

Ключові слова: мікромережі, електропостачання, теплопостачання, відновлювані джерела енергії, теплові насоси, теплонасосні системи

HEAT SUPPLY OF AUTONOMOUS OBJECTS OF AGRICULTURE IN THE CONCEPT OF DISTRIBUTED ENERGY SUPPLY WITH THE USE OF MICROGRIDS

V. V. Kharchenko

Abstract. *For the development and involvement in the economic circulation of new territories, it is required to organize an uninterrupted reliable energy supply of economic entities in these territories. A great opportunity to solve this problem opens up the use of technology of microgrids based on RES. The provisions and principles of creating microgrids, as well as many technical solutions necessary for their formation are developed. However, the use of this technology provides a solution to the problem of electricity supply, while the problem of heat supply to consumers is not solved.*

The article considers possible approaches for solving the problem of heat supply in the framework of using for the power supply the technology of microgrids based on renewable energy sources.

Keywords: *microgrids, electricity supply, heat supply, renewable energy sources, heat pumps, heat pump systems*

УДК621.472

СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

В. В. ХАРЧЕНКО, доктор технических наук, профессор

Б. А. НИКИТИН, кандидат технических наук

П. В. ТИХОНОВ, кандидат технических наук

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия

Г. Н. УЗАКОВ, доктор технических наук, профессор

Инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

E-mail: kharval@mail.ru

Аннотация. *Применение систем точного слежения за солнцем в фотоэлектрических системах обеспечивает значительное повышение общей выработки энергетических солнечных систем. Известно значительное число разработанных и реализованных на практике систем слежения за Солнцем. В настоящей статье приводится описание новой конструкции системы слежения, использование которой в ряде случаев предпочтительнее по сравнению с известными устройствами.*

© В. В. Харченко, Б. А. Никитин, П. В. Тихонов, Г. Н. Узаков, 2017

Ключевые слова: фотоэлектрические системы, слежение за Солнцем, датчики слежения

Актуальность. В случае использования фотоэлектрических систем (ФЭ) с концентрацией, обеспечение точного слежения за Солнцем является обязательным условием успешного их функционирования. Вопреки бытующему мнению, отсутствие слежения за Солнцем может существенно снизить эффективность солнечных станций.

Анализ последних исследований и публикаций. В случае отсутствия слежения за перемещением солнечного диска по небосклону в течение светового дня, имеют место большие потери приходящей солнечной радиации [1, 2, 4], что при работе солнечных систем в автономном режиме крайне нежелательно. Основные принципы, используемые при создании следящих систем, достаточно подробно рассмотрены в [3].

Системы слежения за Солнцем должны быть не только точными, но и иметь низкую стоимость и обладать высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Цель исследования – разработка системы слежения фотоэлектрических энергетических систем за Солнцем, которая могла бы обеспечить слежение за Солнцем по азимутальным и зенитальным параметрам в течение всего светового дня с использованием одного электродвигателя для привода поворотного механизма, а также могла бы обеспечить переориентацию позиционируемого объекта в начале светового дня (разворот с запада на восток).

Материалы и методы исследования. В состав системы должны быть включены: датчик положения Солнца новой оригинальной конструкции (ДПС), блок автоматического управления системой и исполнительный механизм (система двухкоординатного слежения с одним электродвигателем).

Датчик положения Солнца (ДПС). Схема разработанного датчика приведена на рис.1. Датчик ориентации в каждом канале содержит от одного до трех параллельно соединенных фотоэлементов, для которых установлена нагрузка величиной 3 Ом. Величина этой нагрузки выбрана из соображений возможности идентификации уровня освещенности фотоэлементов по снимаемым с них напряжениям. При больших значениях нагрузки сигнал, снимаемый с канала датчика ориентации, будет близок к напряжению холостого хода элемента, которое слабо зависит от освещенности фотоэлемента. При меньших значениях нагрузки режим работы фотоэлемента будет ближе к режиму короткого замыкания, а снимаемый сигнал будет весьма малым.

