

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ 5 КВТ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Расаходжаев Бахрамжан Сабирович, к.т.н., старший научный сотрудник, Международный институт солнечной энергии, Узбекистан, 100084, Ташкент, ул. Ч. Айтматова 2Б, корпус 2, Тел: (+998-71) 235-03-77;
Кыргызско-Узбекский университет, г.Ош, улица Г. Айтиева 27, Кыргызская Республика, Тел: (+99655) 7422311; *e-mail:* rashodjaev@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований автономной фотоэлектрической станции (ФЭС) с номинальной мощностью 5 кВт в условиях Кыргызстана. С целью обеспечения потребителей горных и сельских регионов, отдаленных от общей распределительной сети, системой бесперебойного и эффективного электроснабжения на основе автономной ФЭС, нами собрана принципиальная схема для автономного электроснабжения медицинского центра при Кыргызско-Узбекским университете с номинальной мощностью 5 кВт, (г.Ош, Кыргызская Республика). Общая площадь автономной фотоэлектрической станции составляет - 50 м². С учетом потребляемой

мощности медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете и по своему функциональному назначению в принципиальной схеме автономной ФЭС, установлен двух канальный инвертор (модель «INV-A1-5kW+48V/300A») с номинальной мощностью 5 кВт, при этом соединение фотоэлектрических модулей (ФЭМ) произведено по модульному принципу. При таком подходе построения принципиальной схемы автономной ФЭС значительно повышаются показатели надёжности комплектующего оборудования. В двух канальном инверторе использованы два контроллера заряда - модель CN 4860, при этом в принципиальной схеме инвертора повышается надёжность и понижается риск перегрева инвертора, что позволяет снизить расход на электроэнергию и повысить эксплуатационный ресурс оборудования. Собранный принципиальная схема и комплектующее оборудование автономной ФЭС, при ориентации на юг, под углом равным широте местности, позволяет повысить эффективность работы электрооборудования и надёжность системы электроснабжения. Смена времени года влияет на поступление суммарной солнечной радиации, и как следствие изменяется время работы, что существенно влияет на вырабатываемую электроэнергию автономной ФЭС. Собранный нами принципиальная схема, в которой использована модульная система соединения комплектующего оборудования, обеспечивает бесперебойное и эффективное автономное электроснабжение. Проведенные экспериментальные исследования ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт на примере медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете, дают возможность масштабного применения для потребителей горных и сельских регионов, отдаленных от общей распределительной сети, оборудования на основе автономной ФЭС.

Ключевые слова: автономная фотоэлектрическая станция, инвертор, контроллер заряда, аккумуляторные батареи, коэффициент полезного действия, сила тока, напряжение, емкость, средняя выработка электроэнергии, номинальная мощность, эффективность, электроэнергия.

STUDY OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF AN AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC STATION WITH A RATED POWER OF 5 KW UNDER THE CONDITIONS OF KYRGYZSTAN

Rasakhodjaev Bahramzhan Sabirovich, Ph.D., senior researcher, International Institute of Solar Energy, Uzbekistan, 100084, Tashkent, st. Ch. Aitmatova 2B, building 2, Tel: (+ 998-71) 235-03-77;

Kyrgyz-Uzbek University, Osh city, G. Aytiev street 27, Kyrgyz Republic, Tel: (+99655) 7422311; e-mail: rashodjaev@mail.ru

Annotation. The paper presents the results of experimental studies of autonomous photovoltaic power station with a rated power of 5 kW in the conditions of Kyrgyzstan. In order to provide consumers in mountainous and rural regions, distant from the general distribution network, with an uninterrupted and efficient power supply system based on an autonomous photovoltaic power station, we have assembled a circuit diagram for an autonomous power supply to a medical center at the Kyrgyz-Uzbek University with a rated power of 5 kW, (Osh, Kyrgyz Republic). The total area of an autonomous photovoltaic station is 50 m². Based on the power consumption of the medical center at the Kyrgyz-Uzbek University and according to its functional purpose, a two-channel inverter (model "INV-A1-5kW + 48V / 300A") with a rated power of 5 kW is installed in the circuit diagram of an autonomous photovoltaic power station, with the connection of photovoltaic modules (FEM) are manufactured on a modular basis. With this approach, the structure of the circuit diagram of an autonomous photovoltaic power station significantly increases the reliability indicators of component equipment. Two channel inverters use two charge controllers - the CN 4860 model, while in the inverter circuit diagram the reliability is increased and the risk of overheating of the inverter is reduced, which reduces energy consumption and increases the

operational life of the equipment. The assembled circuit diagram and the completing equipment of the autonomous photovoltaic power station, when oriented to the south, at an angle equal to the latitude of the terrain, can improve the efficiency of electrical equipment and the reliability of the power supply system. Changing the time of the year affects the supply of total solar radiation, and as a result, the operating time changes, which significantly affects the electricity generated by the autonomous photovoltaic power station. The circuit diagram we have assembled, in which a modular system for connecting components is used, ensures uninterrupted and efficient autonomous power supply. The experimental studies of photovoltaic power station with a rated power of 5 kW on the example of a medical center at the Kyrgyz-Uzbek University, provide an opportunity for large-scale use for consumers of mountain and rural regions remote from the general distribution network, equipment based on autonomous photovoltaic power station.

Keywords: autonomous photoelectric station, inverter, charge controller, storage batteries, effectiveness factor, current, voltage, capacity, average power generation, rated power, efficiency, electricity.

