

# Альтернативные источники энергии

УДК 621.311.24, 697.329

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАРЯДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ АККУМУЛЯТОРА В СОЛНЕЧНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

*И.М. Кирпичникова, И.Р. Рахматулин*

Рассматриваются различные режимы работы разработанной солнечной опреснительной установки. Проанализированы различные факторы, влияющие на производительность установки, сделаны выводы и рекомендации, направленные на увеличение производительности солнечных опреснительных установок, предназначенных для работы в регионах с невысокой солнечной активностью. Рассчитана потребляемая электрическая энергия разработанной установки и приведены расчеты солнечной батареи. Разработана система контроля заряда энергии электрического аккумулятора, позволяющая использовать электрический нагреватель в составе солнечной опреснительной установки в качестве дополнительного нагревательного элемента, установленного в секции для опреснения. Алгоритм и уставки микроконтроллера направлены на снижение потребления электрической энергии, что позволяет снизить общую площадь солнечных батарей и устанавливать их на поверхности секции опреснителя. Приведены результаты производительности солнечной опреснительной установки с использованием разработанной системы контроля заряда электрической энергии и без системы контроля.

*Ключевые слова:* солнечная опреснительная установка, устройство слежения за солнцем, система контроля заряда электрической энергии.

По данным исследований [1], солнечная энергия является наиболее эффективным источником энергии для работы опреснительных установок в регионах с высоким уровнем инсоляции. Однако для более северных широт также существует проблема дефицита пресной воды. Для решения этой проблемы в регионах с невысокой солнечной активностью разработана солнечная опреснительная установка с устройством слежения за солнцем (рис. 1).

Установка состоит из опреснителя, в состав которого входят три секции: конденсации, опреснения и очищенной воды. Передача жидкости между секциями осуществляется за счет электромагнитных клапанов, которыми управляют дискретные датчики уровня воды. Солнечные коллекторы, которые находятся в одной плоскости с опреснителем, передают тепловую энергию в емкость для опреснения, в которой вода испаряется и конденсируется на нижней поверхности емкости для конденсации [2].

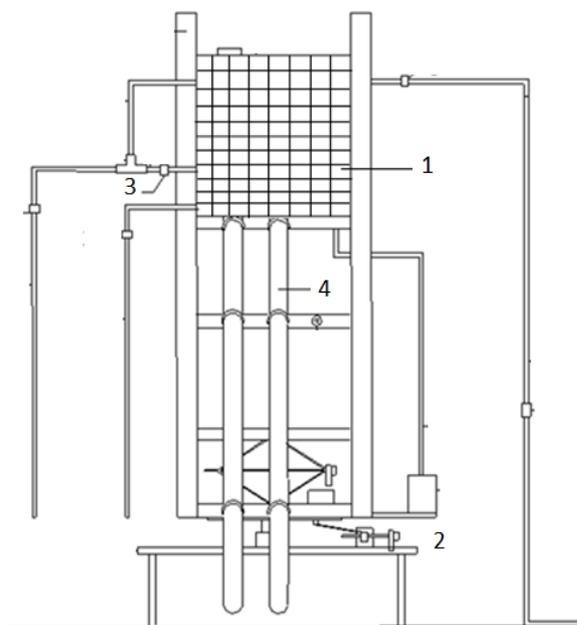


Рис. 1. Общий вид солнечной опреснительной установки: 1 – солнечная батарея; 2 – устройство слежения за солнцем; 3 – электромагнитный клапан; 4 – солнечные коллекторы

Результаты экспериментальных испытаний, которые проведены в Челябинской области в летний период времени, показали целесообразность использования солнечной опреснительной установки с устройством слежения за солнцем в регионах с невысокой солнечной активностью (рис. 2) [3].

Производительность установки при общей площади солнечных коллекторов  $0,16 \text{ м}^2$  составляет в среднем  $2,8 \text{ л}$  в летнее время при работе установки в регионе с умеренным климатом.

Разработана схема автоматизации, которая увеличивает производительность, повышает надежность, уменьшает потребление электрической энергии и обеспечивает автономность работы солнечной опреснительной установки за счет использования дискретной логики управления установкой, состоящей из независимых контуров управления «электромагнитный клапан – дискретный датчик уровня жидкости». Уставки срабатывания датчиков получены во время предварительных испытаний [4]. Все элементы солнечной опреснительной установки потребляют постоянный ток, в связи с чем отсутствует необходимость в преобразователе напряжения, что снижает стоимость системы энергообеспечения.

