

опорний фотоприймач 20 підтримує яскравість світла, фільтруючи можливі спотворення, і сигнал від нього, підсилюючись за допомогою підсилювача сигналу 4 з функцією корекції нуля та підсилювача потужності 1, надходить до лампи розжарювання 1. Сигнали від лівого та правого фотоприймачів 17 та 18, відповідно, що характеризують зміщення вліво чи вправо світлової смужки 19, підсилюючись за допомогою підсилювачів 4 з функцією корекції нуля, надходять в блок порівняння 22, після якого знову підсилюються за допомогою підсилювача 4 з функцією корекції нуля, обробляються мікропроцесором вимірювальної системи 23 і виводяться на індикаторне табло 24 та через інтерфейс USB на комп'ютері 25.

#### 4. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити загальну точність визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу завдяки врахуванню не тільки кількісного складу пропану й бутану, але й домішок.

2. Розроблено експериментальну установку завдяки функції температурних параметрів, описаній в роботі [10].

#### Література

1. Рачевский, Б. С. Сжиженные углеводородные газы [Текст] / Б. С. Рачевский. — М.: Нефть и газ, 2009. — 640 с.
2. Совлуков, А. С. Свойства сжиженных углеводородных газов. Особенности эксплуатации углеводородных систем [Электронный ресурс] / А. С. Совлуков. — Режим доступа \www/ URL: <http://www.avtozagruzka.com/publ3.pdf>. — 10.11.2014.
3. Деркач, Ф. А. Хімія [Текст] / Ф. А. Деркач. — Л.: Вид-во Львівського ун-ту, 1968. — 311 с.
4. Sovlukov, A. S. Measurement of Liquefied Petroleum Gas Quantity in a Tank by Radio-Frequency Techniques [Text] / A. S. Sovlukov, V. I. Tereshin // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. — 2004. — Vol. 53, № 4. — P. 1255–1261. doi:10.1109/tim.2004.831173

5. Nyfors, E. Industrial microwave sensors [Text] / E. Nyfors, P. Vainikainen. — Artech House, 1989. — 351 p.
6. Совлуков, А. С. Радиочастотный метод измерения массы сжиженного углеводородного газа [Электронный ресурс] / А. С. Совлуков, В. И. Терешин. — Режим доступа: \www/ URL: <http://uteoss2012.ipu.ru/procdngs/0654.pdf>. — 05.11.2014.
7. Книш, Б. П. Визначення кількісного вмісту компонентів скрапленого нафтового газу [Текст] / Б. П. Книш, Й. Й. Білинський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2014. — № 1. — С. 112–119.
8. Одориметр ИКО-08 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/ URL: <http://standart-m.com.ua/izmeritelnye-pribory/gazoanalizatory/odorimetr-iko-08?mova=uk>. — 10.11.2014.
9. Астахов, А. Анализ нефтепродуктов с помощью хроматографических методов [Текст] / А. Астахов // Оборудование и материалы. — 2013. — № 3. — С. 48–53.
10. Білинський, Й. Й. Дослідження кількісного вмісту скрапленого газу шляхом використання модельних рідинних систем [Текст] / Й. Й. Білинський, Б. П. Книш, М. Й. Юкиш // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2014. — № 4/1(18). — С. 23–26. doi:10.15587/2312-8372.2014.26273.

#### МЕТОД КОНТРОЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА И СРЕДСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

В работе предложен метод определения количественного содержания сжиженного нефтяного газа не только составляющих пропана и бутана, но и примесей на основе использования функции температурных параметров, что позволило повысить достоверность контроля. Разработано средство на основе предложенного метода.

**Ключевые слова:** сжиженный нефтяной газ, массовая доля, пропан, бутан, примеси.

*Книш Богдан Петрович, аспирант, ассистент, кафедра електроніки, Вінницький національний технічний університет, Україна, e-mail: tutmos-3@i.ua.*

*Кныш Богдан Петрович, аспирант, ассистент, кафедра електроніки, Вінницький національний технічний університет, Україна.*

*Knysh Bogdan, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, e-mail: tutmos-3@i.ua*

УДК 621.182.2.001.57

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.31735

Чайковська Є. Є.

## РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ У СКЛАДІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В роботі на основі інтелектуальної системи розроблено комплексний метод управління функціонуванням когенераційної системи з використанням електроаккумуляторної батареї, теплоелектроаккумулятора, теплового насоса та біогазової установки, що дозволяє підтримувати співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти. Здобуття прогнозуючої інформації щодо прийняття рішень в умовах не збігу виробництва та споживання електричної енергії та теплоти дозволяє знизити собівартість виробництва енергії та шкідливі викиди двоокису вуглецю до 15 %.

**Ключові слова:** інтелектуальне управління, прийняття рішень, когенераційна система.

#### 1. Вступ

Використання когенераційних технологій потребує регулювання виробництва та споживання електричної

енергії та теплоти у співвідношенні, що обумовлено не постійністю та їх споживання. Когенераційні ж технології, що використовують біогаз, потребують додаткового обладнання у зв'язку із складністю отримання постійного

виходу біогазу при втратах до 20 % виробленої енергії на підтримку процесу зброджування, т. ін. Більш того, збитковість виробництва електричної енергії в години найменшого споживання, тобто в нічні години, приводить до відключення когенераційних установок, споживання ж теплоти потребує цілодобового навантаження. Цим обґрунтовується актуальність даної роботи.

## 2. Постановка проблеми на основі літературних джерел

Визначення оптимальних умов експлуатації когенераційних систем на статичному рівні з використанням методів економіки та термoeкономіки не завжди відповідають реальним умовам експлуатації щодо необхідності підтримки співвідношення між виробництвом та споживанням електричної енергії та теплоти. Так, в роботі [1] на основі представленої методики розрахунку відносної економії палива порівняно економічність когенераційних та когенераційно-теплонасосних технологій із роздільними засобами виробництва енергії, апробовано методику інтегральних характеристик економічності для вибору оптимального енергетичного обладнання, але у статичних режимах. Так, якщо в роботі [2] прийнято, що когенераційна система функціонує в роздільних режимах навантаження без регулювання співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти, то в роботах [3, 4] уже запропоновано використання теплоаккумулятора та теплового насоса, але в статичних режимах. В роботах [5, 6] при розробці математичної моделі динаміки біогазової установки не оцінено зміну температури зброджування в об'єму метантенка, а підтримувати процес зброджування запропоновано на основі вимірювання температури зброджування, що при значній тепловій акумулюючій ємності сировини може привести до не балансу свіжого матеріалу та збродженого суслу та непостійному виходу біогазу. В роботі [7] на основі аналізу біогазових установок на ексергетичному рівні з урахуванням споживання біогазу обрано оптимальний цикл з проміжним перегрівом пари та високонапірним парогенератором, але без апробації в динамічних режимах функціонування.

Для встановлення оптимальних умов експлуатації когенераційних систем необхідно використання комплексної інтелектуальної системи управління, що надасть можливість на основі прогнозування зміни параметрів технологічного процесу приймати попереджувальні рішення в складних умовах не збігу виробництва та споживання енергії [8–10].

## 3. Мета та задачі дослідження

*Мета роботи* — розробка комплексного методу інтелектуального управління в умовах когенераційної системи.

Поставлена мета може бути досягнена при виконанні таких задач:

- обґрунтувати необхідність комплексного інтелектуального управління в умовах когенераційної системи на основі аналізу оптимізації когенераційних технологій;
- запропонувати комплексну архітектуру інтелектуальної системи управління, що може бути використана в наступних режимах функціонування

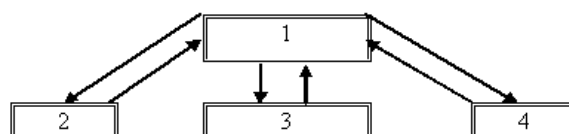
когенераційної системи з підключенням таких динамічних підсистем: електроаккумуляторна батарея, теплоелектроаккумулятор; електроаккумуляторна батарея, тепловий насос, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії утилізовану теплоту, яка оцінює зміну як виробництва енергії, так її споживання у складі когенераційної установки; біогазова установка, тепловий насос, що використовує зброджене сусло у якості низькопотенційного джерела енергії, електроаккумуляторна батарея та теплоелектроаккумулятор;

— виконати логічне моделювання у складі комплексної інтелектуальної системи з використанням математичного моделювання динамічних підсистем щодо прийняття рішень;

— розробити комплексний метод інтелектуального управління у складі когенераційної системи.

