

СИСТЕМА ЕКСТРЕМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МОЛОТКОВОЇ КОРМОДРОБАРКИ

*Д. Л. Кошкін, кандидат технічних наук
Миколаївський національний аграрний університет*

Статтю присвячено питанню впровадження енергоефективних технологій в сільському господарстві. З метою покращення енергетичних показників технологічного процесу дроблення запропоновано використання системи екстремального керування електроприводом дробарки з кроковим пошуком екстремуму по двох координатах: швидкість обертання робочого органу дробарки та подача матеріалу. Наведено структурну та функціональну схеми системи керування, розглянуто алгоритми роботи.

Ключові слова: *кормодробарка, керований електропривод, система екстремального керування,*

Постановка проблеми. Кормоприготування в сільсько-господарському виробництві є енергоємним технологічним процесом. Операція подрібнення є основною при готуванні комбікормів, в процесі якої подрібнюється зерно, стеблові соковиті і грубі корми, коренеплоди тощо. Кількість енергії, яка необхідна для подрібнення будь-якого матеріалу до певних розмірів, залежить від багатьох факторів: розміру, вологості, форми, взаємного розташування часток, міцності, крихкості, однорідності вхідного матеріалу, виду і стану робочих поверхонь машини. Тому встановлення аналітичної залежності між витратою енергії на здрибнювання, фізико-механічними властивостями матеріалу, що подрібнюється, і результатом процесу можливе лише в загальному виді. В такому випадку, при проектуванні керованого електроприводу дробарки є доцільним використання адаптивних систем екстремального керування (СЕК), які використовують пошукові методи для налаштування системи на оптимальний режим роботи за певним критерієм, наприклад за енергетичними показниками процесу.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням адаптивних екстремальних електроприводів займалися як вітчизняні С. М. Меєрков, І. Я. Браславський, Р. Т. Шрейнер, В. Н. Поля-

© Д.Л. Кошкін, 2014

ков [2, 5], так і закордонні вчені **K. J. Astrom**, **B. Wittenmark**, **Wang**, **M. Krstic** [7, 9]. В оглядовій роботі **Y. Tan** і співавторів [9] виконана систематизація знань по екстремальним електроприводам і наведені результати останніх досліджень, що засвідчують перспективність використання таких електроприводів та визначають цей напрям як один з багатообіцяльних в розвитку адаптивних систем керування.

Дослідження Андропова А. Л. [1] та публікація **P. Hofer** [8] показують можливості підвищення енергоефективності технологічних процесів в сільському господарстві за допомогою екстремальних електроприводів. Однак досі недостатньо уваги приділено питанню застосування адаптивних СЕК електроприводом молоткової дробарки.

Мета дослідження. Пропонується для керування автоматизованим електроприводом дробарки використати систему екстремального керування з кроковим пошуком екстремуму за критерієм енергоефективності процесу дроблення по двох координатах: швидкість обертання робочого органу дробарки ω та подача матеріалу Q .

Викладення основного матеріалу. Енергетичні характеристики кормоприготувальних подрібнювальних машин оцінюються питомою витратою енергії на одиницю маси готової продукції або енергоємністю $W_{\text{пит}}$. Як показують дослідження, залежності енергоємності процесу подрібнення в молотковій дробарці від швидкості обертання та від подачі матеріалу (рис. 1) мають явно виражений екстремальний характер [3].

Електропривод молоткових дробарок здебільшого буде створено на базі короткозамкнених асинхронних двигунів, тому очевидним напрямком розвитку представляється використання регульованих електроприводів в привідних механізмах, оскільки енергетична оптимізація технологічного процесу дроблення приводить до необхідності регулювання подачі сировини та швидкості робочих органів.

Електродвигун приводу робочих органів дробарок повинен мати досить жорсткі механічні характеристики, значну перевантажувальну здатність (до трьох і більше), гарні пускові

властивості, можливість економічного регулювання швидкості з діапазоном $D = 2 \div 3$.

