

$$M_y = \begin{bmatrix} -0,0017 & -2,072 \\ -0,2585 & 0,0003 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Отже для моделі конусної дробарки розмірність вектору стану, що визначається матрицями A і C , дорівнює двом, ранг матриць M_u і M_y також дорівнює двом. Таким чином об'єкт керування цілком керований і спостерігаємий.

Висновки. Досліджено динамічні властивості конусної дробарки по каналу «ширина розвантажувальної щілини - потужність, що споживає електропривод» шляхом статистичного аналізу даних отриманих у результаті пасивного експерименту в умовах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». У результаті було встановлено, що процес дроблення має невелику інерційність, тому оцінку якості роботи агрегату при оптимізації технологічного процесу, і як наслідок формування керуючих впливів, які забезпечують раціональний режим роботи на інтервалі між обчисленнями цільової функції, можна виконувати на невеликих часових проміжках.

Список літератури

1. Автоматизация управления обогатительными фабриками ; под ред. **Б.Д. Кошарского, А.Я. Ситковского, А.В. Красномовца.** – М.: Недра, 1977. – 527 с.
2. **Нестеров Г.С.** Технологическая оптимизация обогатительных фабрик / **Г.С. Нестеров.** – М.: Недра, 1976. – 120с.
3. **Троп А.Е.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик: [Учебн. для вузов] / **А.Е. Троп, В.З. Козин, Е.В. Прокофьев.** – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Недра, 1986. – 302с.
4. **Барский Л.А.** Системный анализ в обогащении полезных ископаемых / **Л.А. Барский, В.З. Козин.** – М.: Недра, 1978. – 486с.
5. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов: [Учебн. пособие для вузов] / **Г.М. Глишков, В.А. Маковский, С.Л. Лотман, М.Р. Шапировский.** - [2-е изд., перераб. и доп.] - М.: Металлургия, 1986. – 352 с.
6. **Дехтяренко П.И.** Определение характеристик звеньев систем автоматического регулирования / **П.И. Дехтяренко, В.П. Коваленко.** – М.: Энергия, 1973. – 120 с.
7. **Дьяконов В.П.** MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник / **В.П. Дьяконов, В.В. Круглов.** – СПб.: Питер, 2001. – 448 с. – ISBN 5-318-00359-1.
8. **Штовба С.Д.** Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / **С.Д. Штовба.** – 2007. – Режим доступа до книги: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/>.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 621.771.22:62-52

В.Ю. ХАРЛАМЕНКО, асистент, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УЗГОДЖЕНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКОСТЯМИ ОБТИСКНИХ ВАЛКІВ ГОЛОВНОЇ КЛІТИ НА БЛЮМІНГУ

Обґрунтовано доцільність застосування оптимальних стохастичних систем узгодженого керування процесом обтиснення металу на блюмінгу. Запропоновано підхід до узгодженого керування швидкостями верхнього та нижнього валків на базі нечіткого регулятора, вхідними змінними якої є швидкості та прискорення валків, пружні моменти в кінематичній лінії стану та швидкості їх зміни, що відновлюються спостерігачем стану Калмана-Бьюсі за вимірюваними швидкостями якорів та струмами в якорних обмотках приводних двигунів обтискних валків.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Процес обтиснення зливків металу на блюмінгу відбувається в обтискній клітці головного стану. Клітка складається із двох валків, що приводяться в рух електричним приводом на основі двигуна постійного струму. В процесі експлуатації обтискна клітка зазнає впливу цілого ряду факторів, які можна поділити на технологічні, механічні та електричні. До першої групи відносять фактори, що пов'язані з дефектами зливків: конусність, ліквация, пористість, тріщини, окалина. До механічних факторів можна віднести зазори в з'єднаннях механізмів лінії стану та різні моменти інерції верхнього та нижнього валків. До електричних факторів відносять різницю жорсткості характеристик верхнього та нижнього приводів, величину полоси пропускання частот, навмисне розузгодження швидкостей верхнього та нижнього валків, автоколивальність моментів внаслідок швидкого наростання струму [1]. Більшість цих факторів має випадковий характер і може призводити до збільшення моменту навантаження в процесі захоплення зливка валками, одностороннього та двостороннього буксування в клітці, ударів в зазорах кінематичної лінії приводу,

підвищення динамічних навантажень внаслідок швидкого охолодження металу. Як наслідок, в залежності від режиму навантаження відбувається зміна енергосилових параметрів, параметрів пружної системи, величин зазорів у з'єднаннях кінематичної лінії та інших, що в цілому впливає на складність динамічних процесів прокатки. Також на складність динамічних процесів впливає нелінійність диференціальних рівнянь, якими описується стан кінематичних ліній.

