

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ «ЭКСПРЕСС МЕТОД БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»

Кабулов Рустам Рашидович,
 Физико-технический институт
 Академии Наук Республики Узбекистан,
 лаборатория полупроводникового
 приборостроения, кандидат физико-
 математических наук, старший научный
 сотрудник, krr1982@bk.ru
 Герасименко Сергей Юрьевич,
 Физико-технический институт
 Академии Наук Республики Узбекистан,
 лаборатория полупроводникового
 приборостроения, старший научный
 сотрудник, serg2007@yandex.ru
 Хомидова Нилуфар Рустам кизи,
 Физико-технический институт
 Академии Наук Республики Узбекистан,
 лаборатория солнечных и тепловых
 установок, nilufar1996@gmail.com
 Кобулов Бехзод Рустам угли, магистр
 Ульсанского колледжа информационных
 технологий, Республика Корея,
bekhzod.kobulov@gmail.com

АННОТАЦИЯ. В статье описывается разработанный программный продукт для персональных электронно-вычислительных машин, которое даст возможность экспрессной оценки основных параметров солнечных элементов для их последующей установки в фотоэлектрические модули. Программное обеспечение даст возможность согласовать солнечные элементы в фотоэлектрическом модули, в результате чего значительно повысится энергоэффективность фотоэлектрических установок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Солнечный элемент, фотоэлектрический модуль, нагрузочная вольт-амперная характеристика, ток короткого замыкания, напряжения холостого хода, последовательное сопротивление, шунтирующее сопротивление, коэффициент полезного действия.

В настоящее время интенсивными темпами увеличивается доля экологически чистой возобновляемой солнечной энергетики, особенно фотовольтаической в мировом балансе производства электрической энергии. Фотовольтаика в производстве электроэнергии удобна тем, что солнечная энергии прямым образом преобразуется в электрическую энергию. В 2018 году было запланировано запуск энергетических установок мощностью более чем 113 ГВт, а в 2019 году 141.0 ГВт [1]. То в 2022 году было запущено солнечных фотоэнергетических установок мощностью более чем 228.5 ГВт, и в 2023 году планируется установить 350,6 ГВт [2]. Для широкого коммерческого внедрения фотоэлектрических станций в большую энергетику, увеличить конкурентность с традиционными методами производства электрической энергии необходимо уменьшить расходы, связанные с производством солнечных элементов, а так же их монтажом в фотоэлектрические модули. Фотоэлектрические модули представляют собой последовательно соединенные солнечные элементы. Если в цепочки последовательно соединенных солнечных элементов будет находиться поврежденный элемент или с худшими показателями энергоэффективности, то он будет ограничивать энергоэффективность остальных солнечных элементов.



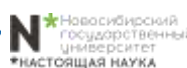
Исследование нагрузочных вольтамперных характеристик (НВАХ) солнечных элементов (СЭ) и фотоэлектрических модулей (ФЭМ) [3-4], при различных температурах и мощностях солнечного излучения, даст возможность установить энергетические потери, имеющие место в СЭ и установить область температур и мощности излучения, где эффективно будет работать исследуемые СЭ и ФЭМ. Определение выходных параметров одиночных СЭ, таких как, ток короткого замыкания (J_{sc}), напряжения холостого хода (V_{oc}), максимальная выходная мощность (P_{max}), коэффициент заполнения (FF) ВАХ, последовательное (R_{ser}) и шунтирующее (R_{sh}) сопротивление, коэффициент полезного действия (КПД, Efficiency) СЭ производится при «стандартных тестовых условиях» - Standard Test Conditions (STC), мощности солнечного излучения $P_{rad}=100$ мВт/см², температуре СЭ $T = 25^{\circ}C$. Экспериментальные исследования нагрузочных вольтамперных характеристик в Республике Узбекистан проводятся на сертифицированных комплексах измерения вольтамперных характеристик OriolSol 3A класса AAA, с использованием симулятора солнечного излучения Модель - 94043A, производства США, находящейся в Научно-исследовательском институте возобновляемых источников энергии при министерстве энергетике, или на установке SCIENCE TECH, SCISUN – 300, находящейся в Физико-техническом институте Академии Наук Республики Узбекистан. На этих установках имеется возможность изменять мощность падающего солнечного освещения (P_{rad}) на СЭ, в интервале $P_{rad}=5 - 100$ мВт/см² при этом температура СЭ поддерживается на $T \approx 25^{\circ}C$. На установке SCIENCE TECH, SCISUN – 300, так же, имеется возможность изменять температуру солнечного элемента от $5^{\circ}C$ до $80^{\circ}C$.

