

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Анотація. Підвищено ефективність процесу керування шляхом використання впорядкованої інформації з метою формування технічних і технологічних вимог щодо удосконалення технологічного обладнання станів холодної прокатки. Доповнено математичну модель процесів, пов'язаних із силою натягу та відносним подовженням смуги металу, що прокатується, шляхом доповнення моделі функціональними залежностями передаварійної роботи обладнання, з метою підвищення надійності систем керування, скорочення часу і вартості налаштування технологічного процесу.

Вступ. При вимірюванні, контролюванні і дослідженні параметрів технологічного процесу висновки про якість роботи обладнання і систем автоматичного керування робляться на підставі аналізу величин, які отримані при вимірюванні його параметрів. Однак на практиці часто буває важко вимірювати деякі параметри безпосередньо внаслідок конструктивних або технологічних особливостей, тому отримання вимірювальної інформації про ці параметри непрямим шляхом, використовуючи математичні моделі, обумовлюють актуальність цієї роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи автоматизованого контролю, крім кількісного оцінювання параметрів стану об'єкта, дають також якісну його характеристику: чи об'єкт (його параметри) в нормі, чи ні [1]. Однією з нових технологій є технологія віртуальних приладів, що дозволяє створювати системи вимірювання, керування і діагностування різного призначення практично будь-якої продуктивності, включаючи математичне моделювання та тестування цих систем [2]. Також, крім вирішення завдань вимірів / управління, відразу ж можуть вирішуватися і завдання обробки вимірювальної інформації та представлення результатів (автоматизоване формування звітів), що також дозволяє заощадити значну кількість часу [3-4]. Використання цієї технології при практичній реалізації сучасних автоматизованих вимірювальних систем (AIC) є на сьогоднішній день світовою тенденцією [5-7].

Метою даної роботи є розширення можливостей існуючого інформаційно-вимірювального комплексу, на прикладі стана холодної прокатки, шляхом розроблення засобів непрямого вимірювання і контролю сили натягу і відносного подовження смуги металу, що прокатується, для дослідження і використання отриманої інформації при побудові нових і модернізації існуючих систем автоматичного керування станами холодної прокатки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасне металопрокатне виробництво характеризується інтенсифікацією

навантажень на технологічне обладнання, збільшенням швидкості прокатки, обтиску і т.д. У цих умовах зростає роль різних систем автоматичного діагностування, контролю і регулювання, що забезпечують підвищення продуктивності і якості продукції, що випускається [8].

ВАТ «Запоріжсталь» приділяє увагу оперативності отримання інформації з виробництва, обробки та аналізу отриманих результатів. На території цеху холодної прокатки №1 (ЦХП-1) організована локальна мережа персональних комп'ютерів, що дозволяє відслідковувати зміну поточних значень електромеханічних параметрів з будь-якого ПК, а також використання архівних матеріалів для їх вивчення.

Для вирішення завдання вимірювання електромеханічних параметрів в умовах металопрокатного виробництва існує діагностичний багатоканальний комплекс [8]. Комплекс використовує інформацію, отриману від датчиків швидкості, струму і напруги. По кожному з чотирьох електроприводів контролюються такі координати: напруга двигуна, струм збудження, струм якоря, а також швидкість кліті, яка береться з урахуванням каліброваного коефіцієнта пропорційно напрузі тахогенератора.

Проміжок металу між сусідніми агрегатами (рис. 1) [9,10], де, v_{kl2} – лінійна швидкість руху металу через перший та другий агрегат; l – це відстань між сусідніми агрегатами; C_p - жорсткість пружного елемента (транспортований матеріал); F_c - сила натягу смуги.

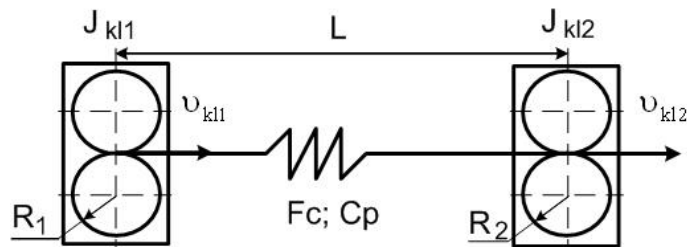


Рисунок 1 – Двомасова електромеханічна система прокатного механізму з кружностями другого роду

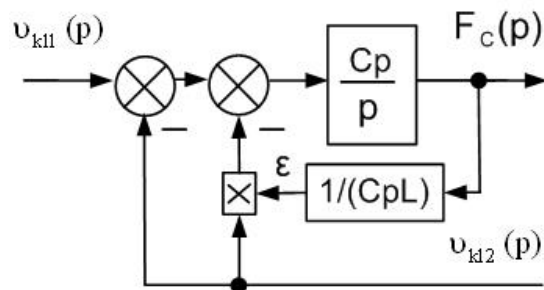


Рисунок 2 - Структурна схема пружного зв'язку другого роду

Згідно з рисунками 1 і 2 деформація матеріалу на ділянці довжиною l описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{v_{kl1}}{l} - (1 + \varepsilon) \frac{v_{kl2}}{l}, \quad (1)$$

де ε – відносне подовження ; v_{kl1} і v_{kl2} – лінійні швидкості матеріалу на виході першого та другого агрегату.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Сила натягу, яка виникає в матеріалі:

$$F_C = C_p \Delta l = C_p l \varepsilon \quad (3)$$

Використовуючи (1) – (3) отримаємо систему рівнянь в операторній формі:

$$\left. \begin{aligned} F_C(p) &= \frac{C_p}{p} \{v_{kl1}(p) - [1 + \varepsilon(p)]v_{kl2}(p)\}; \\ \varepsilon(p) &= \frac{1}{C_p l} F_C(p); \\ v_{kl1}(p) &= R_1 \omega_1(p); \quad v_{kl2}(p) = R_2 \omega_2(p), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де R_1 , R_2 і ω_1 , ω_2 – відповідні радіуси і кутові швидкості першого та другого агрегату.

