

УДК 681.513.2

О.І.Рязанцев. В.С.Кардашук

Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені В. Даля

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРУ ФІЛЬТРУ НА ШВИДКОДІЮ ВИМІРУ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ

Наведені результати моделювання впливу параметру фільтру в ланцюжку прийому аналогового сигналу, запропоновані математичні вирази для перетворення значення аналогового сигналу в цифровий код для застосування в системі автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу.

Ключові слова: аерозольний нанокаталіз, програмний модуль, аналоговий сигнал, фільтр.

Сучасні технологічні процеси хлорорганічного синтезу неминуче призводять до накопичення відходів, що містять хлор. Пріоритетною задачею промислової екології на сучасному етапі є кваліфікована переробка відходів хлорорганічного синтезу.

Пошук технології з широким спектром знешкодження відходів хлорорганічного синтезу привів до створення нової вітчизняної технології – аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі (в подальшому – аерозольний нанокаталіз), який має переваги порівняно з традиційним каталізом на носіях [1].

Стаття розвиває новий перспективний напрямок використання нанотехнологій – підвищення ефективності процесу аерозольного нанокаталізу для утилізації широкого спектру відходів хлорорганічного синтезу за рахунок впровадження автоматизації керування з використанням сучасних програмно-технічних засобів (ПТЗ) [1, 2].

Процес аерозольного нанокаталізу активно впроваджується у ВАТ «Саянськхімпласт» (м. Саянськ, Російська Федерація), м. Хеслехолме (Швеція), в Технологічному інституті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк) та в ТОВ „НТЦ ”Хімодерн” (м. Сєверодонецьк). Активно продовжуються дослідження, пов'язані з удосконаленням існуючих математичних моделей підсистем, структури та методів керування процесом аерозольного нанокаталізу.

Запропонована система автоматизації керування (САК) призначена для підвищення екологічної безпеки хімічного підприємства та для забезпечення технічного персоналу оперативною інформацією про стан процесу з метою подальшого прийняття рішень щодо зміни керуючих впливів при відхиленні параметрів від технологічного регламенту.

САК процесом аерозольного нанокаталізу здійснює функції автоматизації для трьох основних технологічних підсистем: температури, вібрації та подачі реагентів та є програмно-технічним комплексом, який складається з технічних засобів та програмного забезпечення і забезпечує автоматизацію керування процесом та контроль концентрацій CO, CO₂, HCl, Cl₂.

Керування процесом на нижньому рівні здійснюється за допомогою програмно-логічного контролера (ПЛК) з необхідним набором апаратних та програмних модулів, який забезпечує збір, первинну обробку інформації та видачу сигналів керування (рис. 1, табл. 1, 2).



Рис. 1. Схема взаємодії компонентів системи

Склад модулів ПЛК

Найменування	Призначення
БПр	Блок процесорний.
АЦП	Аналогово-цифровий перетворювач.
МНТП/ТО	Модуль нормалізації термопари/термоопору.
МВДС-КО	Модуль вводу дискретних сигналів з контролем обриву лінії.
МФДС	Модуль формування дискретних сигналів.

Таблиця 2

Склад програмних модулів

Позначення	Характеристика
ASPIIN	Модуль ініціалізації аналогово-цифрового перетворення (АЦП).
ASPID	Модуль АЦП з діагностикою.
ASPIL	Модуль перетворення цифрового коду в фізичну величину.
RAS16	Модуль розпаковки 16-розрядний.
S_FILTER	Модуль фільтрації аналогового сигналу.
MVDCK	Модуль вводу дискретних сигналів (МВДС) з діагностикою.
MFDSZD	Модуль формування стану дискретних каналів та діагностики його працездатності.
RPID	Модуль ПІД-регулювання.

Програмний елемент обробки аналогового сигналу ASPIL забезпечує прийом цифрового коду з виходу модуля АЦП, що відповідає значенню напруги, перетворення його в фізичну величину та діагностику модулю (рис. 2, табл. 3, 4).