Введение

Во всем мире быстро растут масштабы использования возобновляемых источников энергии, в том числе солнечной энергии. Ее используют для получения электрической или тепловой энергии.

В Кыргызстане имеются широкие возможности для использования возобновляемых источников энергии в горной и сельской местности. В сельской местности уже сейчас можно использовать солнечную энергию для получения электрической или тепловой энергии. Как показывает практика, научные и образовательные центры по возобновляемым источникам энергии расположены и находятся в долинах с благоприятными актинометрическими и климатическими условиями [1].

По заводским данным конфигурация и технология, использующая фотоэлектрический эффект, базируется на кремниевых поликристаллических или монокристаллических фотоэлектрических модулях наземного применения. КПД в поликристаллических фотоэлектрических модулях мощностью 300 Вт достигает до 14%, в монокристаллических фотоэлектрических модулях мощностью 300 Вт - до 18%, и, по прогнозам, остается на протяжении 15-20 лет. Со временем, в процессе эксплуатации, КПД падает [2,3].

При строительстве автономных фотоэлектрических станций на основе фотоэлектрических модулей, произведенных различными производителями [4,5], необходимо уделять внимание выходным энергетическим параметрам, таким как эффективность, производительность, вырабатываемая мощность и т.д., так как, выходные параметры фотоэлектрических станций изменяются под воздействием внешних факторов [6,8].

Основными факторами, влияющими на выходные параметры, являются температура окружающей среды, плотность солнечной радиации, облачность и запыленность атмосферы, скорость ветра, широта местности, угол наклона фотоэлектрических модулей [8,9,10].

Изучение влияния погодных условий, оптимальной ориентации, угла наклона панелей и т.д. на параметры работы солнечной батареи в естественных условиях их эксплуатации является актуальной задачей, способствующей повышению эффективности разрабатываемых модульных солнечных фотоэлектрических станций и алгоритмов управления ими [11].

Кыргызстан, в частности город Ош, относится к горным регионам Центральной Азии. Одним из основных нерешенных вопросов при обеспечении электроэнергией в горных и сельских регионах является их отдаленность от общей распределительной сети, поэтому решение задач такого рода является актуальным.

Согласно научно-техническому договору №24 от 30.11.2018г. между Технологическим университетом Внутренней Монголии Китайской Народной Республики

(КНР) и Кыргызско-Узбекским университетом Кыргызской Республики, на территории Кыргызско-Узбекского университета (К-УУ) построена автономная фотоэлектрическая станция (ФЭС) с номинальной мощностью 5 кВт.

С целью обеспечения системой бесперебойного и эффективного электроснабжения на основе автономной ФЭС потребителей горных и сельских регионов, отдаленных от общей распределительной сети, на примере автономного электроснабжения медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете на основе автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт, (г.Ош, Кыргызской Республики), собранная нами в качестве эксперимента принципиальная схема автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт в Кыргызстане использована в первые.

В принципиальной схеме для автономного электроснабжения использован модульный принцип построения основных её функциональных узлов. При таком подходе строения принципиальной схемы автономного электроснабжения значительно повышаются показатели надёжности комплектующего оборудования.

Модульный принцип построения схем электроснабжения фотоэлектрических систем подразумевает, что принципиальная схема автономного электроснабжения состоит из нескольких функционально самостоятельных компонентов (модулей). Каждый модуль может быть с легкостью исключен из одной схемы электроснабжения и включен в другую схему автономного электроснабжения. Это обеспечивает возможность масштабирования в соответствии с требованием потребителя.

Принципиальная схема и основные параметры комплектующего оборудования автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт были согласованы с учеными Технологического университета Внутренней Монголии КНР и с производителями заводов Xinjiang Dobest Import&Export Trade Co.,LTD и Neolith Energy Technology CO., LTD КНР.

Материалы и методы исследования

Согласно научно-техническому договору на территории К-УУ для строительства автономной ФЭС предоставлен земельный участок с общей площадью 50 м² и помещение (будка) для размещения щита управления и комплектующего оборудования. При этом полезная площадь ФЭМ исследуемой автономной ФЭС - 24 штуки составила 39,12 м². На остальной площади 13,88 м² размещены щит управления и комплектующее оборудование.

Медицинский центр при Кыргызско-Узбекском университете оснащен самыми современными энергосберегающими медицинскими оборудованиями, комплектующими и энергосберегающими электрическими приборами: осветительными лампочками, обогревателями, снаружи прожекторами и др., предназначенными для эффективного потребления электроэнергии. При этом общая потребляемая мощность составляет 4,3 кВт.

В конструкцию автономной ФЭС входят ФЭМ поликристаллические, два контроллера заряда, инвертор, имеющий два входных канала, гелиевые аккумуляторные батареи и система защиты, предохранители. Кроме того, в конструкцию автономной ФЭС входят кабели, металлический каркас для удержания фотоэлектрических батарей (ФЭБ), имеющий наклонный угол 40°31 (равный широте местности г.Ош), опора металлическая для передачи электроэнергии, щит управления и заземление системы. Исследуемая автономная ФЭС подключена к системе по типу «Off-grid», которая не подключается к общей распределительной сети, а работает автономно.

Общий вид исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт показан на рисунке 1.



