÜV Rheinland
University Potsdam and others in Germany
ZSW • Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

Италия

Albarubens

Южная Корея

KIER • Korea Institute of Energy Research

Нидерланды

KNMI • Royal Netherlands Meteorological Institute

Сингапур

Precicon D&C Pte. Ltd

ЮАР

Centre for Renewable and Sustainable Energy Studies
Stellenbosch University, Faculty of Engineering

Испания

Abengoa Bioenergía
ACCIONA Energy
CENER • Centro Nacional de Energías Renovables
Endesa
Enho
Iberdrola
Medioambientales y Tecnológicas
PSA-CIEMAT • Plataforma Solar de Almería-Centro de Investigaciones Energéticas Renovables SAMCA
Solucar

Швейцария

EPFL • École Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH Zürich • Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Interstaatliche Hochschule Buchs
Meteolabor AG
MeteoSwiss
Oerlikon Solar
University Basel

Великобритания

Lightsource Renewable Energy Ltd

США

Campbell Scientific
GroundWork
juwi solar inc.
Surya Design

Passion for Precision

Конфигурации систем

Для базового мониторинга

Для неподвижных (наклонных) панелей

- 1 горизонтальный пиранометр для измерения суммарного потока излучения
- 1 наклонный пиранометр для измерения потока излучения в плоскости панелей

Рекомендуемые инструменты

CMP 3 | SMP3 | CMP 6 | CMP 11 | SMP11

Для расширенного мониторинга

Для концентрирующих и/или следящих систем

- 1 горизонтальный пиранометр для измерения суммарного потока излучения
- 1 пиргелиометр с системой слежения со солнцем для прямого излучения
- 1 наклонный пиранометр, установленный на системе слежения
- 1 горизонтальный пиргеометр для измерения потока ИК излучения (для тепловых систем)

Рекомендуемые инструменты

CMP 11 | SMP11 | CHP 1 | SHP1 | SOLYS 2 | CGR 4

Полная станция мониторинга солнечного излучения

Для измерения суммарного потока излучения, прямого и рассеянного излучения, а также суммарного потока излучения в плоскости панелей

- 1 горизонтальный пиранометр для измерения суммарного потока излучения
- 1 пиргелиометр с системой слежения со солнцем для прямого излучения
- 1 наклонный пиранометр, установленный на системе слежения
- 1 затененный пиранометр для измерения рассеянного излучения
- 1 горизонтальный пиргеометр для измерения потока ИК излучения (для тепловых систем)

Рекомендуемые инструменты

CMP 11 | SMP11 | CMP 21 | CHP 1 | SHP1 | SOLYS 2 | CGR 4

Действующие стандарты для тестирования фотоэлектрических панелей

IEC 60904 (part1/10) Photovoltaic devices, measurements and requirements

IEC 61215 Design qualification and type approval, crystalline silicon

IEC 61646 Design qualification and type approval, thin film

IEC 61724 Photovoltaic system performance monitoring - Guidelines for measurement, data exchange and analysis

IEC 61853 Module performance testing

IEC 62108 Design qualification and type approval, concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies

Действующий стандарт EN для тепловых солнечных панелей

EN 12975 Thermal solar system testing

Действующие стандарты для пиранометров

ISO 9060 Specifications and classifications of instruments

ISO 9847 Calibration of field pyranometers

Прослеживаемость к международным эталонам

All Kipp & Zonen solar radiation instruments are fully traceable to the World Radiometric Reference (WRR) in Davos, Switzerland, where Kipp & Zonen instruments form part of the World Standard Groups.



Kipp & Zonen B.V.

Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands

T: +31 (0) 15 2755 210

F: +31 (0) 15 2620 351

info@kipppzonen.com

www.kipppzonen.com

Контактная информация представителя в Вашем регионе - на сайте www.kipppzonen.com