Дослідження динамічних процесів у головних лініях стану та розробка системи керування, що забезпечує зниження динамічних навантажень, що виникають під впливом вищезазначених факторів, є актуальним завданням. Обтискні стани є дорогими системами і неврахування реальних перехідних процесів може порушити нормальну роботу стану, призвести до поломок деталей і вузлів. Найбільш частим руйнуванням, у порівнянні з іншими деталями головної лінії, піддаються робочі валки. Часто трапляються поломки й інших деталей, особливо сполучних шпинделів, в той час як руйнування шестеренних валків відбувається значно рідше. Бувають випадки, коли поломки шпинделів призводять до руйнування корінних підшипників, зсуву або зриву з фундаментів шестеренної кліті і навіть головного електродвигуна стану. Ці явища пояснюються великими осьовими зусиллями [2]. При цьому зміна енергосилових параметрів призводить до збільшення споживання активної потужності і, таким чином, до зниження енергоефективності виробництва на блюмінгу.

Одним з найбільш небезпечних явищ в електроприводі обтискних валів на блюмінгу є перерозподіл динамічних моментів в режимі дії навантаження. В разі неконтрольованого перерозподілу номінальне значення пружних моментів може бути перевищене в кілька разів. Враховуючи шкідливість подібних явищ, в першу чергу, для обладнання більшість науковців розробляли різноманітні способи обмеження динамічних навантажень при виникненні буксувань в лініях стану за рахунок керування електричним приводом.

Аналіз досліджень та публікацій. Дослідженням способів підвищення ефективності керування блюмінгом без зниження продуктивності процесу прокатки займалися провідні вітчизняні та закордонні науковці, серед яких можна виділити Л.В. Акімова, Б.І. Кузнецова, О.С. Лехова, С.Л. Коцаря, В.А. Чигирину, Б.Н. Полякова, В.А. Воскресенського, Ф.К. Іванченко, П.І. Полухіна, М.А. Тилкіна, В.П. Полухіна, В.Б. Клепікова та ін.

Так, проф. Л.В. Акімов запропонував новий спосіб підвищення точності роботи двоконтурної системи регулювання швидкості електропривода обтискних валків з використанням спостерігачів стану. Серед наукових результатів Л.В. Акімова варто відзначити розробку та дослідження методів зменшення статичної і динамічної похибок при дії навантаження на вал двигуна з реалізацією астатичних за збуреннями властивостей системи керування, замкненої через спостерігач стану. Не дивлячись на те, що запропонований підхід призводить до ліквідації статичної помилки при дії на вал двигуна навантаження, його не можна вважати універсальним через те, що обчислення коефіцієнтів спостерігача стану виконується з використанням теорії модального керування. При цьому для визначення бажаного розташування коренів характеристичного рівняння системи необхідно задавати бажаний час перехідного процесу та перерегулювання. Розрахунки на основі методів модального керування найчастіше виконуються на основі досвіду та інтуїції розробника системи керування, тому при зміні характеру навантаження або параметрів системи налаштування коефіцієнтів модального регулятора можуть не задовольняти вимоги до якості динамічних процесів.

У працях Б.І. Кузнецова та його наукової школи розглянуто підхід до керування процесом обтиснення зливків на блюмінгу, що передбачає використання робастного регулятора. Особливістю робіт наукової школи проф. Б.І. Кузнецова є врахування в рівняннях динаміки руху головного приводу наявності нелінійної залежності моменту зовнішнього тертя від швидкості обертання, яка апроксимується рівнянням 3-го порядку. Тоді рівняння стану досліджуваної системи з врахуванням нелінійної залежності моменту опору від швидкості прослизання стає нелінійним. В даному випадку оптимальне керування представлялося в формі зворотних зв'язків за повним вектором стану [3].

Постановка завдання. Метою роботи є розробка методу узгодженого керування процесом обтиснення металу на блюмінгу, що дозволяє знизити динамічні навантаження в кінематичній лінії стану в режимі пробуксовування обтискних валків за допомогою сумісного використання нечіткого регулятора, який здійснює узгодження швидкостей верхнього та нижнього валків, та оптимальних стохастичних регуляторів швидкостей обертання валків кліті, що забезпечить

зниження динамічних навантажень в кінематичній лінії стану та дозволить знизити витрати електроенергії.

