

УДК 631.363

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТОКОВОЮ ЛІНІЄЮ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Федорейко В.С., д.т.н.,

Рутило М.І., к.т.н.,

Іскерський І.С., аспірант.*

Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка

Тел. (0352) 43-57-77

Анотація – запропоновано імітаційні моделі розроблених структур системи керування технологічним процесом виробництва твердого біопалива для дослідження їх основних характеристик.

Ключові слова – дозатор, тверде біопаливо, продуктивність, вологість, дисперсія, імітаційна модель, регульований електроривод.

Постановка проблеми. Визначальним напрямом модернізації виробництва твердого біопалива і покращення його енергетичних та якісних показників є створення інтелектуальних систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорних систем обробки інформації, що формують керуючі дії за адаптованими до технологічних вимог алгоритмами [1].

Основною функцією системи керування потоковою лінією виробництва двокомпонентного твердого біопалива є забезпечення необхідної вологості суміші шляхом автоматичного регулювання продуктивності дозаторів залежно від вологості сировини.

Тому розробка ефективних структур керування поточковими лініями виробництва твердого біопалива з повноцінними теплотехнічними та товарними характеристиками є актуальною задачею для відновлювальної енергетики України.

При цьому використання прикладного пакету MATLAB з комплектом імітаційного моделювання Simulink суттєво збільшує ефективність проведення комплексного дослідження складних електромеханічних систем.

Аналіз останніх досліджень. Проведені випробування поточкових ліній з виробництва твердого біопалива дозволили сформулювати

* Науковий керівник – д.т.н. Федорейко В.С.

© д.т.н. Федорейко В.С., к.т.н. Рутило М.І., аспірант Іскерський І.С.

основні вимоги до їх модернізації з метою зменшення енергозатрат та покращення теплотехнічних характеристик біопалива [2, 3], які лягли в основу подальших досліджень технологічного обладнання та регульованого асинхронного електропривода. Однак використання імітаційного інструментарію для оперативного дослідження поточкових технологій в наукових роботах висвітлено недостатньо.

Формулювання мети статті. Обґрунтувати та розробити фактологічні передумови для створення системи керування процесом виробництва двохкомпонентного твердого біопалива шляхом імітаційного математичного моделювання.

Основна частина. Керування продуктивністю технологічних машин в даний час здійснюють засобами регульованого електропривода у ручному режимі, що не забезпечує їх синхронної роботи і спричиняє невиконання умови балансу продуктивності технологічної лінії. Це призводить до перевитрат електроенергії асинхронними двигунами (АД) пресувального обладнання внаслідок значного зростання його механічного навантаження та до зниження якісних показників продукції, особливо під час використання сировини з критичною вологістю понад 16%.

Експериментальними дослідженнями, проведеними у виробничих умовах, виявлено значне перевищення струму АД підпресувального шнека, а в деяких випадках пікове навантаження спричиняло зупинку АД із-за невідповідності швидкісних режимів роботи шнека-дозатора і преса та надлишкової вологості сировини.

З точки зору підвищення енергоефективності технологічного процесу доцільно підтримувати продуктивності вказаних машин у визначених швидкісних режимах, що забезпечують номінальні величини струмів для встановлених двигунів пресувального обладнання.

Для дослідження режимів роботи та енергетики асинхронного електропривода вказаного вище технологічного обладнання нами в середовищі MATLAB [4] розроблено імітаційну модель (рис. 1) технологічної установки, яка базується на створених математичних моделях шнекових дозаторів та підпресувального шнека-екструдера (рис. 2) і відтворює процес функціонування вказаних технологічних машин у замкнутій системі автоматичного керування (САК) продуктивністю завантажувального шнека-дозатора Q_1 , що забезпечує задану величину струму статора АД вказаного обладнання.

За результатами моделювання отримано залежності (рис. 3) величини механічного навантаження АД підпресувального шнека M від продуктивності завантажувального шнека-дозатора Q_1 і струму статора цього двигуна у режимах ручного та автоматичного (за номінальним струмом АД) керування.