Рис.1. Общий вид исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт при Кыргызско-Узбекском университете

Fig. 1. General view of the investigated autonomous photovoltaic power station with a rated power of 5 kW at the Kyrgyz-Uzbek University

На рисунке 1 показан общий вид исследуемой автономной фотоэлектрической станции с номинальной мощностью 5 кВт с ориентацией на юг, завершение строительства и подключение системы хранения электрической энергии (аккумуляторы).

Для подробного исследования автономной ФЭС приводится принципиальная схема, показанная на рис.2.

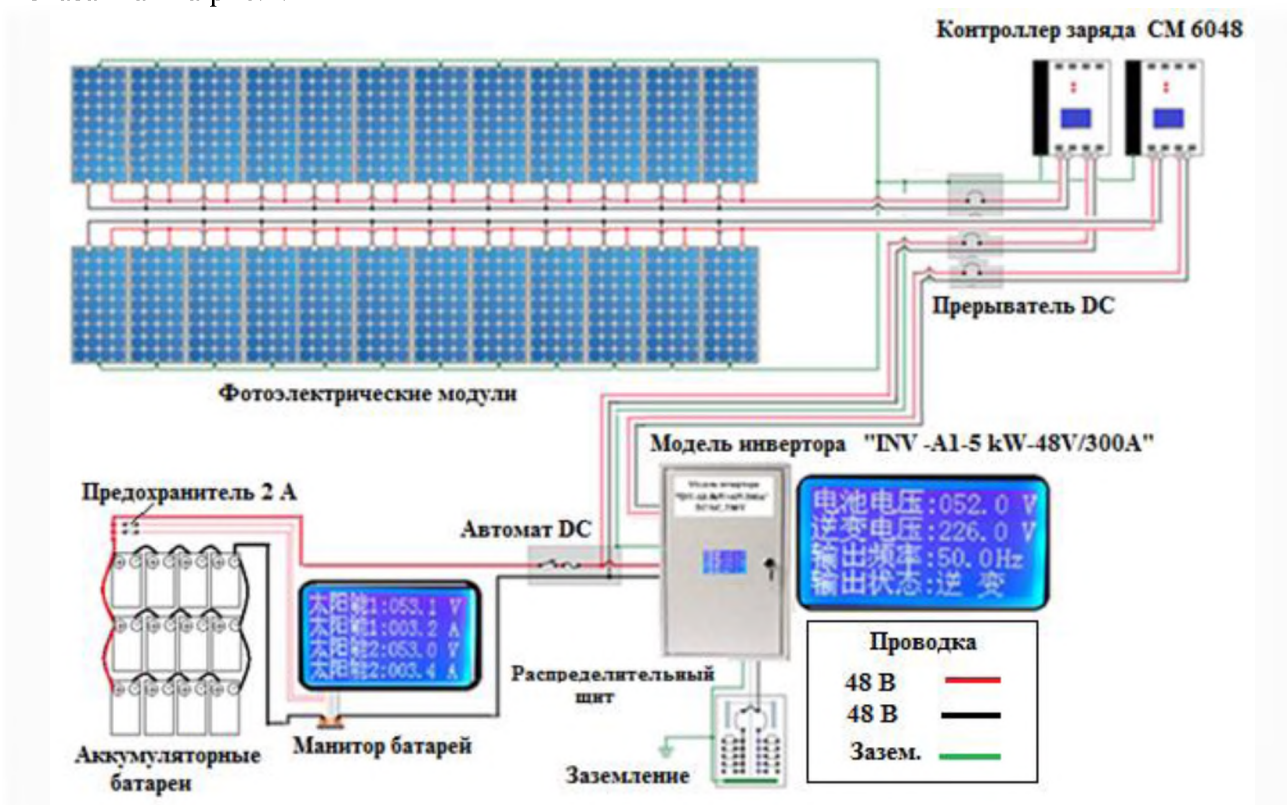


Рис.2. Принципиальная схема исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт

Fig. 2. Schematic diagram of the investigated autonomous photovoltaic power station with a rated power of 5 kW

Как видно из рисунка 2, в принципиальной схеме исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт показано соединение ФЭМ поликристаллических с мощностью 260 Вт в количестве 24 штуки, контроллеров заряда (модель CM6048) - 2 штуки, инвертора (модель «INV-A1-5kW+48V/300A») DC/AC 5 кВт, 220 В для автономных систем, гелиевых аккумуляторных батарей типа «STORACE SRG 200 –12» - 12 штук, подключенных через предохранители и автоматы, щита управления с общей системной схемой заземления.

Для эффективной работы двух канального инвертора и контроллеров заряда соединение ФЭМ произведено по модульному принципу. В таблице 1 приведены технические характеристики ФЭМ поликристаллической с мощностью 260 Вт.

Таблица 1.

Технические характеристики поликристаллического фотоэлектрического модуля мощностью 260 Вт

Table 1.