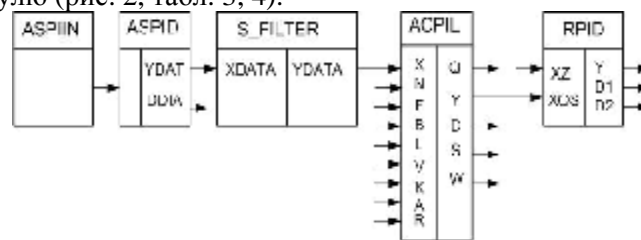


Рис. 2. Прийом аналогового сигналу та видача сигналу керування

Таблиця 3

Вхідні параметри елемента обробки аналогового сигналу ASPIL

Позн.	Вид сигналу	Призначення
X	Аналоговий (int)	Код в діапазоні 0-4096, що вводиться з АЦП.
N	Дискретний	Признак: датчик включений/виключений (0/1).
F	Аналоговий (int)	Параметр фільтру (0,3 – 1).
H	Аналоговий (int)	Нижня границя достовірності (в одиницях виміру фізичної величини).
B	Аналоговий (int)	Верхня границя достовірності (в одиницях виміру фізичної величини), $B > H$.
L	Аналоговий (int)	Нижня уставка сигналу попередження (в одиницях виміру фізичної величини), $L \geq H$.
V	Аналоговий (int)	Верхня уставка сигналу попередження (в одиницях виміру фізичної величини), $V \leq B$.
K	Аналоговий (int)	Умова видачі значення в мережу, $K > 0,1 \%$.
A	Аналоговий (int)	Мінімум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини).
R	Аналоговий (int)	Максимум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини), $R > A$.

Вихідні параметри елемента обробки аналогового сигналу АСПІЛ

Позн.	Вид сигналу	Призначення
Q	Аналоговий (int)	Значення параметру для видачі в мережу.
Y	Аналоговий (int)	Вимірне значення параметру.
D	Дискретний	Признак: 1 – датчик виключений або порушена одна з технологічних границь.
S	Дискретний	Признак: 1 – значення параметру менше або дорівнює мінімуму уставки сигналізації ($Y \leq L$).
W	Дискретний	Признак: 1 – значення параметру більше або дорівнює максимуму уставки сигналізації ($Y \geq L$).

Прийнятий з АЦП цифровий код перевіряється на допустимість: якщо $x \leq 0$, то $x=0$; якщо $x \geq 4096$, то $x=4096$ та розраховується по формулі:

$$z = F \cdot x + (1 - F) \cdot G, \quad (1)$$

де x - значення коду після фільтру в діапазоні 0-4096, що вводиться з АЦП (12 розрядів);
 F - параметр фільтру (0,3 – 1);
 G - значення параметру після фільтру попереднього кроку, (початкове значення $G=1000$).

Розрахунок значення в одиницях параметру виміру здійснюється відповідно з виразом:

$$Y = A + (R - A) \cdot \frac{z}{4096}, \quad (2)$$

де R - максимум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини), 10В;
 A - мінімум діапазону виміру (в одиницях виміру фізичної величини), 0В.

Сигнали від датчиків подаються в блок МНП/ТО, де проводиться нормалізація сигналів, а потім в блок АЦП для перетворення аналогового значення сигналів в цифровий код. При розходженні сигналу від датчика та завдання ПД-регулятора виробляється відповідний вплив на керуючий орган.

Специфіка визначення середніх і сумарних значень в задачах керування обумовлена дискретним характером вхідної інформації. З цією метою в ланцюжку прийому аналогового сигналу запропоновано використати програмний модуль S_FILTER (див. рис. 2) та алгоритм фільтрації аналогового сигналу, який забезпечує обчислення середнього значення останніх n -значень.

Перед початком роботи значення кількості вимірів n заноситься в модуль як параметр налаштування. Початкове значення $n=5$, тобто за 5 вимірів, що становить 1 с, інформації в системі відображення при зміні параметру змінюється.

Згладжування та усереднення вхідної інформації проводиться з метою запобігання помилок обумовлених похибками вимірів. Такі помилки можна розглядати як результат сумісної дії корисного сигналу датчика та перешкоди, а задачу згладжування як частковий випадок загальної задачі фільтрації сигналу.

Цикл опитування датчиків проводився з кроком дискретизації такту системи – 200 мс. Отримані через 1 сек. значення усереднювались та виводились на екран робочої станції за допомогою системи відображення (рис. 3).

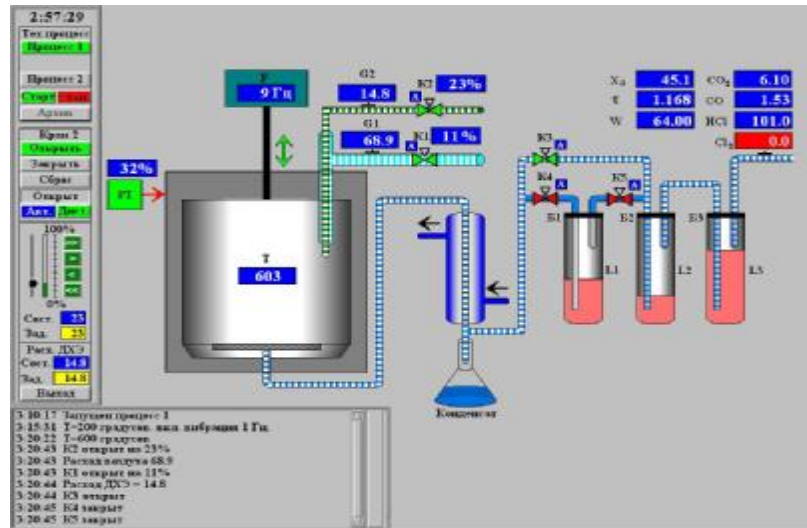


Рис. 3. Графічний інтерфейс процесу утилізації

В системі керування вимір технологічних параметрів виконувався дискретно.

