



# АЛГОРИТМ РЕВЕРСИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ТЕПЛОСЕТЬЮ

Петренко В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сочинский государственный университет, Россия  
E-mail: [petrenco@mail.ru](mailto:petrenco@mail.ru)

Copyright © 2014 by author and the journal "Automation technological and business - processes".  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



DOI: 10.15673/2312-3125.18/2014.26454

## Аннотация

В статье описана разработка и внедрение одного из алгоритмов работы функциональных узлов энергокомплекса, имеющего в своем составе гелиоустановку с возможностью реверсивного теплообмена с централизованной теплотсетью.

## Abstract

In article development and deployment of one of algorithms of work the functional of knots of the power complex incorporating a solar power plant with possibility of reversive heat exchange with the centralized heating system is described.

## Ключові слова

Возобновляемые источники энергии, гелиоустановка горячего водоснабжения, системы управления, алгоритм, реверсивный режим теплообмена.

## Введение

Обычно в качестве резервного и пикового источника энергии в гелиоустановках горячего водоснабжения используют автономный котёл на органическом топливе или электронагреватель. И тот и другой способы имеют известные недостатки, прежде всего экономического характера. К тому же в жаркие летние дни при недостаточном разборе горячей воды её приходится в аварийном порядке сливать в градирни, а то и просто в канализацию. В любом случае это приводит к тепловому загрязнению окружающей среды.

Задача максимального повышения эффективности работы энергокомплекса на базе гелиоустановки, её экологичности в условиях нестабильного потребления тепла, безусловно, является актуальной.

В энергетике нашей страны, созданной, в основном, для условий общественного производства и проживания, наиболее характерным осталось централизованное теплоснабжение. Суммарная энергоёмкость тепловых сетей на несколько порядков превышает тепловые характеристики единичной гелиоустановки. Дефицит тепловой энергии в сети компенсируется сжиганием, как правило, не возобновляемых углеводородов. Очевидно, целесообразно использовать высокую энергоёмкость централизованной тепловой сети для решения задачи безаварийности работы гелиоустановок, повышения в целом экологичности подобных комбинированных энергокомплексов.

Примеры подобной интеграции можно найти в европейских странах. В частности в Германии по программе развития солнечной электроэнергетики повсеместно практикуется неограниченный приём электроэнергии от домашних электростанций на базе фотоэлектрпреобразователей в централизованную электросеть[1]. При

**5 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

этом электрокорпорации, задействованные по национальной программе «Сто тысяч крыш» обеспечивают желающих участвовать в этой программе льготными банковскими кредитами, профессиональными монтажниками, которые устанавливают Photovoltaic – преобразователи, устройства частотно-фазного сопряжения с электросетью, а также реверсивные счётчики электроэнергии. К тому же немаловажно предоставление учетверённого тарифа за принятую энергию в центральную электросеть.

В схемах гелиоустановок производительностью 4 м<sup>3</sup> горячей воды в сутки, разработанных и смонтированных в Сочинском государственном университете на крышах учебных корпусов в 2003 – 2005гг., апробирован способ высокоэффективной совместной работы солнечных коллекторов и системы централизованного энергоснабжения. При этом реализуется нетрадиционный «реверсивный» режим связи гелиоустановки с центральной теплосетью. Это позволяет в случае недостаточной плотности солнечного излучения (облачность, зимний период) обеспечить кондиционную температуру нагреваемой воды до нормативного значения (55°С) за счет отбора тепла у сетевой воды. При избытке солнечной энергии (солнечные дни, летний период, выходные дни) предложено отдавать тепловую энергию Солнца в обратную магистраль тепловой сети. Примеров подобной интеграции в сфере теплосетей на тот период (2003г.) в информации зарубежных СМИ не найдено, вероятно, из-за практического отсутствия крупных социальных теплоснабжающих организаций. По уровню автоматизации и конструктивным решениям установка не имела аналогов в стране, в ней впервые был реализован принцип реверсивной связи с центральной теплосетью[2-4].

Рассмотрим коротко необходимые условия для осуществления такого технологического процесса. На рис.1 представлена технологическая схема гелиоустановки, на рис.2 - вид на экране монитора.

Основным объектом является теплоноситель – вода, поставляемая в условиях населённого пункта от предприятий «Водоканала», нагреваемая до определённого диапазона температур, по СНиПу – 50-60°С.