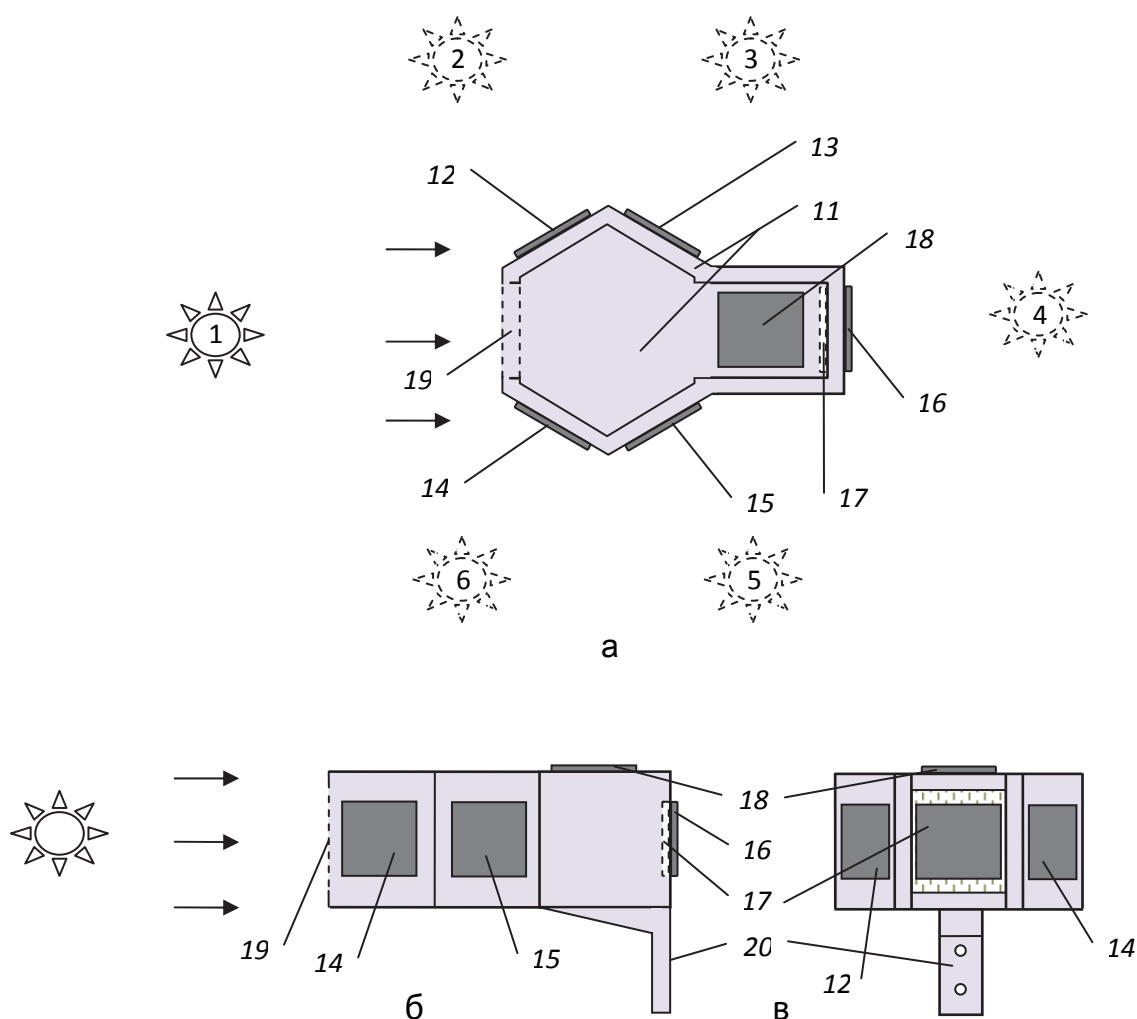
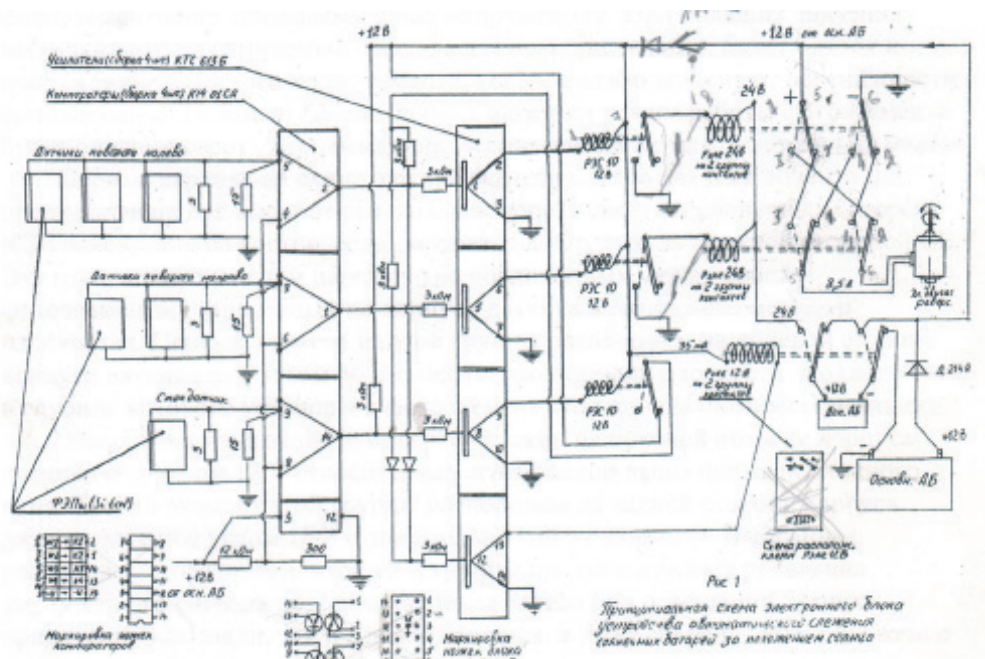