Викладення матеріалу та результати. Одним з можливих варіантів вирішення питання узгодженого керування обтисковою кліткою є поєднання методів оптимального стохастичного керування та методів штучного інтелекту на базі нечіткого контролера для формування узгоджених керуючих впливів на основі відновленого вектору стану.

У загальному випадку для головної кліті блюмінга застосовується індивідуальний привод, при цьому кожен валок приводиться в обертання окремим електричним двигуном. Кожна приводна лінія виконана з різними довжинами валів, але з однаковими діаметрами універсальних шпинделів, тому електромеханічні характеристики верхньої та нижньої кінематичних ліній відрізняються.

Враховавши диференціальне рівняння двигуна постійного струму та рівняння рухомих мас можна записати систему диференціальних рівнянь для двохмасової системи, якою представлений верхній привод разом з обтискним валом [4]

$$\begin{cases} U_{\text{з.в.}}(t) = E_{\text{в.}}(t) + I_{\text{я.в.}}(t) \cdot R_{\text{я.в.}} + L_{\text{я.в.}} \cdot \frac{dI_{\text{я.в.}}(t)}{dt}; \\ J_{1\text{в.}} \cdot \frac{d\omega_{1\text{в.}}(t)}{dt} = M_{\text{ел.в.}}(t) - c_{12\text{в.}} \cdot (\varphi_{1\text{в.}}(t) - \varphi_{2\text{в.}}(t)) - \alpha_{\text{в.}} \cdot (\omega_{1\text{в.}}(t) - \omega_{2\text{в.}}(t)); \\ J_{2\text{в.}} \cdot \frac{d\omega_{2\text{в.}}(t)}{dt} = c_{12\text{в.}} \cdot (\varphi_{1\text{в.}}(t) - \varphi_{2\text{в.}}(t)) + \alpha_{\text{в.}} \cdot (\omega_{1\text{в.}}(t) - \omega_{2\text{в.}}(t)) - M_{\text{з.м.в.}}(\omega, t) - M_{\text{с.в.}}(t); \\ E_{\text{в.}}(t) = C_{\text{е.}} \cdot F \cdot \omega_{1\text{в.}}(t); \\ M_{\text{ел.в.}}(t) = C_{\text{м.}} \cdot F \cdot dI_{\text{я.в.}}(t); \\ M_{\text{з.м.в.}}(\omega_{2\text{в.}}, t) = \alpha_{\text{т.в.}}(\omega_{2\text{в.}}) \cdot \omega_{2\text{в.}}(t). \end{cases} \quad (1)$$

Нижня кінематична лінія представлена трьохмасовою системою, де першою масою є якорь двигуна, другою - редуктор між якорем і валом, а третьою - обтискний вал. Відповідно з [4] система рівнянь, що описує динаміку даної трьохмасової системи може бути представлена у вигляді

$$\begin{cases} U_{\text{з.н.}}(t) = E_{\text{н.}}(t) + I_{\text{я.н.}}(t) \cdot R_{\text{я.н.}} + L_{\text{я.н.}} \cdot \frac{dI_{\text{я.н.}}(t)}{dt}; \\ J_{1\text{н.}} \cdot \frac{d\omega_{1\text{н.}}(t)}{dt} = M_{\text{ел.н.}}(t) - c_{12\text{н.}} \cdot (\varphi_{1\text{н.}}(t) - \varphi_{2\text{н.}}(t)) - \alpha_{\text{н.}} \cdot (\omega_{1\text{н.}}(t) - \omega_{2\text{н.}}(t)); \\ J_{2\text{н.}} \cdot \frac{d\omega_{2\text{н.}}(t)}{dt} = c_{12\text{н.}} \cdot (\varphi_{1\text{н.}}(t) - \varphi_{2\text{н.}}(t)) - c_{23\text{н.}} \cdot (\varphi_{2\text{н.}}(t) - \varphi_{3\text{н.}}(t)) + \\ + \alpha_{\text{н.}} \cdot (\omega_{1\text{н.}}(t) - \omega_{2\text{н.}}(t)) - \alpha_{\text{н.}} \cdot (\omega_{2\text{н.}}(t) - \omega_{3\text{н.}}(t)); \\ J_{3\text{н.}} \cdot \frac{d\omega_{3\text{н.}}(t)}{dt} = c_{23\text{н.}} \cdot (\varphi_{2\text{н.}}(t) - \varphi_{3\text{н.}}(t)) + \alpha_{\text{н.}} \cdot (\omega_{2\text{н.}}(t) - \omega_{3\text{н.}}(t)) - M_{\text{з.м.н.}}(\omega, t) - M_{\text{с.н.}}(t); \\ E_{\text{н.}}(t) = C_{\text{е.}} \cdot F \cdot \omega_{1\text{н.}}(t); \\ M_{\text{ел.н.}}(t) = C_{\text{м.}} \cdot F \cdot dI_{\text{я.н.}}(t); \\ M_{\text{з.м.н.}}(\omega_{2\text{н.}}, t) = \alpha_{\text{т.н.}}(\omega_{2\text{н.}}) \cdot \omega_{2\text{н.}}(t). \end{cases} \quad (2)$$