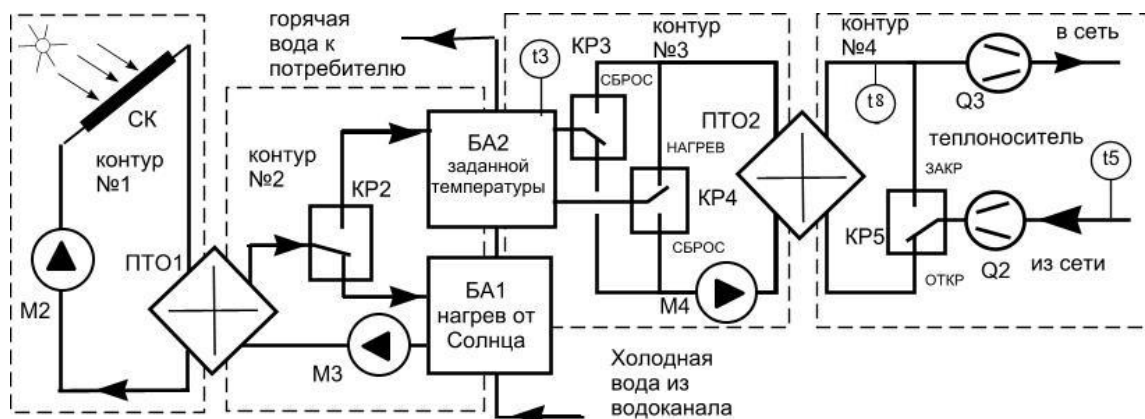


Рис.1 Технологическая схема гелиоустановки

Для реализации предлагаемого принципа в энергокомплексе установлено два теплообменника по классической схеме: один – для отбора энергии Солнца от теплоносителя солнечных коллекторов – ПТО1, и теплообменник для связи с магистралью городской теплосети – ПТО2. Управление нагревом от солнечной энергии – традиционное, поэтому детально далее не рассматривается. Единственная особенность здесь заключается в учете переходных процессов в контуре солнечных коллекторов в утренние часы начала работы. При применяемом релейном регулировании процесса циркуляции теплоносителя - включение насоса вторичного контура М3 необходимо производить после включения насоса М2 и устоявшегося процесса в первичном контуре. Одновременное включение приводит к неоправданному выхолаживанию теплоносителя вторичного контура через не успевший нагреться первичный контур. Очевидно, эта задача может решаться установкой дополнительного датчика температуры перед теплообменником в первичном контуре и дополнительным условием в алгоритме управления насосом М3, но с экономической точки зрения это нецелесообразно.

Рассмотрим наиболее важный процесс реверсивного теплообмена между баком-накопителем кондиционной воды БА2 и магистралью подачи горячей воды от теплосети, отображенный в виде алгоритма на рис.3.