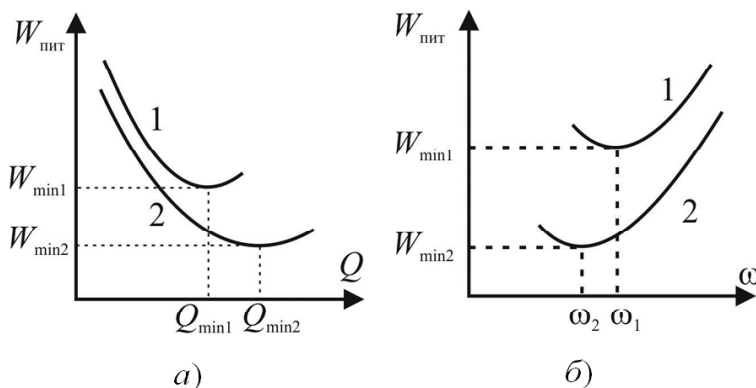


Рис. 1. Залежності питомої енергоємності подрібнення від подачі продукту (а) та від швидкості обертання дробарки (б):
1 – більш жорсткий продукт; 2 – менш жорсткий продукт

Зазначеним вимогам найбільшою мірою відповідає автоматизований частотно-регульований асинхронний електропривод, що працює в режимі стабілізації швидкості. При цьому вирішуються питання пуску, перевантажувальної здатності і плавного регулювання швидкості [6].

Зниження енергоємності продукції також вимагає регулювання подачі, що досягається впровадженням систем керування завантаженням. Найбільш ефективно це реалізується в замкненій системі керування.

Для задоволення всіх наведених вище вимог пропонується наступна структура СЕК електроприводом молоткової дробарки (рис. 2), яка складається з крокової екстремальної системи керування, що обчислює енергетичний показник – питому енергоємність процесу, та двох контурів регулювання подачі Q та кутової швидкості обертання ω .

У локальних контурах стабілізації значень подачі Q та кутової швидкості обертання ω , для керування виконавчими механізмами використовуються ПІД-регулятори. Завдання по

кутовій швидкості обертання і подачі матеріалу формуються в двоканальному кроковому екстремальному регуляторі.

Особливістю запропонованої системи екстремального керування є інтелектуальна надбудова, яка, використовуючи статистичні дані, що знімаються з об'єкта керування в процесі функціонування, може визначати найбільш оптимальний режим роботи дробарки і коректувати роботу системи у випадку відходу від екстремального режиму.