При создании фотоэлектрических модулей для того, что бы каждый солнечный элемент выдавали максимальную электрическую энергию во внешнюю цепь необходимо подобрать образцы с одинаковыми выходными параметрами, такими как, J_{sc} , V_{oc} , P_{max} , R_{ser} , R_{sh} , FF, КПД [5-6]. Эта процедура может занять много времени, так как солнечные фотоэлектрические станции содержат большое количество фотоэлектрических модулей. Для быстрого определения основных параметров СЭ и разделения их по категориям необходимо иметь программное обеспечение.

Программное обеспечение «Экспресс метод быстрой оценки основных параметров солнечных элементов» [7] предназначена для оценки главных параметров солнечных элементов на основе анализа ВАХ солнечного элемента при освещении различной мощностью солнечным потоком AM1, при STC (стандартное тестовое условие, $T=25^{\circ}C$), и при других температурах и освещении солнечным потоком AM1/N: J_{sc} , V_{oc} , P_{max} , R_{ser} , R_{sh} , FF, КПД. Численный способ на основе эталонов при различных значениях потока освещения ($P = 0,1$ до $1 \cdot AM1$), и нескольких точек температур в качестве опорных значений, устанавливает относительную степень при разбраковке солнечных элементов по категориям, что позволяет сделать вывод об их идентичности в пределах 3-5 % и качестве. Программа позволяет отобразить близкие по параметрам солнечные элементы для дальнейшей сборки в модули разных модификаций и исполнений.

Программная модель создана в среде Code Gear Delphi for Win32 с дружелюбным и удобным интерфейсом и может быть использована в различных сферах первичного анализа СЭ, при закупке и производстве солнечных батарей предприятиями, а также бакалаврами и магистрами высших учебных заведений, старшими научными сотрудниками – соискателями, сотрудниками научно-исследовательских институтов работающих в этой области.

Программа с помощью разработанных средств графического интерфейса обеспечивает наглядность процесса качественной оценки главных параметров солнечных элементов, для дальнейшей разбраковки по категориям и использовании близких по основным параметрам солнечных элементов при сборке солнечных модулей разной конфигурации. Все главные параметры СЭ представляются в виде графиков и таблиц.



Конфигурация персонального компьютера должна быть не ниже Pentium IV, с операционной системой Windows XP или Windows-7. Объем оперативной памяти не ниже 512 Мбайт.

Требования к работе системы: операционная система – Windows XP или Windows-7 .
 Язык программирования – CodeGear Delphi for Win32.
 Объем регистрируемой программы – 28.1 МБ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2018-12/solar-power-buyers>.
2. <https://www.pv-magazine.com/2023/02/16/global-solar-installations-may-hit-350-6-gw-in-2023-says-trendforce/>
3. G.F. Novikov, M.V. Gapanovich. "Third-generation Cu-In-Ga-(S, Se)-based solar inverters". *Physics-Uspokhi*, vol. 60, No. 2, pp. 161-178, 2017.
4. A.W. Horowitz, R. Fu, M. Woodhouse. "An analysis of glass-glass CIGS manufacturing costs". *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol.154, pp. 1–10, 2016.
5. Р.Р. Кабулова, Н.А. Матчанов, Б.Р.Умаров. **Особенности нагрузочных вольтамперных характеристик монокристаллического кремниевого солнечного элемента при различных уровнях освещенности солнечным светом.** Гелиотехника. 2017. №1. С. 22-24.
6. R.R. Kobulov, N.A. Matchanov, O.K. Ataboev, F.A. Akbarov. Solar Cells Based on Cu(In, Ga)Se₂ Thin-Film Layers. *Applied Solar Energy*. 2019. Vol. 55. No 2. pp. 83-90.
7. Р.Р.Кобулов, О.К.Атабоев, Э.Ю.Рахимов. Программа для ЭВМ «Экспресс метод быстрой оценки основных параметров солнечных элементов». Номер заявки DGU 2018 0680.