Потребление электрической энергии солнечной опреснительной установки рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{pr} = P_{az} + P_{zen} + P_{mk} + P_{klap}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $P_{az}$  – мощность электрического домкрата для передвижения солнечного устройства по азимуту;  $P_{zen}$  – мощность электрического домкрата для передвижения солнечного устройства по зениту;  $P_{mk}$  – электрическая энергия, потребляемая микроконтроллером;  $P_{klap}$  – электрическая энергия, потребляемая электромагнитными клапанами.

Для обеспечения электрической энергией опреснительной установки предлагается использовать солнечные батареи. Необходимая площадь солнечных батарей  $F_{CM}$  рассчитана по формуле [5]

$$F_{CM} = F_{CЭ} n K_{зап}, \text{ м}^2, \quad (2)$$

где  $F_{CЭ}$  – площадь одного солнечного модуля  $125 \times 125 \text{ мм}$ ;  $n$  – количество солнечных элементов в

модуле;  $K_{зап} = 0,97$  – коэффициент заполнения солнечными элементами площади солнечного модуля.

Выработка электрической энергии солнечным модулем в  $i$ -м месяце определяется:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{вал} F_{CM} m \eta_K K_t \eta_{\Delta P}^m \eta_{\Delta \mathcal{E}}^m, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_{вал}$  – валовой удельный приход солнечной радиации на рассматриваемую площадку,  $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ ;  $m$  – количество модулей в солнечной батарее;  $\eta_K$  – КПД кремниевого солнечного элемента;  $K_t$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры солнечного модуля на его КПД;  $\eta_{\Delta P}^m$ ,  $\eta_{\Delta \mathcal{E}}^m$  – потери мощности, определяемые последовательным соединением элементов и передачей энергии до потребителя соответственно.

Необходимая мощность солнечных батарей составляет  $50 \text{ Вт}$  при их общей площади  $550 \times 450 \text{ мм}$ . За основу взяты солнечные батареи из трех солнечных модулей общей площадью  $620 \times 670 \text{ мм}$ , выпускаемые компанией ExmorK. Электрическая энергия от солнечных батарей подается на электрический аккумулятор.

При появлении излишков электрической энергии на аккумуляторе, ее целесообразно направлять на индукционный нагреватель, установленный в емкости для опреснения.

Схема использования солнечных батарей в опреснительной установке показана на рис. 3.

По известным формулам был произведен расчет емкости заряда аккумулятора, на основании которого получены необходимые уставки для микроконтроллера, подающего сигнал на подключение индукционного нагревателя через электромагнитное реле при достижении уровня заряда на аккумуляторе в  $5 \text{ В}$  ( $100\%$  заряд аккумулятора) и на отключение нагревателя при заряде аккумулятора в  $4,8 \text{ В}$  ( $70\%$  заряд аккумулятора).

Функциональная схема микроконтроллера показана на рис. 4.

Учет величины напряжения осуществляется на входах VCC и GND, управляющие сигналы находятся на выходах OD и OC.

Для использования микроконтроллером заряда электрического аккумулятора в солнечной оп-

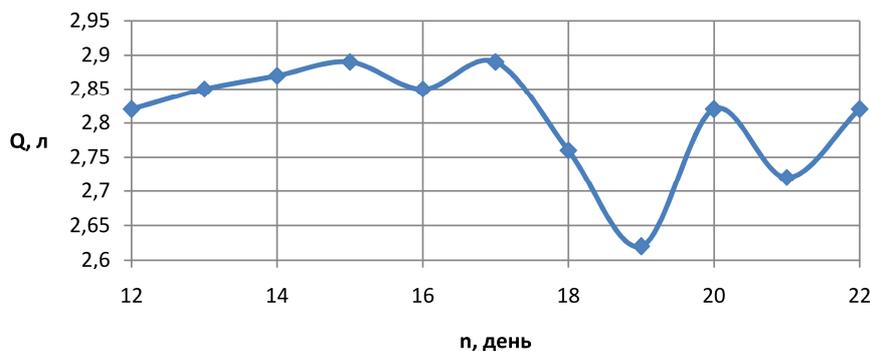


Рис. 2. Производительность солнечной опреснительной установки в Челябинской области (август)



Рис. 3. Схема использования солнечных батарей в солнечной опреснительной установке