## 4. Підтримка режимів функціонування когенераційної системи

З використанням методології математичного та логічного моделювання у складі інтелектуальних систем [8–10] можливо запропонувати архітектуру комплексної інтелектуальної системи управління, основою якої є динамічна підсистема, що забезпечує наступні режими функціонування когенераційної системи: електроаккумуляторна батарея, теплоелектроаккумулятор; електроаккумуляторна батарея, тепловий насос, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії утилізовану теплоту, яка оцінює зміну як виробництва енергії, так її споживання у складі когенераційної установки; біогазова установка, тепловий насос, що використовує зброджене сусло у якості низькопотенційного джерела енергії, електроаккумуляторна батарея та теплоелектроаккумулятор (рис. 1).



**Рис. 1.** Архітектура комплексної інтелектуальної системи управління: 1 — комплексна динамічна підсистема; 2 — блок заряду когенераційної установки; 3 — блок оцінки функціональної ефективності когенераційної системи; 4 — блок розряду когенераційної установки

Математична основа комплексної інтелектуальної системи управління:

$$CIS = \left\{ \begin{array}{l} [D(P(\tau) \langle x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau) \rangle), R(\tau), P(\tau))] \\ R(\tau), (P_i(\tau) \langle x_i(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau) \rangle) \end{array} \right\}$$

де  $CIS$  — комплексна інтелектуальна система;  $D$  — комплексна динамічна підсистема;  $P$  — властивості елементів комплексної інтелектуальної системи;  $\tau$  — час;  $c, x$  — впливи;  $f$  — параметри, що оцінюються;  $K$  — коефіцієнти математичних моделей динаміки щодо оцінки зміни суттєвих параметрів, що діагностуються;  $y$  — суттєві параметри;  $d$  — динамічні параметри щодо оцінки зміни суттєвих параметрів, що діагностуються;  $R$  — логічні відносини

в *CIS*. Индекси:  $i$  — число елементів комплексної інтелектуальної системи; 0, 1, 2 — початкові умови, зовнішні, внутрішні впливи.

Так, наприклад, інтелектуальна система, що має у своєму складі електроакумуляторну батарею та теплоелектроакумулятор дозволяє приймати рішення на підтримку співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти на основі виконання наступних дій. При розряді когенераційної установки на основі використання аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при заряді електроакумулятора можливо приймати своєчасне рішення на розряд акумуляторної батареї для виконання заряду теплоелектроакумулятора. Підсумкова ж інформація, що здобута на основі контролю працездатності теплоелектроакумулятора з використанням передатної функції, що оцінює зміну температури води, що нагрівається при зміні її витрати, надає можливість збільшити потужність теплоелектроакумулятора, впливаючи на збільшення витрати води, що нагрівається з використанням інтегрованої системи оцінки підтримки процесу заряду теплоелектроакумулятора. При заряді когенераційної установки на основі контролю працездатності та ідентифікації стану електроакумулятора можливо приймати своєчасне рішення на заряд акумуляторної батареї на основі аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при розряді та на заряд теплоелектроакумулятора щодо подальшого використання теплоти при розряді когенераційної установки [8].

Якщо ж виникає можливість підключення теплового насоса, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії утилізовану теплоту, яка оцінює зміну як виробництва енергії, так її споживання у складі когенераційної установки, то інтелектуальна система, в цьому випадку, з додатковим включенням електроакумуляторної батареї функціонує таким чином. При зменшенні температури низькопотенційного джерела енергії при розряді когенераційної установки своєчасне рішення на розряд акумуляторної батареї на основі аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при заряді дозволяє забезпечити своєчасне збільшення подачі холодагента на основі підсумкової інформації щодо зміни його паровмісту у випарнику, витрати пари через компресор та температури мережевої води в конденсаторі, що дозволяє забезпечити верхній рівень підігріву мережевої води. При підвищенні ж температури низькопотенційного джерела енергії при заряді когенераційної установки виникає можливість прийняття рішення на зменшення подачі холодагента у випарник, компресор та конденсатор теплового насоса для його повного випаровування, економного стиску з ціллю забезпечення низького рівня підігріву мережевої води та на заряд акумуляторної батареї [9].