У даних рівняннях $\omega_{1\text{н.}}(t)$, $\omega_{2\text{н.}}(t)$, $\omega_{3\text{н.}}(t)$, $J_{1\text{н.}}$, $J_{2\text{н.}}$, $J_{3\text{н.}}$, $\omega_{1\text{в.}}(t)$, $\omega_{2\text{в.}}(t)$, $J_{1\text{в.}}$, $J_{2\text{в.}}$ - кутові швидкості обертання та моменти інерції рухомих мас відповідно нижньої та верхньої приводних ліній; $\varphi_{1\text{н.}}(t)$, $\varphi_{2\text{н.}}(t)$, $\varphi_{3\text{н.}}(t)$, $\varphi_{1\text{в.}}(t)$, $\varphi_{2\text{в.}}(t)$ - кути поворотів якоря, редуктора та валка відповідно нижньої та верхньої приводних ліній; $c_{12\text{н.}}$, $c_{23\text{н.}}$, $c_{12\text{в.}}$, $\alpha_{\text{н.}}$, $\alpha_{\text{в.}}$ - коефіцієнти жорсткості та внутрішнього тертя; $M_{\text{ел.н.}}(t)$, $M_{\text{ел.в.}}(t)$ - електромагнітні моменти відповідно нижнього та верхнього двигунів; $M_{\text{з.м.н.}}(\omega, t)$, $M_{\text{з.м.в.}}(\omega, t)$ - моменти зовнішнього тертя нижнього валків, що враховують зміну коефіцієнта зовнішнього тертя як функцію від швидкості обертання валу; $\alpha_{\text{т.н.}}$, $\alpha_{\text{т.в.}}$ - коефіцієнти зовнішнього тертя.

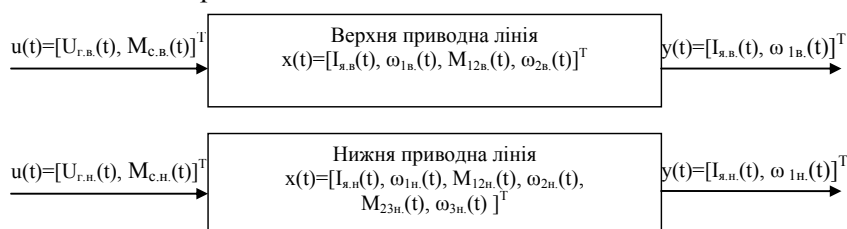


Рис. 2. Параметри приводних ліній

Застосування підходів оптимального стохастичного керування передбачає приведення математичної моделі об'єкта керування

до представлення у просторі станів. Для цього необхідно визначити склад вектору стану $x(t)$, вектору керування $u(t)$ та вектору виходу $y(t)$ (рис. 2).

Після лінеаризації нелінійного моменту зовнішнього тертя в першому наближенні математичну модель верхньої кінематичної ланки можна представити наступними матрицями

