УДК 620.9:33

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

И.Н. Стаценко, В.Ю. Бурлаченко, С.Д. Иванов, П.Н. Кузнецов*

Институт природно-технических систем
г. Севастополь, ул. Ленина, 28
E-mail: stacenko-ivan@inbox.ru
* ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
г. Севастополь, ул. Университетская, 33

В статье описывается назначение, принцип работы и состав универсального измерительного модуля для определения технического потенциала солнечной тепловой и электрической энергии, разрабатываемого сотрудниками лаборатории «Эко-энергетики» ИПТС.

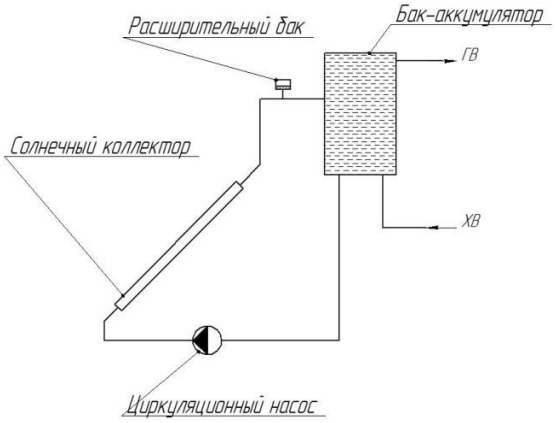
Введение. Современные тенденции в мировой энергетике стимулируют существенный рост интереса к альтернативным источникам энергии. Город Севастополь и Республика Крым являются передовыми регионами по развитию возобновляемых источников энергии в Российской Федерации. Пять солнечных электростанций (СЭС) и семь ветроэлектростанций (ВЭС) в первом полугодии 2015 г. сгенерировали около 200 млн кВт·ч. электроэнергии – около трети всей энергии, произведенной на полуострове, что позволило сэкономить более 100 млн куб. м газа и сократить выбросы CO_2 на 160 тыс. тонн.

При проектировании солнечных установок необходимо проведение технико-экономического обоснования, одним из этапов которого является определение природного потенциала энергии солнца. Также для расчета срока окупаемости и количества сэкономленных средств необходим непрерывный учет произведенной энергии солнечными энергосистемами.

Главной целью данной работы является разработка измерительного модуля для исследования технического потенциала солнечной энергии, а также учета производимой тепловой и электроэнергии солнечными установками (гелиоколлекторами и фотопреобразователями) простого в изготовлении и доступного по цене. Не менее важной задачей является организация производства данных установок с их последующей установкой в районах исследования потенциала солнечной энергии.

Основная часть. Измерительный модуль состоит из установки солнечного горячего водоснабжения, фотоэлектрической установки, аккумуляторной батареи, счётчиков тепловой и электрической энергии, систем сброса тепловой и электрической энергии, датчиков температуры и освещённости, системы дистанционной передачи данных.

На рис. 1 изображена принципиальная схема установки солнечного горячего водоснабжения (УСГВ), которая включает в себя солнечный коллектор, бак-аккумулятор, расширительный бак и циркуляционный насос.



Р и с. 1. Схема установки солнечного горячего водоснабжения

В разрабатываемом измерительном модуле используется плоский солнечный коллектор ввиду его простоты и надёжности конструкции. На рис. 2 приведено строение плоского солнечного коллектора. Солнечный коллектор состоит из элемента, поглощающего солнечное излучение (абсорбер), прозрачного покрытия и термоизолирующего слоя. Абсорбер покрывается чёрной краской либо специальным селективным покрытием для повышения эффективности. Прозрачный элемент, который служит для

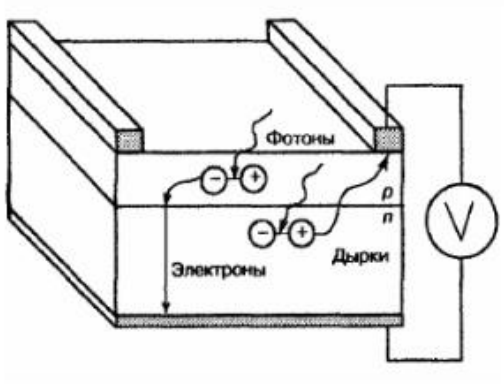
уменьшения конвективных потерь, обычно выполняется из закалённого стекла с пониженным содержанием металлов, либо особого рифлёного поликарбоната. Задняя часть панели покрыта теплоизоляционным материалом. Для принудительной циркуляции теплоносителя в системе используется циркуляционный насос.

Установка солнечного горячего водоснабжения имеет систему сброса тепловой энергии, т.к. без отбора тепла плоский солнечный коллектор способен нагреть воду свыше 150ºС. Для этого измерительный модуль можно устанавливать непосредственно у потребителя, где УСГВ будет использоваться по прямому назначению. Для сброса тепла могут применяться радиаторы, если отсутствуют другие потребители.