Інтелектуальна ж система, що має у своєму складі біогазову установку, тепловий насос, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії зброжене сусло, електроакумуляторну батарею та теплоелектроакумулятор дозволяє приймати рішення на підтримку співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти на основі виконання наступних дій. Для підтримки заряду когенераційної установки на основі аналітичної оцінки зміни температури електроліту в порах пластин та над пластинами при розряді можливо прийняти своє-

часне рішення на заряд акумуляторної батареї та на заряд теплоелектроакумулятора на основі інтегрованої системи зміни температури води, що нагрівається. Розряд же акумуляторної батареї не тільки підтримує розряд когенераційної установки, а й забезпечує підтримку функціонування теплового насоса щодо заряду біогазової установки при завантаженні свіжого сусла, витрата якого дорівнює витраті відвантаженого матеріалу для забезпечення постійного виходу біогазу [10].

## 5. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Оптимізація когенераційних технологій потребує розробки комплексної інтелектуальної системи управління щодо підтримки співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти.
2. Запропоновано комплексну архітектуру інтелектуальної системи, що може бути використана в наступних режимах функціонування когенераційної системи з підключенням таких динамічних підсистем: електроакумуляторна батарея, теплоелектроакумулятор; електроакумуляторна батарея, тепловий насос, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії утилізовану теплоту, яка оцінює зміну як виробництва енергії, так її споживання у складі когенераційної установки; біогазова установка, тепловий насос, що використовує зброжене сусло у якості низькопотенційного джерела енергії, електроакумуляторна батарея та теплоелектроакумулятор.
3. Виконано логічне моделювання у складі комплексної інтелектуальної системи з використанням математичного моделювання динамічних підсистем щодо прийняття рішень.
4. Економія біогазу, наприклад, при зброджуванні 60,2 т/добу сировини при підвищенні товарності біогазової установки до 10–15 % складає 49,4 тис. м<sup>3</sup>/рік. Зменшити собівартість виробництва енергії до 10–15 % можливо за рахунок додаткового використання когенераційної установки (до 2000 годин на рік з урахуванням додаткових експлуатаційних витрат на обслуговування теплового насоса та акумуляторної батареї).

## Література

1. Билека, Б. Д. Экономичность когенерационных и комбинированных когенерационно-теплонасосных установок с газопоршневыми и газотурбинными двигателями [Текст] / Б. Д. Билека, Р. В. Сергиенко, В. Я. Кабков // Авиационно-космическая техника и технология. — 2010. — № 7(74). — С. 25–29.
2. Горобець, В. Г. Ексергетичний аналіз ефективності енергетичних систем для комплексного виробництва електричної та теплової енергії з використанням поновлювальних джерел енергії [Текст] / В. Г. Горобець, Б. Х. Драганов // Відновлювальна енергетика. — 2010. — № 3(22). — С. 5–12.
3. Колесниченко, Н. В. Использование бака-аккумулятора для регулирования нагрузок мини-ТЭЦ [Текст] / Н. В. Колесниченко, М. Ю. Водолазская // Наукові праці Донецького національного технічного університету. — 2011. — № 10(180). — С. 67–72.
4. Баласанян, Г. А. Оптимізація параметрів теплової схеми інтегрованої системи енергоспоживання [Текст] / Г. А. Баласанян, А. С. Мазуренко // Труды Одесского политехнического университета. — 2006. — № 1(25). — С. 59–65.
5. Ратушняк, Г. С. Моделювання нестационарних режимів теплообміну в біогазових реакторах [Текст] / Г. С. Ратушняк, В. В. Дведжула, К. В. Анохіна // Вісник Хмельницького національного університету. — 2010. — № 2. — С. 142–145.

