

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Е.Е. Чайковская

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

E-mail: eechaikovskaya@list.ru

Известные методы оптимизации - экономический, эксергетический, термозкономики, позволяют определять оптимальные условия эксплуатации энергетических систем на статическом уровне без учета их аккумулирующей емкости [1]. Разработана и апробирована синергетическая теория диагностики энергетических систем для поддержания их функционирования на основе информации как меры отражения соотношения производства и потребления энергии [2].

Так, системы теплоснабжения, например, с использованием энергии солнца функционируют при не совпадении радиационных условий и потребления теплоты. Более того, требуют распределения функций между производителями теплоты и увеличения срока использования гелиоколлектора. Известно, что с целью согласования производства и потребления энергии используют дополнительные баки-аккумуляторы, теплообменники, промежуточные баки, дополнительную площадь гелиоколлектора и т.п. Это определено тем, что в существующих технологиях теплоснабжения не предусмотрена оценка изменения тепловой аккумулирующей емкости бака-аккумулятора, которая предоставляет возможность прогнозировать изменение температуры нагреваемой воды, а не ликвидировать последствия ее изменения.

Разработаны интеллектуальные системы поддержания динамического равновесия процесса аккумулирования, изменения режимных условий функционирования, оценки функциональной эффективности системы теплоснабжения на основе информации как меры отражения соотношения производства и потребления энергии в тепловой аккумулирующей емкости бака-аккумулятора. На основе интеллектуальных систем, позволяющих принимать решения по поддержанию функционирования системы теплоснабжения раньше по времени, т.е. до изменения температуры нагреваемой воды, разработан метод конструктивно-режимной реализации бака-аккумулятора со встроенным теплообменником при использовании явления стратификации воды и возможностью поддерживать его работоспособность путем включения или отключения секций [3].

Установлено, что изменение аккумулирующей емкости бака-аккумулятора позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи от стенки теплообменника к нагреваемой воде и коэффициент теплопередачи до 25% при включенных четырех секциях, до 10% при включенных трех секциях и при включенных двух секциях подтвердить установленный уровень теплообмена для низкого уровня функционирования при не использовании явления стратификации воды. Подтверждено также уменьшение коэффициентов теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке теплообменника в среднем на 30%. Сравнительный анализ теплообмена при изменении аккумулирующей емкости позволяет отдать предпочтение такой режимной реализации бака-аккумулятора, которая предоставляет возможность изменять аккумулирующую емкость воды в баке-аккумуляторе, т.е. с использованием явления стратификации воды [4].

На основе разработанного метода реализации бака-аккумулятора, использующего явление стратификации воды, разработана технология, позволяющая устанавливать границы изменения температуры греющего теплоносителя для поддержания динамического равновесия процесса аккумулирования путем включения или отключения секций

теплообменника, определять граничную температуру греющего теплоносителя, при которой возможно изменять производителей теплоты, а, при необходимости, и осуществлять дополнительный подогрев местной воды [3].

Оценка увеличения термодинамического совершенства бака-аккумулятора за счет использования энергии аккумуляции воды в полной мере на 20%, позволила окончательно, в плане практического использования разработанной технологии, рекомендовать технологическую схему системы теплоснабжения как при производстве теплоты от гелиоколлектора, так и от традиционного источника энергии [3] (рис. 1).

