

Наука і сучасні технології

УДК 681.518.54

РОЗГІННА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВАЛКОВОГО МЛИНА PFEIFFER AG- MPS 180BK ЯК ДІАГНОСТИЧНА ОЗНАКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЙОГО РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Л.М. Заміховський, Р.Б. Скрип'юк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48000

e-mail: ktsu@nung.edu.ua

Наводяться результати дослідження зміни розгінної характеристики вертикального валкового млина, обумовленої процесом зношування його робочих органів – помельних валків і бігової доріжки помельної чаші.

Ключові слова: вертикальний валковий млин, робочі органи, зношення, розгінна характеристика, модель, методи ідентифікації.

Приводятся результаты исследований разгонной характеристики вертикальной валковой мельницы, обусловленной процессом износа ее рабочих органов – помольных валков и беговой дорожки помольной чашки.

Ключевые слова: вертикальная валковая мельница, рабочие органы, разгонная характеристика, модель, методы идентификации.

The breakdown characteristics of the vertical rolling mill, which is conditioned by the one's working units (milling rollers and the milling cup link rail) wear process investigation results are presented.

Keywords: vertical rolling mill, working units, breakdown characteristics, identification method.

Вертикальний валковий млин є елементом технологічного процесу приготування пилевугільної суміші (далі за текстом – млин) від технічного стану якого залежить ефективність помелу вугілля та якість вихідного продукту. Існуючі методи визначення технічного стану його робочих органів – помельних валків та бігової доріжки помельної чаші є трудомісткими і недостатньо достовірними, у зв'язку із чим на сьогодні відсутні технічні засоби, які б уможливили контроль величин зношування останніх в процесі експлуатації. Вказане призвело до активізації наукових досліджень у даному напрямку. Так, в [1,2] аналізуються чинники, що обумовлюють стан млина як об'єкта контролю, та обґрунтовується напрямок розробки методів контролю стану робочих органів млина за непрямими діагностичними ознаками, а в [3,4] наводяться розроблені методи контролю стану млина за його вібраційними характеристиками та на основі використання методу непараметричної ідентифікації.

Метою даної статті є спроба доведення гіпотези про зміну характеру розгінної характеристики (РХ) млина залежно від величини зно-

шування його робочих органів, оскільки зменшення їх маси, як можна припустити, буде змінювати динамічні характеристики млина, що може проявлятися у зміні кривої розгону.

Розгінна характеристика – це графік зміни швидкості обертання помельної чаші млина після його увімкнення (рис. 1). Вздовж осі ординат відкладено вихідний код імпульсного давача швидкості. Оскільки досліджуватись буде форма характеристики, а не її абсолютні значення, переведення в одиниці вимірювання швидкості не є обов'язковим. Надалі будемо використовувати нормовані характеристики, отримані шляхом ділення на усталене значення, якого досягає швидкість обертання помельної чаші після завершення перехідного процесу.

Розгінну характеристику можна розглядати як відгук системи на функцію Хевісайда – сигнал увімкнення установки, тобто перехідну характеристику системи. Знаючи перехідну характеристику, можна оцінити параметри об'єкта (наприклад, коефіцієнти поліномів або значення нулів і полюсів дробово-раціональної передавальної функції) одним із відомих методів. Таким чином, необхідно вирішити завдання

