

УДК 621.38; 004.9

МРНТИ 28.23.33; 28.17.31; 44.37.29; 44.37.03

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРАМИ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Е.Н. АМИРГАЛИЕВ, М. КУНЕЛБАЕВ, Т. МЕРЕМБАЕВ, А.Х. КОЗБАКОВА,
Т.Р. СУНДЕТОВ, А.А. ИРЖАНОВА

Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК

Аннотация: В настоящей работе рассматривается создание системы управления и мониторинга за функционированием солнечного коллектора на базе использования платформы Mojo v3. Предусмотрено измерение из 6 цифровых датчиков (DS18B20 Dallas), смонтированных в коллекторной системе 16 проводами. Предложено программное обеспечение с библиотекой IEEE на Mojo v3. Используя датчики Далласа и соответствующее программное обеспечение, можно контролировать температуру и количество теплоты в системе. Программное обеспечение, входящее в базу Mojo v3, реализовано на языке (VHDL, VERILOG).

Ключевые слова: солнечная энергия, плоский солнечный коллектор, платформа Mojo v3, контроллер

ТЕРМОСИФОНДЫҚ АЙНАЛЫМЫ БАР ЖАЗЫҚ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ КОНТРОЛЛЕРЛЕРІН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа: Бұл жұмыста Mojo v3 платформасын қолдану негізінде күн коллекторының жұмыс жасауын бақылау мен басқару жүйесін құру қарастырылады. 16 сымды коллекторлық жүйеде орнатылған 6 сандық датчиктен тұратын (DS18B20 Dallas) өлшеу ұсынылады. Mojo v3-де IEEE кітапханасымен программалық қамтамасыз ету жазылады. Даллас датчигі мен сәйкес программалық қамтамасыз етуін қолдана отырып жүйедегі жылу мөлшері мен температураны бақылауға болады. Mojo v3 базасына кіретін программалық қамтамасыз ету (VHDL, VERILOG) программалау тілінде жүзеге асырылған.

Түйінді сөздер: күн энергиясы, жазық күн коллекторы, Mojo v3 платформасы, контроллер

CONTROL SYSTEM OF CONTROLLERS OF A FLAT SOLAR COLLECTOR WITH A THERMOSIFON CIRCULATION

Abstract: This paper discusses the creation of a control and monitoring system for the operation of a solar collector based on the use of the Mojo v3 platform. A measurement of 6 digital sensors (DS18B20 Dallas), mounted in the collector system with 16 wires, is provided. Offered software with IEEE library on Mojo v3. Using Dallas sensors and the appropriate software, you can monitor the temperature and the amount of heat in the system. Software included in the Mojo v3 database is implemented in the language (VHDL, VERILOG).

Keywords: solar energy, flat solar collector, platform Mojo v3, controller

В современных условиях для устойчивого развития энергоресурсов традиционные виды энергии должны быть активно дополнены или заменены возобновляемыми источниками энергии. При развитии соответствующих технологий возобновляемые источники энер-

гии являются устойчивыми и имеют потенциал для удовлетворения нынешних и будущих прогнозируемых глобальных потребностей экономики. При этом возобновляемые источники энергии вырабатываются в основном без вредного воздействия на окружающую среду.