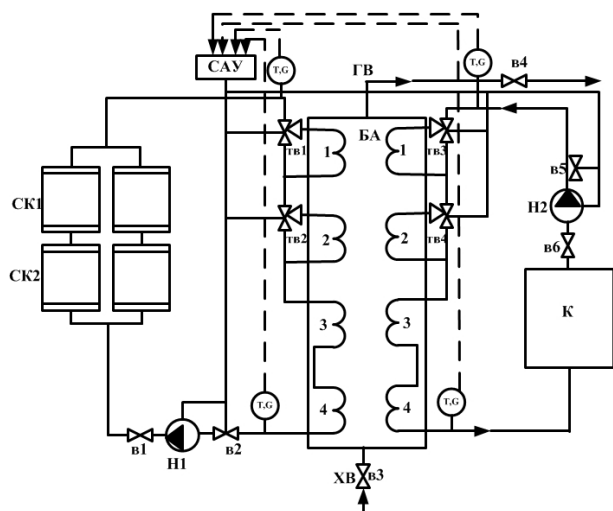


Рис. 1. Технологическая схема системы теплоснабжения

Используя явление стратификации воды объем бака-аккумулятора был условно разбит на четыре секции с одинаковой длиной теплообменника, встроенного в бак-аккумулятор. На входе в первую и вторую секции вмонтированы трехходовые вентили – тв1, тв2, тв3 и тв4 для включения или отключения секций. Поступление греющего теплоносителя во встроенный теплообменник бака-аккумулятора возможно как от солнечных коллекторов – СК1, СК2, так и от традиционной котельной – К.

Режимы функционирования системы теплоснабжения возможно поддерживать с использованием системы автоматического управления САУ. Получая показания датчиков температуры и расхода греющего теплоносителя (Т,Г) без измерения температуры нагреваемой воды, САУ осуществляет включение или отключение вентилях – в2, в5, тв1, тв2, тв3 и тв4, а также насосов Н1 и Н2 для поддержания как динамического равновесия процесса аккумуляции, так и изменения режимных условий функционирования системы теплоснабжения. Благодаря такой конструкции бака-аккумулятора возможно оценивать изменение температуры воды в баке-аккумуляторе без ее измерения на разных уровнях стратификации для установления режимов функционирования системы теплоснабжения при использовании как гелиоколлектора, так и традиционного источника энергии. В этом случае, в зависимости от изменения потребления теплоты, изменяется температура греющего теплоносителя на выходе из бака-аккумулятора, измеряемая датчиком, что дает возможность изменять температуру греющего теплоносителя на входе в бак-аккумулятор, изменяя расход природного топлива. За счет измерения этих температур возможно поддерживать как динамическое равновесие процесса аккумуляции за счет включения или отключения секций теплообменника, так и осуществлять своевременное подключение к гелиоколлектору при возможности функциональной оценки изменения эффективности системы теплоснабжения в условиях принятия решений. Разработанная технология на основе интеллектуального управления тепломассообменными процессами без инерционной оценки изменения температуры нагреваемой воды позволяет использовать до 85%

аккумуляции энергии в баке-аккумуляторе. Более того, исключение изменения расходов теплоносителей уменьшает затраты на дополнительное оборудование, в частности на дополнительную площадь дорогостоящего гелиоколлектора. Установлено снижение себестоимости производства теплоты и срока окупаемости гелиосистемы на 30-35%, что предоставляет возможность отдать предпочтение наиболее усовершенствованным гелиоколлекторам при обеспечении максимального срока их эксплуатации. Ожидаемый годовой экономический эффект за счет предложенной технологии аккумуляции при использовании бака-аккумулятора емкостью 16000 кг со встроенным теплообменником, площадью 3,22м² для обслуживания как гелиоколлекторов площадью 200м², так и при использовании традиционного источника энергии составит приблизительно 180,5 тыс. грн./год. Экономия условного топлива при использовании гелиосистемы за летний сезон эксплуатации составляет 20% от общей экономии условного топлива. Экономия газа за год приблизительно 28,6 тыс.м³, что дает годовое снижение выбросов двуокиси углерода 43,8 т/год. Разработанная технология аккумуляции на основе предложенного универсального метода конструктивно-режимной реализации бака-аккумулятора способствует расширению использования гелиосистем в традиционной энергетике [3].

