

УДК 62-523.8

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ

Хмара А.С.¹, Мирошкин А.Н.², Мальчева Р.В.¹

¹ Донецкий национальный технический университет, кафедра компьютерной инженерии

² Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems, Magdeburg, Germany

E-mail: xmaraac@gmail.com

Аннотация

Хмара А.С., Мирошкин А.Н., Мальчева Р.В. Устройство управления системой горячего водоснабжения с солнечными коллекторами. Рассматривается разработка устройства управления системой нагрева воды для горячего водоснабжения при помощи гелиоустановок. Выполнен анализ конструкций систем горячего водоснабжения с использованием солнечных коллекторов. Разработано и сконструировано устройство управления для системы нагрева воды.

Анализ состояния проблемы

Потенциальные возможности энергетики, основанной на применении непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики. Использование всего 0,0005% энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а 0,5% – полностью покрыть потребности на перспективу. Солнечная энергия – это кинетическая энергия излучения (в основном света), образующаяся в результате реакций в недрах Солнца. Поскольку ее запасы практически неисчерпаемы (астрономы подсчитали, что Солнце будет «гореть» еще несколько миллионов лет) [2], ее относят к возобновляемым энергоресурсам. На сегодня общая площадь солнечных коллекторов в мире превышает 150 млн. м² [4]. Среднее увеличение площади за год составляет около 12% [2]. Системы солнечного горячего водоснабжения (ССГВ) получили наибольшее распространение и серийно выпускаются во многих странах мира. Они отличаются назначением, количеством и конструкцией солнечного коллектора (СК), способом циркуляции и видом теплоносителя, способом подачи горячей воды до потребителя.

Значительный интерес представляет возможность интегрирования ССГВ в существующие системы теплоснабжения на базе котельной установки. Проблемы эксплуатации автономных ССГВ в весенне-осенний период, когда уровень подогрева воды за счет солнечной энергии снижается и возникает необходимость в дублирующем источнике нагрева, здесь отсутствует. Вся вода проходит через гелиосистему и поступает с температурой +20..+55°C к котельной установке. Эта схема оптимальным образом перераспределяет тепловую нагрузку между котельной установкой и ССГВ и позволяет снизить расход энергоресурсов, эффективность системы определяется погодными условиями в регионе, его географическим положением, а также принципом работы устройства управления.

Распространение новых информационных технологий, основой которых является достижение микроэлектроники последней четверти XX века, привело к значительным изменениям в самых различных областях деятельности человека. Изменения коснулись также и сферы автоматизации, которые связаны, в том числе, с совершенствованием технических средств обработки данных, что позволило существенно расширить функциональные возможности и сложность решаемых задач.

Уровень развития микроэлектронной базы позволяет при невысоких затратах на реализацию устройства использовать различные алгоритмы цифровой обработки данных.

Показатели точности, надежности и функциональной гибкости позволяет использовать цифровые системы вместо соответствующих аналоговых. Главным преимуществом программной реализации алгоритмов при помощи микроконтроллеров является их функциональная гибкость: для изменения алгоритмов, или выполняемых функций необходимо модифицировать только последовательность команд в программе. Регулярная структура совместно с широкими функциональными возможностями микропроцессорных средств, не приводит к существенному увеличению сложности и стоимости устройств вне зависимости от сложности алгоритма. Однако при последовательном выполнении микропрограммы микроконтроллером может приводить к большим временным задержкам. Для устройства управления системой горячего, скорость работы не является критичным параметром, следовательно, с точки зрения надежности и стоимости микроконтроллер является подходящим решением.

Постановка задачи

Разработать устройство управления системой нагрева воды посредством солнечной энергии, с возможностью контроля комфортного диапазона температур. Предусмотреть отображение рабочей информации и возможность удобного контроля системой.

Описание системы

Система горячего водоснабжения включает в себя следующие основные рабочие элементы установки: солнечный коллектор, аккумулирующий бак, насос, электрический нагревательный бак (рис. 1).