6. Ратушняк, Г. С. Автоматичне управління в системах біоконверсії [Текст] / Г. С. Ратушняк, В. В. Деджула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2006. — № 6. — С. 116–121.
7. Мазуренко, А. С. Эксергетические характеристики биогазовых установок [Текст] / А. С. Мазуренко, А. Е. Денисова, А. А. Климчук, Нго Минь Хиеу, П. А. Котов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — № 1/8(67). — С. 7–12. — Режим доступа: \www/URL: http://journals.urau.ua/eejet/article/view/20021/19032
8. Чайковська, Є. Є. Розробка методу підтримки співвідношення виробництва та споживання енергії [Текст] / Є. Є. Чайковська // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2014. — № 5/3(19). — С. 31–34. doi:10.15587/2312-8372.2014.27944
9. Чайковська, Є. Є. Підтримка співвідношення виробництва та споживання електричної енергії та теплоти на рівні прийняття рішень [Текст] / Є. Є. Чайковська // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2014. — № 3/8(69). — С. 4–9. doi:10.15587/1729-4061.2014.24883
10. Чайковська, Є. Є. Технологічна система виробництва та споживання біогазу [Текст] / Є. Є. Чайковська // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2014. — № 4/8(70). — С. 50–57. doi:10.15587/1729-4061.2014.26267

#### РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СОСТАВЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В работе на основе интеллектуальной системы разработан комплексный метод управления функционированием когене-

рационной системы с использованием электроаккумуляторной батареи, теплоэлектроаккумулятора, теплового насоса и биогазовой установки, который позволяет поддерживать соотношение производства и потребления электрической энергии и теплоты. Получение прогнозирующей информации для принятия решений в условиях не совпадения производства и потребления электрической энергии и теплоты позволяет снизить себестоимость производства энергии и вредные выбросы двуокиси углерода до 15 %.

**Ключевые слова:** интеллектуальное управление, принятие решений, когенерационная система.

*Чайковська Євгенія Євстафіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com.*

*Чайковская Евгения Евстафьевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, кафедра теоретической, общей и нетрадиционной энергетики, Одесский национальный политехнический университет, Украина.*

*Chaikovskaya Eugene, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com*

УДК 621.18

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.31786

Юрасова О. Г.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЛА ТПП-210А ПРИ РІЗНИХ СИСТЕМАХ ПИЛОПОДАЧІ

*В статті досліджено ефективність паливного режиму енергетичних котлів, обладнаних системою висококонцентрованої пилоподачі під тиском на пальники при спалюванні низькорекційного вугілля погіршеної якості. Розглянуто основні фактори та вплив їх на паливний режим котла при двох технологіях пилоподачі.*

**Ключові слова:** паровий котел, паливня, висококонцентрована подача пилу, паливний режим, оксиди азоту.

### 1. Вступ

Важливим завданням в енергетиці України є продовження терміну служби діючих ТЕС. Заміна старого устаткування на нове потребує значних капіталовкладень. Використання вугілля погіршеної якості спонукає до створення нових технологій спалювання і модернізації існуючого устаткування. Актуальним є дослідження ефективності паливного процесу котла ТПП-210А, обладнаного висококонцентрованою пилоподачею в пальники, і дослідження режиму роботи та зниження викидів  $\text{NO}_x$ .

### 2. Аналіз літературних даних

Підвищення економічності роботи пилувугільних котлів та енергоблоків є важливою задачею в енерге-

тиці України. Відомо [1] введення потужних енергоблоків ТЕС зокрема потужністю 300 МВт відбувалося 35–45 років тому. За цей період більшість котлів та енергоблоків відпрацювали свій технічний ресурс та потребують модернізації чи їх заміни.

Вважаючи на економічну скруту в Україні важливою задачею є продовження технічного ресурсу устаткування при збереженні достатньо високих техніко-економічних показників їх роботи.

Спалювання палива в паливні пилувугільних котлів погіршеної якості вимагає ряд заходів, для збереження надійності роботи обладнання та екологічних показників зниження шкідливих викидів в довкілля ТЕС [2]. Для котлів ТПП-210А Трипільської ТЕС була розроблена і впроваджена система подачі пилу високої концентрації під тиском [3], і оптимізація паливних режимів роботи [4], та зниження викидів  $\text{NO}_x$  [5–9].