

УДК 621.134.8:51-74

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ БЛОЧНОЇ ЗНЕСОЛЮЮЧОЇ УСТАНОВКИ АЕС

Р. Б. Медведєв

Кандидат технічних наук, професор*

E-mail: medvedev@xtf.ntu-kpi.kiev.ua

С. Л. Мердух

Аспірант*

E-mail: merdukh.svetlana@yandex.ru

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічний процесів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, Київ, Україна, 03056

У даній статті розглянуто вплив температури на стійкість іонітів. Доведено важливість підтримки нормованого значення температури проведення процесу знесолення турбінного конденсату на АЕС. У результаті чого авторами було розроблено систему керування температурним режимом блочної знесолюючої установки енергоблоку, що дозволить уникнути руйнування іонітів та, як наслідок, збільшити строк їх служби

Ключові слова: іонний обмін, блочна знесолююча установка, температурний режим, система керування

В данной статье рассмотрено влияние температуры на устойчивость ионитов. Доказана важность поддержки нормированного значения температуры проведения процесса обессоливания турбинного конденсата на АЭС. В результате чего авторами была разработана система управления температурным режимом блочной обессоливающей установки, что позволит избежать разрушения ионитов и, как следствие, увеличит срок их службы

Ключевые слова: ионный обмен, блочная обессоливающая установка, температурный режим, система управления

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у статті, відносяться до галузі хімічної кібернетики.

Сучасні системи керування блочними знесолюючими установками (БЗУ) на АЕС із реакторами типу ВВЕР-1000 не забезпечують оптимальної роботи фільтрів змішаної дії (ФЗД) [1], так як оперативні рішення щодо відключення фільтрів при підвищенні температури конденсату приймаються оператором-технологом, що може призводити до незворотного руйнування іонообмінних смол. Також збільшується час роботи фільтрів на зношених іонітах, внаслідок чого відбувається винесення солей у робочий цикл станції, що призводить до частого виходу із строю або заміни парогенераторів. Тому створення системи керування температурним режимом БЗУ є надзвичайно актуальним питанням на сьогодні.

2. Постановка задачі

Виходячи із основних вимог до умов експлуатації іонітів [2], та нормативних документів АЕС [3] виявлено, що температура відіграє надзвичайно важливу роль в іонному обміні.

У даній роботі поставлена задача підтримки оптимального температурного режиму роботи БЗУ енергоблоку АЕС із реактором типу ВВЕР-1000. Для її рішення було створено систему керування із використанням розподіленої системи керування Expert PKS (Process Knowledge System – система знань про процес) фірми Honeywell [4].

3. Аналіз літературних джерел

В умовах роботи реактора атомної електростанції до робочого середовища енергоблоку надходить велика кількість домішок. Конденсат турбін, що використовується для живлення парогенераторів АЕС, не задовольняє нормам якості живильної води [3]. Він містить продукти ерозії та корозії металу енергообладнання, в основному нерозчинні оксиди заліза із розчинними солями міді, інші окисли металів (залишкова кількість реагентів – аміаку, морфоліну або етаноламіну, що вводяться для корекції водно-хімічного режиму) та домішки, що потрапляють із присосами охолоджуючої води у конденсаторі.

Тому конденсат піддається хімічному знесоленню за допомогою БЗУ. У схемі БЗУ встановлені іонітні фільтри, завантажені іонітами, у вигляді синтетичних смол, що слугують для видалення із конденсату солей, що перебувають у зваженому стані.

Іонний обмін є основою великої кількості важливих технологічних процесів, таких як хімічне знесолення на АЕС, проте, роль температури в іонному обміні досі недооцінюється, що підтверджується великою кількістю наукових досліджень, однією із яких є науково-дослідна робота [5].

Отже, перейдемо до розгляду впливу температури на термічну стійкість іонітів.

Органічні іоніти, до яких відносяться іонообмінні смоли, складаються із полімерної матриці, функціональних груп та протиіонів, що обмінюються на іони із розчину (конденсату турбіни).

Сульфатна група катіонітів ($\text{SO}_3\text{-H}^+$) відносно термостійка. Аніоніти, навпаки, дуже чутливі до темпера-

тури. При нагріванні реакція деградації Гофмана (5, 6) може перетворити високоосновні групи у низькоосновні або навіть повністю знищити активну групу [6].

