

**ИИС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФМ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ
(INFORMATION MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF
THE PV MODULE UNDER NATURAL CONDITIONS)**

А.В. Юрченко, А.В. Козлов, А.В. Охорзина, М.Н. Акулова
A. Yurchenko, A. Kozlov, A. Ohorzina, M. Akulova

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: mna4@tpu.ru

В статье рассматривается система контроля работы фотоэлектрического модуля в натуральных испытаниях. Особое внимание уделено измерению вольтамперной характеристики. Приведены результаты работы данной системы. Сделан вывод о работоспособности фотоэлектрического модуля в условиях г. Томска. (The article considers the monitoring system for photovoltaic module working under natural conditions. Particular attention is paid to the measurement of current-voltage characteristic. The results of the monitoring system's application are shown. The conclusion is made about operability of photovoltaic module in conditions of the city of Tomsk.)

Ключевые слова:

Фотоэлектрический модуль, вольтамперная характеристика, климатические факторы.
(Photovoltaic module, current-voltage characteristic, climatic factors.)

Введение

Все факторы, влияющие на фотоэлектрический модуль (ФМ), функционирующий в естественных условиях, могут быть разделены на две группы [1,2]:

- Аппаратные факторы определяются конструкцией и технологией изготовления фотоэлектрического модуля и солнечных элементов, ФМ. распределения модуля и по характеристикам деградации.
- Климатические факторы определяются различными климатическими параметрами, которые влияют на выход энергетических характеристик солнечных батарей: солнечная радиация, температура воздуха, влажность, скорость ветра и концентрация аэрозолей

Для определения эффективности применения ФМ на территории Томска была создана система контроля работы солнечного модуля с учетом влияния климатических параметров. Основной характеристикой описывающей работу ФМ в натуральных условиях и в течение эксплуатации является ВАХ.

Для изучения влияния факторов на работу фотоэлектрического модуля и определения его эффективности, разработана электронная нагрузка, позволяющая измерять вольтамперную характеристику фотоэлектрического модуля.

Основные характеристики ФМ определяются на основе измеренной вольтамперной характеристики, а именно КПД, ток короткого замыкания (КЗ) и напряжение холостого хода (ХХ).

Измерение ВАХ ФМ основанное на электронной нагрузке

Структурная схема измерения ВАХ представлена на рис. 1. Основным элементом измерения ВАХ является электронная нагрузка [1], которая изменяет свое сопротивление в зависимости от подаваемого на нее напряжения с ЦАП. Это позволяет измерять посредством АЦП напряжение на изменяющейся нагрузке солнечной батареи. Принцип действия электронной нагрузки основан на изменении сопротивления затвора полевого транзистора.

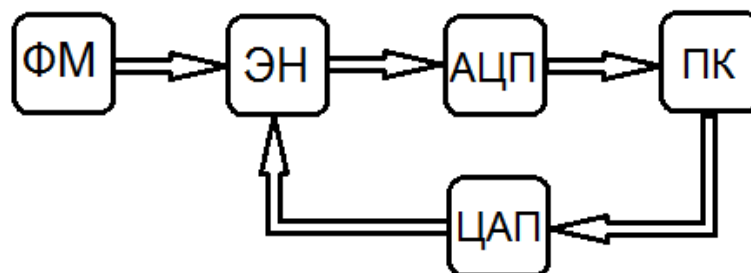


Рис. 1. Структурная схема измерения ВАХ с помощью электронной нагрузки, где ФМ – фотоэлектрический модуль, ЭН – электронная нагрузка, ПК - компьютер

Подобная схема реализации не позволяет измерять ВАХ при низкой освещенности. Количество точек ВАХ при суммарной солнечной радиации меньшей 200 Вт/м^2 составляет 2-3 точки. Поэтому провели модификацию схемы измерения ВАХ на основе многозначной меры сопротивления допускающей управление компьютером и микроконтроллера. Число измерений достигает 30, что позволяет увеличить точность измерений.

Измерение ВАХ ФМ с повышенной точностью

Структурная схема измерения ВАХ представлена на рис. 2.

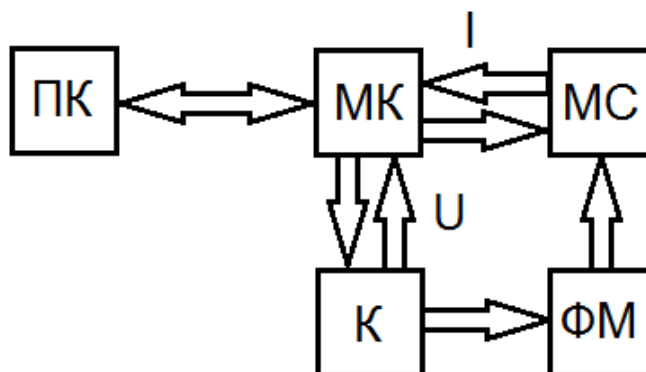


Рис. 2. Структурная схема измерения ВАХ, где :ПК – компьютер, МК - микроконтроллер, МС – мера сопротивлений, К – ключ, ФМ – фотоэлектрический модуль

При запуске программы подается сигнал на микроконтроллер, который подает управляющий сигнал на реле, которые подключают нагрузку. Нагрузка представляет собой многозначную меру сопротивления от 1 Ом до 8 кОм, что позволяет измерить ВАХ с большой точностью и определить рабочую точку (рис. 3.).

