

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ

**А.Я. ДЖУМАЕВ (Государственный энергетический институт Туркменистана),
Э.Д. КАДЫРОВ (ООО “ПСК “ИнжПром”)**



Последние несколько лет интерес к проектам по солнечной энергетике неуклонно растет во всем мире, ставит множество технологических и технических задач, а также выявляет проблемы оценки возможности и эффективности использования энергии Солнца. Настоящее время для решения комплекса разнообразных задач в данной области возможно и целесообразно использование инструментария автоматизированных систем. В работе предлагается автоматизированная система управления автономным энергоснабжением на базе фотоэлектрической солнечной станции. Рассматриваются возможные подходы к созданию энергетических аналитических систем по возобновляемым источникам энергии. Рассмотрены варианты энергоснабжения населения за счет фотоэлектрических солнечных станций на примере экспериментального дома с автономным энергоснабжением.

Ключевые слова: солнечная радиация, оптимальная ориентация, фотоэлектрическая солнечная станция, выработка электроэнергии, мониторинг работы станции, автономное энергоснабжение.

Согласно прогнозам экспертов Международного энергетического агентства к 2050 году солнечная энергетика станет основным источником электрической энергии. В ближайшие годы страны Средней Азии будут находиться в центре внимания крупнейших международных игроков в области солнечной энергетики и в данном регионе планируется построить более 600 объектов солнечной энергетики, суммарная мощность которых составит свыше 4 ГВт.

Согласно данным, приведенным в работе [1], Туркменистан обладает огромными ресурсами солнечной энергетики, т.е. годовой приход суммарной солнечной радиации на всю площадь Туркменистана составляет $3157 \cdot 10^{12}$ МДж ($877,646 \cdot 10^{12}$ кВт·ч) и определяет потенциальные ресурсы солнечной энергии страны.

Президент Туркменистана в своем послании участникам международной научной конференции “Инновационные технологии в использовании возобновляемых источников энергии”, которая прошла в Ашгабаде 2-3 декабря 2014 года, отметил, что в нашей стране есть огромные возможности и перспективы для широкого использования возобновляемых источников энергии, направленных на снижение негативного влияния промышленности на окружающую среду, здоровье человека и уровня вредных выбросов в атмосферу. Ускоренное вхождение национальной науки нашей независимой нейтральной От-

чизны в мировое научное пространство в этом направлении имеет большое значение для расширения и укрепления международного сотрудничества в сфере науки и технологии [2].

Во многих странах приняты национальные и региональные программы по развитию использования возобновляемых источников энергии. Так, Европа 17 декабря 2008 года приняла пакет под названием “20-20-20”. Согласно данному документу, к концу 2020 года предполагается достижение 20 % доли возобновляемой энергии в общем энергетическом балансе, снижение выбросов парниковых газов по сравнению с 1990 годом на 20 %, повышение энергоэффективности промышленности на 20 %.

В последние 20 лет в мировой практике фотоэлектрические солнечные станции получили достаточно широкое распространение. В некоторых европейских странах достигнуты за последние 5-10 лет очень высокие результаты, введены специальные тарифы на закупку энергии, выработанной фотоэлектрической солнечной станцией, что привело к росту строительства как крупных солнечных станций мощностью в сотни мегаватт, так и относительно маломощных солнечных станций в миллионах домах. В результате в этих странах солнечная энергетика превратилась в новую отрасль промышленности. В практике используется две формы энергообеспечения объектов: централизованное и ав-



Рис. 1. Жилой дом с автономным энергоснабжением

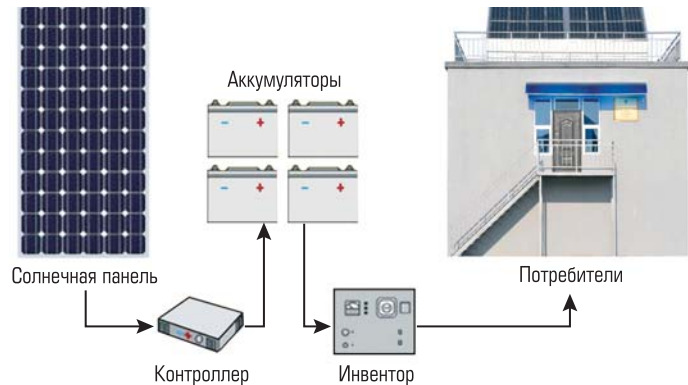


Рис. 2. Блок-схема жилого дома с автономным энергоснабжением

тономное. Причём, стремление к внедрению чистых технологий в последние годы способствует наиболее активному развитию автономного энергообеспечения, использующего возобновляемые источники энергии [3].