Таким чином, виникла задача відновлення значень параметрів в моменти часу, які не співпадають з точками вимірів.

Для відновлення значень параметрів в попередні моменти часу, що передують останній точці виміру, пропонується скористатись виразами (1, 2).

Модельовання дії елементів фільтрації та згладжування наведено на прикладі прийому аналогового сигналу. В якості прикладу проведено вимір аналогового сигналу напругою $U=5$ В з різними значення параметру фільтру. Діапазон виміру 0 – 10 В (шкала 0 – 4096), такт роботи системи – 200 мс.

Обчислення фізичного значення вхідного сигналу проводилось згідно (1, 2). Після перетворення в програмному модулі ASPID (див. рис. 2), обчислений цифровий код склав $x=2048$.

Результати моделювання та обчислень експериментального дослідження впливу параметру фільтру модулю S_FILTER в ланцюжку прийому аналогового сигналу представлено в табл. 6.

Проведений аналіз моделювання для визначення швидкодії системи та похибки виміру для кожного значення параметру фільтру F після виходу системи на оптимальний режим виміру дозволили зробити висновок, що розроблені математичні моделі, методи та алгоритми відповідають вимогам для САК процесом аерозольного нанокаталізу [4].

Таблиця 6

Результати експериментального дослідження впливу параметру фільтру

Такти системи	Значення параметру фільтру, F				Такти системи	Значення параметру фільтру, F			
	0,3	0,5	0,8	0,9		0,3	0,5	0,8	0,9
1	3,2	3,7	4,48	4,5	11	4,94	4,999	4,999	4,999
2	3,7	4,36	4,89	4,97	12	4,96	4,999	4,999	4,999
3	4,1	4,68	4,97	4,999	13	4,97	4,999	4,999	4,999
4	4,3	4,84	4,995	4,999	14	4,976	4,999	4,999	4,999
5	4,5	4,91	4,999	4,999	15	4,98	4,999	4,999	4,999
6	4,69	4,96	4,999	4,999	16	4,985	4,999	4,999	4,999
7	4,78	4,97	4,999	4,999	17	4,988	4,999	4,999	4,999
8	4,84	4,989	4,999	4,999	18	4,999	4,999	4,999	4,999
9	4,89	4,999	4,999	4,999	19	4,999	4,999	4,999	4,999
10	4,92	4,999	4,999	4,999	20	4,999	4,999	4,999	4,999

Якісні показники виміру аналогового сигналу представлено в табл. 7.

Вплив параметру фільтру на швидкодію та якість виміру аналогового сигналу

Значення параметру фільтру, F	Кількість тактів	Час, с	Похибка виміру, %
0,3	18	3,6	0,09
0,5	9	1,8	0,09
0,8	5	1	0,09
0,9	3	0,6	0,09

Аналіз табл. 7 дозволив підтвердити експериментальні результати моделювання, а також обґрунтувати оптимальні умови виміру аналогових сигналів.

Проведені за результатами моделювання експериментальні дослідження підтвердили адекватність створеної математичної моделі, що відобразилась в застосування відповідних ПТЗ. Так по значенню константи перетворення x_a , що була отримана на експериментальній установці, в порівнянні зі значенням, отриманим в САК, відхилення склало 1 %. Застосування процесу аерозольного нанокаталізу в промислових масштабах та наукові дослідження дозволили суттєво підвищити екологічну безпеку утилізації відходів хлорорганічного синтезу.

1. Рязанцев О.І. Методи та програмно-технічні засоби автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // *Радіоелектроніка Інформатика Управління*. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2011. – № 1(24). – С. 164–171.
2. Рязанцев А.И. Система управления на базе современных программно-технических средств процессами утилизации отходов химических производств по технологии нанокаталіза / А.И. Рязанцев, В.С. Кардашук // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. - Луганськ, 2008. – № 8(126). – Ч. 1. – С. 318–326.
3. Рязанцев О.І. Система автоматизації керування технологічним процесом аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // *Радіоелектроніка Інформатика Управління*. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2010. – № 1(22). – С. 164–172.
4. Рязанцев О.І. Побудова математичної моделі технологічного процесу аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі для організації керування / О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – Луганськ, 2009. – № 6(136). – Ч.1. – С. 274–279.