Управление станцией происходит при помощи программы, созданной на платформе LabVIEW (рис. 3.).

В нижнем левом углу окна управления программой представлено 14 переключателей, которые позволяют проводить измерения в ручную, что дает возможность наиболее точно оценивать работу ФМ.

Для полноценного осуществления исследования соединили мобильную систему мониторинга с датчиками климатических параметров. Таким образом, получили TOR-станцию.

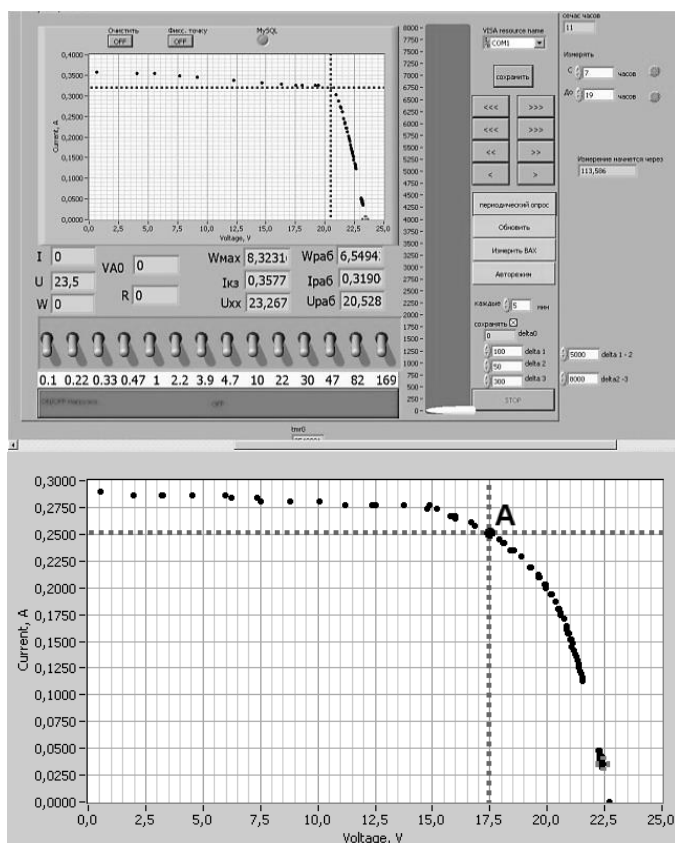


Рис. 3. Окно программы LabVIEW: измерение ВАХ (А - рабочая точка)

TOR-станция

Разработанная станция мониторинга совместно с TOR-станцией позволяет измерять ВАХ ФМ, определять ее параметры и измерять основные параметры климата (температура, давление и влажность воздуха, количество приходящей солнечной радиации), температуру поверхности ФМ. Это позволяет определить эффективность работы ФМ при различных погодных условиях.

Данная станция установлена на крыше Института Оптики Атмосферы в Академгородке г. Томска и подключена к ФМ мощностью 25 Вт, установленной под углом 54° к горизонту в направлении на юг.

Измерения проводятся однократно с интервалом во времени; регистрируется вольт – амперная характеристика (ВАХ) ФМ, ее температура, температура воздуха, вычисляется рабочая точка ВАХ. По истечению цикла измерения прекращаются до начала следующего сеанса. В итоге одного цикла для каждого параметра набирается одномерный массив, состоящий из тридцати элементов. Далее массив усредняется, и полученный результат сохраняется в файл данных. Причем, результаты измерения, где ток короткого замыкания ФМ меньше 0,1 А не сохраняются. Такие значения тока короткого замыкания соответствуют сумеркам или ночной фазе суток и не представляет интереса для исследования [2].

На основе данных полученных от TOR-станции был построен «солнечный глаз» (рис. 4.) для периода с 1996 г. до настоящего времени.

Данные измерения автоматически регистрируются и отображаются на сайте lor.iao.ru с января 2011 года (рис. 5.).