Рис. 1. Схема датчика слежения:
(вид сверху – а, сбоку – б, и спереди – в)

Первая, верхняя на схеме, группа фотоэлементов ДПС предназначена для выработки сигнала поворота системы солнечных батарей (СБ) налево, т.е. на восток, если смотреть на Юг, стоя за тыльной стороной СБ. Эта группа включает три параллельно соединенных между собой фотоэлемента, разнесенных по корпусу датчика в разных его местах и плоскостях. Первый элемент из этой группы расположен на лицевой стороне корпуса датчика под углом 60° относительно нормали плоскости входного окна, в глубине которого установлен фотоэлемент стоп-канала датчика ориентации.

Второй элемент этой группы расположен на боковой стороне корпуса датчика под углом 120° относительно оговоренной выше нормали входного окна. Третий элемент этой группы расположен на задней стороне корпуса датчика уже под углом 270° относительно той же нормали. Выбранное расположение фотоэлементов этой группы предусматривает появление директивного сигнала поворота системы налево при освещении датчика ориентации как сзади, так и с левой стороны, и даже спереди, если положение солнца несколько левее (более 7°) нормали входного окна стопорного канала.

Блок управления. Принципиальная схема электронного блока автоматического управления системой слежения за Солнцем приведена на рис. 2.



267

Реле первого ряда (слаботочные) предназначены для управления сильноточными реле второго ряда, которые обеспечивают прохождение тока до 10А, необходимого для работы реверсивного электродвигателя, приводящего в движение поворотное устройство с укрепленными на нем солнечными батареями. Группа реле второго ряда предназначена также для изменения полярности подаваемого на реверсивный электродвигатель напряжения или для его остановки.

Блок выполнен на современной элементной базе, компактен и обеспечивает автоматизированное управление системой слежения, включая работу исполнительных механизмов.

Система двухкоординатного слежения с одним электродвигателем.

