

ВІБРАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ВАЛКОВОГО ФОРМУВАННЯ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація

Запропоновано підхід до раннього виявлення поломок механізмів та обладнання, порушень технологічних режимів валкового формування гнутих профілів шляхом застосування вібраційного моніторингу. Описано алгоритм, що дозволить ідентифікувати відхилення у роботі обладнання ще до настання критичних несправностей, що сприятиме підвищенню надійності виробничих процесів. Розглянуто можливість використання IoT-технологій та нейронних мереж для обробки отриманих даних, що дозволить здійснювати безперервний моніторинг у реальному часі. Для аналізу вібраційних сигналів, виявлення аномалій та прогнозування необхідності технічного обслуговування запропоновано інтегрування сенсорів, алгоритмів обробки сигналів і штучного інтелекту.

Ключові слова: вібрація, діагностика, моніторинг, гнутий профіль, валкове формування, технологічний режим, спектральний аналіз.

Промислове обладнання є складним, і його вихід з ладу може призвести до значних фінансових втрат через простій виробничого процесу. Запобігання таким ситуаціям є основним завданням неруйнівних методів контролю [1]. Контроль вібрацій, що виникають під час експлуатації обладнання, є одним із ефективних методів моніторингу його технічного стану. Вібраційна діагностика базується на фіксації та аналізі механічних коливань, що виникають під час роботи механізмів, що дозволяє виявляти несправності на ранніх стадіях. Зростаючі вимоги до безперебійної роботи обладнання стимулюють розвиток методів аналізу вібраційних сигналів, удосконалення сенсорів, обробки даних та їх інтеграції з технологіями IoT [2], машинного навчання [3] та нейронних мереж [4].

Методи вібраційної діагностики включають аналіз амплітуди та частоти коливань, що допомагає визначити джерело несправності. Вибір підходу залежить від швидкості обертання механізму: низькошвидкісні машини діагностувати складніше через слабку інтенсивність сигналів. Для аналізу вібрацій використовуються методи виділення спектру частот за допомогою, зокрема, швидкого перетворення Фур'є або вейвлет-перетворення. Сучасні підходи включають машинне навчання та IoT-системи для безперервного моніторингу. Згорткові нейронні мережі дозволяють автоматично аналізувати вібраційні дані, підвищуючи точність діагностики. Перспективним напрямом є прогнозування часу до відмови обладнання на основі вібраційних даних, що сприяє впровадженню умовно-прогнозованого технічного обслуговування [3].

Вибір місця встановлення датчика, що контролюватиме вібрації, є важливим етапом. У профілезгинальних станах датчики встановлюють на приводі, редукторах, подушках клітей, робочих валках, а також на полосі заготовки в процесі формотворення. Якщо елементи, що підлягають контролю, нерухомі, датчик вібрації кріплять таким чином, щоб забезпечити надійний контакт. В обертових механізмах необхідно використовувати вібраційні датчики-сенсори з безпроводною передачею даних. Вібрацію полоси заготовки в процесі формотворення можна контролювати контактним способом, а також за допомогою оптичних чи лазерних методів. Передача даних може бути як провідною, так і безпроводною.

Сучасний розвиток мікроелектроніки дозволяє використовувати датчики з мікроконтролерами, які виконують певну попередню обробку інформації – технології IoT. Безпроводна передача даних від датчика до сервера в цифровому вигляді дозволяє здійснювати швидкісний обмін інформацією без втрати даних через вплив промислових перешкод на радіосигнал. Сенсори для контролю вібрацій можуть бути різних типів: MEMS-акселерометр,

п'єзоелектричний акселерометр, датчик переміщення, лазерний доплерівський віброметр, датчик швидкості на основі індукції. Отримані дані з цих сенсорів потребують попередньої обробки, наприклад, фільтрації за допомогою алгоритму фільтра Калмана.

Основний аналіз інформації відбувається на сервері. Отримані дані вібрації потрібно проаналізувати на частотний спектр, що дозволить виділити амплітудно-частотні параметри вібрації. Під час вібраційного моніторингу технологічних режимів валкового формування гнутих профілів різка зміна даного параметру може свідчити про поломку механізмів або порушення режиму профілювання. Використання нейронних мереж для аналізу вібраційних сигналів дозволяє автоматично виявляти аномалії та прогнозувати можливі відмови в обладнанні.

Отже, використання вібраційного моніторингу технологічних режимів валкового формування дозволяє прогнозувати на ранніх етапах розвиток аварійних ситуацій та порушення технологічного режиму формотворення, що сприяє своєчасному усуненню поломок і забезпечує стабільність виробництва. Впровадження IoT технологій у вібраційні датчики дозволяє здійснювати безперервний моніторинг у реальному часі та оперативно виявляти аномалії. Використання автоматизованих систем та IoT, при якому дані з датчиків передаються на сервери для аналізу і подальшого прогнозування потреб в технічному обслуговуванні, є важливою складовою Індустрії 4.0. Ця технологія підвищує ефективність процесів, знижує витрати на ремонт та зменшує ризик аварійних зупинок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sergienko N., Hubskeyi S., Pavlova N., Turchyn O., Hasiuk O., Židek K. Obstacle-Resistant Wireless Strain Gauge Complex for Automated Monitoring of the Steel Structures Condition // EAI ARTEP 2023: EAI International Conference on Automation and Control in Theory and Practice. – 2023. – P. 17–31. DOI: 10.1007/978-3-031-31967-9_2.
2. Turkin I., Leznovskiy V., Zelenkov A., Nabizade A., Volobuieva L., Turkina V. The Use of IoT for Determination of Time and Frequency Vibration Characteristics of Industrial Equipment for Condition-Based Maintenance // Computation. – 2023. – Vol. 11. – P. 1–16. DOI: 10.3390/computation11090177.
3. Scalabrini Sampaio G., Vallim Filho A. R. d. A., Santos da Silva L., Augusto da Silva L. Prediction of Motor Failure Time Using An Artificial Neural Network // Sensors. – 2019. – Vol. 19. – Article ID 4342. DOI: 10.3390/s19194342.
4. Łuczak D. Machine Fault Diagnosis through Vibration Analysis: Time Series Conversion to Grayscale and RGB Images for Recognition via Convolutional Neural Networks // Energies. – 2024. – Vol. 17. – P. 1998. – P. 1–25. DOI: 10.3390/en17091998.

Явтушенко Андрій Володимирович, аспірант кафедри «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: andrii.yavtushenko@gmail.com.

Губський Сергій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: gubskiyso@gmail.com.

VIBRATION MONITORING OF TECHNOLOGICAL MODES OF ROLL FORMING OF BENT PROFILES

Abstract

A method for early detection of mechanical failures and equipment malfunctions, as well as violations of the technological modes of roll forming of bent profiles, is proposed through the application of vibration monitoring. An algorithm is described that enables the identification of deviations in equipment operation before critical failures occur, thereby enhancing the reliability of production processes. The potential use of IoT technologies and neural networks for processing the obtained data is considered, allowing for continuous real-time monitoring. To analyze vibration signals, detect anomalies, and predict maintenance needs, the integration of sensors, signal processing algorithms, and artificial intelligence is proposed.

Keywords: vibration, diagnostics, monitoring, bent profile, roll forming, technological mode, spectral analysis.

Yavtushenko Andrii, PhD student, Department of Computer Modeling and Integrated Forming Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, e-mail: andrii.yavtushenko@gmail.com.

Hubskeyi Serhii, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Modeling and Integrated Forming Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, e-mail: gubskiyso@gmail.com.