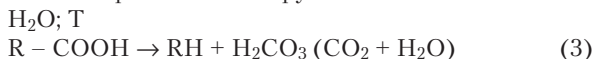
У водних розчинах термічному руйнуванню піддаються полярні зв'язки функціонально активних груп. У сульфокатіонів відбувається відщеплення сульфогруп [7]:



де R – умовне позначення каркасу іоніта, що не приймає участі у іонному обміні.

Із цих рівнянь випливає, що якщо катіоніт у водорідній формі, то під дією підвищеної температури води у середовище навколо зерна іоніту потрапляє сірчана кислота або сульфат, наприклад, натрію.

Якщо катіоніт карбоксильний, то відбувається відщеплення карбоксильних груп:



Так як ці реакції проходять у лужних умовах робочого середовища другого контуру, то аніоніти більш стійкі у сольовій формі порівняно із основою. Різниця температур початку розпаду іонітів доходить до 50°C.

Високоосновні іоніти типу 1 (іоніти, що містять групи бензилтриметиламонія) є найбільш термостійкими – реакція деградації Гофмана стає значною тільки за температури вище 50°C, що відображено на рис. 1. При експлуатації іонітів при температурі зовнішнього середовища вони можуть слугувати від п'яти до семи років і навіть більше [6].

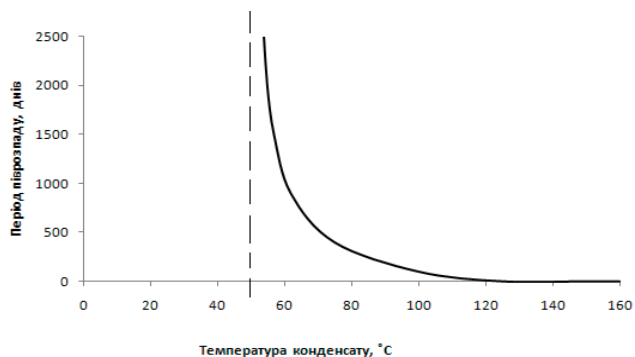


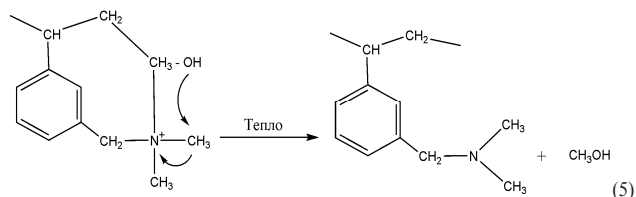
Рис. 1. Залежність періоду піврозпаду іоніту від температури

Зазвичай при температурі зовнішнього середовища 25...30°C за п'ять років ці іоніти втрачають близько 50% своїх високоосновних груп, такий самий ефект проявляється протягом одного року при температурі вище 50°C.

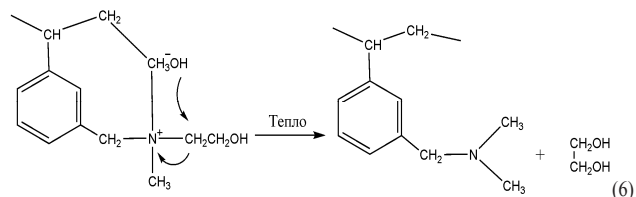
Іоніт, в якому 50% його високоосновних груп перетворились на низькоосновні групи, продовжує мати незмінну робочу обмінну ємність, яка визначається як число функціональних груп, що використовується у процесі обміну, так як низькоосновні групи залишаються здатними до поглинання аніонів сильних кислот.

Період піврозпаду визначається часом взаємодії іоніту із розчином при $T > 50^\circ\text{C}$, достатнім для втрати 50% повної обмінної ємності.

Іоніти типу 1 при дії підвищених температур змінюють свою структуру наступним чином [6]:



Іоніти типу 2 (іоніти, що містять групи бензилдиметиламонія) менш стійкі, результати реакції деградації Гофмана значні, так як група етанолу послаблює зв'язок:



Для іонітів відщеплення функціонально активних груп, що виконують роль фіксованих у матриці іонів, означає поступову втрату іонообмінних властивостей. Тому у технічних умовах експлуатації іонітів завжди вказується верхня межа допустимої температури.

Відповідно до основних вимог щодо умов експлуатації іонітів на АЕС із реакторами типу ВВЕР-1000, встановлено, що номінальне значення температури конденсату перед ФЗД БЗУ знаходиться у межах 20÷40°C, максимально допустима температура при цьому становить 55°C [8-10].