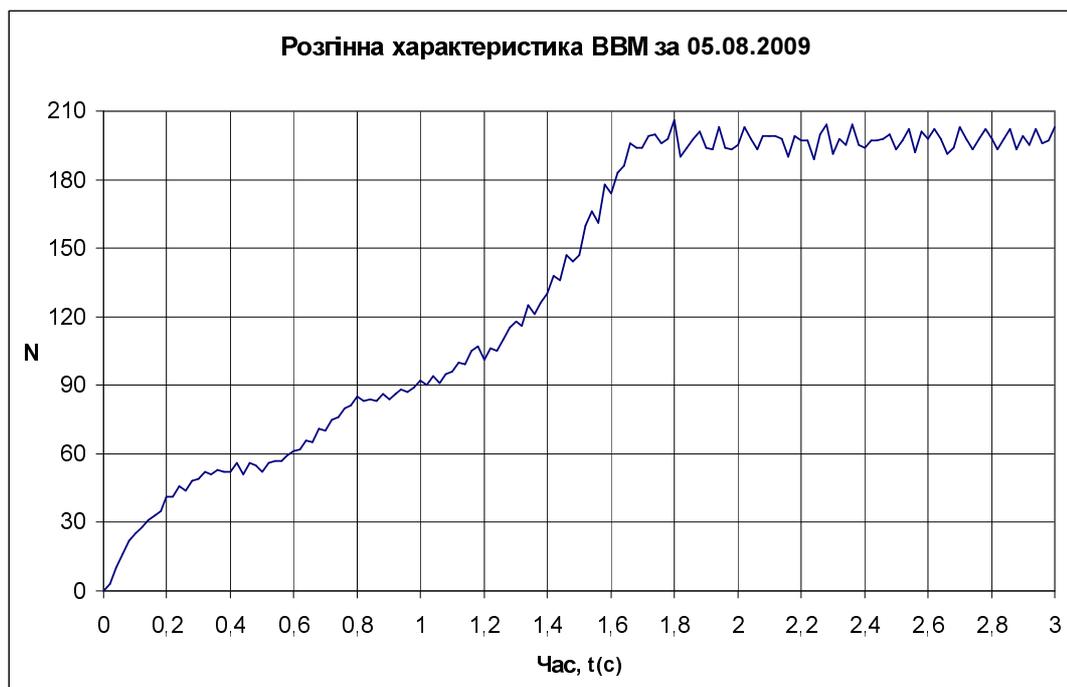


Рисунок 1 – Типова розгінна характеристика млина

ідентифікації лінійної системи за перехідною характеристикою і встановити наявність та характер залежності між величиною зношування робочих органів млина чи часом їх напрацювання з одного боку та значеннями параметрів його передавальної функції – з іншого.

Для систем невисокого порядку (1,2) було розроблено ряд методів (ідентифікація систем другого порядку, ідентифікація методом кратних коренів та ідентифікація дискретних систем довільного порядку [5]), які дозволяють безпосередньо за виглядом перехідної характеристики оцінити значення коефіцієнтів передавальної функції системи. Ідентифікація лінійних динамічних систем переліченими методами може бути реалізована в середовищі Matlab у пакеті System Identification Toolbox [6,7].

Аналіз розгінної характеристики млина

Для визначення найбільш доцільного методу ідентифікації із зазначених вище проаналізуємо вигляд типових РХ млина та систему в цілому з точки зору її аналітичного опису.

Вихідними даними для аналізу є РХ, які були отримані відповідно до затвердженої керівництвом ВАТ «Івано-Франківськцемент» програмою проведення експериментів протягом серпня-листопада 2009 року з періодичністю вимірювань від 3 до 7 днів, а також результати вимірювання величини зношування робочих органів млина, які проводилися згідно методики, розглянутої в [8].

Деякі РХ для прикладу зображено на рис. 2, з якого видно, що вони мають дещо складніший вигляд, ніж типова перехідна характеристика системи другого порядку. Зокрема, на ній можна нарахувати не менше трьох точок перегину, причому кількість таких точок та то-

чність визначення їх положення залежатиме від вибраного способу та якості згладжування. Таким чином, спрощені методи ідентифікації, зазначені вище, непридатні для аналізу об'єкта ідентифікації, оскільки порядок системи є більшим 2.

Розглянемо можливість застосування методу кратних коренів. Як видно з рис. 3, за характером перехідної функції у випадку кратних полюсів передавальної функції також неможливо відтворити особливості експериментальної РХ, оскільки також існує тільки одна точка перегину.