Как правило, для устойчивого удовлетворения глобальных энергетических потребностей возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, ветер, гидроэнергетика и биогаз являются потенциальными кандидатами. Лучшей альтернативой для удовлетворения растущего спроса на энергию является солнечная энергия. Преобразование солнечного излучения в тепло является одним из самых простых и самых непосредственных применений этой энергии. Плоский пластинчатый солнечный коллектор – это основное устройство, используемое для преобразования солнечной энергии в тепловую. Плоские пластины, эвакуированные трубки или концентрационные коллекторы представляют собой солнечные коллекторы, используемые для горячего водоснабжения зданий или промышленных объектов. Наиболее часто используемыми типами для низкотемпературных применений являются однослойные или плоские пластинчатые коллекторы. Пластина абсорбера служит в качестве центрального компонента коллектора. Тепловые характеристики солнечного коллектора зависят от оптических и тепловых свойств, а также от конструкции пластины поглотителя. Типичный плоский коллектор состоит из абсорбера в изолированной коробке вместе с прозрачными обложками (остеклением). Абсорбер обычно изготавливают из металлического листа с высокой теплопроводностью, такого как медь или алюминий со встроенными или прикрепленными трубами. Его поверхность покрыта специальным селективным материалом чтобы максимизировать поглощение солнечной энергии. Изолированная коробка уменьшает потери тепла в плоском солнечном коллекторе от задней и боковых сторон коллектора [1]. Самые простые и наиболее широко используемые устройства сбора и использования солнечной энергии – это термосифонные или природные циркуляционные системы солнечного водоснабжения (SWHS). Они состоят из плоского коллектора, резервуара для хранения воды и соединительных труб. Коллектор состоит из пластины абсорбера, стояка и коллек-

торных трубок, стеклянной крышки, кожуха и изоляции. Вода в трубах стояка нагревается и из-за разницы в плотности течет в резервуар для хранения. Интенсивность водного потока зависит от головки термосифона и силы плавучести, что в свою очередь связано с изменением плотности воды, вызванной повышением температуры в солнечном коллекторе. Естественно, солнечная энергия используется для многих применений с разными типами устройств. В работах [2-5] были проведены различные эксперименты по превращению солнечной энергии в тепло с помощью разных типов устройств. Было выполнено много работ по применению солнечной энергии, используя однофазную технологию теплопередачи. В исследованиях [6-10] эксперименты выполнялись в солнечных коллекторах с плоскими пластинами с использованием однофазного процесса теплообмена с применением неизолированного резервуара для воды и неизолированной соединительной трубы, а также изолированного резервуара для воды и изолированной соединительной трубы. Для этой цели плоская пластина солнечного коллектора действует как нагреватель, а резервуар – для хранения горячей воды. Существует возможность уменьшить огромное количество потерь тепла от бака, а также от соединительной трубы. Конечным результатом является количество увеличенной температуры воды и эффективность плоского пластинчатого коллектора будет увеличена.

Рассмотрены различные солнечные коллекторы, способные захватывать солнечную энергию, которая далее хранится в резервуаре, используемом для конкретной цели [11-13]. В работе [14] был исследован тепловой КПД фотогальванического нагрева воздуха с использованием ребер, прикрепленных к коллектору. Есть много примеров электронного мониторинга [15] с платформой Arduino, применяемый как дешевый и простой системный контроль. Была разработана [16] система контроля эффективности для управления фотоэлектрической солнечной электростанцией.

Математическое моделирование и методологии

Для рационального теплосъема от теплоотводящих солнечных коллекторов и упрощения эксплуатации гелиосистемы очевидно выгодно, чтобы данная система работала с термосифонной циркуляцией. Поэтому для определения тепловых режимов гелиоустановки необходимо установить зависимость производительности от режимных характеристик плотности солнечной радиации, коэффициента теплоотвода, температуры окружающей среды, разности температур и т.д.).

Рассмотрим одноконтурную систему (рис. 1) в гелиоконтуре, в которой осуществляется следующее: холодная вода (1) из напорного бака (2) или водопровода подается к солнечным панелям (1), вода нагревается и поступает в бак-аккумулятор, откуда самотеком поступает к потребителям (3). По пути движения она смешивается с исходной холодной водой до достижения необходимой температуры.

Пусть гелиоприемник имеет ширину (b) и угол наклона к горизонту φ . Тогда при площади F гелиоприемника его длина $l = F/b$; высота $h = F \sin \varphi / b$.