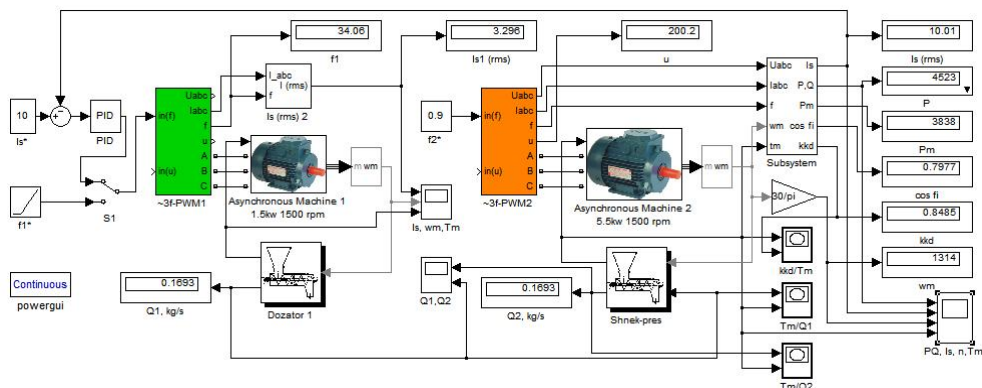


Рис. 1. Імітаційна модель установки для дослідження режимів роботи та енергетики технологічного обладнання.

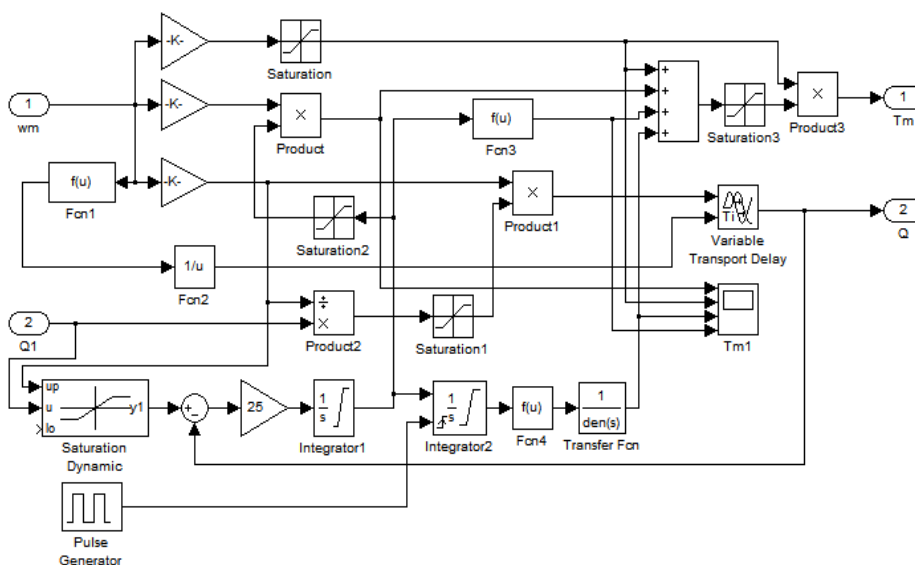


Рис. 2. Структура імітаційної математичної моделі підпресувального шнека-екструдера.

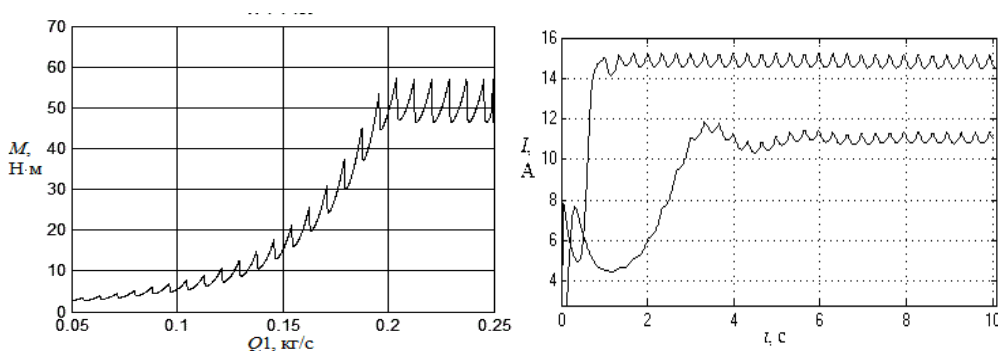


Рис. 3. Результати моделювання режимів роботи шнека-екструдера.

Для моделювання нейрорегулятора використано апарат гібридних мереж, який в середовищі MATLAB реалізується редактором Anfis (рис. 4).