При автономном энергоснабжении на основе использования энергии солнечного излучения наиболее приемлемыми являются фотоэлектрические солнечные станции, которые могут иметь фиксированный или следящий фотоприемник. В этих условиях наибольшую надежность будет иметь вариант с дублированием фотоэлектрической солнечной станции топливной станцией.

Наши исследования проводились на жилом доме с фотоэлектрической солнечной станцией на 2 кВт, построенной в Государственном энергетическом институте Туркменистана (рис. 1), блок-схема которой показана на рис. 2. Государственный энергетический институт Туркменистана находится в г. Мары с географическими координатами $37,6^\circ$ северной широты и $61,8^\circ$ восточной долготы. Фотоэлектрическая станция состоит из 16 фотоэлектрических солнечных панелей на 130 Вт. Фотоэлектрическая солнечная станция, кроме фотопреобразователя — солнечные панели, содержит 8 аккумуляторных батарей на 200 А·ч,

контроллер солнечной батареи и инвертор, обеспечивающий преобразование постоянного низковольтного тока от аккумуляторов и фотопреобразователей к бытовому или промышленному стандарту. Технические параметры фотоэлектрической солнечной станции приведены в работе [4]. Проведены исследования влияния климатических условий, т.е. влияние облачной погоды, запыленности воздуха на эксплуатационные параметры фотоэлектрической станции. Нестабильность солнечного излучения в зимнее время требуют завышенных мощностей преобразователей солнечной энергии, что приводит к их неэффективному использованию в летний период, т.е. в летнее время быстро заряжаются аккумуляторы и контроллер отключает процесс зарядки аккумулятора.

Двухэтажный жилой дом расположен в г. Мары круглогодичной эксплуатации с автономным энергоснабжением. Солнечные модули установлены на крыше дома, наклон 36° , ориентация на юг. На первом этаже размещены аккумуляторы и оборудование резервного энергоснабжения (дизельная электростанция). Второй этаж состоит из двух комнат, веранды и санузлов. На веранде также размещены контрольно-измерительное оборудование. На рис. 3 показана схема подключения контрольно-измерительного оборудования

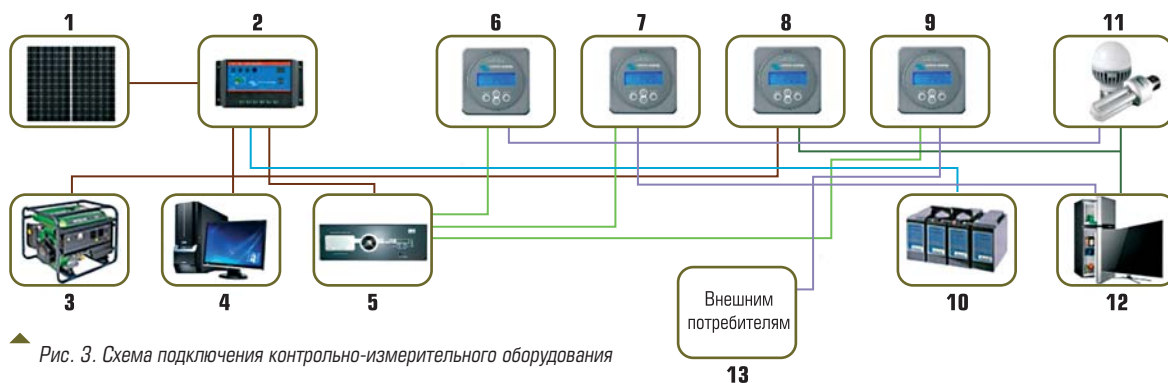


Рис. 3. Схема подключения контрольно-измерительного оборудования

Таблица 1

Оборудование	Мощность, Вт	К-во	Время работы в течение суток, ч	Потребляемая энергия в течение суток, Вт·ч
Кофеварка	800	1	0,2	160
Холодильник	300	1	0,25·24 ч = 6	1800
Телевизор	250	1	4	1000
Светильники 2 этаж	24	8	8·4 ч = 32	768
Светильники 1 этаж	125	2	2·0,5 ч = 1	125
Насос	1000	1	0,5	500
Спутниковая антенна	30	1	4	120
Персональный компьютер	500	1	2	1000
Микроволновая печь	1000	1	0,5	500
Итого	4029			5973