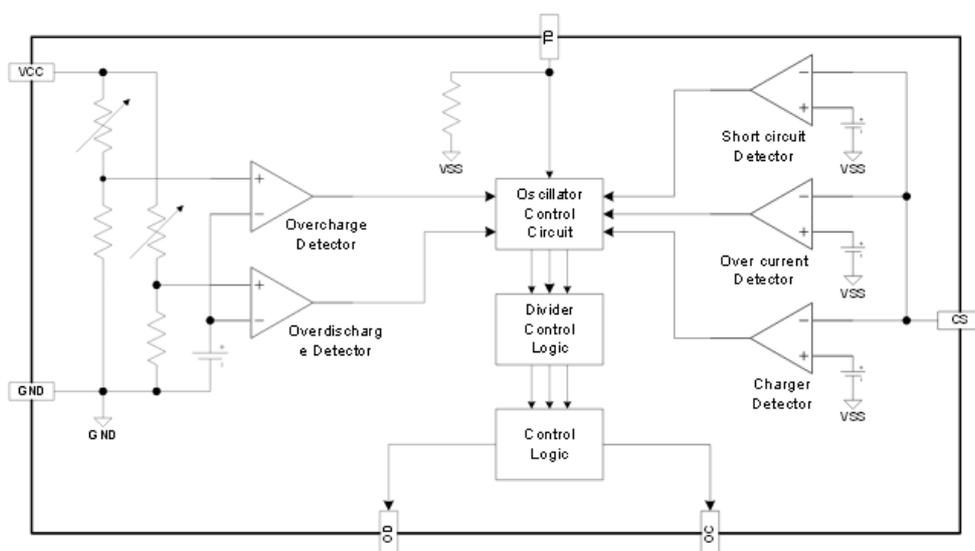


Рис. 4. Функциональная схема DW01-P

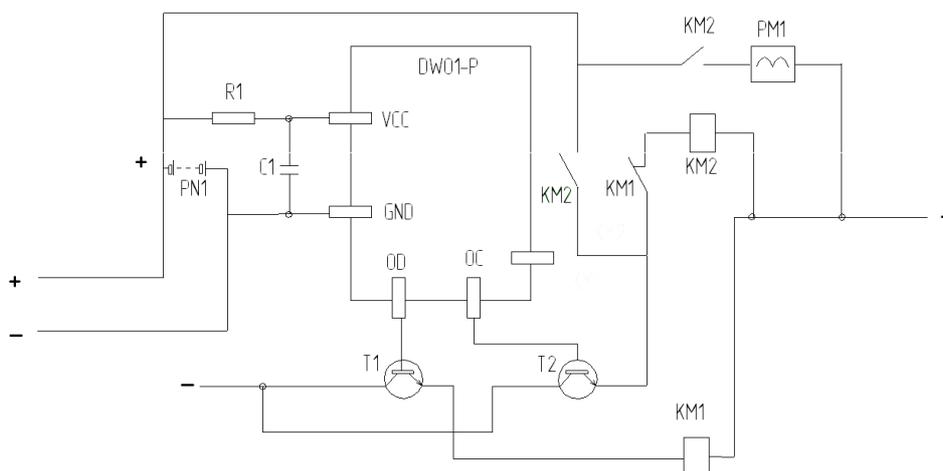


Рис. 5. Электрическая схема использования нагревателя в опреснительной установке: T1, T2 – транзисторы; KM1, KM2 – электромагнитные реле; PM1 – электрический нагреватель

реснительной установке разработана схема управления распределением электрической энергии с использованием электронагревателя (рис. 5).

Величину заряда на электрическом аккумуляторе осуществляет микроконтроллер DW01-P, при достижении необходимого заряда аккумулятора микроконтроллер через транзистор T2 и электро-

магнитное реле KM2 подает напряжение на электрический нагреватель PM1, вследствие чего заряд на аккумуляторе начнет уменьшаться, и при достижении нижней уставки в 4,8 В произойдет отключение электрического нагревателя.

Принцип действия разработанного алгоритма показан на рис. 6, на котором приведена зависи-