Существуют разнообразные технологии производства биодизельного топлива из растительного и животного сырья, применяющие как традиционные, так и инновационные методы, например, ультразвуковые или роторно-пульсационные с целью интенсификации теплообмена в процессе этерификации подогретого масла в смеси с метанолом и катализатором. Но существующие технологии производства биодизельного топлива объединяет важнейшая составляющая – поддержание процесса этерификации за счет не всегда достоверного использования оценки температуры масла в связи со значительной его аккумуляющей емкостью[5].

Важнейшее значение при производстве биогаза имеет производящая активность процесса сбраживания сырья, которая становится основополагающей не только в плане поддержания функционирования биогазовой установки, но и отражает ее товарность. Технологии производства биотоплива объединяет важнейшая составляющая – значительная аккумуляющая емкость сырья, которая при измерениях температуры усложняет поддержание функционирования биотопливных установок. Более того, существующие технологии производства биотоплива используют изменение расходов теплоносителей, что может нарушить необходимый баланс составляющих процесса [5].

На основе сравнительного анализа теплообмена при производстве биогаза, например, установлена возможность поддерживать температуру сбраживания 34⁰С-36⁰С за счет включения или отключения секций теплообменника, встроенного в метантенк (табл.1).

Таблица 1

Зависимость коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи от количества секций

Количество секций, шт., уровень функционирования по изменению температуры греющего теплоносителя	$\alpha_{гр}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{нагр}, (\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$k, (\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К})$
4, верхний, 50 ⁰ С...45 ⁰ С	4026,7	309,76	282,75

3, средний, 47 ⁰ С...43 ⁰ С	1559	597,22	321
2, низкий, 43 ⁰ С...40 ⁰ С	818	804,74	396

Режимная реализация, например, пластинчатого теплообменника для подогрева масла за счет теплоты биодизеля позволяет установить возможность поддержания процесса этерификации за счет изменения количества пластин теплообменника (табл.2).

Таблица 2

Зависимость коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи от количества пластин

Количество пластин, шт.	$\alpha_{гр}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{нар}, (\text{Вт}/\text{м}^2\text{К})$	$k, (\text{Вт}/\text{м}^2\text{К})$
14	485,25	254,43	166,00
18	414,86	215,04	141,00
22	363,86	188,01	123,48

Но принятие решений на изменение аккумулирующей емкости сырья возможно на основе математического и логического моделирования в составе предложенных экспертных систем. Разработанные технологии на основе интеллектуального управления тепломассобменными процессами представляют возможность на основе принятия решений изменять поверхность теплообмена в зависимости от изменения температуры греющего теплоносителя и сообщать о нарушении технологического процесса при изменении его температуры в недопустимых пределах. Представленная технология, например, поддержания процесса этерификации без измерения температуры масла и изменения расходов теплоносителей позволяет, используя тепловую аккумулирующую емкость масла, уменьшить себестоимость производства биодизельного топлива и срок окупаемости, например, биодизельной установки EXON-500, производительностью 12000 л в сутки до 10%. Экономия условного топлива за год составляет приблизительно 20 т.у.т., что в денежном эквиваленте приблизительно 43 тыс.грн./год при экономии природного газа приблизительно 17 тыс. м³ [5].

В современных условиях энергосбережения использование низкопотенциальных источников энергии в теплонасосном энергоснабжении занимает приоритетное место. Существующие системы управления на основе инерционных измерений параметров теплоносителей в конденсаторе и испарителе теплового насоса не всегда способны согласовывать производство и потребление энергии в сложных условиях изменения тепловой нагрузки и температуры низкопотенциального источника энергии, т.к. не прогнозируют уровень изменения расхода хладагента в зависимости от его температуры. Поэтому, чаще всего, поддержание функционирования теплонасосного энергоснабжения происходит на уровне включения и отключения тепловых насосов и требует дополнительных

затрат, как на дополнительные тепловые насосы с целью глубокого охлаждения низкопотенциального источника энергии, так и на электроэнергию на сжатие пара хладагента в компрессоре.