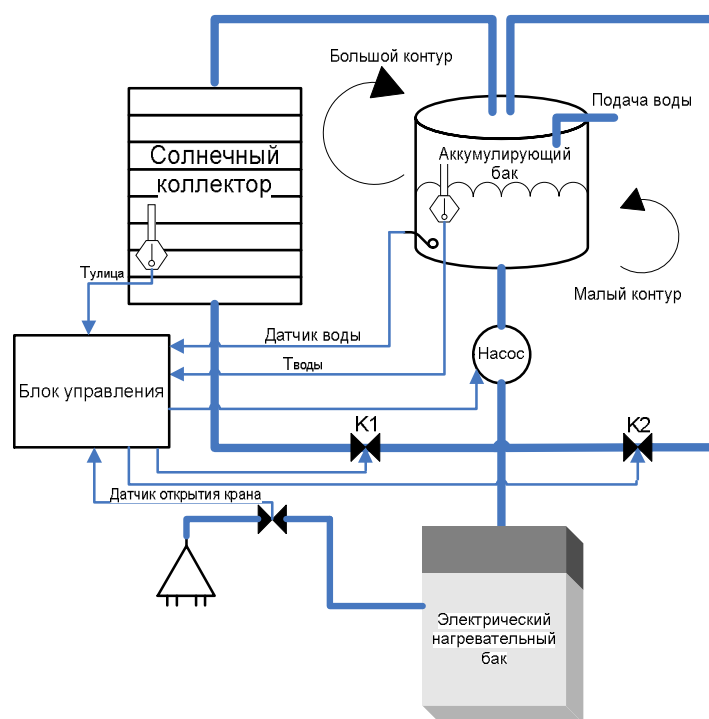


Рисунок 1 – Система горячего водоснабжения с солнечными коллекторами

Для выполнения алгоритма устройство управления должно получать информацию о температуре воды и воздуха в СК, наличии воды в аккумулирующем баке, а также информацию о потреблении воды. Система включает в себя два контура тока воды: большой и малый.

Большой контур тока воды состоит из солнечного коллектора, аккумулирующего бака, насоса и электромагнитного клапана K1. Вода, находящаяся в баке, поступает в насос,

который нагнетает давление воды, подавая ее через открытый клапан К1 в солнечный коллектор, где происходит нагрев воды, затем поступающей в аккумулирующий бак. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты условия нагрева воды до установленных значений комфортной температуры. Или до наступления ситуации низкого уровня воды в системе. Уровни комфортной температуры задаются при помощи блока управления.

Малый контур необходим для регулирования давления воды на выходе системы, и обеспечения безопасности работы насоса в случае недостаточного количества воды в системе, а также возникновения непредвиденной ситуации невозможности тока воды на выходе системы. Однако его первостепенной функцией является пропускание воды в ситуации, когда температура солнечного коллектора ниже температуры воды в системе, что позволяет избежать дополнительного охлаждения воды при прохождении солнечного коллектора.

Функцией электрического нагревательного бака является нагрев воды до комфортного уровня температуры. При благоприятных условиях предварительный нагрев воды осуществляется при прохождении воды через солнечный коллектор, что снижает общие энергозатраты системы.

Контур обращения воды выбирается исходя из соотношения температур в аккумулирующем баке и солнечном коллекторе, а также от данных датчика потребления воды. Алгоритм работы блока управления системой приведен на рис. 2.