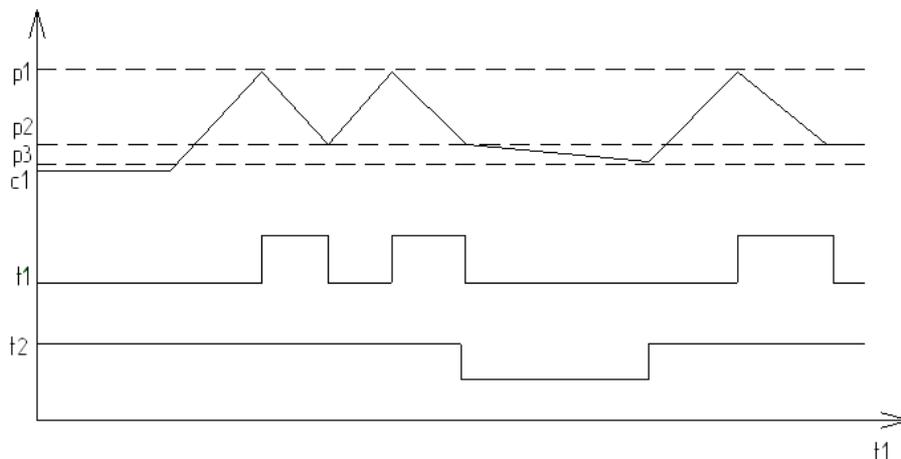


Рис. 6. Зависимость времени работы устройства слежения за солнцем и электрического нагревателя от заряда электрического аккумулятора:  $p1$  – уставка включения электрического нагревателя по напряжению от аккумулятора;  $p2$  – уставка отключения электрического нагревателя;  $p3$  – уставка включения/отключения устройства слежения за солнцем;  $c1$  – величина заряда электрического нагревателя;  $t1$  – время работы электрического нагревателя;  $t2$  – время работы устройства слежения за солнцем

мость времени работы устройства слежения за солнцем и электрического нагревателя от заряда электрического аккумулятора.

Из приведенного графика видно, что точно рассчитать эффективность использования электрического нагревателя, от которого зависит увеличение производительности установки, не представляется возможным, так как продолжительность работы нагревателя зависит от времени работы при максимальной интенсивности солнечного излучения, которая зависит от случайной величины – облачности в течение дня.

При моделировании ситуации, при которой будет максимальная интенсивность солнечного излучения в течение всего дня, с использованием солнечной батареи мощностью 50 Вт и электрического нагревателя постоянного тока мощностью 50 Вт получим следующую величину увеличения производи-

тельности опреснительной установки в течение дня (рис. 7).

Производительность солнечной опреснительной установки при использовании электрического нагревателя возрастает на 1,5 л в день и составила в среднем 4 л в день при использовании трубок солнечных коллекторов общей площадью  $0,16 \text{ м}^2$  в регионе с невысокой солнечной активностью.

Использование солнечной батареи делает установку для опреснения воды полностью автономной, что позволит использовать ее в любом регионе мира вне зависимости от наличия источников электрической энергии. Установка солнечной батареи непосредственно на опреснитель позволяет эффективно использовать преимущество наличия устройства слежения за солнцем и поднять ее производительность на 30 %.

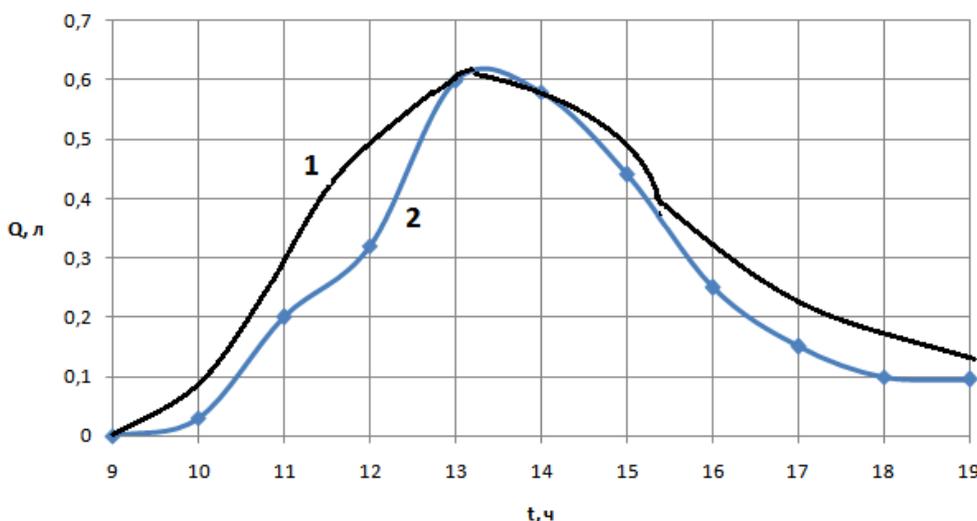


Рис. 7. Производительность солнечной опреснительной установки с электрическим нагревателем (1) и без электрического нагревателя (2)

Таким образом, в результате проведенных исследований был сделан вывод о необходимости использования устройства для контроля заряда аккумулятора и времени работы электрического нагревателя воды в солнечной опреснительной установке. Рассчитаны необходимая мощность электрического нагревателя, емкость аккумулятора, уставки микроконтроллера для подключения электрического нагревателя. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что предложенное решение позволит повысить производительность установки без повышения энергопотребления, снижения надежности и значительного увеличения стоимости установки.