Однак даний метод можна застосувати для наближеного визначення постійної часу, яку можна розглядати як інформативний параметр РХ, що може бути застосований для діагностування. Для перевірки цього припущення було реалізовано алгоритм, описаний в [5] в середовищі MathCad, та проведено розрахунок оптимального порядку і постійної часу досліджуваної системи для всіх РХ, отриманих в період 05.08.2009-27.11.2009р (всього 27 дослідів). На рис.4 показано значення визначених оптимальних порядків (вздовж осі абсцис відкладено час напрацювання в добах, який для першого досліді прийнято рівним 0). Оптимальний порядок в більшості випадків складав 2 (для 17 дослідів) або 3 (для 8 дослідів). Як видно з рис. 5, перехідні характеристики для системи другого та третього порядку за формою суттєво відрізняються від експериментальної кривої, але тривалість перехідного процесу (час встановлення усталеного значення) визначається приблизно правильно.

Слід зауважити, що оскільки постійна часу визначається як $T=S/N$, де S – площа між нормованою перехідною характеристикою та усталеним значенням, а N – порядок системи, то



Рисунок 2 – Експериментальні розгінні характеристики млина

для того, щоб можна було порівнювати постійні часу, визначені для різних дослідів, треба обрати для всіх дослідів одне і те ж значення порядку. Приймаючи $N=2$, отримуємо результат, представлений на рис. 6.

Значення постійної часу змінюються у міру напрацювання достатньо випадковим чином. Втім згладжування результату методом ковзного середнього з Гауссівським вікном шириною 20 днів (штрихова лінія на рис. 6) вказує на незначну тенденцію до зменшення сталої часу із напрацюванням. Однак величина такого зменшення (0,165 – різниця між значеннями постій-

ної часу для першого та останнього дослідів) є навіть меншою, ніж, наприклад, різниця між постійними часу для деяких послідовних дослідів (0,206 для дослідів за 15 вересня та 18 вересня). Випадковий характер зміни постійної часу із напрацюванням не дозволяє використати цей показник в якості діагностичної ознаки. В той же час наявність слабого низхідного тренду вказує на те, що застосування моделей вищих порядків, що більш адекватно описують експериментальні дані, може дати позитивний результат.