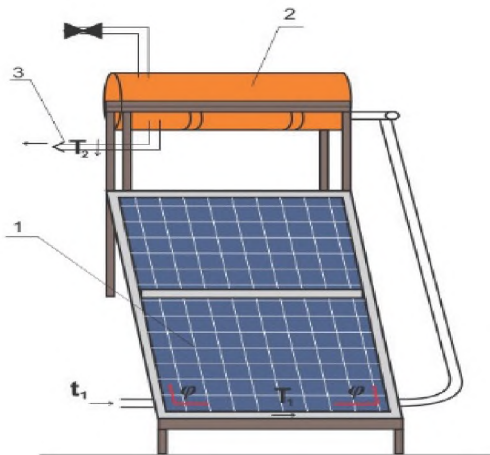


Рис. 1 – Гелиосистема с термосифонной циркуляцией

Величина циркуляционного движения:

$$H = g \frac{h}{2} (T_2 - T_1) = \frac{F g n (T_2 - T_1)}{2h} \quad (1)$$

где n – удельное приращение объемной массы теплоносителя гелиоконтур при охлаждении на 1 град (для интервала температур $40+80^\circ\text{C} \approx 45 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{град})$); F – общая площадь гелиоприемника м^2 ; T_2, T_1 – соответственно конечная и начальная температура теплоносителя в гелиоконтуре.

Циркуляционное движение равно потере напора в гелиоконтуре:

$$S G^2 = \frac{F n g (T_2 - T_1) \sin \varphi}{2b} \quad (2)$$

где S – гидравлическая характеристика гелиоконтур $\text{Па} / (\text{кг} \cdot \text{ч})^2$.

Количество тепла, воспринятое термосифоном, определяется по формуле:

$$G_1 C_1 (T_2 - T_1) = 3600 E \gamma F F' \left[\left(\tau_\alpha - \frac{U_1}{E} \right) \left(\frac{T_2 + T_1}{2} - T_0 \right) \right] \quad (3)$$

здесь γ – коэффициент заполнения термopриемника, равный отношению площади, освещаемой солнцем к общей площади гелиоколлектора; C_1 – теплоемкость теплоносителя гелиоконтур; G_1 – расход тепла теплоносителя в гелиоконтуре; E – плотность суммарной солнечной радиации, падающей на поверхность гелиоприемника; τ_α – приведенная поглощательная способность гелиоприемника; U_1 – коэффициент потерь в гелиоприемнике; T_0 – температура наружного воздуха; F' – коэффициент эффективности гелиоприемника.

Эксперимент

В настоящем исследовании система контроллера, образованная с 6 цифровыми температурными датчиками (Dallas DS18B20), регистрирует температуру плоского солнечного коллектора с термосифоном. Датчики контролируются системой Mojo v3. Записи температур, хранящихся на ETHERNET modul, через каждые интервалы времени 5 с отправляет температурные данные и состояния клапанов. Часы реального времени

(RTC), которые используют инкапсулированный чип DS1307, записывают дату и время измерений температурных данных, отправляя их на плату Mojo V3, как показано на рисунке 2. Шесть датчиков подключены к плате Mojo V3 с шестью электрическими проводами, запрограммированы на языке VHDL, представлены в блок-схеме функционирования системы управления 3. После обработки данных температуры, даты и времени, полученные от RTC, соответственно, сохраняют их в XML (расширяемый язык разметки) в ETHERNET modul. Язык XML облегчает обработку этих данных путем автоматической или ручной интерпретации программ электронных таблиц данных. Связь между платой Mojo V3 и ее периферийными устройствами показана на рисунке 2.