Specifications Polycrystalline PV module with a power of 260 W

№	Параметры	значение
<i>Электрические</i>		
1.	Максимальная мощность модуля, Вт	260
2.	Максимальная допустимая мощность	± 5
3.	Максимальное напряжение питания, В	30
4.	Напряжение холостого хода, В	36
5.	Ток короткого замыкания, А	9,70
6.	Оптимальный рабочий ток, А	8,66
<i>Механические и температурные характеристики</i>		
7.	Габаритные размеры, мм	1000x1600
8.	Общая площадь, м ²	1,65
9.	Количество солнечных фотоэлектрических элементов в одном модуле, шт.	60
10.	Размер фотоэлементов, мм	155x155

Инвертор представляет собой устройство, позволяющее преобразовывать постоянный ток, полученный от солнечных батарей в переменный ток. Потребляемая мощность инверторов в зависимости от назначения достигает до 90 % [6]. Инвертор использованный в конструкции автономной ФЭС (модель INV-A1-5kW+48V/300A) DC/AC 5 кВт, 220 В, по типу относится к инверторам для автономных систем. По виду и выпускаемым параметрам принадлежит к инверторам с богатыми функциональными возможностями: к низкочастотным, с чистым синусом, подключаемым к аккумуляторным батареям. При нагрузке 5 кВт и выше инверторы необходимо ориентировать на напряжение 48 В. Используемая в инверторе частота 50 Гц, соответствует частоте промышленной сети.

Для максимального использования электроэнергии, вырабатываемой солнечными батареями, соединенными по модульному принципу, для хранения или вырабатывания электроэнергии, применены два контроллер заряда (модель CM6048) широтно-импульсной модуляции (ШИМ), которые позволяют повысить КПД электрических преобразователей до 80%.

Функции контроллера заряда: применение с различными типами аккумуляторов, автоматическая система определения уровня заряда аккумуляторов, автоматическое

обеспечение постоянного тока заряда аккумуляторов и др. При двух контроллерной схеме инвертора повышается надежность и понижается риск перегрева инвертора, что позволяет снизить расход на электроэнергию и повысить эксплуатационный ресурс оборудования.

Аккумуляторные батареи при соединении подразделены на две группы: с параллельным соединением и с последовательным соединением. Для оптимального подбора тока и напряжения на исследуемой автономной фотоэлектрической станции, аккумуляторные батареи нужно подключать последовательно и параллельно. На основе показаний инвертора получены данные аккумулятора напряжения, входящее постоянное напряжение, сила тока ФЭМ и выходного переменного напряжения автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт.

Для обеспечения электробезопасности в автономной ФЭС, ФЭМ и всё комплектующее электрооборудование заземлены согласно правилам устройств и эксплуатации электрооборудования.

Общий вид инвертора с комплектующим оборудованием и размещение контроллера заряда, автомата управления и соединения аккумуляторных батарей показаны на рис.3.



Рис.3. Общий вид инвертора, размещение контроллера заряда, автомата управления и соединения аккумуляторных батарей в исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт

Fig. 3. General view of the inverter, the placement of the charge controller, control unit and battery connection in the research autonomous photovoltaic power station with a rated power of 5 kW

На рисунке 3 показано содинение аккумуляторных батарей. Модель инвертора «INV-A1-5kW+48V/300A» принимает напряжение 48 В. Для подбора напряжения 48 В и силы тока выбраны аккумуляторные батареи типа SRG 200 – 12.

В собранной принципиальной схеме исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт, имеется три секции аккумуляторных батарей по четыре аккумулятора в каждой секции. Согласно закону Ома между собой три секции соединены параллельно. При параллельном соединении падение напряжения между узлами, объединяющими элементы цепи, одинаково для всех элементов [7].

Для автономной ФЭС напряжение первой U_1 , второй U_2 и третьей U_3 секциях одинаковы:

$$U_1 = U_2 = U_3 \quad (1)$$

При этом сумма токов $I_1 + I_2 + I_3$, протекающих по аккумуляторным батареям, равна току в неразветвленной цепи:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2)$$

Сила тока определяется

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 200 + 200 + 200 = 600 \text{ A}$$

В одной секции четыре штуки аккумуляторных батарей по 12 В, они между собой

соединены последовательно, при последовательном соединении аккумуляторных батарей общее напряжение в цепи равно сумме напряжений на концах каждого из аккумуляторов.

При последовательном соединении аккумуляторов сила тока во всех аккумуляторах одинакова:

$$I_1 = I_2 = I \quad (3)$$

По закону Ома, напряжение U_1 , U_2 и U_3 на аккумуляторах равны

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_3 = IR_3$$

Общее напряжение U на аккумуляторах равно сумме напряжений U_1 , U_2 и U_3

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (4)$$

Напряжение определяется

$$U = 12 + 12 + 12 + 12 = 48 \text{ В.}$$

На основании вышеприведенных формул от аккумуляторных батарей получим напряжение 48 В и силу тока 600 А. Важной технической характеристикой в аккумуляторных батареях является емкость. Емкость показывает, сколько времени аккумулятор сможет питать подключенную к нему нагрузку. На основе собранной схемы и полученных данных аккумуляторные батареи ФЭС имеют емкость 600 А*час. За один час инвертор «INV-A1-5kW+48V/300A» потребляет 48V/300A*час. Излишняя сила тока остается в запасе в аккумуляторных батареях, с помощью которых можно увеличить время работы инвертора.

На основе показаний двухканального инвертора получены данные аккумулятора: напряжение и выходное переменное напряжение, входящее постоянное напряжение и сила тока фотоэлектрических батарей исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт, показаны на рис.4. и рис.5. Установленный в фотоэлектрической станции инвертор имеет два входных канала по 30 А: ток и напряжение.