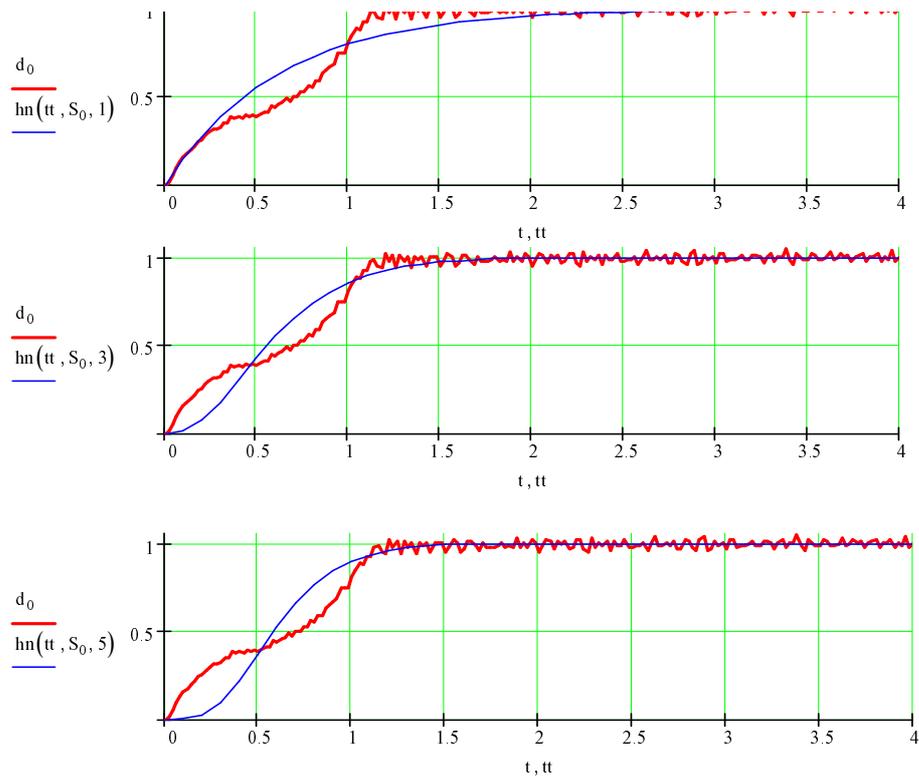


Рисунок 3 – Вигляд перехідної функції у випадку кратних коренів порядків 1, 3 та 5 порівняно з експериментальною РХ

