



Кушнир В.Г.
Kushnir V.G.

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Машины, тракторы и автомобили» Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай



Кошкин И.В.
Koshkin I.V.

кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика и физика» Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай



Кошкина А.И.
Koshkina A.I.

студентка Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай



Кушнир А.С.
Kushnir A.S.

аспирант Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай

УДК 621.668

ОБОСНОВАНИЕ АВТОНОМНОСТИ ПИТАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ СОЛНЕЧНОЙ СТАНЦИИ

Преобразование солнечной энергии на сегодняшний день является одно из перспективных направлений в энергетике.

Костанайская область и Казахстан в целом занимает далеко не ведущее место по выработке электрической и тепловой энергии от солнечных станций и преобразователей. Причиной этого является в технической сложности создания благоприятных условий для эксплуатаций солнечных электростанций в данных условиях. Важным аспектом для развития солнечной энергетики в Костанайской области является изучение местности северного региона Казахстана и анализ энергетических параметров солнечных преобразователей находящихся на данной территории.

В статье приводятся исследования использования фотоэлектрических солнечных преобразователей в северном регионе Республики Казахстан. Указано, что фотоэлектрические преобразователи могут использоваться не только для нужд производства, но и каждым человеком для автономного электроснабжения. Особое внимание уделено исследованиям и анализу уже существующих преобразователей солнечной энергии в электрическую энергию.

Произведен выбор солнечной электростанции для питания циркуляционного насоса системы горячего водоснабжения. Благодаря исследованиям по солнечной радиации была получена таблица солнечной радиации с усредненными данными, которая взята за основу для определения необходимой мощности циркуляционного насоса. Приведены условия выбора для контроллера, инвертора, аккумуляторных батарей в различных режимах работы фотоэлектрических элементов. Так же был произведен технико-экономический расчет предложенного решения. Срок окупаемости получился 5,23 года. Данный срок окупаемости хоть и большой, но этот срок меньше срока службы солнечной электростанции.

Ключевые слова: солнечная батарея, контроллер, аккумуляторная батарея, солнечный коллектор, циркуляционный насос.

JUSTIFICATION INDEPENDENT POWER SUPPLY CIRCULATING PUMP DHW SOLAR STATION

The conversion of solar energy today is one of the promising areas in the energy sector.

Kostanai region and Kazakhstan in general is not among the leading place in the generation of electricity and heat from solar stations and transmitters. This is due to the technical complexity of creating favorable conditions for the operation of solar power plants in these conditions. An important aspect for the development of solar energy in the Kostanai region is the study area of the northern region of Kazakhstan and analysis of the energy parameters of solar inverters are in the area.

The article presents the study of the use of photovoltaic solar inverters in the northern region of the Republic of Kazakhstan. It is indicated that the photoelectric converters can be used not only for the needs of production, but also every man for autonomous power supply. Particular attention is paid to research and analysis of existing converters of solar energy into electrical energy.

Produced selection of solar power to power the circulation pump hot water system. Through research on solar radiation was obtained table with average solar radiation data, which is taken as the basis for determining the required capacity of the circulating pump. The conditions for the selection of the controller, inverter, batteries in various modes of operation of photovoltaic cells As has been made technical and economic assessment of the proposed solutions. Payback period 5,23 years turned out. This payback, though large, but this term is less than the life of a solar power plant.

Keywords: solar battery, controller, accumulator battery, solar collector, circulation pump.

Солнечная сплит-система набирает популярность у населения и общественности для отопления и горячего водоснабжения домов, удаленных от централизованных систем дачных участков, общежитий, турбаз, и т.д.

Всесезонная солнечная сплит-система в классической комплектации состоит из вакуумного солнечного трубчатого коллектора; бака горячей воды с одним или двумя теплообменниками с датчиками уровня и температуры воды; рабочей станции

с циркуляционным насосом и встроенным контроллером автоматического управления, расширительным бачком [2,3].

В общем случае солнечная всесезонная сплит-система содержит замкнутый контур, по которому циркулирует хладагент.

В сплит-системе циркуляционный насос необходим для исключения явления застоя воды и перегрева системы [2,3].