тельного оборудования. В схему подключения контрольно-измерительного оборудования входят: солнечные модули (1), аккумуляторы (10), контроллер (2), автоматизированное рабочее место (4), инвертор (5), дизельная электростанция (ДЭС) (3), потребители электрической энергии (11, 12, 13) и счетчики электроэнергии (6, 7, 8, 9). Электронный счетчик (6) производит учет электроэнергии, потребляемой освещением. Для освещения жилого дома использованы энергосберегающие светодиодные светильники. На первом этаже подключены 2 энергосберегающих светильника мощностью 125 Вт и на втором этаже подключены 8 светодиодных светильников мощностью 24 Вт. В комнатах расположены микроволновая печь, кофеварка, телевизор, компьютер, холодильник. Учет энергопотребления производится счетчиком (7). В зимнее время в случае нехватки электроэнергии может использоваться оборудование резервного энергоснабжения и учет энергии, получаемой от ДЭС, производится счетчиком (8). В летнее время, когда солнечная радиация достигает максимального значения, могут появиться излишки электроэнергии, которая может потребляться внешними потребителями. Учет электроэнергии, подаваемой внешним потребителям, производится счетчиком (9). В таблице 1 приведены примерное энергопотребление и мощности электробытовых приборов, установленных в жилом доме.

Выработанная фотоэлектрической станцией за день энергия оценивалась по формуле:

$$E_{\text{прз.л}}(\text{кВт}\cdot\text{ч}) = [\eta_{\text{inv}}(\%) \cdot \eta_{\text{pv}}(\%) \cdot \eta_{\text{cont}}(\%) \cdot S_n(\text{м}^2) \cdot N_n \cdot E_i(\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2)] / 10^6, \quad (1)$$

где $E_{\text{прз.л}}$ — выработанная или произведенная фотоэлектрической станцией за сутки расчетная средняя энергия; E_i — усредненное для каждого месяца суточное удельное значение падающей солнечной радиации; η_{pv} — КПД солнечной панели; η_{cont} — КПД контроллера; η_{inv} — КПД инвертора напряжения; N_n — количество солнечных панелей в составе фотоэлектрической станции; S_n — площадь одной солнечной панели.

При расчетах использовались данные усредненного для каждого месяца суточного удельного значения падающей солнечной радиации из БД NASA SSE [5]. Так, как в БД NASA SSE даны суточные суммы падающей солнечной радиации, усреднение которой ведется за месяц, следовательно, для сравнения результатов теоретических расчетов и экспериментальных исследований целесообразно сравнивать месячные суммы солнечной радиации и выработанной энергии по формуле:

$$E_{\text{прз.м}}(\text{кВт}\cdot\text{ч}) = E_{\text{прз.л}}(\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2) \cdot (N_d - N_{\text{бсд}}), \quad (2)$$

где $E_{\text{прз.м}}$ — выработанная или произведенная фотоэлектрической станцией за месяц расчетная средняя энергия; N_d — количество дней в месяце; $N_{\text{бсд}}$ — количество бессолнечных дней в месяце, усредненное по месяцу. Полученное значение имеет смысл сравнивать с суммарной энергией, реально выработанной фотоэлектрической станцией за месяц:

$$E_{\text{р.прз.м}}(\text{кВт}\cdot\text{ч}) = \sum E_{\text{прз.л}}(\text{кВт}\cdot\text{ч}). \quad (3)$$

Здесь суммирование ведется по всем суткам месяца.

Измерение проводились в последовательно соединенных 4 фотоэлектрических панелях при различных нагрузках. На рис. 5 показана дневная выработка электрической энергии фотоэлектрической солнечной станцией в течение месяца в различные времена года. Полученные данные показали, что сезонные изменения погоды при солнечной погоде сильно не влияют на энергетические параметры фотоэлектрической станции, хотя панели в летнее время нагреваются до температуры 70°C и выше. Изменение энергетических параметров в течение года составляет порядка 20-25 % [6].