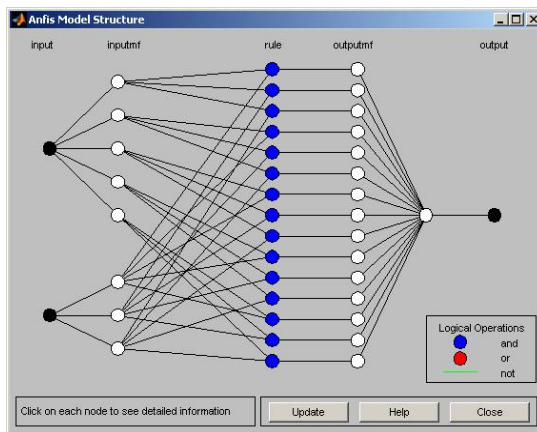


Рис. 4. Структура Anfis-моделі типу Sugeno для знаходження коефіцієнту масового співвідношення компонентів суміші k .

Він виконаний на основі алгоритму Sugeno з використанням евристичних правил, що ґрунтувались на результатах чисельного і фізичного моделювання. Це дозволило розв’язати задачу синтезу керуючих впливів на основі застосування засобів нечіткої логіки та теорії нечітких множин у вигляді залежностей продуктивностей дозаторів Q_1, Q_2 від вологостей компонентів w_1, w_2 .

На основі поданих вище результатів досліджень розроблено імітаційну модель технологічної лінії для виробництва двокомпонентного твердого біопалива з використанням нейроконтролера для здійснення керування технологічним процесом (рис. 5).

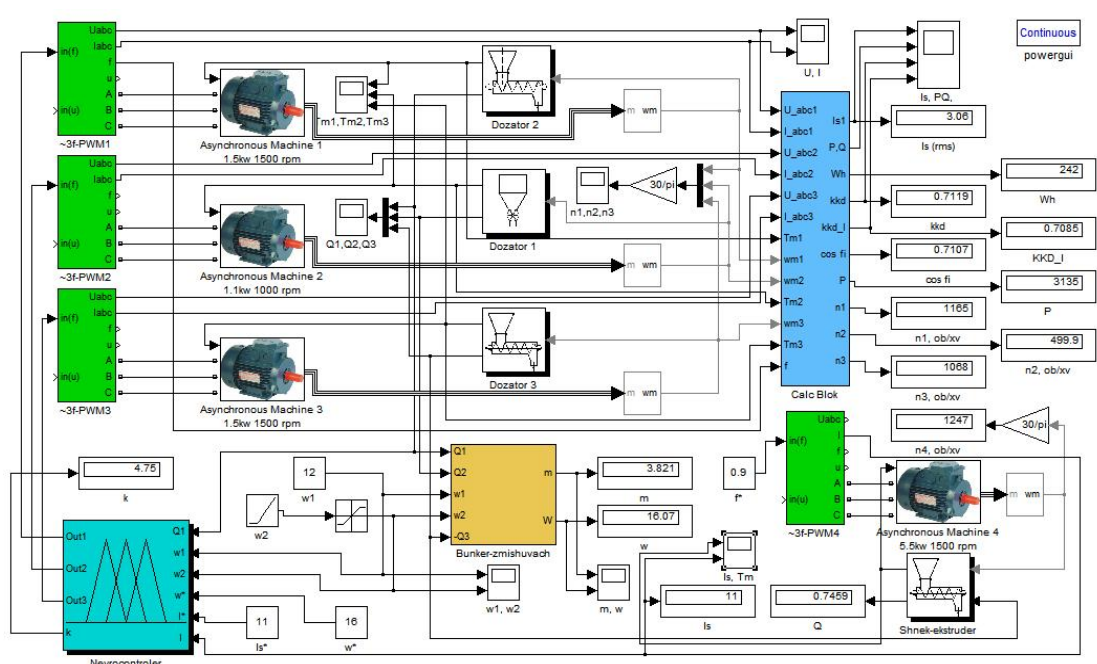


Рис. 5. Імітаційна модель потокової технологічної лінії.

Представлена імітаційна модель відтворює функціонування електроприводів дозаторів у технологічному процесі, зокрема величина

Q_3 задається, виходячи із величини струму статора АД підпресовувального шнека і, в свою чергу, визначає сумарну продуктивність дозаторів Q_1, Q_2 , яка встановлюється рівною продуктивності Q_3 .