4. Побудова стратегії керування температурним режимом БЗУ

Технологічним об'єктом керування є БЗУ. Технологічна схема та принцип її роботи описані у [1]. Для вирішення поставленої задачі було обрано систему Experion PKS фірми Honeywell, перевагою якого є можливість візуального конфігурування стратегій керування. Тобто використовуючи елементи бібліотеки програмного забезпечення, так звані функціональні блоки, є можливість сконфігурувати стратегію керування технологічним процесом у візуальному середовищі Control Builder, що входить до системи Experion PKS.

Отже, необхідно побудувати стратегію керування для блокування ФЗД, при підвищенні температури основного конденсату до 55°C. Фрагмент технологічної схеми БЗУ представлений на рис. 2.

Отже, потрібно передбачити відкриття байпасу ФЗД, закриття секційної арматури та арматури подачі конденсату на ФЗД. Арматура, представлена на рис. 2, на реальних АЕС являє собою вентилі із електроприводами.

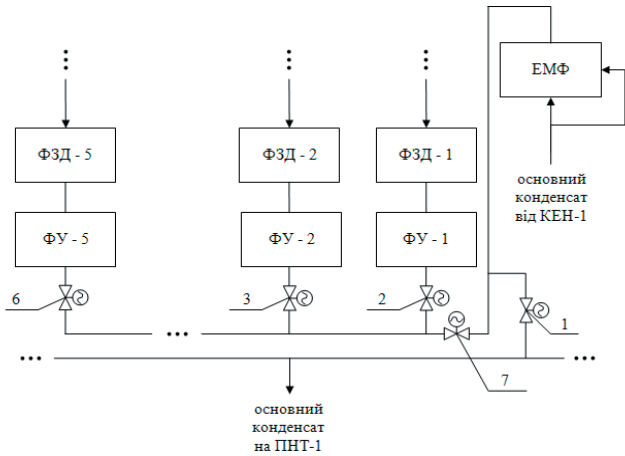


Рис. 2. Фрагмент принципової технологічної схеми БЗУ: ЕМФ – електромагнітний фільтр; ФЛ – фільтр уловлювач; КЕН-1 – конденсатний електронасос першої ступені; ПНТ-1 – підігрівач низького тиску; 1 – байпас ФЗД; 2÷6 – арматура подачі конденсату на ФЗД; 7 – секційна арматура

Для створення алгоритму керування необхідно створити модуль із реалізованими у ньому та об'єднаними між собою функціональними блоками. На рис. 3 наведений проект модуля керування температурним режимом БЗУ.

Значення поточної температури конденсату перед БЗУ (блок T_cond) порівнюється із заданим значенням температури (Set_point_T), рівним 55°C (блок GEA – виконує функцію порівняння «більше ніж або рівно»).

Даний блок встановлює дискретний вихід (OUT) в стан ON тільки тоді, коли один заданий вхід (IN[1]) більше або рівний іншому (IN[2]):

якщо $IN[1] \geq IN[2]$,
тоді: $OUT = ON$;
якщо $IN[1] < IN[2]$,
тоді: $OUT = OFF$.

Отримане значення виходу передається на вхід блоку DEVCTLA, що реалізує функцію керування із

декількома входами та виходами, які забезпечують зв'язок із дискретним пристроєм, у нашому випадку вентиль із електроприводом.

Вентиль може знаходитись у відкритому (DO[1]) або закритому стані (DO[2]), відповідно до його поточного стану DI[1] та вхідної умови від блоку GEA (SI):

якщо $SI = OFF$ та $DI[1] = OFF$,
тоді: $DO[1] = OFF$ та $DO[2] = OFF$;
якщо $SI = ON$ та $DI[1] = OFF$,
тоді: $DO[1] = OFF$ та $DO[2] = ON$;
якщо $SI = ON$ та $DI[1] = ON$,
тоді: $DO[1] = ON$ та $DO[2] = OFF$.