Система автоматического слежения по двум координатам с использованием одного электродвигателя представлена на рис... Установка содержит станину, поворотную раму, обладающую возможностью азимутального движения, приемную панель, соединенную в средней части шарнирно с поворотной рамой, электродвигатель и др.

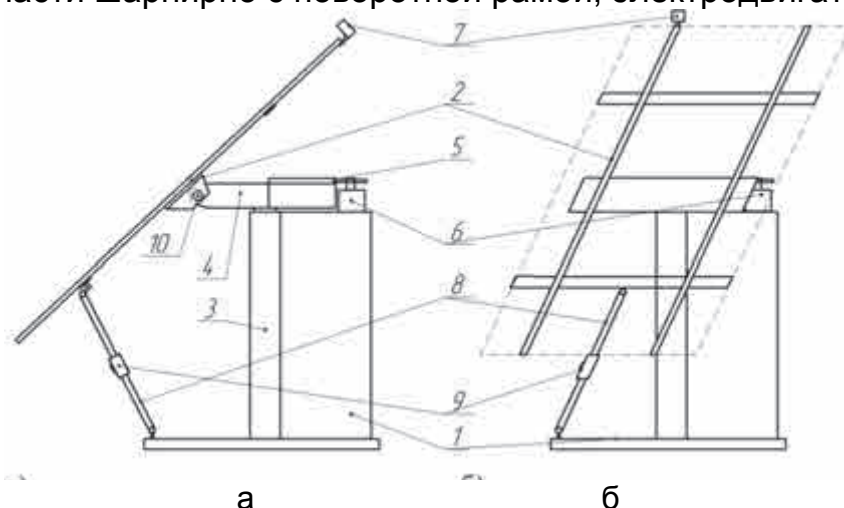


Рис. 3. Система слежения приемной панели за Солнцем:

- а – положение приемной панели при максимальном угле возвышения Солнца для данной местности; б – положение при некотором отклонении угла возвышения Солнца от максимума; 1 – станина; 2 – приемная панель; 3 – вертикальный вал; 4 – поворотная рама; 5 – редуктор; 6 – электродвигатель; 7 – датчик положения Солнца (ДПС); 8 – стержень; 9 – регулятор длины стержня; 10 – шарнир

Результаты исследований и их обсуждение. Разработанный датчик положения Солнца и другие компоненты системы были испытаны как в лабораторных, так и в натурных условиях. В результате испытаний были подтверждены изначально запланированные параметры системы слежения. Было показано, что при различных положениях Солнца датчик работает следующим образом. В момент положения Солнца 1 относительно датчика обеспечивается засветка фотоэлемента 17, что соответствует требуемому положению панели установки перпендикулярно лучам солнечного излучения.

Сигнал с этого датчика поступает на блок управления. Когда Солнце находится в положении 2 относительно ДПС (рис.1) фотоэлементом 12 вырабатывается сигнал, который поступает на блок управления, который включает электродвигатель 6 (рис. 3), таким образом, чтобы поворотная панель установки совместно с ДПС поворачивалась влево (против часовой стрелки). Панель установки поворачивается совместно с ДПС до момента, когда Солнце засветит фотоэлемент 17, сигнал с которого обеспечивает выключение двигателя.

Если в период облачности панель находилась в тени, а после того, как облака рассеялись и Солнце оказалось в положении 3, засвеченный фотоэлемент 13 подает сигнал на блок управления, и панель установки поворачивается в том же направлении, что и от элемента 12, при повороте последовательно засвечиваются элементы 13 и 12, а при попадании солнечного излучения на ФЭП 17 сигнал с последнего останавливает двигатель.

Если ДПС развернут на Запад, что имеет место в конце светового дня, то на рассвете следующего дня засвечивается элемент 16, от которого соответствующий сигнал поступает на блок управления, включается двигатель и панель установки вместе с ДПС поворачивается по часовой стрелке, при этом последовательно засвечиваются элемент 15 и 14, а после попадания света на элемент 17 по сигналу от него двигатель останавливается. Таким образом, панель с ДПС будет вновь сориентирована перпендикулярно солнечным лучам и осуществляется переориентация панели установки с Запада на Восток. Работа системы слежения за Солнцем при его положении, соответствующем позициям 5 и 6 при положении Солнца 5 и 6 относительно ДПС, а, следовательно, и панели 2, осуществляется аналогично вышеописанному.