На основе анализа влияния температуры низкопотенциального источника энергии на теплообмен в испарителе теплового насоса установлена необходимость изменять расход хладагента, поступающего в испаритель в зависимости от температуры источника энергии с целью полного испарения хладагента в испарителе и экономного сжатия пара в компрессоре. Так, предложено поддерживать функционирование теплонасосного энергоснабжения на основе интегрированной интеллектуальной информации в информационном пространстве: испаритель - компрессор и компрессор - конденсатор без использования инерционных сигналов как регулирующих. Это предоставило возможность реализовать технологию согласования изменения расхода хладагента через испаритель теплового насоса в зависимости от температуры низкопотенциального источника энергии с изменением расхода пара в конденсатор теплового насоса при сжатии пара в компрессоре, уровень расхода которого определен в испарителе (рис. 2).

С использованием предложенной технологии возможно, не применяя инерционные измерения параметров теплоносителей в испарителе и конденсаторе теплового насоса и не используя дополнительные тепловые насосы корректировать расход хладагента в испарителе теплового насоса в зависимости от температуры низкопотенциального источника энергии с целью его полного испарения и обеспечения надежности компрессора; согласовывать уровень расхода хладагента в испарителе теплового насоса с уровнем мощности компрессора для экономного сжатия пара; согласовывать уровень подачи пара в конденсатор теплового насоса с уровнем подачи пара в испаритель теплового насоса при использовании тепловой емкости нагреваемой воды в полной мере [6].

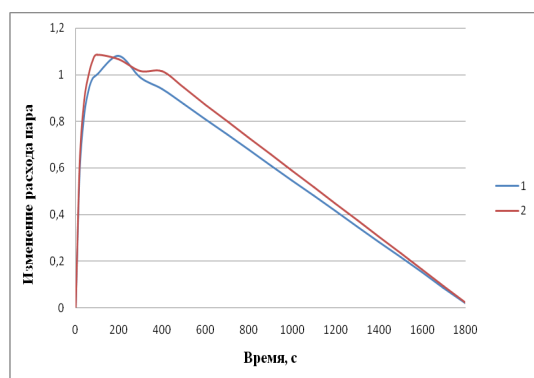


Рис.2. Технология теплонасосного энергоснабжения; 1,2 - диагностирование уменьшения, увеличения расхода пара хладагента через компрессор теплового насоса, соответственно

В условиях энергосбережения на действующих ГАЭС возникает необходимость не только поддерживать требуемое отношения энергии разряда к энергии заряда, но и повышать эффективность гидроаккумулирования и производства энергии. Существующие системы управления на гидроэлектростанциях, регулируя расход воды через гидротурбины, который обусловлен изменением загрузки, не могут быть использованы на ГАЭС для поддержания процесса заряда в насосном режиме и процесса разряда в турбинном режиме в условиях краткосрочного отключения и включения нагрузки. В данном случае процессы заряда и разряда имеют вполне определенный временной характер и другое назначение – увеличение напора с последующим его использованием. В данных условиях не нагрузка, а изменение напора - это тот параметр, который определяет скорость пропуска воды через водоводы. Более того, необходимо учитывать значительную инерционность водоводов при средней температуре воды в водоводах до 18°C и их длине более 300 м. Но изменение

расхода воды через напорные водоводы при изменении напора как в насосном, так и турбинном режимах имеет колебательный характер. Такой сигнал не может быть регулирующим в традиционных системах управления. Не может быть регулирующим и сигнал по изменению уровня воды в водохранилищах, который также имеет не достоверный характер в связи со значительным колебанием воды и запаздыванием по времени по сравнению с оценкой изменения расхода воды.