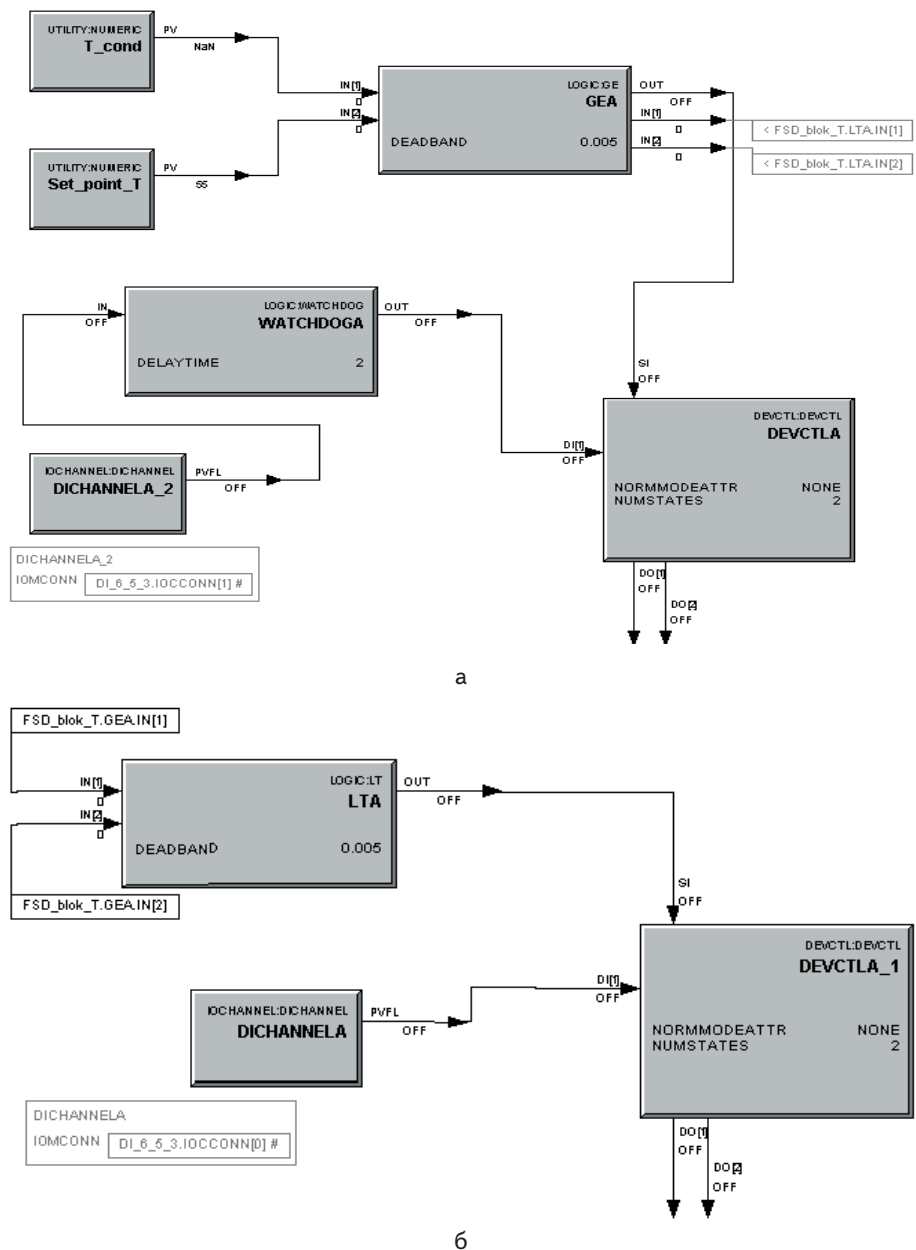


Рис. 3. Структура модуля керування температурним режимом у Control Builder: а - початковий стан – вентиль відкритий; б - початковий стан – вентиль закритий

5. Верифікація системи керування

Метою випробувань є перевірка умови блокування ФЗД при підвищенні температури основного конденсату до 55°C та функціонування системи керування БЗУ в умовах експлуатації.

Виходячи із реальних даних нормальної експлуатації Хмельницької АЕС блоку №1, розглянемо два сценарії розвитку подій: 1 - поточне значення температури знаходиться у допустимих межах, тобто < 55°C; 2 - перевищення гранично допустимого значення температури від номінального, що рівне 55°C.

Результати розвитку першої події наведено на рис. 4.

Вхідне значення температури конденсату рівне 54°C, що є меншим за задане. Блок GEA видає дискретний вихідний сигнал OUT рівний OFF, тобто умова не виконується. Вентиль у початковому стані є відкритим (DI[1] = ON). Вихідні сигнали блоку DEVCTLA залишаються у стані OFF, відповідно початковий стан вентилів не змінюється. Отже арматура залишається відкритою.