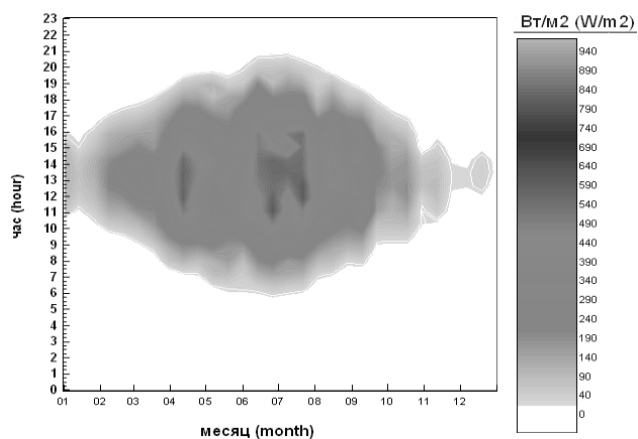


Рис. 4. «Солнечный глаз» (2013г.)

«Солнечный глаз» отображает приходящую солнечную радиацию в течение года по месяцам и часам. По данному графику можно судить о продолжительности солнечного сияния в течение дня.

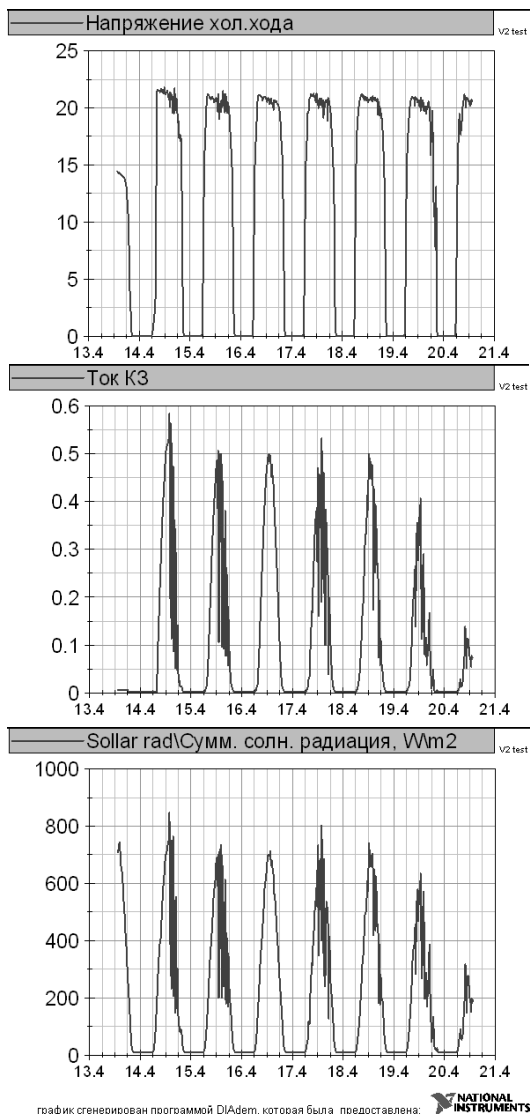


график сгенерирован программой DAdem, которая была предоставлена: NATIONAL INSTRUMENTS

Рис. 5. Измерения станции для ФМ

Описание базы данных

В результате проведенных испытаний была собрана база данных, состоящая из 20000 записей. В таблице приведена структура базы данных.

Таблица 1. Структура базы данных

Поле	Описание	Ед. изм.
Дата время	Дата и время	ДД.ММ.ГГГГ чч.мм.сс
Напряжение ХХ	Напряжение холостого хода	В
Рабочее напряжение	Рабочее напряжение	В
Ток КЗ	Ток короткого замыкания	А
Рабочий ток	Рабочий ток	А
Температура	Температура воздуха	° С
Влажность	Влажность воздуха	%
Сумм.солнц. радиация	Суммарная солнечная радиация	Вт/м ²
Скорость ветра	Скорость ветра	м/с
А	Азимут солнца	град.
Н	Склонение солнца	град.
ТФМ	Температура ФМ	° С
Давление	Давление воздуха	мм.рт.ст.

Определение эффективности применения ФМ на территории Томска

На основе данных полученных с TOR-станции за три года был проведен расчет эффективности применения солнечного модуля. Результаты представлены на рис. 6.