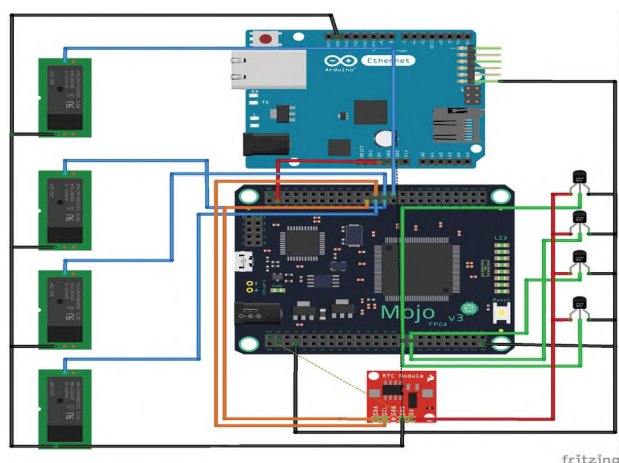


Рис. 2 – Соединения Mojo v3 датчиками

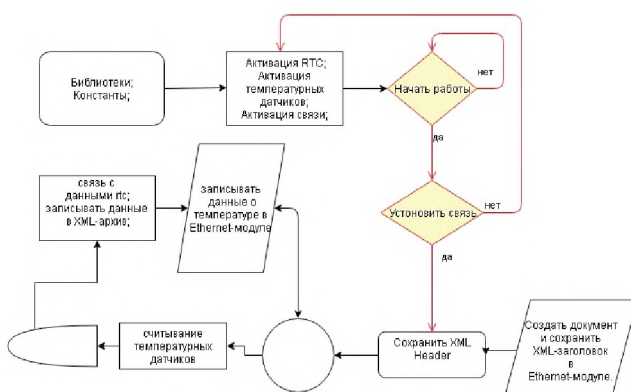


Рис. 3 – Блок-схема функционирования системы управления

В систему управления солнечным коллектором встроен оптимальный алгоритм. В начале алгоритма программа активирует библиотечки и константы, потом подключается модуль часов в реальном времени, активация температурных датчиков и активация связи с сервером. Если все устройства активируются, тогда устанавливается связь, если нет, тогда начинается работа активации. Если связь установлена с сервером, тогда сохраняется xml файл в Ethernet модуле. Потом считываются температурные данные датчиков и записываются в Ethernet модуле.

Результаты и обсуждение

На рисунке 3 показано, как плата Mojo V3 записывает данные о солнечной радиации в данном регионе и количество теплоты гелиоустановки и отправляет на ETHERNET module. На указанном рисунке 4 наблюдается, что, чем выше коэффициент солнечной радиации, тем выше количество теплоты в плоском солнечном коллекторе. На рисунках 5 и 6 показаны, как плата Mojo V3 за каждую секунду отправляет на сервер ETHERNET module температурные данные и тепловые потери плоского гелиоколлектора. Из рисунков видно, что, чем ниже тепловые потери в гелиоколлекторе, тем ниже количество теплоты.

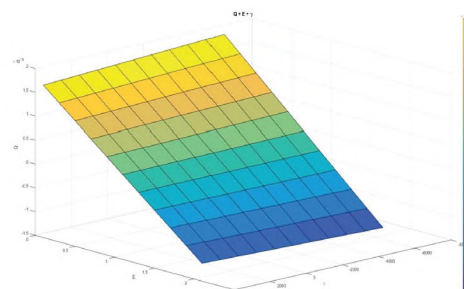


Рис. 4 – Зависимость количества теплоты от плотности солнечной радиации

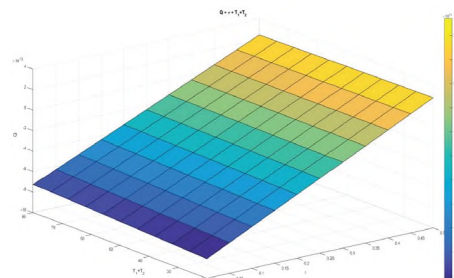


Рис. 5 – Зависимость количества теплоты от разности температур

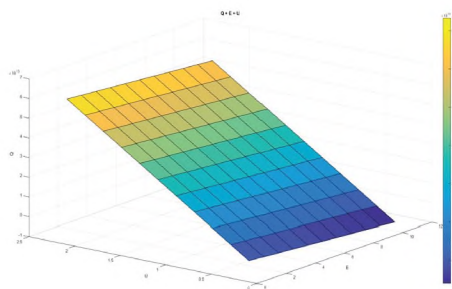


Рис. 6 – Зависимость количества тепла от коэффициента теплопотерь

Заключение

В данной работе была исследована система управления контроллерами плоского солнечного коллектора с термосифонной циркуляцией. Была построена плата Mojo V3 с датчиками для управления температурными данными плоского солнечного коллектора. В результате работы построенная плата Mojo