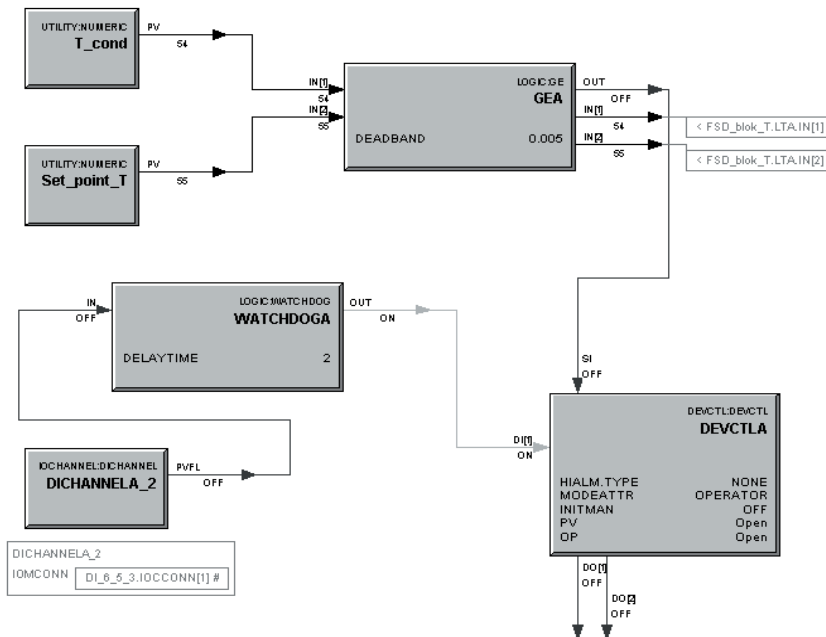


Рис. 4. Структура формування вихідного сигналу (T < 55 °C)

Наведемо результати розвитку другої події (рис. 5).

Вхідне значення температури конденсату 56°C, що є більшим за задане. Блок GEA утворює дискретний вихідний сигнал OUT рівний ON, тобто умова виконується. Вентиль у початковому стані є відкритим (DI[1] = ON).

Вихідний сигнал блоку DEVCTLA встановлюється у стан ON, відповідно подається сигнал на закриття вентилів.

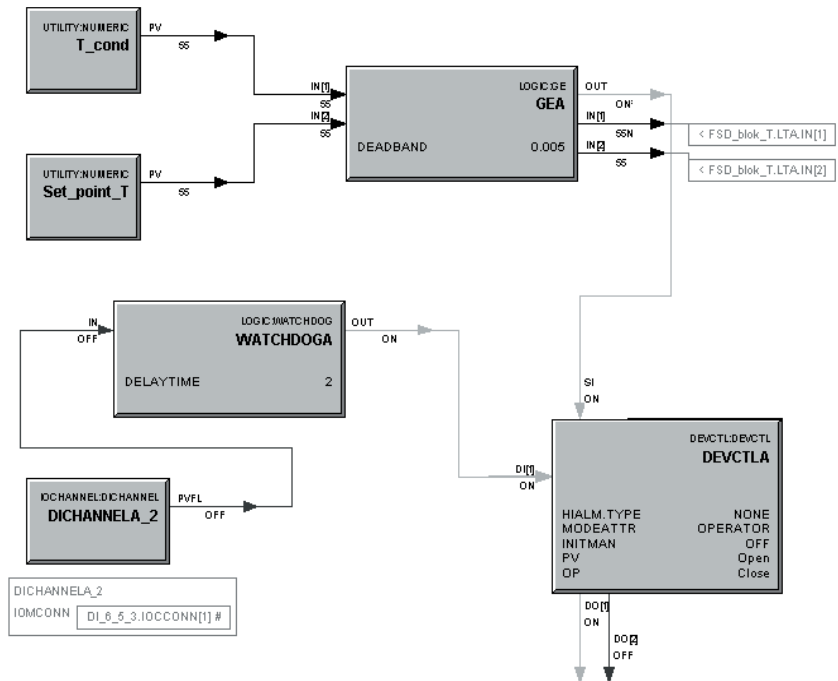


Рис. 5. Структура формування вихідного сигналу (T ≥ 55 °C)

Модулі керування секційною арматурою та арматурою подачі конденсату на ФЗД мають аналогічну структуру та принцип роботи.