$$A_{\text{в.}} = \begin{bmatrix} -\frac{R_{\text{я.в.}}}{L_{\text{я.в.}}} - \frac{C_{\text{е}} \cdot F}{L_{\text{я.в.}}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{C_{\text{м}} \cdot F}{J_{1\text{в.}}} - \frac{\alpha_{\text{в.}}}{J_{1\text{в.}}} & -\frac{1}{J_{1\text{в.}}} & \frac{\alpha_{\text{в.}}}{J_{1\text{в.}}} & 0 \\ 0 & c_{12\text{в.}} & 0 & -c_{12\text{в.}} \\ 0 & \frac{\alpha_{\text{в.}}}{J_{2\text{в.}}} & \frac{1}{J_{2\text{в.}}} & \frac{(-\alpha_{\text{з.т.в.о.}} - \alpha_{\text{в.}})}{J_{2\text{в.}}} \end{bmatrix}; B_{\text{в.}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_{\text{я.в.}}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\omega_{20}}{J_{2\text{в.}}} & \frac{2 \cdot \omega_{20} \cdot \alpha_{\text{з.т.в.о.}}}{J_{2\text{в.}}} & \frac{1}{J_{2\text{в.}}} \end{bmatrix};$$

$$C_{\text{в.}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

а модель нижньої кінематичної ланки матрицями

$$A_{\text{н.}} = \begin{bmatrix} -\frac{R_{\text{я.н.}}}{L_{\text{я.н.}}} - \frac{C_{\text{е}} \cdot F}{L_{\text{я.н.}}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{C_{\text{м}} \cdot F}{J_{1\text{н.}}} - \frac{\alpha_{\text{н.}}}{J_{1\text{н.}}} & -\frac{1}{J_{1\text{н.}}} & \frac{\alpha_{\text{н.}}}{J_{1\text{н.}}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{12\text{н.}} & 0 & -c_{12\text{н.}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_{\text{н.}}}{J_{2\text{н.}}} & \frac{1}{J_{2\text{н.}}} & -\frac{2 \cdot \alpha_{\text{н.}}}{J_{2\text{н.}}} & -\frac{1}{J_{2\text{н.}}} & \frac{\alpha_{\text{н.}}}{J_{2\text{н.}}} \\ 0 & 0 & 0 & c_{23\text{н.}} & 0 & -c_{23\text{н.}} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\alpha_{\text{н.}}}{J_{3\text{н.}}} & \frac{1}{J_{3\text{н.}}} & \frac{(\alpha_{\text{з.т.н.о.}} - \alpha_{\text{н.}})}{J_{3\text{н.}}} \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_{\text{я.н.}}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\omega_{30}}{J_{3\text{н.}}} & \frac{2 \cdot \omega_{30} \cdot \alpha_{\text{з.т.н.о.}}}{J_{3\text{н.}}} & -\frac{1}{J_{3\text{н.}}} & 0 & 0 \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

де ω_{20} , ω_{30} - робочі значення кутових швидкостей обертання відповідно верхнього та нижнього валка, $\alpha_{\text{з.т.в.о.}}$, $\alpha_{\text{з.т.н.о.}}$ - робочі значення коефіцієнтів зовнішнього тертя відповідно для верхнього і нижнього валків.

Стохастичні системи керування функціонують під постійним впливом випадкових чинників, і тому передбачити процес функціонування системи тільки за відомим вектором керуючих впливів неможливо. Тому для формування керуючих дій, адекватних до технологічних ситуацій, що виникають в процесі функціонування системи керування, вона повинна бути замкненою. При цьому інформація про вектор стану є неповною, внаслідок чого окрім оптимального регулятора в оберненому зв'язку необхідно використовувати оптимальний спостерігач стану.

При дії випадкових впливів на об'єкт керування використовується спостерігач стану Калмана-Бьюсі, що відновлює за відомими структурою об'єкта керування, вхідними впливами та станом вихідних змінних фізично невимірювані змінні стану – кутові швидкості обертання об'єктних валів і редуктора, а також пружні моменти.

Рівняння, що описує динаміку оцінки $\hat{x}(t)$, можна представити у вигляді [5]

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = A\hat{x} + Bu + K[y(t) - C\hat{x}(t)], \quad (3)$$

де

$$K = PC^T K_x^{(2)^{-1}}. \quad (4)$$

Отже, рівняння оцінювання змінних стану включає рівняння динаміки об'єкта керування з додаванням коригуючого члена, що враховує похибку оцінювання. Матриці $K_x^{(1)}$ і $K_x^{(2)}$ представляють собою кореляційні матриці шумів об'єкта, тобто збурень, та шуму спостереження і визначаються по кореляційним моментам відповідних випадкових сигналів сформованих форму-

ючим фільтром.