Р и с. 2. Строение плоского солнечного коллектора

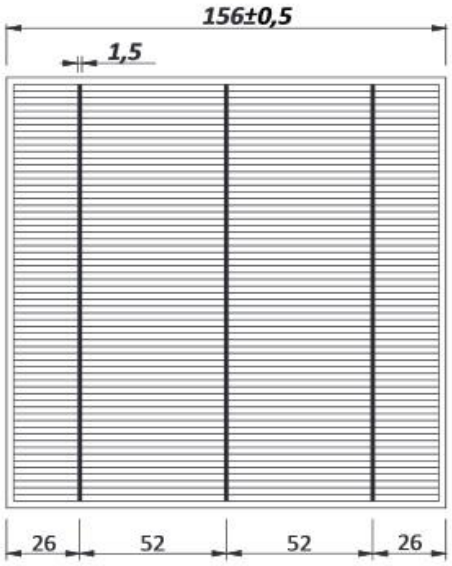
Фотоэлектрическая установка, установленная в модуль, используется для определения технически достижимого потенциала вырабатываемой электрической энергии в месте установки. Она состоит из фотоэлектрических преобразователей. ФЭП представляют собой полупроводниковые приборы с диодной структурой, содержащей встроенное электрическое поле p-n перехода или выпрямляющего контакта типа металл/полупроводник, которое пространственно разделяет генерируемые квантами света в полупроводниковом материале диодной структуры пары из отрицательно заряженных электронов и положительно заряженных дырок, обеспечивая тем самым реализацию эффекта фото-ЭДС и напряжения холостого хода на разомкнутых электродах ФЭП.

На рис. 3 приведено схематическое изображение простейшего ФЭП с p-n переходом и механизма возникновения напряжения холостого хода, соответствующего разности потенциалов между разомкнутыми противоэлектродами.



Р и с. 3. Схематическое изображение простейшего ФЭП

В универсальном измерительном модуле используются 24 монокристаллических фотоэлектрических преобразователя фирмы «KVAZAR» серии К6М. Внешнее строение и габаритные размеры данного фотоэлектрического преобразователя приведены на рис. 4.



Р и с. 4. Фотоэлектрический преобразователь «KVAZAR» серии К6М

Выбор монокристаллического ФЭП обусловлен его высокой эффективностью, объясняющуюся высокой структурированностью материала, а также их повышенной долговечности среди всех типов ФЭП.

Фотоэлектрические преобразователи устанавливаются непосредственно на абсорбер в нижнюю часть солнечного коллектора. В такой комбинированной солнечной установке теплоноситель на входе в коллектор будет отбирать тепловую энергию у фотоэлементов. Соответственно, при охлаждении фотоэлектрических преобразователей повысится эффективность выработки электрической энергии.

Каждый ФЭП вырабатывает электрическую энергию мощностью 4 Вт, и напряжением 0,5 В. Номинальная мощность установки составляет 96 Вт, напряжение 12 В. В качестве нагрузки в ней использован электрический циркуляционный насос контура гелиоколлектора (Dab VSA 35/130, мощностью 71 Вт), а излишек электрической энергии подается на зарядку литий полимерной аккумуляторной батареи серии RT-LP-500W. Данная батарея имеет достаточно большую емкость – 40 А·ч при сравнительно небольшом весе – 3 кг. К положительным достоинствам данной батареи можно также отнести: отсутствие эффекта памяти; низкий коэффициент саморазряда; незначительный перепад напряжения по мере разряда; широкий диапазон рабочих температур (от -20 до +40°С), что позволяет использовать эту батарею на открытом воздухе; большое количество рабочих циклов (800 – 900), а также наличие индикатора заряда.

Для учета выработанной электроэнергии установка содержит высокоточный счетчик электрической энергии, собранный на основе микросхемы ADE7755, которая применяется во всех современных электрических счетчиках и программируемом контроллере Atmega8. Выбор микросхемы ADE7755 обусловлен тем, что имеющийся в ней усилитель с программируемым коэффициентом усиления в канале измерения тока позволяет использовать шунт с малой величиной сопротивления. Собственные встроенные АЦП и цифровой сигнальный процессор обеспечивают высокую точность в широком диапазоне условий и долговременную стабильность. Также присутствует встроенный контроль напряжения источника питания и встроенная защита от самохода счетчика (имеется порог мощности нагрузки, начиная с которого счетчик работает). Низкая потребляемая мощность (типичное значение 15 мВт) также является одним из достоинств данной микросхемы.