**5 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

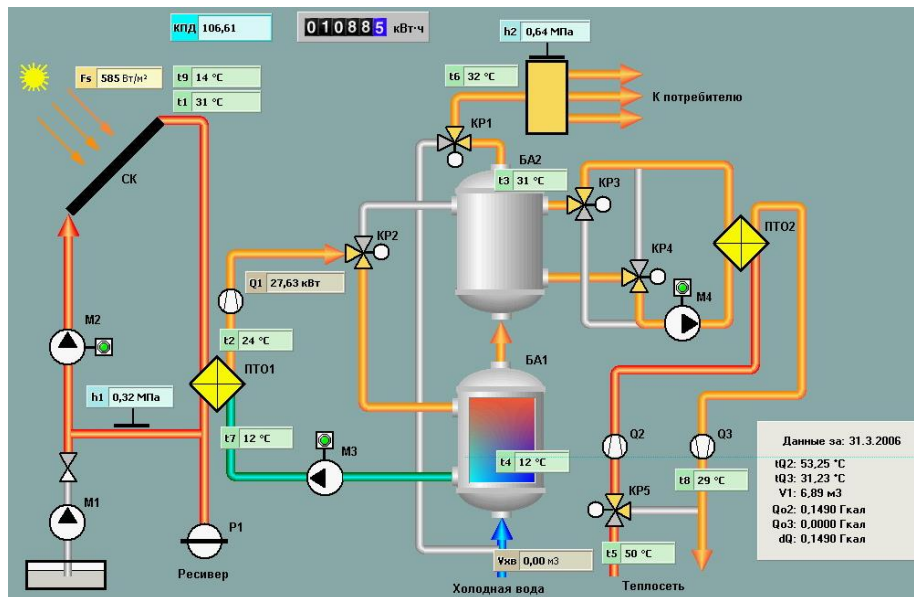


Рис. 2 Технологическая схема гелиоустановки на экране монитора

В соответствии с выбранной концепцией, при недостаточном нагреве воды на выходе из установки, т.е. в верхней части бака накопителя БА2 ( $t_3$ ), догрев должен осуществляться от теплосети через трёхходовой клапан с электроприводом (KP5), теплообменник ПТО2, циркуляционный насос M4, и трёхходовые клапаны KP3, KP4, переключенные на подачу нагретой воды в нижнюю часть БА2.

Т.е. если  $t_3 < t_{зад.}$ , то KP5 –откр., M4 –вкл, KP3, KP4 – на нагрев (1) где:  $t_{зад.} = 50-60^\circ\text{C}$

При достижении условия температурной кондиции нагрев прекращают:  $t_3 = t_{зад.}$ , KP5 – закр., M4 – выкл (режим отражен на рис.1 ). (2)

При недоразборе воды возможен её перегрев от тепла Солнца в верхней части бака накопителя БА2. Тогда условия передачи избытка тепла в обратную ветвь теплосети:  $t_3 > t_{зад.}$  и  $t_3 > (t_5 + \Delta t)$ , то KP5 –откр., M4 –вкл, KP3, KP4 – сброс тепла (3) (KP3, KP4 переключают на подачу нагретой воды с верхней части БА2.) где:  $t_5$  - температурой воды в прямой ветви магистрали теплосети;  $\Delta t = 5-10^\circ\text{C}$  (задаётся температурным графиком теплоснабжающей организацией)

При охлаждении воды в верхней части БА2 до условия  $t_3 = t_{зад.}$  и  $t_3 < (t_5 + \Delta t)$  то выполняется условие останова (2).

Для учёта переходных процессов в теплосети команды на управление по условиям (1), (2), (3) выполняются с задержкой –ST3=120с.

Немаловажным следствием применения реверсивного режима является возможность установки на прямой и обратной ветви магистрали теплосети тепломера из серии «2-в одном» (в нашем случае ВКТ7-03), на рис.1и 2 это Q<sub>2</sub> и Q<sub>3</sub>. При этом Q<sub>2</sub> регистрирует тепло, подаваемое из теплосети, а Q<sub>3</sub> –возвращаемое в теплосеть. По договорённости с теплоснабжающей организацией возврат