Разработана технология аккумуляирования и производства электроэнергии на основе как фиксированных во времени, так и интегрированных систем поддержания процесса заряда, разряда и перевода оборотной насос-турбины в режим синхронного компенсатора. Разработанная технология на основе аналитической оценки изменения расхода воды через водоводы позволяет, например, при использовании оборотной насос-турбины типа РОНТ 115/851-В-630 уменьшить затраты электроэнергии при заряде на 30% за счет уменьшения времени заряда и получить дополнительную выработку электроэнергии при разряде на 5% за счет увеличения использования полезного объема водохранилища, что позволяет повысить эффективность ГАЭС на 10-13% и получить денежную экономию приблизительно 200 тыс. грн. за 15 наиболее нагруженных дней декабря [7].

В условиях энергосбережения использование энергии ветра требует совершенствования как конструктивных решений ветроэнергетических установок, так и технологий аккумуляирования. В условиях непостоянства ветрового потока существующие принципиальные схемы ветродизельных установок, например, устанавливают режимы функционирования без учета возможности теплоэлектроаккумулятора в перераспределении аккумуляированной энергии. Так, разработана интеллектуальная система управления теплоэлектроаккумулятором с использованием информации как меры отражения производства и потребления энергии в его аккумуляирующей емкости. Представлена технология поддержания заряда на основе разработанной интегрированной системы изменения температуры воды в аккумуляаторе с использованием принятия решений по изменению расхода нагреваемой воды. Изменение уровня аккумуляции в период заряда теплоэлектроаккумулятора предоставляет возможность за счет уменьшения времени заряда дополнительно аккумуляировать качественную энергию в электроаккумуляторе и получать экономию дизельного топлива для ветродизельной установки мощностью 10 кВт, например, что денежном эквиваленте составляет приблизительно 60 тыс. грн. за год [8].

Разработанные технологии поддержания функционирования энергетических систем, основанные на интеллектуальном управлении тепломассобменными процессами имеют энергосберегающую ценность, т.к. предоставляют возможность не ликвидировать последствия нарушения технологического процесса, а прогнозировать экономно-энергетическое развитие энергетических систем.

Обозначения

$\alpha_{гр.}$ – коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке теплообменника, Вт/($m^2 \cdot K$); $\alpha_{нагр.}$ – коэффициент теплоотдачи от стенки теплообменника к биотопливу, Вт/($m^2 \cdot K$); k - коэффициент теплопередачи, Вт/($m^2 \cdot K$).

Литература

1. Мацевитый Ю.М., Чиркин Н.Б., Кузнецов М.А. Термоэкономический анализ теплонасосной системы теплоснабжения // Проблемы машиностроения. 2010. Т.13, №1. С.42-51.
2. Чайковская Е.Е. Поддержание функционирования энергетических систем на основе интеллектуального управления тепломассобменными процессами // ММФ-2008: VI Минский

международный форума по тепло- и массообмену: Тез. докл. и сообщ. / Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. 19-23 мая 2008 г. Минск, 2008. Т.2.С.304-306.

3. Чайковська Є.Є., Іщук Н.Ф. Техніко-економічна оцінка енергозберігаючої технології комбінованого теплопостачання // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. №4/8(52). С.45-47.

4. Чайковська Є.Є., Іщук Н.Ф. Аналіз тепломасообміну в умовах підтримки функціонування комбінованого теплопостачання // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. №5/8(53). С.30-33.

5. Чайковська Є.Є., Кустов К.О. Підтримка функціонування біопаливних установок // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. №2/10(56). С.41-44.

6. Чайковська Є.Є., Стефанюк В.В. Інтелектуальна система управління теплонасосним енергопостачанням // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. №5. С. 76-83.

7. Чайковська Є.Є. Підтримка гідроакумулювання та виробництва енергії на рівні прийняття рішень // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. №2/7(44). С.15-21.

8. Чайковська Є.Є., Сивоглаз Г.В. Підтримка функціонування вітродизельної енергетичної установки // VI Международная научно-практическая конференция “Aktualni vumozenosti Vedy -2010”: Материалы докл. / Прага. 27 июня -5 июля 2010. С.39-43.