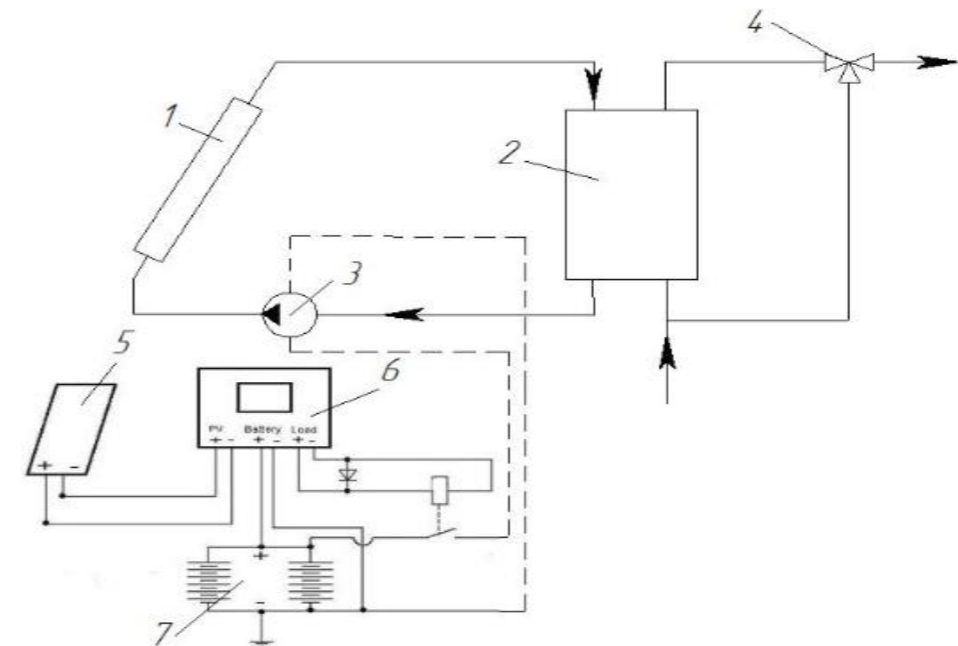


Рис. 1. Предлагаемая схема солнечной сплит-системы

1-солнечный коллектор, 2-теплообменник, 3-циркуляционный насос, 4-клапан, 5 – солнечный фотоэлемент, 6-контроллер, 7-аккумуляторная батарея

Предлагаемая ранее система [1] представляла собой двухконтурную схему, где для первого контура характерен замкнутый цикл с циркуляцией хладагента, а второй контур является водопроводным, по которому протекает питающая систему вода. Оба контура соединены через бак накопитель – теплообменник. В предлагаемой системе единственный элемент – циркуляционный насос, запитывается не от внешней электрической сети, а от солнечной батареи, выполняющей роль источника электроэнергии как для насоса, так и для других потребителей в периоды избытка электричества. Причем солнечная панель является основным источником питания, исключая резервирования как по первичному источнику, так и по отсутствию резер-

вирования дублирующим насосом. Снижения уровня надёжности эксплуатации системы компенсируется эффективным схемным решением и высоким сроком службы аппаратной части системы. Система горячего водоснабжения представлена на рисунке 1.

Основным условием эффективности использования солнечных батарей для выработки электрической энергии является зависимость между сроком окупаемости оборудования и сроком службы этого оборудования. Поэтому проектирование солнечной электростанции для электропитания насоса в этом случае необходимо выполнять как можно точнее.

Выбор солнечной батареи производим по условию:

$$P_{\text{ВЫРАБАТ.}} \geq P_{\text{ПОТР.}} \quad (1)$$

Потребляемая мощность известна [1] и составляет – 432,1Вт·ч в сутки. Для расчета выработанной мощности используется значение инсоляции. Для

исследуемого региона, то есть для Костанайской области, значение дневной инсоляции получили:

$$E_{\text{дневная}} = 6109,8 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} \cdot [1]$$

Находим энергию, выработанную солнечной батареей:

$$P_{\text{ВЫРАБАТ}} = \frac{E_{\text{дневная}} \cdot P_{\text{сб}}}{1000}, \quad (2)$$

где $P_{\text{сб}}$ – предполагаемая мощность солнечной батареи.

Выбираем мощность солнечной батареи предварительно 80Вт и вычисляем выработанную энергию:

$$P_{\text{ВЫРАБАТ.}} = \frac{6109,8 \cdot 80}{1000} = 488,8 \text{Вт}$$

Сравниваем потребляемую и вырабатываемую энергию:

$$488 > 432,1$$

Данное неравенство соответствует выражению (1), и окончательно выбираем одну стандартную солнечную панель мощностью – 80Вт.

$$A_{\sigma} = \frac{P_{\text{сс}}}{S \cdot \cos \Gamma \cdot \eta} \quad (3)$$

где $P_{\text{сс}}$ – расчетная мощность солнечной батареи, равна 80Вт; S – плотность потока энергии, данный параметр носит изменчивый характер, поэтому для упрощения

Для представления реальных габаритов солнечной батареи воспользуемся выражением:

расчетов выбирается минимальный по справочным таблицам, равный $0,7 \text{кВт/м}^2$; Γ – угол наклона, равен $74,4^\circ$; η – КПД выбираемой батареи, равен 0,2.

$$A_{\sigma} = \frac{0,08}{0,7 \cdot \cos 74,4 \cdot 0,2} = 2,2 \text{м}^2$$

Для обеспечения должной работы солнечного водонагревателя необходимо обеспечить правильный тепловой баланс. Данный баланс обеспечивается из-за наличия в системе циркуляционного насоса, который в свою очередь питается электрической энергией выработанной от солнечной станции. Следовательно, работа всей системы горячего водоснабжения напрямую зависит от солнечной электростанции, а точнее от солнечных элементов. Естественно солнечная активность носит изменчивый характер, например, если на улице кратковременно стало пасмурно, то соответственно солнечная радиация падает. Эта кратковременная затененность

на сам солнечный коллектор влияния большого не окажет, так как вода долго остывает почти в 10 раз дольше, чем железо, а вот на солнечную батарею затененность окажет большое влияния, резко снизится вырабатываемая электроэнергия и если в этот момент работал циркуляционный насос, то он просто может перестать работать. Для ликвидации такого явления необходимо использовать аккумулятор электрической энергии. Причем аккумулятор должен быть с неким запасом электрической энергии. Расчет аккумулятора произведем с определения необходимой емкости. Необходимая емкость определяется по выражению:

$$C = \frac{P}{U} \Delta t_{\text{НВ}} \quad (4)$$

где P – мощность солнечной батареи; U – номинальное напряжения; $\Delta t_{\text{НВ}}$ – это время за которое аккумуляторы заряжаться не будут например, ночью, при загрязнении или заснеженности солнечных панелей.

Для нашего случая этот параметр составляет 12 часов, то есть это средняя цифра между зимним и летним временем.

$$C = \frac{80}{12} 12 = 80 \text{А} \cdot \text{ч}$$

Естественно емкости 80А·ч будет достаточно для обеспечения должной работы циркуляционного насоса, но при этом аккумуляторная батарея разрядится полностью. Таким образом, необходимо руководствоваться паспортными данными аккумуляторов, например, аккумулятор, в котором исполь-

зуется электролит, способен выдерживать глубину разряда 50%, а AGM аккумуляторы имеют глубину разряда порядка 70-80%. Таким образом, с учетом вышесказанных доводов выводится формула для определения емкости аккумулятора:

$$C = \frac{100P}{\Gamma_p \cdot U} \Delta t_{\text{НВ}} \quad (5)$$

где Γ_p – глубина разряда, равна 80%.

$$C = \frac{100 \cdot 80}{80 \cdot 12} 12 = 100 \text{А} \cdot \text{ч}$$

Еще одним важным фактором при выборе аккумуляторных батарей является расчет по графику нагрузок. Многие электрические приемники работают в разных режимах, например: режим полной

нагрузки, режим частичной нагрузки, режим холостого хода и так далее. При расчете аккумуляторов по режимам работы электрического потребителя выражение (5) запишется в следующем виде:

$$C = \frac{100}{\Gamma_p U} (P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2) \quad (6)$$

где P_1, P_2 – нагрузка; $\Delta t_1, \Delta t_2$ – временные периоды работы электроприемника при нагрузке P_1, P_2 – соответственно.

Согласно графику электрических нагрузок [1] известно, что нагрузка меняется каждый час, таким образом, Δt будет составлять 1 час.

$$C = \frac{100}{80 \cdot 12} \left(0,17 + 3,9 + 11,6 + 22,1 + 35,7 + 45,2 + 49,4 + 55,7 + 49,4 \right) + 49,4 + 4234,721 + 10,11,9 = 45A \cdot ч$$

Таким образом, окончательно необходим аккумулятор емкостью 45А·ч.

Так же из выражения (5) и характеристик глубины разряда аккумуляторов AGM выводится коэффициент запаса, который равняется 100/80=1,25. При определении количества аккумуляторных батарей необходимо выбрать рабочее напряжение системы. Так как общая потребляемая мощность циркуляционного насоса маленькая 432,1 Вт, то есть эта мощность маленькая и лежит в пределах от 0 до 1000 Вт, то рабочее напряжение выбираем 12 В. Если потребляемая мощность лежит в пределах от 1000 до 3000 Вт то напряжение выбирается 24В, При потребительской мощности более 3000 Вт рабочее напряжение системы выбирается большего класса – 48В, 120 В и т.д.