### Литература

1. Кирпичникова, И.М. Опреснение воды с использованием энергий ветра и солнца / И.М. Кирпичникова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2012. – № 16 (275). – С. 22–25.
2. Рахматулин, И.Р. Экспериментальные ис-

следования влияния различных типов солнечных коллекторов на производительность солнечной опреснительной установки. *Problemele energeticii regionale 1 (24) 2014.* – <http://journal.ie.asm.md/ru/contents/elektronnyj-zhurnal-n-124-2014> (дата обращения 29.04.2014).

3. Рахматулин, И.Р. Экспериментальные исследования влияния устройства слежения на производительность солнечной опреснительной установки / И.Р. Рахматулин // Ползуновский Вестник. – 2013. – № 4-2. – С. 168–178.

4. Кирпичникова, И.М. Лабораторные исследования устройства слежения за солнцем с использованием фотоэлементов / И.М. Кирпичникова, И.Р. Рахматулин // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 12. – С. 10–14.

5. Энергосбережение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников / Л.А. Саплин, С.К. Шерязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ю.П. Ильин. – Челябинск: Челяб. гос. агроинженер. ун-т, 1999. – 318 с.

**Кирпичникова Ирина Михайловна**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Электротехника и возобновляемые источники энергии», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; [ionkim@mail.ru](mailto:ionkim@mail.ru).

**Рахматулин Ильдар Рафикович**, аспирант кафедры «Электротехника и возобновляемые источники энергии», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; [ildar.o2010@yandex.ru](mailto:ildar.o2010@yandex.ru).

*Поступила в редакцию 5 октября 2014 г.*

---

**Bulletin of the South Ural State University  
Series “Power Engineering”  
2014, vol. 14, no. 4, pp. 46–51**

---

## CONTROL SYSTEM OF BATTERY ELECTRIC POWER CHARGE IN THE SOLAR DESALINATION PLANT

**I.M.Kirpichnikova**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, [ionkim@mail.ru](mailto:ionkim@mail.ru),

**I.R. Rakhmatulin** South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, [ildar.o2010@yandex.ru](mailto:ildar.o2010@yandex.ru)

The paper discusses different operation modes of designed solar desalination plant. We analyzed various factors affecting the productivity of the plant, and gave conclusions and recommendations aimed at increasing the performance of solar desalination plants designed to operate in regions with low solar activity. We computed electric energy consumption in developed installation and presented calculations of solar cell. Control system of battery electric power charge allows usage of electric heater attached into the solar desalination plant as an additional heating element installed in the section for desalination. Algorithm and settings of the microcontroller are aimed at reducing the consumption of electric energy that reduces total area of solar panels and allows of installing them on the surface section of the desalter. The paper presents the results of solar desalination plant performance using the developed control system of electric energy charge and without control.

*Keywords: solar battery, electric battery, charge control, solar desalination plant, sun tracker.*

#### References

1. Kirpichnikova I.M. [Desalination using Wind and Solar energy]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2012, no. 16 (275), pp. 22–25. (in Russ.)
2. Rakhmatulin I.R. [Experimental Studies of the Influence of Different Types of Solar Collectors on the Performance of the Solar Desalination Plant]. *Problemele energeticii regionale 1(24) 2014*. Available at: <http://journal.ie.asm.md/ru/contents/elektronnyj-zhurnal-n-124-2014>. (accessed 29.04.2014).
3. Rakhmatulin I.R. [Experimental Studies of the Influence of Tracking Devices on Performance of Solar Desalination Plant]. *Polzunovskiy Vestnik*, 2013, no. 4–2, pp.168–178. (in Russ.)
4. Kirpichnikova, I.M. Rakhmatulin I.R. [Laboratory studies of Sun Tracking Device Using Photocells]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative Energy and Ecology], 2013, no. 12, pp. 10–14. (in Russ.)
5. Saplin L.A., Sher'yazov S.K., Ptashkina-Girina O.S., Il'in Yu.P. *Energoberezhenie sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley s ispol'zovaniem vozobnovlyaemykh istochnikov*. [Energy Saving Agricultural Consumers Using Renewable]. Chelyabinsk, Chelyabinsk State Agroengineering University. Publ., 1999. 318 p.

Received 5 October 2014