Концепция выбранной схемы блока управления заключается в том, что его работа осуществляется в соответствии с сигналами от трех групп ДПС, выполненных на основе кремниевых фотопреобразователей небольшой площади (рис.1). Одна группа элементов (17) сигнализирует о нормальном (в пределах до 7°) положении Солнца относительно освещаемой поверхности солнечных батарей. Другая группа элементов (12 и 13) сигнализирует о положении Солнца правее нормального, а третья, включающая элементы 14, 15 и 16, сигнализирует о положении Солнца левее нормального.

Как следует из анализа схемы, при засветке лучами Солнца какого-либо фотоэлемента ДПС сигнал от него поступает на вход компаратора. Если величина этого сигнала, определяемая уровнем освещенности фотоэлемента в данный момент времени, превышает величину заданного опорного напряжения для данного компаратора, то этот сигнал возрастает, проходя через него, и подается на вход транзисторного усилителя. Второй конец обмотки этого реле постоянно находится под номинальным напряжением +12В. Усилитель срабатывает как электрический ключ (открывается) и замыкает один конец обмотки реле первого ряда на землю.

Лабораторные исследования функционирования блока и его периферийных узлов показали, что энергопотребление схемы не превышает 10 мА при напряжении 12 В. Выработка электроэнергии солнечными панелями существенно зависит от ориентации принимающей поверхности на Солнце. По разным оценкам [2], она возрастает на 32% [1] или на 30% [4] при слежении по одной и на 40 % при слежении по двум осям. Установки двухкоординатного слежения обычно характеризуются наличием двух электродвигателей. Рис. 4 иллюстрирует механизм функционирования основных элементов системы.

Из рассмотрения рис. 3 и 4 легко понять принцип работы установки. При засветке лучами солнца элементов датчика солнечной ориентации, сигналы от него поступают на блок автоматического управления. После обработки сигнала, блок осуществляет управление реверсивным электродвигателем, обеспечивая подачу напряжения заданной полярности на электродвигатель. Через редуктор электродвигатель приводит в действие поворотную раму, жестко зафиксированную с вертикальным валом. В зависимости от полярности напряжения, происходит изменение положения поворотной рамы по азимуту влево или вправо относительно оси N . К раме с помощью шарниров прикреплена приемная панель, которая перемещается по азимуту совместно с рамой. В свою очередь, панель за счет шарниров может перемещаться относительно оси M , изменяя, таким образом, угол наклона относительно горизонта.

В процессе слежения при перемещении поворотной рамы по азимуту автоматически происходит поворот панели и по углу возвышения за счет изменения положения стержня, один конец которого связан шарнирно со станиной, а другой – шарнирно с приемной панелью (рис. 3, 4). Таким образом, происходит изменение положения приемной панели по углу возвышения относительно оси M и по азимуту относительно оси N .

Поворот приемной панели по азимуту осуществляется по радиусу r относительно оси N . Поворот по углу возвышения зависит от параметров r , l , a , H , R , где буквой l обозначается длина стержня. Прямая a лежит на плоскости панели и определяет расстояние от оси поворота M до крепления панели со стержнем. H – это высота, на которой относительно нижнего конца стержня располагается поворотная рама. Буквой R обозначено расстояние от места крепления стержня со станиной до оси вращения N . Параметры установки рассчитаны таким образом, что при повороте рамы по азимуту обеспечивается необходимый поворот приемной панели по углу возвышения. Оптимально подобранные параметры обеспечивают необходимую точность слежения приемной панели установки.