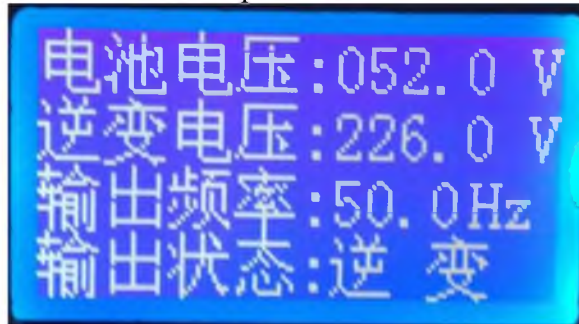


Рис. 4. Показания двухканального инвертора «INV-A1-5kW+48V/300A производства КНР: среднее входное постоянное и выходное переменное напряжение аккумуляторной батареи

Figure: 4. Indications of two-channel inverter "INV-A1-5kW + 48V / 300A manufactured in China: average input DC and output AC voltage of storage batteries

Как видно из рисунка 4, по показанию двухканального инвертора, среднее входное постоянное напряжение аккумуляторной батареи составляет DC– 52 В (V) и среднее выходное переменное напряжение составляет AC- 226 В (V), при этом частота в автономной ФЭС составляет - 50 Hz.

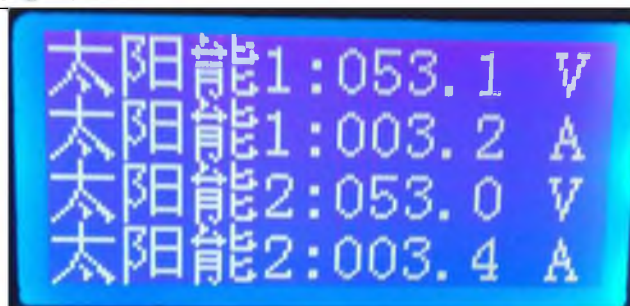


Рис.5. Показания двухканального инвертора «INV-A1-5kW+48V/300A производства КНР: среднее входящее постоянное напряжение и сила тока контроллеров заряда

Fig. 5. Readings of two-channel inverter "INV-A1-5kW + 48V / 300A manufactured in China: average input DC voltage and current strength of the charge controller

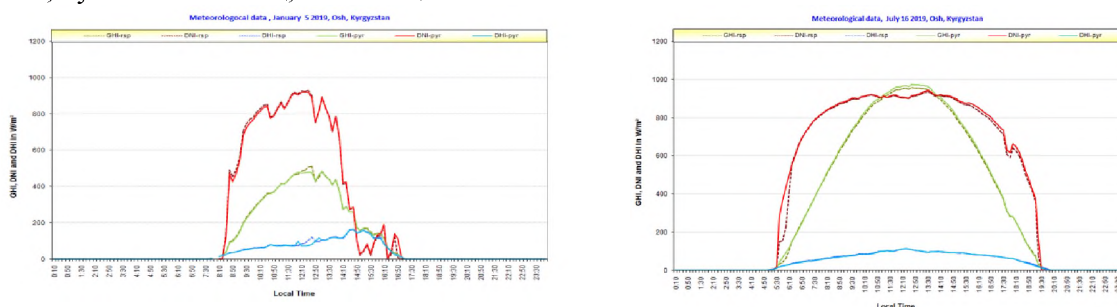
Как видно из рисунка 5, по показанию двухканального инвертора, среднее входное постоянное напряжение (СВПН) и сила тока, получаемые от контроллеров заряда, составляют соответственно: в первом канале СВПН - DC – 53,1 В (V), сила тока - 3,2 А, а во втором канале СВПН- DC – 53,0 В (V), сила тока - 3,4 А.

Наблюдения эксплуатационных характеристик исследуемой автономной ФЭС основывались на показаниях инвертора. При этом измерялась суммарная солнечная радиация с помощью солнечного датчика- SolSensor – 200, г. (Ош, Кыргызская Республика).

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Эксперименты на основе автономной ФЭС, на примере медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете с номинальной мощностью 5 кВт (г.Ош, Кыргызская Республика), для обеспечения бесперебойного и эффективного автономного электроснабжения потребителей горных и сельских регионов, отдаленных от общей распределительной сети, начали проводиться с октября 2018 года, и проводятся по сей день.

Результаты измерений суммарной солнечной радиации, выборочно за январь и июль месяцы представлены на рис.6, и выработанной мощности автономной ФЭС в среднем за час, сутки и за месяц, в таблице 2.



Красные линии - прямая солнечная радиация;
Пунктирные линии - изменение прямой и диффузной солнечной радиации;
Синий цвет линии - диффузная составляющая солнечной радиации;
Зеленый цвет - суммарная солнечная радиация.

Рис. 6. Суммарная солнечная радиация за январь и июль месяцы, г. Ош, Кыргызская Республика

Red lines - direct solar radiation;
Dotted lines - change in direct and diffuse solar radiation;
The blue color of the line is a diffuse component of solar radiation;
Green - total solar radiation.

Fig. 6. Total solar radiation for the months of January and July, Osh, Kyrgyz Republic

Как видно из рисунка 6, в зимнее время (выбран январь месяц) продолжительность солнечного сияния в среднем составляет 12-13 часов. В летнее время (выбран июль месяц) продолжительность солнечного сияния в среднем составляет 16-17 часов, что существенно влияет на режим работы и на производительность автономной ФЭС.

Таблица 2.

Результаты измерений, выработанной электроэнергии исследуемой автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт, в среднем за час, день и за месяц

Table 2.