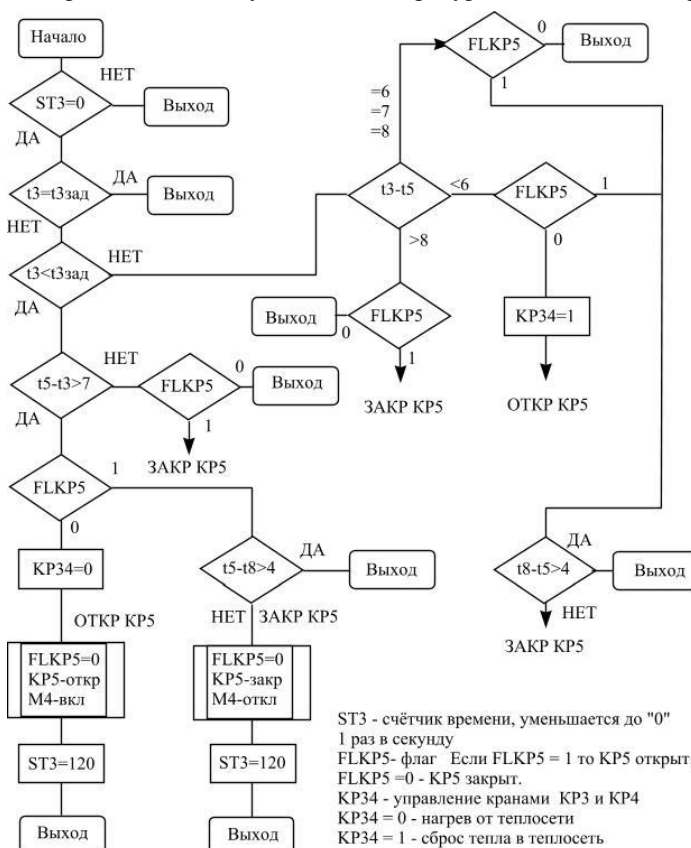


Рис.3 Алгоритм реверсивного теплообмена

**5 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

засчитывается во взаиморасчётах по отпускной цене тепла. Первый теплоэнергокомплекс на базе гелиоустановки оборудован научным блоком на базе персонального компьютера, ведущим мониторинг режимов в контрольных точках технологической схемы, а также параметры солнечного сияния. Это позволило уже в течение первого года эксплуатации найти оптимальные параметры сопряжения отдельных теплопередающих контуров и перейти к внедрению инновации, создав промышленный образец, установленный на крыше другого учебного корпуса.

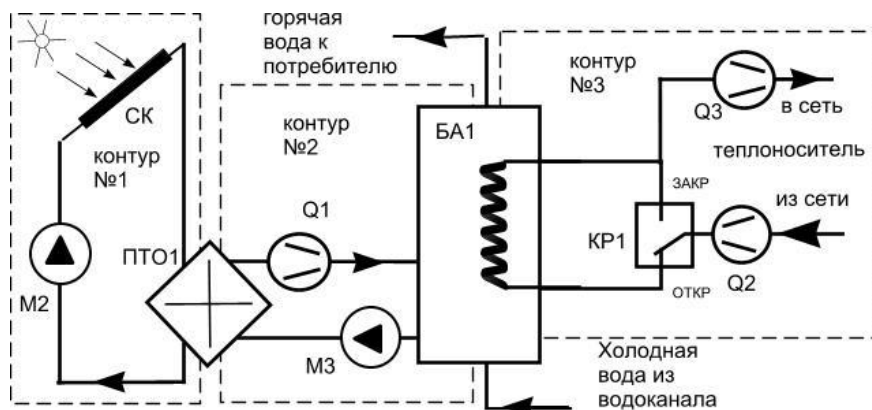


Рис.4. Трёхконтурная схема, реализующая разработанный алгоритм

Основные параметры технологической схемы инновационного образца, а также производительность остались такими же, как и у первой установки. При этом научный блок с автоматизированным рабочим местом был из схемы исключен, сама технологическая схема упрощена за счёт применения одного бака-аккумулятора вместо двух с сохранением основы описанного выше алгоритма реверсивного теплообмена, который был «зашит» в серийный регулятор российского производства ТРМ138 (технологическая схема на рис.4). Это позволило в два раза снизить стоимость оборудования.

Анализ научных материалов, собранных автором за восемь лет работы установки позволяет рекомендовать схему подобного теплоэнергокомплекса на базе гелиоустановки горячего водоснабжения к массовому оборудованию небольших компактных жилых и производственных комплексов, расположенных в отрыве от мощных центральных теплосетей, - дачных поселков, гаражных кооперативов и т.п., везде, где имеется достаточное солнечное сияние.

Внедрение энергокомплексов горячего водоснабжения с предлагаемым алгоритмом, опробованным в системе ГВС СГУ, как показали результаты испытаний, обеспечивает экономию органического топлива в котельной и снижает объем вредных выбросов в атмосферу. Кроме того работа в реверсивном режиме, повышает коэффициент использования гелиоустановки и снижает срок её окупаемости при одновременном увеличении безотказности энергоснабжения в целом.

**Литература:**

1. Чумаков В. Под солнечной крышей [Текст]// Вокруг света- 2006-№10 (2793);
2. Петренко В.Н., Садилов П.В. Опыт параллельной работы гелиоустановки и теплосети в регионе г. Сочи [Текст]// Пром. энергетика. – 2005. – №10. – С.47-50;
3. Садилов П.В., Петренко В.Н., Шлярге А.Б., Логинова С.А. Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в особых экономических зонах субтропиков/ Сб. докл. Международной научно-технической конференции. “Социально-экономическое развитие курортов России“, 19-22.04. 2007г. – Сочи: СНИЦ РАН. – 2007.с.156-158;
4. Садилов П.В., Петренко В.Н., Логинова С.А., Ильин И.К. Опыт использования ВИЭ в регионе Сочи [Текст]// Пром. энергетика. – 2009. – №5. – С. 50-53.