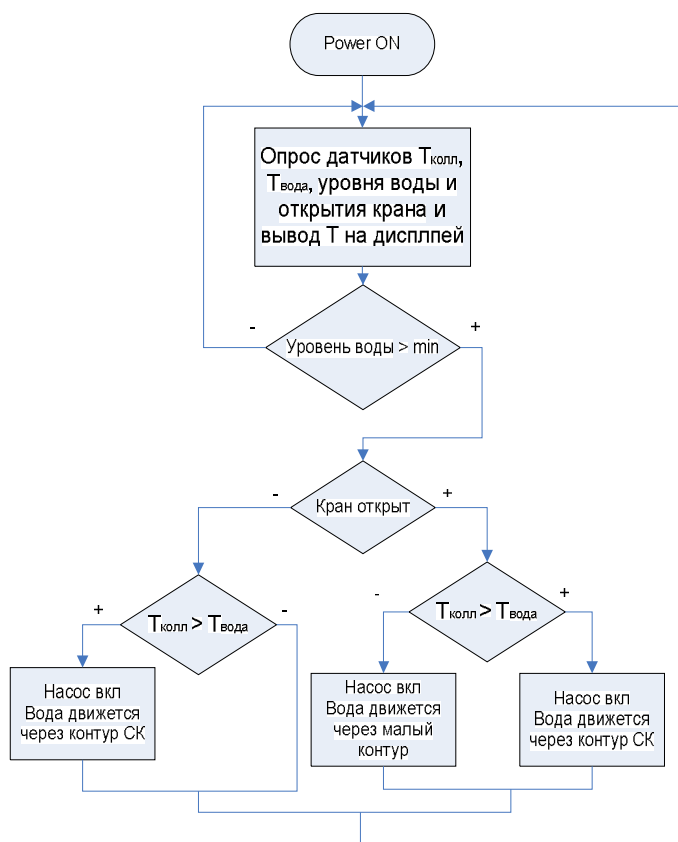


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы блока управления

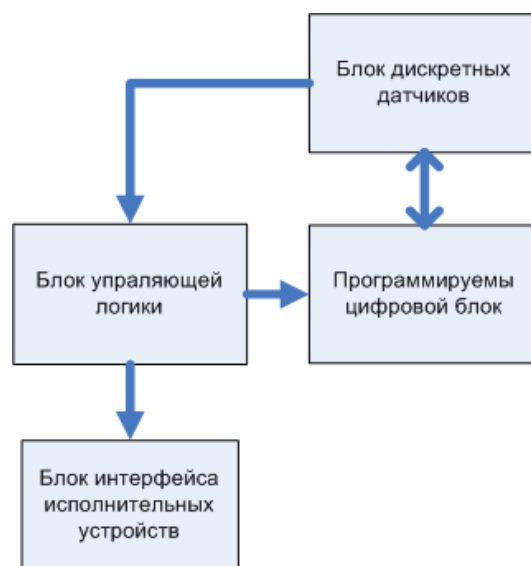


Рисунок 3 – Структурная схема устройства управления

После включения устройство инициализируется и производит опрос датчиков температуры, наличия воды и открытия крана, а также вывод данных на дисплей. Если согласно данным датчика наличия воды, ее уровень в аккумулирующем баке выше минимума, то следующим шагом устройство анализирует состояние крана, иначе повторяет процедуру опроса датчиков, обработки данных и вывода информации на дисплей. Если кран открыт, и $T_{колл} > T_{воды}$ то устройство управления включает работу насоса и направляет движение воды через контур солнечного коллектора, в противном случае движение воды происходит по малому контуру. В случае, когда кран закрыт, а разница температур требует произвести нагрев воды, то устройство ведет себя, так же как и при открытом кране. При закрытом кране и при отрицательной разнице $T_{колл} - T_{воды}$ система находится в состоянии покоя.

Структурная схема разработанного устройства (рис. 3) состоит из следующих блоков: цифровой обработки, управляющей логики (для возможности масштабирования функций устройства управления), дискретных датчиков и управления исполнительными устройствами.

Блок цифровой обработки выполняет функцию работы с индикацией данных, обмена данными с цифровыми датчиками температуры, обработки событий клавиатуры и снабжает информацией блок управляющей логики.

Блок управляющей логики принимает данные, полученные с блока цифровой обработки, и посредством элементарных булевых функции принимает решение в зависимости от полученных данных с блока дискретных датчиков и выдает результат на блок управления исполнительными устройствами. Блок управляющей логики собран на базовых логических TTL элементах “И”, “ИЛИ”, “НЕ” производства фирмы TEXAS INSTRUMENTS. Использование таких элементов дает низкую стоимость конечного устройства.

В разработанном устройстве управления использован микроконтроллер фирмы ATMEL ATmega8A, который обладает необходимой гибкостью и функционалом необходимым для быстрой и стабильной обработки данных полученных с цифровых датчиков температуры DS18B20 фирмы DALLAS, отображения информации на дисплее с динамической индикацией и возможностью интерактивной установки комфортной температуры нагрева воды. Микроконтроллер запрограммирован на обмен данными с датчиками температуры, по интерфейсу 1-Wire, подключённых по схеме внешнего питания, для стабильной передачи информации на удаленных расстояниях (до 100 м).