На рис. 6 представлено результати моделювання, які відображають процес регулювання швидкості робочих органів дозаторів, дисперсії продуктивності та вологості суміші w при фіксованій вологості подрібнених качанів кукурудзи $w_1 = 12\%$ та зміні вологості подрібненої соломи w_2 в межах 14–35% без корекції та з корекцією швидкості робочих органів дозаторів за поточними продуктивностями Q_1, Q_2, Q_3 .

Подальше налаштування fuzzy-регулятора для системи керування технологічного процесу полягає у підборі виду та взаємного розміщення термів у діапазонах зміни вхідних і вихідних величин, а також у корекції необхідних правил, що зв'язують вхідні та вихідні параметри.

Оптимальне керування на основі нейрорегулятора забезпечує заданий режим роботи системи та реалізує відображення:

$$u^{(j)} = f(z^{(j)}) = f(z_1^{(j)}, z_2^{(j)}, \dots, z_n^{(j)}), \quad j = 1, \dots, J,$$

при наявності навчальної множини $\{(z^1, u^1), \dots, (z^J, u^J)\}$.

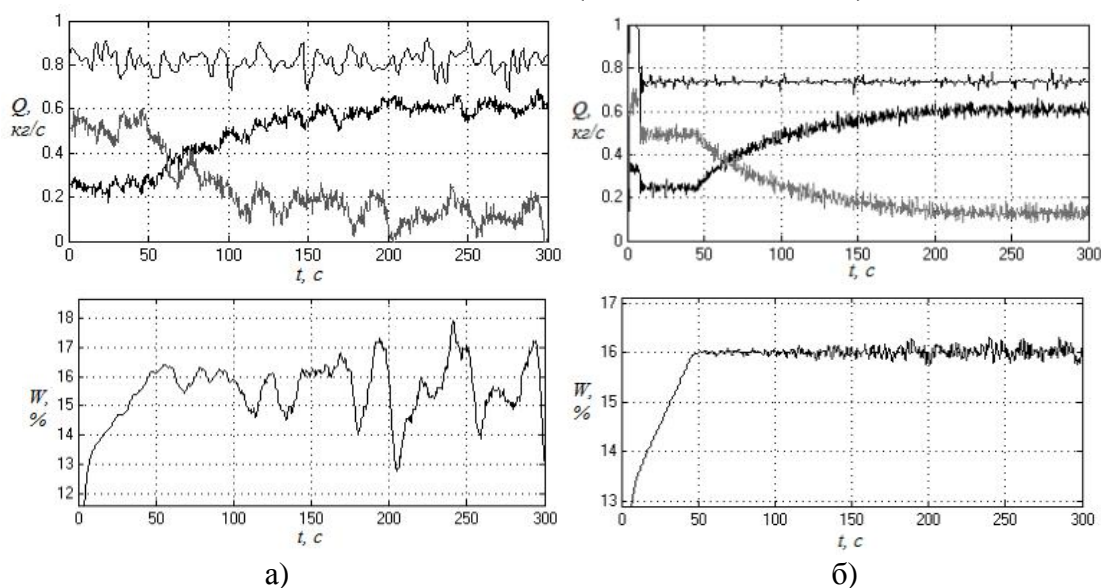


Рис. 6. Дисперсії продуктивностей дозаторів Q_1, Q_2, Q_3 і вологості суміші w : а) – без корекції, б) – з корекцією швидкостей робочих органів дозаторів.

Критерій оптимальності у вигляді функції помилки для j -го розглянутого значення виду $E_j = 0,5 \|u - u^{(j)}\|^2$ дозволяє використовувати градієнтний метод оптимізації для підлаштування параметрів заданих предикатних правил.

Тестування системи керування довело коректність роботи блока нечіткого регулятора в рамках даної моделі. Підтвердженням цього є аналіз перехідних процесів функціонування класичної системи

зв'язного дозування та інтелектуальної системи на базі нейрорегулятора (рис. 7).