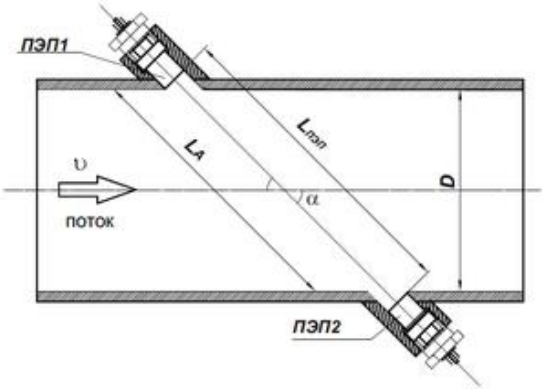
Устройство позволяет не только отслеживать выработанную электроэнергию, а также мгновенную потребляемую мощность. Достоинством данного устройства можно отметить наличие цифрового индикатора, который позволяет визуально отслеживать выработанную электрическую энергию – ежедневную, или помесячную с поочередной записью данных в отдельные ячейки памяти.

Для измерения тепловой энергии, массы и параметров теплоносителя и регистрации теплоэнергетических параметров используется двухканальный однолучевой теплосчетчик-регистратор «ЭНКОНТ». Принцип работы выбранного теплосчетчика – регистратора состоит в измерении и преобразовании измерительным блоком сигналов с других составных частей, установленных на прямом и обратном трубопроводах системы теплоснабжения, в значения объемных (массовых) расходов теплоносителя время-импульсного типа с последующим измерением количества тепловой энергии и количества теплоносителя с помощью вычислительного устройства на базе измерения температуры теплоносителя с помощью термосопротивления с градуировочной характеристикой 100П с помощью установленных формул. В состав теплосчетчика входят ультразвуковые преобразователи расхода (УПР), термопреобразователи сопротивления, преобразователи давления, измерительный блок (ИБ).

Измерение расхода в теплосчетчике основано на измерении времени распространения ультразвуковых импульсов в потоке теплоносителя через УПР. На рис. 5 представлена схема ультразвукового преобразователя расхода. Разность между временами распространения им-

пульсов в прямом и обратном направлениях относительно движения теплоносителя по УПР преобразуется в значение объемного расхода. Возбуждение ультразвуковых колебаний осуществляется парой пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП), образующих измерительный луч.

Измерительный блок (ИБ) является основным функциональным элементом теплосчетчика и содержит электрические и электронные элементы для управления ультразвуковыми преобразователями расхода (УПР), приема сигналов с термопреобразователей сопротивления (ТС) и преобразователей давления.



Р и с. 5. Ультразвуковой преобразователь расхода

ИБ снабжен двухстрочным индикатором, содержит интерфейсы для связи с ПК и другими устройствами посредством цифрового интерфейса RS–485. Наличие гальванической развязки (а также защиты от перенапряжения и помех в сети) в измерительном блоке ЭНКОНТ обеспечивает высокую помехозащищенность и безопасность в любых, даже самых тяжелых условиях эксплуатации. Каналы измерения расхода также развязаны гальванически, что исключает их взаимовлияние.

В качестве устройства для дистанционной передачи данных (в частности от теплового и электрического счётчика) используется модуль для регистрации и передачи информационных данных МР-2-ТК-GSM. Он представляет собой устройство, которое используется для сбора измерительных данных, полученных от других приборов и их последующего архивирования с целью последующей обработки. Сбор данных происходит по интерфейсу RS-485 через протокол обмена данными ModbusRTU. Интерфейс RS-485 используется для передачи сигнала в обоих направлениях по двум проводам (витая пара). RS-485 является стандартным интерфейсом, специально спроектированным для двунаправленной передачи цифровых данных в условиях индустриального окружения. Он широко используется для построения промышленных сетей, связывающих устройства с интерфейсом RS-485 на расстоянии до 1,2 км (репитеры позволяют увеличить это расстояние и дополнительно осуществить гальваническую развязку). Передача сигнала по сети является двунаправленной, инициируемой одним ведущим устройством, в качестве которого обычно используется офисный или промышленный компьютер (контроллер). Передача сформированных архивов может осуществляться через беспроводный GSM-канал в виде Email-сообщений. Для беспроводной передачи данных на корпусе прикреплена GSM-антенна. В приборе реализована гальваническая развязка по трем уровням: канал сбора данных, уровень подключения RS-485 и уровень подключения USB. Модуль может осуществлять опрос по 32-м каналам связи и поддерживает работу двух измерительных каналов. Для архивирования данных используются SD-карты, объем которых составляет 2 Гб. Период архивирования данных, и их отправки по GSM-каналу устанавливается посредством программирования.

Заключение. Установка универсальных измерительных модулей в разных районах Севастополя и Крыма позволит определить реальную солнечную активность. Несмотря на массу и доступность информации, собранную спутниками и метеостанциями, для объективной оценки солнечного потенциала необходимы практические исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России* /Т.И. Андреенко, Т.С. Габдерахманова., О.В. Данилова., [и др.]. / науч. Издание. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. – 160 с.