Результаты показали, что производимая энергия фотоэлектрической солнечной станцией сильно зависит от климатических условий, т.е. выработка энергии в течение дня составляет соответственно при облачной погоде – 1,895 кВт·ч, при пыльной погоде – 1,289 кВт·ч, при переменной облачной погоде – 2,397 кВт·ч, при состоянии полной зарядки аккумулятора – 1,368 кВт·ч, при солнечной погоде в зимнее время – 2,351 кВт·ч, при солнечной погоде в летнее время – 2,838 кВт·ч [7].

Нами предлагается автоматизированная система управления энергоснабжением жилого дома (рис. 2) на базе контроллера LB01 и информация выводится на автоматизированное рабочее место (АРМ) (рис. 3). Интерфейс контроллера LB01 показан на рис. 4. Контроллер серии LB01 является интеллектуальным, многоцелевым преобразователем солнечной энергии в электрическую для потребителей и зарядки и разрядки различных типов батарей. В структуре имеется дизельная электростанция для обеспечения надежной системы электроснабжения. Контроллер использует пользовательский ЖК-дисплей, с дружественным интерфейсом (рис. 4). Различные параметры управления можно гибко установить с АРМа. Основные характеристики контроллера: настройка типа батареи, автоматическое распознавание напряжения 8-78V; цикл зарядки ячейки батареи (должен быть настроен); температурная компенсация автоматической зарядки; режим рабочей нагрузки может быть установлен, а функция общего числа заряда и разряда автоматизировано; регулируемые параметры контроля зарядки-разрядки; панель солнечной батареи, предохранение от батареи обратного разряда; инвертор по сигналу контроллера в соответствии установленному потребителем приоритету переключает на зарядку аккумулятора.

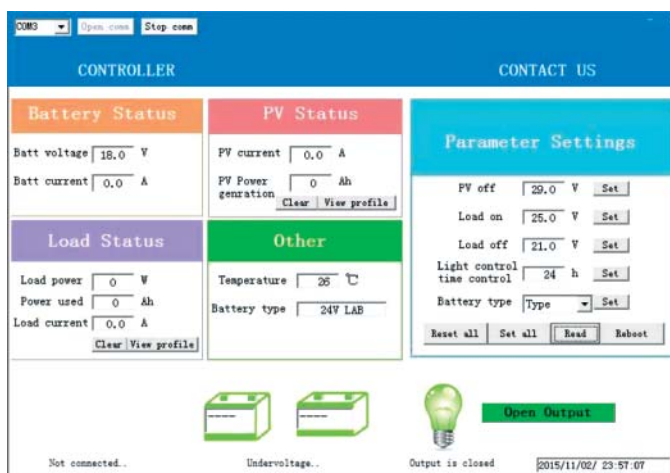


Рис. 4. Интерфейс контроллера

В ходе исследований был проведен предварительный расчет выработки энергии фотоэлектрической станцией, а также в ходе испытаний – сравнение с экспериментальными данными, полученными в различные времена года (рис. 5). Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало хорошую точность прогнозов в летний период с высоким уровнем солнечной радиации и снижение точности в зимний период (рис. 6).

Мониторинг работы фотоэлектрической станции позволяет получать информацию о рабочих параметрах установки и уровне инсоляции в течение заданных периодов, накапливать, систематизировать и обрабатывать полученную информацию. В результате можно создать климатические базы данных и разработать методы проектирования солнечных станций, а также позволяет перейти от расчетно-

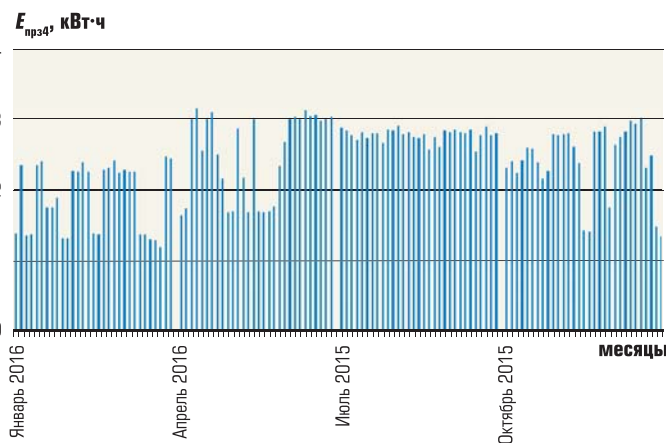


Рис. 5. Дневная выработка электрической энергии фотоэлектрической солнечной станцией в течение месяца в различные времена года