Для безотказной работы автономного питания циркуляционного насоса помимо аккумуляторных батарей и солнечных батарей необходимо еще один немаловажный компонент это контроллер (реле) заряда аккумулятора. Данный компонент выполняет связную функцию между солнечными и аккумуляторными батареями. Из предыдущих расчетов стало известно, что напряжения системы было выбрано 12В, таким образом, контроллер тоже должен иметь напряжение 12В.

Для экономического обоснования солнечной электростанции необходимо учесть все капитальные

затраты. В нашем случае капитальные затраты будут складываться из затрат на приобретения оборудования, монтажные работы, доставка оборудования до места установки солнечной электростанции. Помимо выбранного оборудования (солнечной батареи, аккумуляторной батареи, солнечного контроллера), для монтажа солнечной электростанции необходимо сконструировать крепежную раму. В качестве основного элемента для крепежа солнечной электростанции используется металлический уголок 45 мм. Из расчетов соответствует, что общая площадь солнечной батареи составляет 3,4 м². Для этой площади солнечной батареи необходимо 8м уголка. Также необходим ящик автоматики. Немаловажным аспектом при определении затрат на оборудования является короткий срок службы аккумуляторных батарей до 12 лет, по этому в течении эксплуатации солнечной электростанции необходимо их заменить один раз для выравнивания срока службы с солнечными батареями.

Стоимость вышеперечисленного оборудования берется из прайс-листа ТОО «Polyset-Костанай». Спецификацию оборудования и монтажные работы заполняются в таблицу 1.

Найдем срок окупаемости данной солнечной станции, для этого воспользуемся формулой:

$$\tau = \frac{3}{\mathcal{E}_{год}} \quad (7)$$

где 3 – общие затраты на солнечную электростанцию для питания циркуляционного насоса; $\mathcal{E}_{год}$ – годовая

экономия электроэнергии выраженная в денежном эквиваленте.

Таблица 1

Спецификация оборудования солнечной электростанции для питания циркуляционного насоса

Солнечная электростанция 80Вт				
№	Наименование оборудования, материалов, работ	Цена, тенге	Кол.	Сумма, тенге
1	Солнечная батарея СНН80-36М	18 000	1шт	18000
2	Контроллер СМ60 60А 12V24V	12 000	1шт	12000
3	Уголок для крепления 45мм	200	8м	1600
4	Аккумуляторы 45А·ч	12 000	2шт	24000
5	Кабель для солнечной электростанции ВВГ (2х4)	190	10м	1900
6	Щит герметичный IP-54 с монтажной панелью ЩРН-М для установки автоматики (предохранители) и блоков грозозащиты, распределения нагрузки.	1500	1шт	1500
Итого:				59000

$$\mathcal{E}_{год} = P_{потр} \cdot Ц_{э} \cdot 8760 \quad (8)$$

где $Ц_{э}$ – цена за один киловатт электроэнергии, потребляемая мощность циркуляционного насоса за равный 16 тенге (2015год); $P_{потр}$ – максимальная час, равная 0,08 кВт.

$$\mathcal{E}_{год} = 0,08 \cdot 16 \cdot 8760 = 11212 \text{тенге}$$

Срок окупаемости:

$$\tau = \frac{59000}{11212} = 5,2 \text{года}$$

Полученный срок окупаемости хоть и большой, но ниже нормативного и меньше срока службы солнечной электростанции с учётом ежегодных амортизаций.

Список литературы

1. Кушнир В.Г. Выбор солнечных фотоэлементов для рационального электроснабжения циркуляционного насоса гелиосистемы горячего водоснабжения [Текст]/ В.Г. Кушнир, И.В. Кошкин, В.С. Нелепин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2015. – №2. – т.11– С. 9-16.
2. Тлеуов А.Х. Нетрадиционные источники энергии: Учебное пособие [Текст]/ А.Х. Тлеуов – Астана: Фолиант, 2009. – 248 стр.
3. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст]/ Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

References

1. Kushnir V.G. Vybor solnechnyh fotojelementov dlja racional'nogo jelektrosnabzhenija cirkuljacionnogo nasosa geliosistemy gorjachego vodosnabzhenija [Tekst]/ V.G. Kushnir, I.V. Koshkin, V.S. Nelepin // Jelektrotehnickeskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2015. – №2. – t.11– P. 9-16.
2. Tleuov A.H. Netradicionnye istochniki jenerгии: Uchebnoe posobie [Tekst]/ A.H. Tleuov – Astana: Foliant, 2009. – 248 p.
3. Tvajdell Dzh. Vozobnovljaemye istochniki jenerгии [Tekst]/ Dzh. Tvajdell, A. Uejr; per. s angl. – M.: Jenergoatomizdat, 1990. – 392 p.