Описана система оптимальна за критерієм якості, що описується функціоналом [6]

$$J = X^T(t_k) \cdot F \cdot X(t_k) + \int_{t_0}^{t_k} (X^T(t) \cdot Q \cdot X(t) + U^T(t) \cdot R \cdot U(t) + 2 \cdot X^T(t) \cdot N \cdot U(t)) dt \quad (5)$$

де Q , R і N - постійні матриці, які мають відповідно розмірності $n \times n$, $n \times m$ і $m \times n$. Матриця Q та N передбачається невід'ємно визначеною, а матриця R - позитивно визначеною. Перший доданок у виразі (5) представляє термінальну похибку, що включається для забезпечення в кінцевий момент часу максимального наближення стану системи до бажаного, а другий доданок представляє узагальнений інтегральний квадратичний критерій. Він включає квадратичну похибку, що характеризує якість керування і обмеження на керуючі впливи.

Для синтезу оптимального лінійно-квадратичного регулятора використано метод динамічного програмування на основі рівняння Белмана, застосовуючи яке до виразу (5) отримано оптимальне управління, що задається рівністю

$$u = -(2N^T + B^T K^T) R^{-1} x. \quad (6)$$

Узгоджене керування обтисненням зливку металу на блюмінгу передбачає одночасне формування сигналу завдання для верхнього і нижнього привода, що відповідає технологічній ситуації, що виникла в процесі функціонування об'єкта - стійкого або нестійкого режиму прокатки. Структурну схему системи узгодженого керування швидкістю обтискних валків на базі нечіткого контролера та оптимальних стохастичних регуляторів наведено на рис. 3.

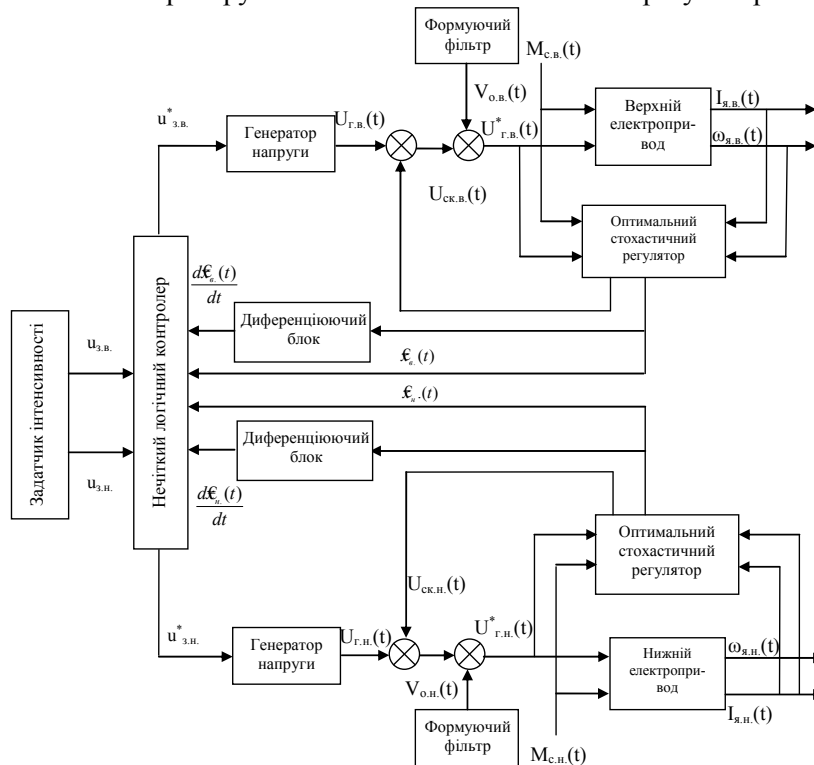


Рис. 3. Структурна схема системи узгодженого керування швидкістю обтискних валків на базі нечіткого контролера та оптимальних стохастичних регуляторів

У даній системі для формування узгодженого керування швидкостями нижнього та верхнього валків використовується нечітка система логічного висновку Такагі-Сугено-Канга, сформована на основі формалізації дій персоналу в стійких та нестійких режимах прокатки. Основою для визначення оптимального співвідношення швидкостей верхнього та нижнього приводів є вхідні сигнали нечіткого контролера, які можна розділити на три групи:

задаючі сигнали із задатчика інтенсивності для верхнього і нижнього приводів: $u_{з.в.}$ та $u_{з.н.}$;

сигнали, відновлені спостерігачами стану Калмана-Бьюсі: пружні моменти в кінематичній лінії стану M_{ij} , кутові швидкості обертання

якорів редуктора та валів - $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ та струму в якорних обмотках $I_{я.в.}, I_{я.н.}$;

сигнали, що характеризують швидкість зміни відновлених параметрів: прискорення обертання якорів редуктора та валів, швидкість зміни пружних моментів.