V3 дает гибкую архитектуру для управления системой солнечного коллектора с термосифонной циркуляцией. С помощью платы Mojo V3 можно определить индикаторные параметры гелиоколлектора, которые в свою очередь идентифицируют работу гелиоколлектора. Использование платформы Mojo V3 дает такие преимущества, как высокоточность измерения и скорость приема передачи данных через ETHERNET module интерфейс до 1 гБ в секунду. Высокоскоростной интерфейс Mojo V3 позволяет автоматически построить температурные зависимости в любом регионе Казахстана.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК BR05236693, выполняемой в Институте информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, по контракту №318 от 30.03.2018.

REFERENCES

1. Duffie, J. A., and W. A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1991.
2. Ahmet Samanci and Adnan Berber, "Experimental investigation of single-phase and twophase closed thermosyphon solar water heater systems", Scientific Research and Essays, Vol. 6(4), pp. 688-693, 18 February, 2011.
3. M. A. Islam, M. A. R. Khan and M. A. R. Sarkar, "Performance of a Two-Phase Solar Collector in Water Heating", Journal of Energy & Environment 4 (2005), Technical Note 117 – 123.
4. K. Chuawittayawuth & S. Kumar, "Experimental investigation of temperature and flow distribution in a thermosyphon solar water heating system", Renewable Energy 26 (2002) 431–448.
5. H. Taherian, A. Rezaia, S. Sadeghi & D.D. Ganji, "Experimental validation of dynamic simulation of the flat plate collector in a closed thermosyphon solar water heater", Energy Conversion and Management 52 (2011) 301–307.
6. A. Zerrouki, A. Boume dien & K. Bouhade, "The natural circulation solar water heater model with linear temperature distribution", Renewable Energy 26 (2002) 549–559.
7. Samuel Luna Abreu, Sergio Colle, "An experimental study of two-phase closed thermosyphons for compact solar domestic hot-water system", Solar Energy 76 (2004) 141–145.
8. Alireza Hobbi, Kamran Siddiqui, "Experimental study on the effect of heat transfer enhancement devices in flat-plate solar collectors", International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009) 4650–4658.
9. N. V. Ogueke, E. E. Anyanwu, and O. V. Ekechukwu, "A review of solar water heating systems" Journal of Renewable and Sustainable Energy 1, 043106, 2009.
10. Dr. Akeel Abdullah Mohammed, "Heat Transfer and Pressure Drop Characteristics of Turbulent Flow in a Tube Fitted With Conical Ring and Twisted Tape Inserts" Engg. & Tech. Journal, vol. 29, no. 2, 2011. J. U. Duncombe, "Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility (Periodical style)," IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED- 11, pp. 34–39, Jan. 1959.

11. De Marchi Neto, I., Padilha, A.: Refrigerator COP with thermal storage. *Appl. Therm. Eng.* 29(1), 2358–2364 (2008)
12. Souza, L.M.P.: Levantamento de Coeficientes de Desempenho de Armazenador Térmico Associado a Refrigerador Doméstico Modificado. Universidade Estadual Paulista-Juílio de Mesquita Filho, Campus de Bauru, Mestrado (2011)
13. Taheri, H.: PhD's Thesis. Phd Thesis, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Germany (2014)
14. Rosen, M.A., Kumar, R.: Performance of a photovoltaic/thermal solar air heater: effect of vertical fins on a double pass system. *Int. J. Energy Environ. Eng.* 2(4), 1–4 (2011)
15. Sugathan, A., Kirthyvijay, G.J., Thomson, J.: Application of Arduino based platform for wearable health monitoring system. In: Presented at the 1st International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems (2013)
16. Faizan, V., Galib, M., Khan, A., Afzal, S.: Arduino web server for efficiently control and monitoring of solar power system. *Int. J. Comput. Eng. Appl.* 8(1), 148–