Размеры элементов (r , l , a , H , R) рассчитываются индивидуально для каждой широты, где предполагается использование системы (согласно расчетным зависимостям угла возвышения Солнца над горизонтом на заданной широте) в течение светового дня. Корректировка по зенитальному параметру положения приемной панели для различных дат года обеспечивается изменением длины стержня с помощью регулирующего узла.

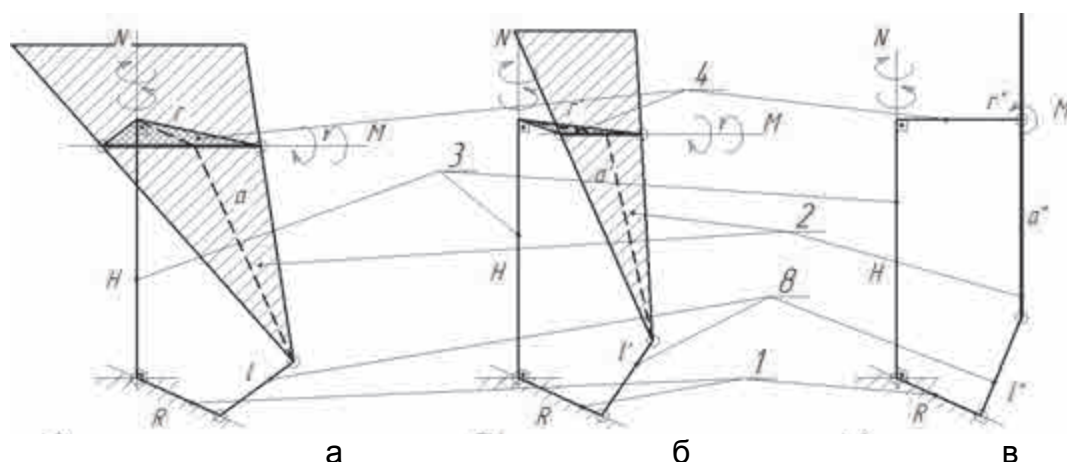


Рис. 4. Механизм функционирования основных элементов системы:

а – вид, когда наблюдается максимальный угол возвышения Солнца для данной местности; *б* – вид при некотором отклонении угла возвышения Солнца от максимума; *в* – вид при восходе Солнца

Положения приемной панели и поворотной рамы установки автоматического слежения за положением Солнца в различные периоды работы системы показаны на рис. 5.

Приемная панель установки приспособлена для размещения гелиоколлекторов, фотоэлектрических тепловых модулей (PV Thermal modules), фотоэлектрических батарей.