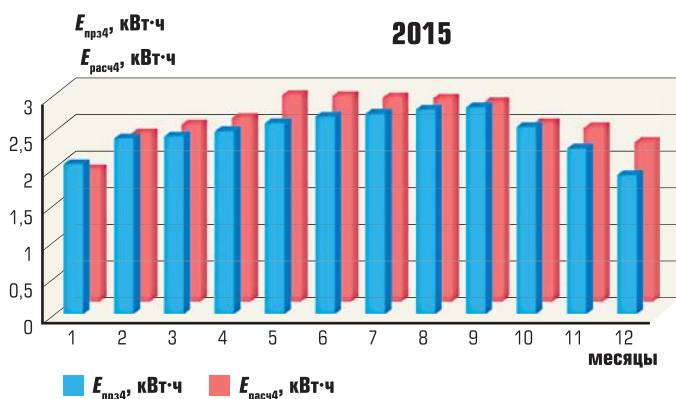


Рис. 6. Сравнение расчетного значения и дневной выработки электрической энергии фотоэлектрической солнечной станцией усредненного для каждого месяца в течение года

аналитических данных к экспериментальным исследованиям. Проведенный сравнительный анализ показал, что прогноз для различных сезонов имеет достаточную точность и выявил ряд особенностей работы фотоэлектрической солнечной станции в климатических условиях Туркменистана.

ВЫВОДЫ

- Оптимальный угол наклона солнечных панелей к горизонту для г. Мары в летний период составляет 17° , а для зимнего периода – 61° .
- При фиксированном угле наклона поверхности солнечной панели оптимальным углом является 36° .
- В течение года с одного квадратного метра солнечной панели можно получить 326 кВт·ч электроэнергии при фиксированном положении солнечной панели.
- Полученные данные свидетельствуют о возможности использования международных баз данных NASA для расчетов солнечной радиации в рассматриваемом районе.
- На базе контроллера LB01 создана автоматизированная система управления автономным энергоснабжением.
- Автоматизированная система управления автономным энергоснабжением позволяет провести мониторинг выработки и расхода электроэнергии в жилом доме.
- Результаты исследования и полученные

данные могут быть использованы для технико-экономического обоснования эффективности использования солнечной энергии и разработки дорожной карты развития солнечной энергетики в Туркменистане, в частности для определения места размещения фотоэлектрической солнечной станции большой мощности, составления бизнес-модели для этой станции.

Список литературы

1. Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Основные условия и факторы развития фото-энергетики в Туркменистане // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2007. № 7(51), p 62-66.
2. A. Jumaýew, K. Saryýew. Ý. Ýakubow. Fotoelektrik gün bekediniň energetiki häsiýetnamalaryna ulanylyş şertleriniň täsiri. // Türkmenistanda ylym we tehnika, 2015, № 5.
3. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012, 496 с.
4. Джумаев А.Я., Кадыров Э.Д. Исследование эксплуатационных параметров фотоэлектрической солнечной станции в условиях Туркменистана // Автоматизация в промышленности. 2015, № 11, с. 20-22.
5. [Электронный ресурс] – Режим доступа. URL: <http://wrdc.mgo.rssi.ru/>, <http://eosweb.lars.nasa.gov/sse/>
6. Джумаев А.Я., Сарыев К.А. Анализ влияния температуры на энергетические параметры фотоэлектрической солнечной станции. "European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences". Proceeding of the 7th International scientific conference. (25th May 2015.). "East West" Association for Advanced Studies on Higher Education. GmbH. Vienna. 2015, p 82-88.
7. Jumayev A. Y. Scientific-technical and methodological aspects of an estimation of resources of solar energy in Turkmenistan. International Conference on European Science and Technology: materials of the XI international research and practice conference. Munich, Germany October 21-22th, 2015.

Джумаев Аганияз Ягшиевич – канд. физ.-мат. наук, проректор по научной работе Государственного энергетического института Туркменистана,
Кадыров Энвер Джумагелдиевич – канд. техн. наук, директор ООО "ПСК "ИнжПром".