Энергия, необходимая для нагревания воды от температуры $t_{воды}$ до температуры $t_{комф}$ определяется по формуле:

$$Q = \int_{t_{воды}}^{t_{комф}} (C \cdot m) dt = C \cdot m \cdot (t_{комф} - t_{воды}), \quad (1)$$

где C – удельная теплоёмкость, 4200 Дж/(кг*град);

m – масса нагреваемой воды.

При выполнении неравенства

$$t_{воды} < t_{колл} < t_{комф} \quad (2)$$

вода частично будет нагреваться в коллекторе, сохраняя энергию в количестве

$$Q_{колл} = C \cdot m \cdot (t_{колл} - t_{воды}). \quad (3)$$

Эффективность системы определим как отношение сэкономленной энергии к полной, необходимой для нагревания воды:

$$\eta = \left(\frac{Q_{\text{колл}}}{Q} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{C \cdot m \cdot (t_{\text{колл}} - t_{\text{воды}})}{C \cdot m \cdot (t_{\text{комф}} - t_{\text{воды}})} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{t_{\text{колл}} - t_{\text{воды}}}{t_{\text{комф}} - t_{\text{воды}}} \right) \cdot 100\%. \quad (4)$$

В качестве $t_{\text{колл}}$ используем результаты метеорологических наблюдений за температурой воздуха в 2010 году; будем считать температуру воды зимой $+5^{\circ}\text{C}$, весной и осенью $+10^{\circ}\text{C}$, летом $+15^{\circ}\text{C}$. Получим функцию эффективности

$$\eta = f(t_{\text{колл}}), \quad (5)$$

приведенную на рис. 4.

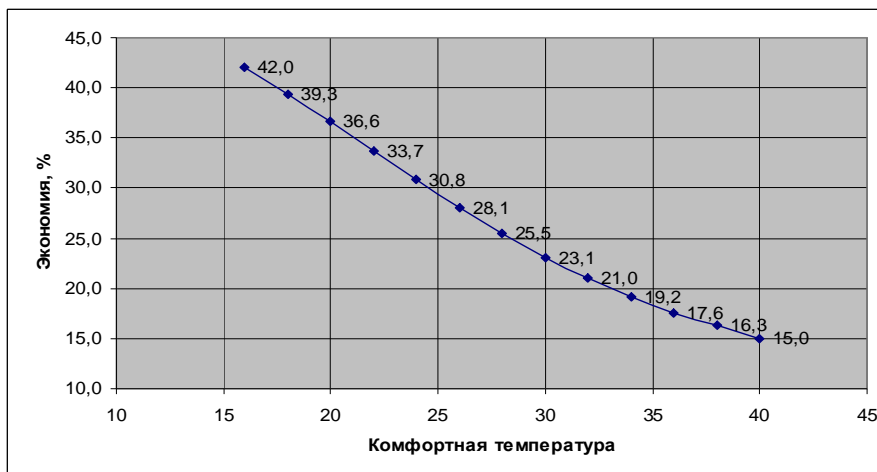


Рисунок 4 – Функция эффективности используемой системы от комфортной температуры воды

Выводы

Разработанное устройство при своей низкой стоимости позволяет достичь экономии средств на использовании теплоносителей посредством внедрения современной технологии нагрева воды при помощи солнечной энергии. Устройство управления позволяет благодаря своей гибкости, стабильно управлять системой нагрева воды которую не сложно установить в любом доме, что позволит ощутить значительную экономию средств в затратах на энергоресурсы. В будущем благодаря заложенным в устройство возможностям масштабирования функциональной части устройства планируется доработать систему подкачки воды в систему и добавить блок управления котельной установкой.

Литература

1. Сарнацкий Э.В. Системы солнечного тепло-и хладоснабжения [Электронный ресурс].
2. Горин А.Н. Солнечная энергетика (теория, разработка, практика / А. Н. Горин, А. В. Дорошенко .- Донецк: Норд-пресс, 2008 .- 375с.
3. Евстифеев А.В. “Микроконтроллеры AVR” - Додэка XXI, 2007 .- 592с.
4. Сабады П. Р. Солнечный дом. [Электронный ресурс]. -
5. Состояние и тенденции развития солнечной энергетике в мире. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sunenergy.od.ua/article.php?art=3> (на 24.03.2011 г.)
6. ATmega8A Datasheet. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8159.pdf (на 24.03.2011 г.)