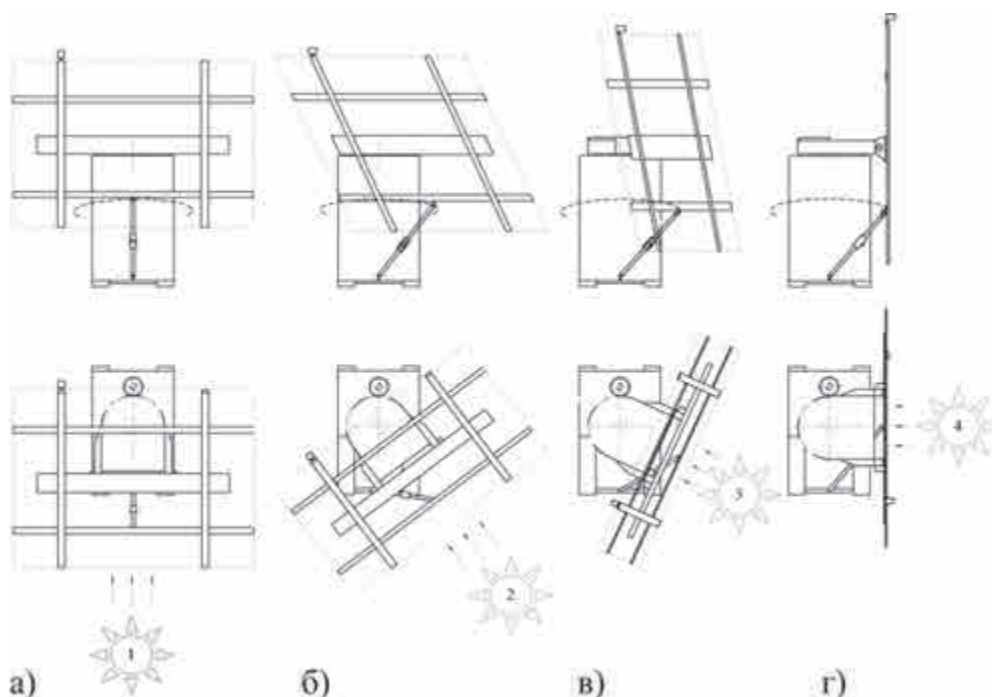


Рис. 5. Различные варианты положения приемной панели установки (вид спереди и сверху):

а – при максимальном угле возвышения Солнца; *б, в* – при некотором отклонении Солнца от максимума; *г* – при восходе Солнца

Был создан макет установки с разработанной системой слежения. На макете могут быть размещены ФЭМ с пиковой мощностью до 500 Вт. Слежение за положением Солнца установка осуществляет от двигателя мощностью 120 Вт. Блок автоматического управления (рис. 2) и датчик положения Солнца (рис. 1) были разработаны таким образом, чтобы установка осуществляла перемещение приемной панели вместе с установленными приборами один раз в час. При этом изменение положения приемной панели на 15° обеспечивается работой двигателя в течение 3 с.

Оценка дневного потребления электроэнергии двигателем для случая весеннего равноденствия показывает, что потребляемая мощность двигателя с учетом пусковых токов составляет 480 Вт. При разовом перемещении приемной панели за 3 сек в течение дня двигатель в общем проработает 36 сек и потребит 4,8 Вт·ч электроэнергии. При возврате приемной панели потребление составит около 1,5 Вт·ч. Суточное потребление электроэнергии на собственные нужды блоком автоматического управления составляет не более 4 Вт·ч. Т.е. суммарное потребление электроэнергии установкой 10,3 Вт·ч. Выработка ФЭМ 500 Вт даже в облачный день обычно составляет не менее 1000 Вт·ч, т.е. в этом случае электропотребление установки слежения на собственные нужды составит порядка 1 % от выработки. На основе приведенных результатов была разработана специальная конструкция системы, пригодная для эксплуатации в различных условиях [5]. Разработанная система может успешно применяться в солнечных станциях различной мощности и особенно эффективна будет при использовании на СЭС в составе микросетей, работающих на удаленных территориях [6].

Выводы и перспективы. По результатам испытаний разработанной системы слежения солнечных панелей за Солнцем можно сделать вывод, что предлагаемая система слежения представляется перспективной для практического использования.

Особенный интерес разработанная система представляет для установки на СЭС, работающих в составе микросетей на основе ВИЭ на удаленных территориях.

Список литературы

1. Никитин Б. А. К вопросу повышения суточной эффективности фотопреобразователей в наземных условиях путем выбора оптимальных вариантов коррекции их ориентации относительно Солнца / Б. А. Никитин // Автономная энергетика. НПП «Квант». – 2007. – № 23. – С. 8–20.
2. Влияние ориентации лучевоспринимающей поверхности на эффективность солнечных модулей / В. В. Харченко, Б. А. Никитин, В. А. Майоров [и др.] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2015. – Вип. 224. – С. 20–25.
3. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии (Теория и практика использования солнечной энергии) : монография / В. Поулук, М. Либра, Д. Стребков, В. Харченко. – Москва-Прага, 2013. С. 175–186.

4. Системы слежения за Солнцем с применением ФЭД / А. В. Охорзина, М. В. Китаева, А. В. Юрченко, А. В. Скороходов // Ползуновский вестник. № 2, вып. 1. – 2012. – С. 213–217.