В нормальному режимі функціонування оптимальний стохастичний регулятор відпрацьовує сигнал завдання, забезпечуючи при цьому оптимальний за критерієм (5) характер динамічних процесів в приводних лініях стану на основі відновленого повного вектору стану. Розузгодження швидкостей обтискних валків, що виникає внаслідок дії перелічених вище факторів визначається нечітким контролером шляхом аналізу прискорень та швидкості зміни пружних моментів, що обчислюються у відповідних блоках. При цьому, якщо розузгодження швидкостей,

що виникло, не пов'язане із технологічною схемою прокатки, то на основі бази правил нечіткий логічний контролер змінює сигнали завдання швидкостей верхнього та нижнього двигунів відповідно до технологічної ситуації, що склалася.

Висновки та напрямки подальших досліджень. В даній статті наведено один із можливих підходів до керування обтисковою кліткою на блюмінгу в нестійких режимах прокатки, зокрема при виникненні буксувань в клітці, що базується на узгодженому формуванні керуючих впливів для кожної з індивідуальних приводних ліній верхнього та нижнього валків. Основу системи керування складає нечіткий регулятор, що формує керуючі впливи, використовуючи повний вектор стану об'єкта керування, що відновлюється стохастичним спостерігачем стану. Напрямком подальших досліджень є моделювання та дослідження динаміки запропонованої системи, а також адаптація спостерігаючого пристрою до зміни параметрів об'єкта керування, зокрема коефіцієнтів тертя між обтискними валками і зливком металу.

Список літератури

1. Хомяк А.В., Светличный А.В., Максаев А.П., Розкаряка П.И. Исследование нестационарных процессов работы главного электропривода блюминга // «Вісник СХУ». – 2001. – №3(37)
2. Иванченко Ф.К. Динамика и прочность прокатного оборудования / Ф.К. Иванченко, П.И. Полухин, М.А. Тылкин, В.П. Полухин. – М.: Металлургия, 1970. – 486с.
3. Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиец В.В., Кузнецова Л.Г. Цифровое нелинейное робастное управление главным электроприводом блюминга в режиме пробуксовки валков // Електромашинобудування та електрообладнання. – Одеса: 2006. – № 66. – С. 107-108.
4. Башарин А.В. Управление электроприводами: учебн. пос./ А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392с.
5. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. 2-е изд. – М.: «Высшая школа», 2003. – 279.
6. Рэй У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. – 368с., ил.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 681.542.35

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, А.М. МАЦУЙ, кандидати техн. наук, доц.

Кіровоградський національний технічний університет

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОЗРІДЖЕННЯ ПУЛЬПИ У ЗАВИТКОВОМУ ЖИВИЛЬНИКУ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Запропоновано підхід пошуку ділянок незмінного значення випадкового процесу зміни тиску основного перетворювача у прийомальному пристрої завиткового живильника інформаційними технологіями.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В Україні більшість металургійної сировини отримують збагаченням бідних залізних руд, де самим енерговитратним є процес їх подрібнення. Міцні залізні руди, частка яких в Україні є значною, подрібнюють відповідно технологічній схемі - стержневий млин у розімкнутому циклі, а кульовий млин - у замкнутому циклі з двоспіральним класифікатором. Кульовий млин, який подрібнює піски двоспірального класифікатора і несе основне навантаження, працює не в оптимальному режимі, оскільки у ньому не підтримується необхідне значення розрідження пульпи. За таких умов не забезпечується найбільш ефективне використання куль, футерівки, електричної енергії, що призводить до значних економічних збитків. Такий стан роботи технологічного обладнання не відповідає вимогам законодавства України про ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та, зокрема, у гірничій галузі. На реалізацію цих задач спрямована також Державна науково-технічна програма "Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі", затверджена Законом України "Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності" і, зокрема, плани наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету та тема "Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора" (0107U005470). Оскільки дана публікація спрямована на розв'язання поставленої задачі, її тема є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. Розрідження пульпи у кульових млинах даного циклу подрібнення не підтримується на необхідному рівні. Запропонований пристрій [1] не може ефек-