Використовуючи дані кривої діаграми розтягу [11] відомий математичний опис доповнимо гранично допустимими умовами для сили натягу :

$$0,8F'_{C \max} < F'_C < 0,9F'_{C \max} \quad (5)$$

$$F'_{C \max} = K_r \cdot F_{C \text{rab}}, \quad (6)$$

де K_r – коефіцієнт межі міцності матеріалу ($K_r=1,5$); $F_{C \text{rab}}$ – сила натягу смуги металу при робочих режимах прокатування.

Величини K_r , $F_{C \text{rab}}$ визначаються з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу і геометричних розмірів смуги, що прокатується.

Лінійна швидкість визначається з урахуванням кутової швидкості і поточного значення радіуса рулона:

$$v = \omega R_p / i, \quad (7)$$

де v – лінійна швидкість руху смуги ($v = \text{Const}$),
і – передаточний коефіцієнт редуктора.

Кутову швидкість визначимо з рівняння:

$$\omega = \frac{U_{\text{м}} - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{C_{\text{м}} \Phi} . \quad (8)$$

Таким чином отримано математичний опис для непрямого визначення сили натягу та відносного подовження смуги, що прокатується з урахуванням існуючих встановлених датчиків та встановленого діагностичного комплексу.

Практична цінність полягає в підвищенні ефективності процесу управління якістю продукції на етапах освоєння і вдосконалення виробництва. Шляхом використання повної упорядкування інформації і досвіду експлуатації сортових станів можна формувати технічні і технологічні рішення по модернізації діючого і розробці нового технологічного обладнання на станах.

Висновки. Пропонується вдосконалити існуючий інформаційно-вимірювальний комплекс стана холодної прокатки шляхом розширення кількості контрольованих електромеханічних параметрів цього стана, а саме, вимірювати непрямым шляхом силу натягу та відносного подовження смуги металу, що прокатується, з метою дослідження і використання отриманої інформації при побудові нових і модернізації існуючих систем автоматичного керування станами холодної прокатки.

Використання математичних моделей стану смуги металу, що прокатується, дозволить отримати непрямым шляхом інформацію про силу натягу та відносного подовження смуги металу без використання додаткових датчиків, що обумовить економічну ефективність зазначеного вдосконалення і сприятиме підвищенню якісних показників систем керування станами холодної прокатки.

На основі аналізу отриманих результатів вимірювання можна виділити такі основні етапи напрямків дослідження: аналіз технологічного обладнання; виявлення «проблемних» режимів; дослідження режимів прокатки і їх вдосконалення. Використовуючи дані інформаційно-вимірювального комплексу можна оптимізувати системи керування як окремими каналами, так і багатопараметричною технологічною системою в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник : затв. МОНУ / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Херсон : Олді-плюс, 2013. – 538 с.
2. Евдокимов, Ю.К., Маливанов Н.Н., Кирсанов А.. Разработка и создание региональной дистанционной автоматизированной учебной лаборатории коллективного пользования по общетехническим дисциплинам для ВУЗов и средних учебных заведений республики Татарстан на базе технологии National Instruments // Сб. тр. Междунар. науч. практич. конф. «Образовательные, научные и инженерные

приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments». Москва. 17-18 ноября, 2006. - С. 5-10.

3. Баран, Е.Д., Захаров, П.М., Любенко, А.Ю. Web-лаборатория «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» // Современные технологии автоматизации, 2005. - Т. 1. - С. 128-135.

4. Кирсанов, А.Ю. Методика экспериментального исследования динамики работы системы дистанционного управления экспериментом через информационные сети общего пользования // Электронное приборостроение. Научно-практический сборник, 2005.- № 3(44). - С. 42-49.

5. Buckman, B. VI-Based Introductory Electrical Engineering Laboratory Course // International Journal of Engineering Education, 2000. - Т. 16. - № 3. - С. 25-30.

6. Liu, J. Distributed Distance Measurement for Large-Scale Networks // Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications, 2003. - Т. 41. - № 2. - С. 177- 192.

7. Ponomarev, D.U. Tensor Analysis for Investigation Next Generation Networks // Proceedings of IEEE International Siberian Conference on Control and Communications, Tomsk, 20 november, 2005. - С. 53-57.

8. Назарова, Е. С. Исследование электромеханических процессов дрессировочного стана с помощью диагностирующего многоканального комплекса [Текст] / Е. С. Назарова // Вісник КДПУ. – 2009. – Вип. 3(56). – Ч. 1. – С. 103-106.

9. Sadovoi O., Nazarova O., Bondarenko V., Pirozhok A., Hutsol T., Nurek T., Glowacki Sz. Modeling and research of electromechanical systems of cold rolling mills. Monograph. – Krakow: Traicon, 2020. – 138 p.

10. Nazarova Olena. Computer Modeling of Multi-Mass Electromechanical Systems. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), Vol. 2608, pp. 489-498. CEUR-WS.org/Vol-2608/paper36.pdf

11. Грудев, А. П. Теория прокатки / А. П. Грудев – М: «ИНТЕРМЕТ ИНЖИРИНГ», 2001. – 280 с.