The results of measurements of the generated electricity of the investigated autonomous photovoltaic power station with a rated power of 5 kW, on average per hour, day and per month

Месяцы (число дней)	Число часов	Суммарная солнечная радиация в среднем за месяц Вт/м ² За 2019 г,	Отношение наблюдаю- щейся продолжит- ельности солнечного сияния к возможной, %	Время работы ФЭС, час	Выработка электро- энергии средняя за час кВт/(м ² *час)	Выработка электро- энергии средняя за сутки кВт/(м ² *сут)	Выработка электро- энергии средняя за месяц кВт/(м ² *мес)
за 2018 г.							
Октябрь (31)	744	365	66	7,2	3,2	23,04	714,24
Ноябрь (30)	720	330	50	6,2	3,2	19,84	595,2
Декабрь (31)	744	320	34	5,2	3,2	16,64	515,84
за 2019 г.							
Январь (31)	744	320	38	5,2	3,2	16,64	515,84
Февраль(28)	672	330	39	5,6	3,2	17,92	483,84
Март (31)	744	365	41	5,8	3,2	18,56	575,36
Апрель (30)	720	370	52	6,5	3,2	20,80	624,0
Май (31)	744	490	63	7,3	3,2	23,36	724,16
Июнь (30)	720	570	75	8,0	3,2	25,6	768,0
Июль (31)	744	610	80	9,6	3,2	30,72	952,32
Август (31)	744	580	82	9,4	3,2	30,08	932,48
Сентябрь (30)	720	445	80	8,3	3,2	26,56	796,80
Октябрь (31)	744	360	66	7,0	3,2	22,40	694,40
Ноябрь (30)	720	340	50	6,4	3,2	20,48	614,40
Декабрь (31)	744	325	34	6,6	3,2	21,12	654,72

Из таблицы 2 видно, что эффективность работы, исследуемой автономной ФЭС имеет зависимость от времени года и от параметров суммарной солнечной радиации, числа часов и отношения наблюдающейся продолжительности солнечного сияния к возможной. При изменении времени года меняется и поступление суммарной солнечной радиации, в связи с чем изменяется и время работы ФЭС, а это существенно влияет на вырабатываемую автономной ФЭС электроэнергию.

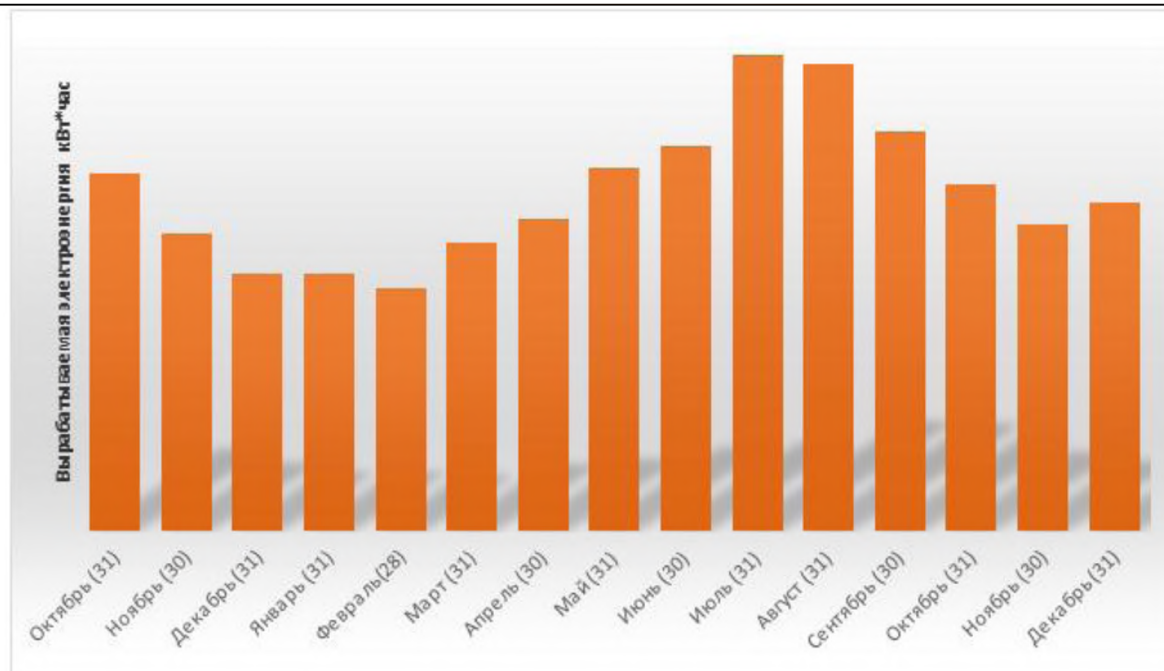


Рис. 7. Вырабатываемая электроэнергия исследуемой автономной фотоэлектрической станции с номинальной мощностью 5 кВт в течение года

Fig. 7. Generated electricity of the investigated autonomous photovoltaic station with a rated power of 5 kW during the year

Из рисунка 7 видно, что в зависимости от времени года меняется выработка электроэнергии автономной ФЭС. При этом максимальная выработка электроэнергии автономной ФЭС приходится на июль и август месяцы.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт показывают:

- для автономного электроснабжения на основе автономной ФЭС использован модульный принцип построения основных её функциональных узлов, при этом в собранной принципиальной схеме автономной ФЭС значительно повышаются показатели надёжности комплектующего оборудования;

- по потребляемой мощности медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете и по своему функциональному назначению в принципиальной схеме автономной ФЭС, установлен двухканальный инвертор (модель «INV-A1-5kW+48V/300A») с номинальной мощностью 5 кВт, при этом соединение ФЭМ произведено по модульному принципу;

- в двухканальном инверторе использованы два контроллера заряда (модель CN 4860), которые также соединены с модулями, при этом в принципиальной схеме инвертора повышается надёжность и понижается риск перегрева инвертора, что позволяет снизить расход на электроэнергию и повысить эксплуатационный ресурс оборудования;

- при выбранной принципиальной схеме и комплектующем оборудовании автономной ФЭС, при ориентации её на юг, под углом равным широте местности, повышается эффективность работы электрооборудования и надёжность системы автономного электроснабжения;

- при смене времени года меняется и поступление суммарной солнечной радиации, и

время работы, а это, в свою очередь, существенно влияет на вырабатываемую электроэнергию автономной ФЭС.