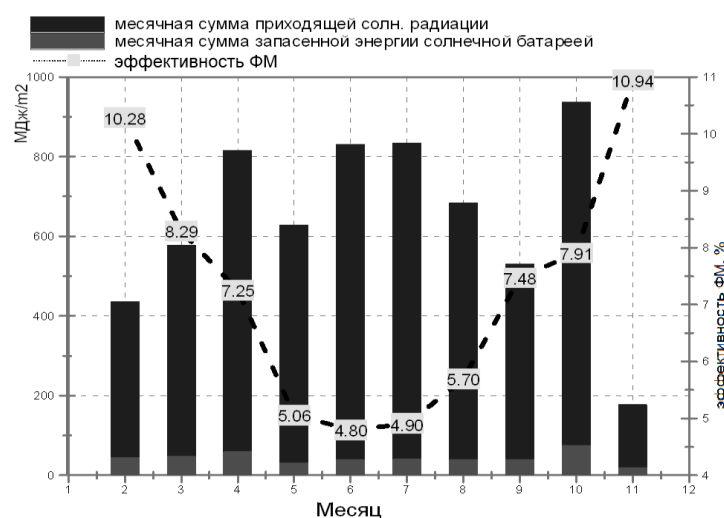


Рис.6. Эффективность применения ФМ в Томске

Из рисунка 6 следует, что эффективность ФМ значительно меняется в различные месяцы. Максимальное значение достигается в зимние месяцы, это связано с тем, что зимой очень велика доля отраженного излучения отраженного от снега, а также из-за низкого склонения солнца, свет падает на модуль в течении всего дня. В летние месяцы эффективность работы ФМ значительно уменьшается в связи с тем, что солнце в утренние и вечерние часы находится за поверхностью ФМ вследствие высокого сезонного угла. Также незначительно эффективность снижается вследствие влияния температуры поверхности ФМ на генерацию энергии [2,3]. Чем выше температура поверхности модуля, тем меньше генерируется энергии.

В среднем за год эффективность составляет порядка 6%, что примерно в половину меньше максимально возможного значения для используемого ФМ (14%). Эффективность можно повысить, используя более современные модули, системы слежения или комбинированные системы [4].

Рассмотрим применение систем слежения, как самый доступный способ повышения эффективности применения ФМ [4]. Применение систем слежения требует изменения только конструктива опорных конструкций, изменение ФМ не требуется. Системы слежения позволяют повысить выработку в утренние и вечерние часы и позволяют сделать более равномерной генерацию энергии в течение дня [4]. Результаты представлены на рис. 7.

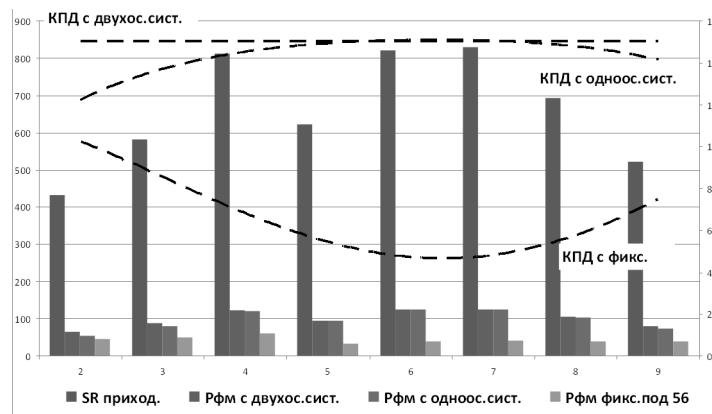


Рис. 7. Эффективность применения ФМ с использованием систем слежения

Использование систем слежения позволяет повысить в 2 раза эффективность использования ФМ, ФМ работает с максимальной мощностью. Применение следящих систем позволяет избежать провала в мощности в летние месяцы, когда сбор энергии максимально эффективен.

Выводы

- Была создана большая база измерений ВАХ ФМ и основных климатических параметров влияющих на работу ФМ.;
- Была определена эффективность работы ФМ в Томске, которая позволяет сделать вывод о возможности применения солнечных систем на территории, как Томска, так и Сибири.

Работа при поддержке грантом президента РФ МД-5352.2013.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрченко А.В., Козлов А.В. Мобильная станция мониторинга работы солнечных батарей в натурных условиях // Датчик и системы, 2006. - №9. - С. 64-67.
2. Козлов А.В.. Контроль влияния параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи : дис ... канд.техн.наук. - Томск, 2008 - 110 с.
3. Козлов А.В., Юрченко А.В., Пестунов Д.А. Влияние параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи // Оптика атмосферы и океана, 2005. - Т. 18. - № 8. - С. 731-734.
4. Охорзина А.В. Системы слежения за солнцем с применением ФЭД / Охорзина А.В., Китаева М.В., Юрченко А.В., Скороходов А.В // Ползуновский вестник, 2012. -№ 2-1. - С. 213-217.

Сведения об авторах:

Юрченко А.В.: г. Томск, заведующий лабораторией «физики солнечных элементов», профессор кафедры ИИТ Института неразрушающего контроля ТПУ. Область научных интересов: физика солнечных элементов, возобновляемая энергетика.

Охорзина А.В.: г. Томск, магистрант Института неразрушающего контроля ТПУ. Область научных интересов: системы слежения за Солнцем.

Козлов А.В.: г. Томск, канд.техн.наук, ТПУ. Область научных интересов: физика солнечных элементов, возобновляемая энергетика.

Акулова М.Н.: г. Томск, магистрант Института неразрушающего контроля ТПУ. Область научных интересов: солнечная энергетика, системы слежения за Солнцем.