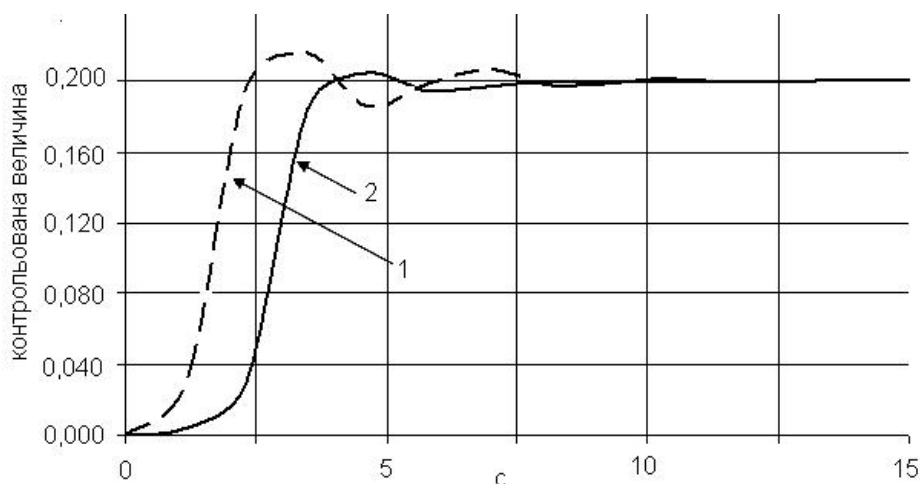


Рис. 7. Перехідні процеси в системі зв'язного дозування: 1 – класичне регулювання; 2 – регулювання на базі нечіткої логіки.

Таким чином, розроблено інтелектуальні алгоритми керування потоковою лінією виробництва біопалива, згідно яких продуктивність шнека-дозатора Q_3 визначає сумарну продуктивність дозаторів Q_1, Q_2 . Для визначення коефіцієнта масового співвідношення компонентів суміші k розроблено fuzzy-контролер, входними параметрами якого є поточні величини вологості компонентів w_1, w_2 та верхня межа допустимої вологості суміші w^* . Середньоквадратична похибка навченого контролера не перевищує 0,2%.

Дослідження розробленої системи керування методом математичного моделювання підтверджують ефективність застосування нечітких регуляторів, які володіють достатньою якістю регулювання (час встановлення заданої вологості на виході змішувача з урахуванням чистого запізнювання становить менше 10 с, перерегулювання не перевищує 2,5%). Тому застосування нечітких регуляторів у вказаних системах є доцільним та перспективним.

Висновки. За результатами математичного моделювання режимів роботи потокової лінії виробництва твердого біопалива отримано залежності величин дисперсії продуктивностей дозаторів і вологості суміші без корекції та з корекцією швидкостей робочих органів дозаторів, що дозволило визначити швидкісні діапазони роботи електропривода та розробити алгоритми керування ними на базі нейротехнологій та нечіткої логіки, застосування яких дає змогу розширити вологісний діапазон базової сировини (соломи) до 35%.

Запропоновано модель fuzzy-контролера інтелектуальної системи керування зв'язним дозуванням компонентів біопалива.

Література

1. *Бешта О.С.* Використання регульованого електропривода в задачах підвищення енергоефективності технологічних процесів / *О.С. Бешта.* // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2012. Вип. 4. – С.98-107.
2. *Федорейко В.С.* Дослідження характеристик багатокомпонентного твердого біопалива / *В.С. Федорейко, І.С. Искерський* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2011. – Вип. 24. Т. 4. – С.80-88.
3. *Федорейко В.С.* Регулювання продуктивності дозаторів у технології брикетування біомаси / *В.С. Федорейко, І.С. Искерський* // "Енергетика і автоматика" [Електронний ресурс]. – 2010. – №3(5). – Режим доступу до журналу :http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010_3/10fvstbb.pdf.
4. *Герман-Галкин С.Г.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB / *С.Г. Герман-Галкин.* – СПб.: Корона-принт. – 2001. – 320 с.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНОЙ ЛИНИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА
ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА**

Федорейко В.С., Рутило Н.И., Искерский И.С.

Аннотация

Предложены имитационные модели разработанных структур системы управления технологическим процессом производства твердого биотоплива для исследования их основных характеристик.

**SIMULATION OF THE CONTROL SYSTEM A FLOW
LINE PRODUCTION OF SOLID BIOFUELS**

V. Fedoreyko, M. Rutylo, I. Iskerskyi

Summary

A simulations models developed by the structures of process control system for the production of solid biofuel for research of their basic characteristics are proposed.