Таким образом, нами собранная принципиальная схема для обеспечения бесперебойного и эффективного автономного электроснабжения, в которой использован модульный принцип соединения комплектующего оборудования, и проведенные экспериментальные исследования на примере медицинского центра при Кыргызско-Узбекском университете на основе автономной ФЭС с номинальной мощностью 5 кВт дают возможность масштабного применения у потребителей горных и сельских регионов, отдаленных от общей распределительной сети, данной разработки.

Благодарность

Автор выражает благодарность преподавателям и сотрудникам кафедры Компьютерные технологии и энергетика Кыргызско-Узбекского университета и научным сотрудникам Международного института солнечной энергии Академии Наук Республики Узбекистан.

Работа выполнена в рамках научно-технического договора №24 от 30.11.2018г., заключенного между Технологическим университетом Внутренней Монголии Китайской Народной Республики и Кыргызско-Узбекским университетом Кыргызской Республики.

Acknowledgments

The author is grateful to the teachers and staff of the Department of Computer Technologists and Power Engineering of the Kyrgyz-Uzbek University and the scientific staff of the International Solar Energy Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

This work was carried out in the framework of the scientific and technical agreement No. 24 dated November 30, 2018, concluded between the Technological University of Inner Mongolia of the People's Republic of China and the Kyrgyz-Uzbek University of the Kyrgyz Republic.

Список литературы

1. Исманжанов, А.И. Эксплуатация низкопотенциальных солнечных теплоэнергетических установок в горных условиях. [Текст]: / Исманжанов А.И., Дилишатов О.У. Бишкек. Информационно-издательский центр «Илим», 2017. 128с.
2. Расаходжаев, Б.С. Разработка и исследование автономной фотоэлектрической станции мощностью 5 кВт в условиях Кыргызстана. [Текст]: / Расаходжаев Б.С., Zhao Mingzhi, Райымбаев Ж.Ч., Асанбаев И.И. Инновация в жизнь. 2019. №4. –С 212-218.
3. Ахатов, Ж.З. Организация сертификационной лаборатории для проведения испытаний солнечных фотоэлектрических панелей. Ахатов Ж.З., Расаходжаев Б.С. и другие. [Текст]: / Министерство инновационного развития. БВ-Итех-2018-94 Ташкент. 2019. 107 стр.
4. Avezova, N.R. Resourceindicator sused for solar photovoltaic plantsin Uzbekistanpart 1. [Текст]: / N.R.Avezova, E.Yu.Rakhimov, and J.O.Izzatillaev, Applied Solar Energy, vol. 54, no. 4, pp. 273-278, 2018.DOI: 10.3103/S0003701X18040023.
5. Matchanov, N.A. Experimental Studies of the Monocrystal and Polycrystal Characteristics of Silicon Photovoltaic Modules under Environmental Conditions of Tashkent. [Текст]: / N.A. Matchanov, A.M. Mirzabaev, B.R. Umarov, et al, Applied Solar Energy, vol. 53, no. 1, pp. 23-30, 2017. DOI:10.3103/S0003701X17010108.
6. Малевский, Ю.Н. Солнечная энергетика. [Текст]: / Малевский Ю.Н. – М.: Мир, 2001.-196с.
7. Савельев, И.В. Курс общей физики, том II. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Учебное пособие.- 2-е изд., перераб. [Текст]: / Савельев И.В. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.-496с.
8. Койшиев, Т.К. Солнечные электростанции: Энергетика системы концентратор приемник и математические модели. Автореферат док.техн.наук. - Ташкент: - 27с.

9. IEC/TS 62548:2013. Батареи фотоэлектрические. Технические условия.
10. Mekhilef, S. Effect of dust, humidity and velocity on efficiency of photovoltaic cells. [Текст]: / S. Mekhilef, R. Saidur, and M. Kamalisarvestani, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, pp. 2920-2925, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2012.02.012.
11. Santiago, Silvestre. Effects of shadowing on Photovoltaic module performance. [Текст]: / Santiago Silvestre, Chouder Aissa, Master's thesis in University of GAVLE, June 2015.
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып.32. Кыргызская ССР / Л., Гидрометеиздат, 1989, 374 с.
13. Кыргызстан: окружающая среда и природные ресурсы для устойчивого развития. Отчет Государственного агентства по охране окружающей среды и лесному хозяйству при Правительстве Кыргызской Республики. Программа развития ООН в Кыргызской Республике. Бишкек, 2007, 92с.
14. Человеческое развитие в горных регионах Кыргызской Республики. Национальный отчет по человеческому развитию – 2002. Программа развития ООН в Кыргызстане. Национальный центр развития горных регионов Кыргызской Республики. Бишкек, 2002, 86с.
15. Исманжанов, А.И. Возобновляемая энергетика. [Текст]: / Исманжанов А.И. Учебное пособие для вузов. Ош, издательство Кыргызско-Узбекского университета . 2015. 234с.
16. Достанко, А. П. Фотоэлектрические системы. [Текст]: / Достанко А. П., Василевич В. П., Русецкий В. А., Собчук Н. С. Лабораторный практикум. Минск. БГУИР. 2014. – 67 с.
17. Орлов, С.А. Компенсация погрешностей осей вращения азимутально-зенитальной конструкции концентраторов при программном слежении за солнцем. [Текст]: / Орлов С.А., Клычев Ш.И. Гелиотехника. Ташкент. 2017. №4. – С.46-50.
18. Киселева, В.С. Оценка эффективности создания сетевых фотоэлектрических станции в некоторых районах Центрального Азии и Закавказья. [Текст]: / Киселева, В.С., Попель О.С., Тарасенко А.Б. Гелиотехника. Ташкент. №2. – С.13-18.