5. Патент РФ № 2482401 РФ МКП F24J 2/54. Установка автоматического слежения приемной панели за Солнцем. Никитин Б. А., Харченко В. В., Тихонов П. В., Тихонов А. В. Всероссийский науч. исслед. институт электрификации сельского хозяйства. – № 2011121234/06 ; заявл. 26.05.11 ; опубл. ; 20.05.13, Бюл. № 14. – 9 с.

6. Adomavicius V., Kharchenko V., Valickas J., Gusarov, V. RES-based microgrids for environmentally friendly energy supply in agriculture, Proceedings of 5th International Conference TAE 2013, Trends in Agricultural Engineering, 2–3 September, 2013, Prague, Czech Republic, p. 51–55.

References

1. Nikitin, B. A. (2007). K voprosu povysheniya sutochnoy effektivnosti fotopreobrazovateley v nazemnykh usloviyakh putem vybora optimal'nykh variantov korrektsii ikh oriyentatsii otnositel'no Solntsa [To the question of increasing the daily efficiency of photoconverters in terrestrial conditions by choosing the optimal options for correcting their orientation relative to the Sun]. Avtonomnaya energetika. NPP «Kvant», 23, 8–20.

2. Kharchenko, V. V., Nikitin, B. A., Mayorov [et al]. (2015). Vliyaniye oriyentatsii luchevosprinyimayushchey poverkhnosti na effektivnost' solnechnykh moduley [Influence of the orientation of the radiation-receiving surface on the efficiency of solar modules]. Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukrainy, 224, 20–25.

3. Poulek, V., Libra, M., Strebkov, D., Kharchenko, V. (2013). Fotoelektricheskoye preobrazovaniye solnechnoy energii (Teoriya i praktika ispol'zovaniya solnechnoy energii) [Photoelectric conversion of solar energy (Theory and practice of using solar energy)]. Moskva-Praga, 175–186.

4. Okhorzina, A.V., Kitayeva, M.V., Yurchenko, A.V., Skorokhodov, A.V. (2012). Sistemy slezheniya za Solntsem s primeneniym FED [Systems for tracking the Sun using FED]. Polzunovskiy vestnik, 2, Vyp. 1, 213–217.

5. Patent RF № 2482401 RF МКП F24J 2/54. Ustanovka avtomaticheskogo slezheniya priyemnoy paneli za Solntsem [Setting automatic tracking of the receiving panel behind the Sun]. Nikitin, B. A., Kharchenko, V. V., Tikhonov, P. V., Tikhonov, A. V. Vserossiyskiy nauch. issled. institut elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva. – № 2011121234/06; zayavl. 26.05.11; opubl. 20.05.13, Byul. №14, 9.

6. Adomavicius, V., Kharchenko, V., Valickas, J., Gusarov, V. RES-based microgrids for environmentally friendly energy supply in agriculture, Proceedings of 5th International Conference TAE 2013, Trends in Agricultural Engineering, 2–3 September, 2013, Prague, Czech Republic, 51–55.

СИСТЕМА СТЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

**В. В. Харченко,
Б. А. Нікітін,
П. В. Тихонов,
Г. Н. Узаков**

Анотація. Застосування систем точного стеження за Сонцем у фотоелектричних системах забезпечує значне підвищення загального виробітку енергетичних сонячних систем. Відоме значне число розроблених та реалізованих на практиці систем стеження за Сонцем. У цій статті наводиться опис нової конструкції системи стеження, використання якої в ряді випадків краще, порівняно з відомими пристроями.

Ключові слова: фотоелектричні системи, стеження за Сонцем, датчики стеження

SYSTEM OF TRACKING FOR THE POSITION OF THE SUN

V. V. Kharchenko,
B. A. Nikitin,
P. V. Tikhonov,
G. N. Uzakov

Abstract. The use of precision solar tracking systems in photovoltaic systems provides a significant increase in the overall production of solar energy. A significant number of solar tracking systems developed and implemented in practice are known. In the present article, a new description of the tracking system is described, the use of which in some cases is preferable to the known devices.

Keywords: photovoltaic systems, tracking the sun, tracking sensors