6. Висновки

В результаті огляду літературних джерел було виявлено, що температура, при якій проводиться процес знесолення турбінного конденсату, суттєво впливає на структуру іонів, що визначає ефективність іонного обміну.

Задля уникнення руйнування іонів, продовження строку служби іонообмінних смол, зменшення часу роботи БЗУ на зношених іонітах та уникнення винесення іонів солей у робоче середовище другого контуру авторами була розроблена система автоматичного керування температурним режимом БЗУ, яка призначена для блокування (відключення) ФЗД при підвищенні

температури турбінного конденсату понад 55°C.

Також у роботі проведено верифікацію системи керування на основі даних експлуатації Хмельницької АЕС.

Отримані результати підтверджують адекватність роботи стратегій управління, що можуть бути використані у подальших дослідженнях.

Література

1. Мердух, С.Л. Оптимальне розподілення навантажень між паралельними фільтрами АЕС [Текст] / С.Л. Мердух // Журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва»: матеріали науково-практичної конференції «Наукові підсумки 2012 р.» – 2012. – № 6/4(8). – С. 15 – 16. (Том 4 «Системи та процеси управління. Інформаційні технології. Транспортні технології»).
2. РД 34.37.526-94 Методические указания по применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций.
3. ГНД 95.1.06.02.002-04. Водно-химический режим второго контура атомных электростанций с реакторами типа ВВЭР. Технические требования к качеству рабочей среды. Коррекционная обработка гидразин-гидратом, морфолином, гидроокисью лития.
4. Подьяпольский, С.В. Распределенная система управления нового поколения Experion PKS фирмы Honeywell [Текст] / С.В. Подьяпольский, А.В. Родионов, Л.Р. Соркин (фирма Honeywell) // Научно-технический производственный журнал «Промышленный АСУ и контроллеры». – 2005. – № 9. – С. 2 – 6.
5. Илюхина, Е.А. Влияние температуры на обмен ионов и сорбцию воды на сшитых полиэлектrolитах в процессах безреагентного разделения [Текст] : диссертация ... кандидата химических наук : 02.00.04 / Е.А. Илюхина; [Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Хим. фак.]. - Москва, 2008.- 193 с.
6. Кишневский, В. А. Технологии подготовки воды в энергетике : учебник для вузов по направлениям “Теплоэнергетика” и “Атомная энергетика” / В. А. Кишневский . – Одесса : Фенікс, 2008 . – 400 с. - ISBN 978-966-438-117-5.
7. Ионообменные смолы и их свойства [Текст] // Журнал «Аква-Терм №2» (66) – Оборудование и материалы.
8. Методические указания по очистке турбинного конденсата на блоках с прямоточными котлами. РД 34.37.516-91. – Москва, 1993, ВТИ. – 30 с.
9. Методические указания по применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций. РД 34.37.526-94.
10. Методические указания по очистке и контролю возвратного конденсата. РД 34.37.515-93.

В статті пропонується застосування синергетичного підходу до синтезу системи керування процесом defeкації цукрового заводу. Синтез законів керування виконаний з використанням методу аналітичного конструювання агрегованих регуляторів (АКАР). Наведені результати моделювання системи керування в умовах змінювання зовнішніх збурень та параметрів регуляторів

Ключові слова: математична модель, агрегований регулятор, метод АКАР, ієрархічна система, цукрове виробництво

В статье предлагается применение синергетического подхода к синтезу системы управления процессом defeкации сахарного завода. Синтез законов управления выполнен с использованием метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР). Приведены результаты моделирования системы управления в условиях изменения внешних возмущений и параметров регуляторов

Ключевые слова: математическая модель, агрегированный регулятор, метод АКАР, иерархическая система, сахарное производство

УДК 681.511.4:664.1.038

СИНЕРГЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ ІЄРАРХІЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

В. І. Заїка

Аспірант

Кафедра автоматизації процесів управління*

В. Д. Кишенько

Кандидат технічних наук, професор

Кафедра автоматизації процесів управління*

E-mail: kvd1948@gmail.com

*Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

E-mail: zaikavladimir@gmail.com

1. Вступ

Технологічні комплекси харчової галузі, в тому числі і цукрової промисловості, відносяться до

складних організаційно-технічних систем [1, 2]. До основних характерних ознак таких систем відносять багатомірність, багатозв'язність та нелінійність [3]. Багатомірність такого об'єкта керування пов'язана