List of references

1. Ismanzhanov, A.I. Operation of low-grade solar thermal power plants in mountainous conditions. [Text]: / Ismanzhanov A.I., Dilishatov O.U. Bishkek. Information and Publishing Center "Ilim", 2017. 128 p.
2. Rasakhodzhaev, B.S. Development and research of an autonomous photovoltaic station with a capacity of 5 kW in the conditions of Kyrgyzstan. [Text]: / Rasakhodzhaev BS, Zhao Mingzhi, Raiymbaev Zh.Ch., Asanbaev I.I. Innovation in life. 2019. No. 4. –S 212-218.
3. Akhadow, Zh.Z. Organization of a certification laboratory for testing solar photovoltaic panels. Akhadow Zh.Z., Rasakhodzhaev B.S. other. [Text]: / Ministry of Innovative Development. BV-Itech-2018-94 Tashkent. 2019. 107 p.
4. Avezova, N.R. Resourceindicator sused for solar photovoltaic plants in Uzbekistanpart 1. [Text]: / N.R. Avezova, E. Yu.Rakhimov, and J.O. Izzatillaev, Applied Solar Energy, vol. 54, no. 4, pp. 273-278, 2018 DOI: 10.3103 / S0003701X18040023.
5. Matchanov, N.A. Experimental Studies of the Monocrystal and Polycrystal Characteristics of Silicon Photovoltaic Modules under Environmental Conditions of Tashkent. [Text]: / N.A. Matchanov, A.M. Mirzabaev, B.R. Umarov, et al, Applied Solar Energy, vol. 53, no. 1, pp. 23-30, 2017. DOI: 10.3103 / S0003701X17010108.
6. Malevsky, Yu.N. Solar energy. [Text]: / Malevsky Yu.N. - М.: Mir, 2001.-196s.
7. Saveliev, I.V. General Physics Course, Volume II. Electricity and magnetism. Waves. Optics. Textbook. - 2nd ed., Revised. [Text]: / Saveliev I.V. - М.: Science. Main edition of physical and mathematical literature, 1982.-496s.
8. Koishiev, T.K. Solar Power Plants: Energy Concentrator Receiver Systems and Mathematical Models. Abstract of doc. Technical sciences. - Tashkent: - 27s.
9. IEC / TS 62548: 2013. Photovoltaic batteries. Technical conditions.

10. Mekhilef, S. Effect of dust, humidity and velocity on efficiency of photovoltaic cells. [Text]: / S. Mekhilef, R. Saidur, and M. Kamalisarvestani, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, pp. 2920-2925, 2012. DOI: 10.1016 / j.rser.2012.02.012.
11. Santiago, Silvestre. Effects of shadowing on Photovoltaic module performance. [Text]: / Santiago Silvestre, Chouder Aissa, Master's thesis in University of GAVLE, June 2015.
12. Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Issue 32. Kyrgyz SSR / L., Gidrometeoizdat, 1989, 374 p.
13. Kyrgyzstan: environment and natural resources for sustainable development. Report of the State Agency for Environmental Protection and Forestry under the Government of the Kyrgyz Republic. United Nations Development Program in the Kyrgyz Republic. Bishkek, 2007, 92 p.
14. Human development in mountainous regions of the Kyrgyz Republic. National Report on Human Development - 2002. United Nations Development Program in Kyrgyzstan. National Center for Development of Mountain Regions of the Kyrgyz Republic. Bishkek, 2002, 86p.
15. Ismanzhanov, A.I. Renewable energy. [Text]: / Ismanzhanov A.I. Textbook for universities. Osh, publishing house of the Kyrgyz-Uzbek University. 2015.234s.
16. Dostanko, A.P. Photovoltaic systems. [Text]: / Dostanko A. P., Vasilevich V. P., Rusetsky V. A., Sobchuk N. S. Laboratory workshop. Minsk. BSUIR. 2014.-- 67 p.
17. Orlov, S.A. Compensation of errors in the axes of rotation of the azimuthal-zenith design of concentrators during software tracking of the sun. [Text]: / Orlov S.A., Klychev Sh.I. Solar technology. Tashkent. 2017. # 4. - S.46-50.
18. Kiseleva, V.S. Evaluation of the effectiveness of creating network photovoltaic stations in some regions of Central Asia and the Caucasus. [Text]: / Kiseleva, V.S., Popel O.S., Tarasenko A.B. Solar technology. Tashkent. № 2. - pp. 13-18.