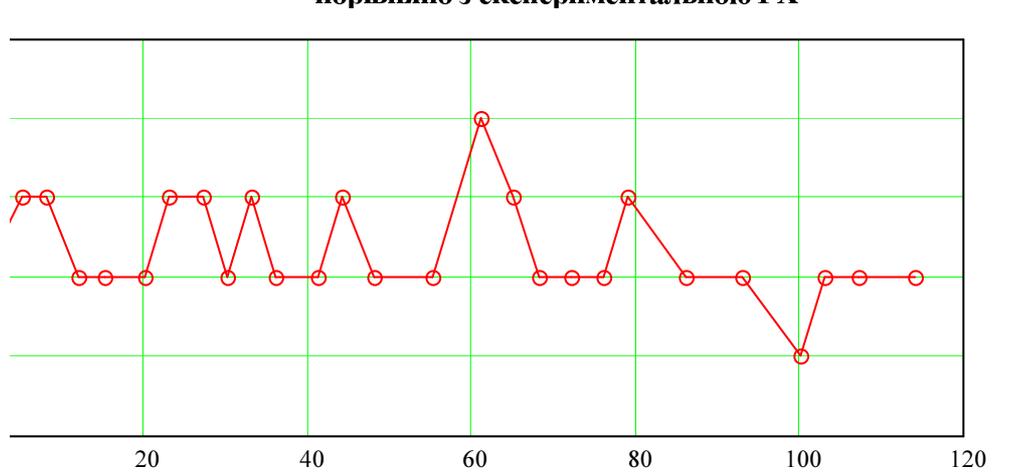


Рисунок 4 – Порядок системи, визначений методом кратних коренів

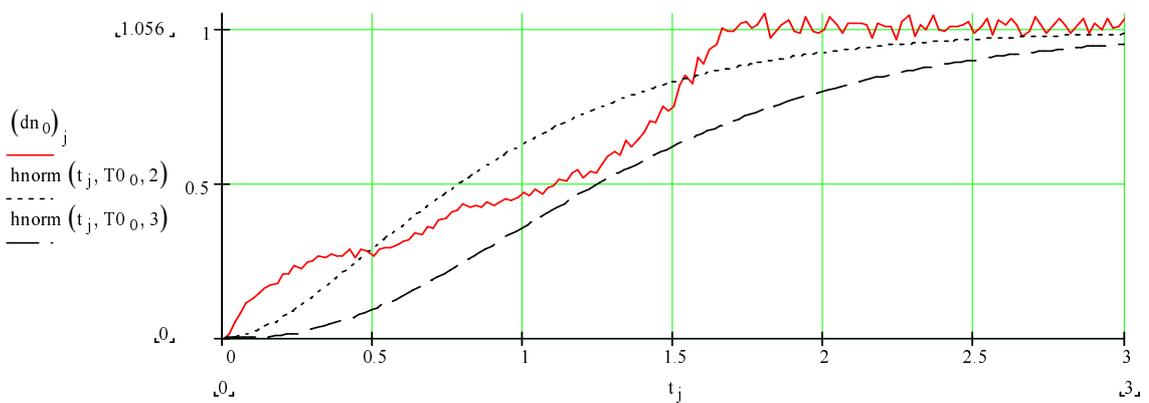


Рисунок 5 – Результат ідентифікації методом кратних коренів

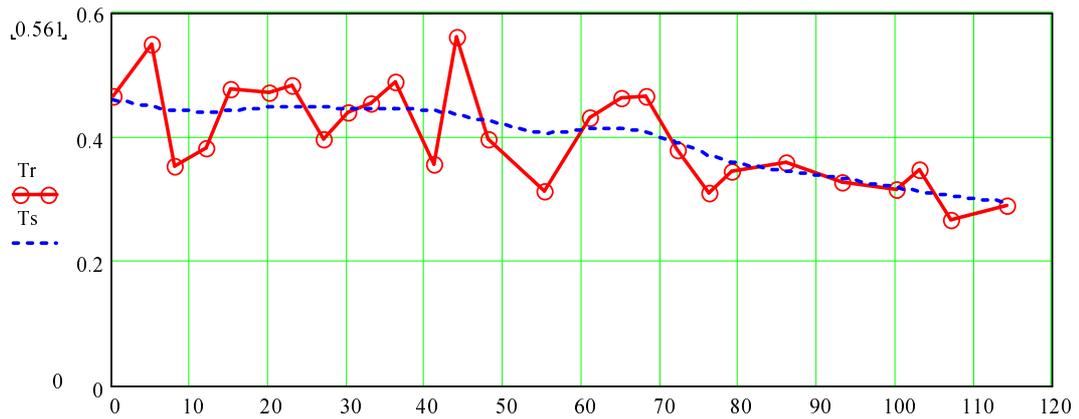


Рисунок 6 – Постійна часу PX залежно від часу напруцювання

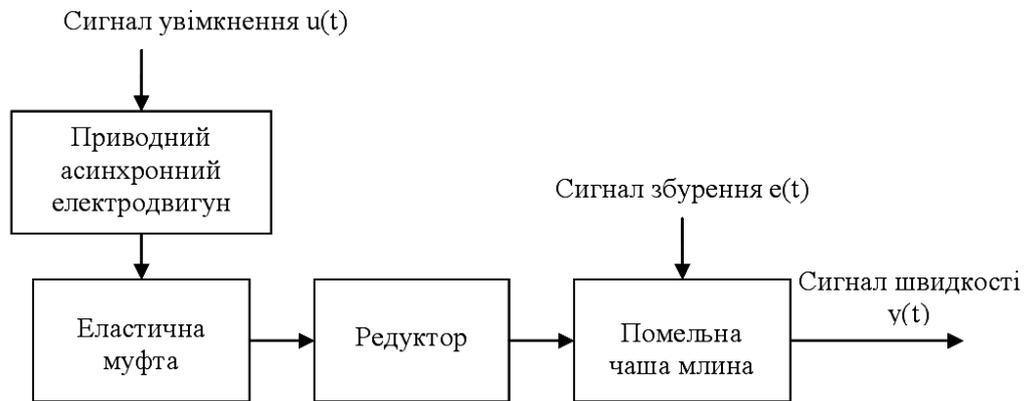


Рисунок 7 – Структурна схема млина

Для визначення орієнтовного порядку моделі розглянемо структурну схему об'єкта дослідження (рис. 7).

Вихідним сигналом системи є швидкість обертання помельної чаші млина. Чаша приводиться у рух за допомогою електропривода, що включає асинхронний трифазний електродвигун потужністю 250кВт із швидкістю обертання 1487 об/хв, еластичну муфту, що виконує функцію захисту вузлів механічних передач від ударних навантажень та вібрації, і планетарного редуктора із вихідною швидкістю 38 об/хв. Роботу млина супроводжують випадкові збурення, зумовлені здебільшого ударними навантаженнями і вібрацією, що виникають у процесі помелу вугілля. Причинами вібрації є неоднорідність розмірів частинок вугілля, що потрапляють між біговою доріжкою помельної чаші і валками, а також шорсткість поверхонь робочих органів, зумовлена як неоднорідністю їх зношування [8] в процесі роботи, так і неідеальністю наплавлення зношених фрагментів.

Асинхронний електродвигун в найпростішому випадку описується передавальною функцією другого порядку відносно швидкості [9]:

$$K(p) = \frac{k}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2) p + 1},$$

де T_1 , T_2 – відповідно електромеханічна постійна часу двигуна та електрична постійна ча-

су обмотки керування. Крім того, статична характеристика асинхронного електродвигуна характеризується нелінійністю на краях інтервалу допустимих значень та зоною нечутливості в околі нуля, однак для широкого діапазону робочих значень ці ефекти можна не враховувати.

В середовищі Matlab (бібліотека SimPowerSystems) електрична частина асинхронного трифазного двигуна описується моделлю четвертого порядку, а механічна – моделлю другого порядку відносно кута обертання. Відповідно, відносно швидкості обертання порядок моделі дорівнює п'яти.

На рис.8 наведена перехідна характеристика асинхронного трифазного електродвигуна, побудована в середовищі Matlab з використанням бібліотечної моделі двигуна з характеристиками, найбільш близькими до того, що використовується в об'єкті дослідження.

Еластична муфта може бути змодельована як ланка першого або другого порядку [9]. Редуктор в більшості випадків описують як підсилювальну ланку, коефіцієнт передачі якої дорівнює передавальному числу редуктора. Якщо враховувати інерційні властивості зубчастих коліс редуктора, його також слід описувати як ланку першого порядку відносно швидкості. Рух помельної чаші також описується лінійним диференціальним рівнянням другого порядку відносно кута обертання.



Рисунок 8 – Перехідна характеристика асинхронного електродвигуна

Таким чином, загальний порядок системи залежно від ступеня прийнятих спрощень може складати від 4 до 10. Ідентифікацію такої системи найбільш доцільно проводити з використанням існуючих пакетів математичної обробки, наприклад Matlab System Identification Toolbox.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено наявність залежності між ступенем зношування робочих органів вертикального валкового млина та його розгінною характеристикою. Використаний в дослідженні простий метод ідентифікації не дозволяє виділити адекватну діагностичну ознаку для визначення технічного стану об'єкта, тому для практичного використання даної залежності необхідно застосувати складніші методи ідентифікації лінійних динамічних систем використовуючи моделі вищих порядків.

Література

1 Скрип'юк Р.Б. Аналіз факторів, що обумовлюють стан вертикального валкового млина як об'єкта контролю / Р.Б. Скрип'юк // Наукові вісті інституту менеджменту і економіки «Галицька академія». – 2007. – Вип. 2(10). – С.4-8.

2 Скрип'юк Р.Б. Вибір діагностичних ознак стану вертикального валкового млина / Р.Б. Скрип'юк // Наукові вісті інституту менеджменту і економіки «Галицька академія». – Івано-Франківськ. – 2005. – Вип.2(8). – С.128-132.

3 Заміховський Л.М. Метод контролю технічного стану вертикального валкового млина AG MPS 180 ВК за його вібраційними характеристиками [Текст] / Л.М.Заміховський, Р.Б.Скрип'юк, В.А.Ровінський // Нафтогазова енергетика. – 2010. – № 1(12). – С.138-142.

4 Заміховський Л.М. Використання методу непараметричної ідентифікації для діагностування технічного стану робочих органів вертикального валкового млина AG MPS 180 ВК [Текст] / Л.М.Заміховський, Р.Б.Скрип'юк // Вісник нац. тех. ун-ту «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – С. 89-93.

5 Дьяконов В MatLab. Анализ, идентификация и моделирование систем: специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.

6 Candy J. V. Model-based signal processing. – John Wiley & Sons, 2006. – 677с.

7 Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 с.

8 Заміховський Л.М. Дослідження зношення робочих органів вертикального валкового млина MPS 180 ВК [Текст] / Л.М.Заміховський, Р.Б.Скрип'юк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2008. – №72. – С. 34-39.

9 Башарин А.В. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с

Стаття надійшла до редакційної колегії
02.12.10

Рекомендована до друку професором
М.І. Горбійчуком