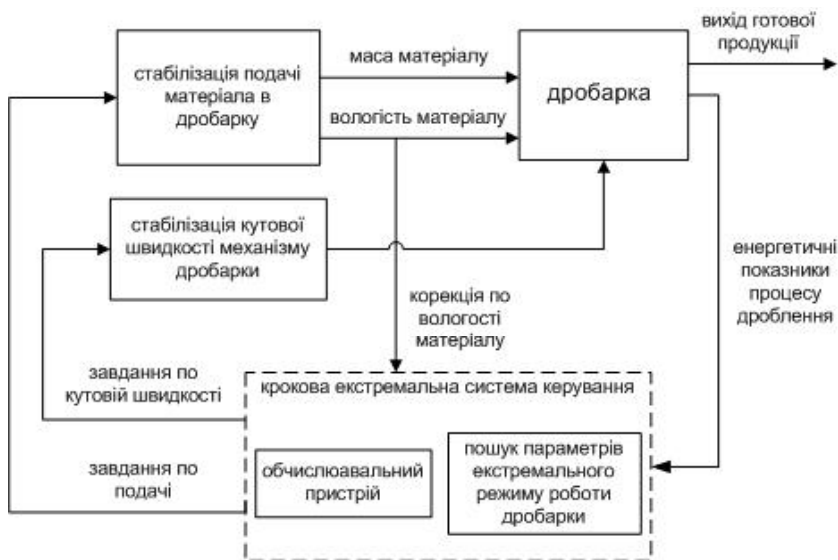


Рис. 2. Функціональна схема SEK процесом дроблення

Робота інтелектуальної надбудови крокової екстремальної системи керування за своїм змістом нагадує проведення активного експерименту. Використовуються дані функціонування SEK для створення бази даних станів, в яких може перебувати об'єкт, з урахуванням вхідного сигналу вологості сировини для корегування «оптимальних поверхонь». Під станом об'єкту або «оптимальною поверхнею» розуміється сукупність вхідного сигналу, що складається зі швидкості обертання робочого органу дробарки та подачі матеріалу, і відповідного йому вихідного сигналу – показника енергоємності процесу.

В ході дослідження була розроблена імітаційна модель СЕК електроприводом дробарки на базі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором з живленням від частотного перетворювача (рис. 3). Для визначення показника енергоефективності технологічного процесу дроблення на вхід системи керування подаються сигнали подачі вхідного продукту та корисної потужності електродвигуна. Останній обчислюється наступним чином: в блоці множення (квадратор) сигнал датчика напруги збільшується квадратично; далі помножений сигнал напруги надходить на блок множення з постійним коефіцієнтом k , де відбувається множення квадратичного сигналу U^2 напруги на коефіцієнт k , а в наступному блоці множення на вихідний сигнал датчика швидкості ω .

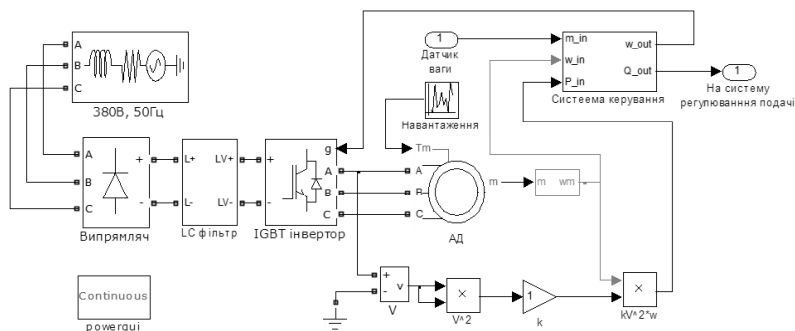


Рис. 3. Імітаційна Matlab/Simulink-модель СЕК електроприводом дробарки

Система керування обчислює показник енергоемності процесу та його похідну, яка дозволяє здійснювати пошуковий процес для підтримки мінімуму втрат при зміні подачі продукту і частоти обертання робочого органу дробарки. Значення похідної може мати різнополярні значення залежно від величини навантаження. При зміні навантаження на валу двигуна від нуля до номінального знак сигналу позитивний, а при збільшенні навантаження вище номінального – негативний.

Висновки. 1. Внаслідок використання СЕК електроприводом молоткової дробарки мінімізуються втрати електричної енергії в технологічному процесі дроблення залежно від навантаження на валу двигуна і підвищується енергоефективність всього процесу. 2. Використання статистичної інформації в інтелектуальній надбудові СЕК електроприводом дробарки дозволяє прискорити процес виходу системи на екстремальний режим роботи. Наступні дослідження будуть присвячені більш детальному розробленню структури та алгоритмів роботи пошукової системи.

Список использованных источников:

1. Андронов А. Л. Обоснование энергоэффективных режимов частотно-регулируемых электроприводов в агропромышленном комплексе : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / А. Л. Андронов: Алт. гос. техн. ун-т. им. И. И. Ползунова, Барнаул, 2005. — 24 с.
2. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков; под ред. И. Я. Браславского. М. : Издательский центр «Академия», 2004. 256 с.
3. Епифанов А. П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие / Епифанов А. П., Гуцинский А. Г., Малайчук Л. М. — СПб. : Издательство «Лань», 2010. — 224 с.
4. Пат. 2069032 Российская Федерация, МКП H02P7/36. Асинхронный электропривод с экстремальным управлением / Хашимов А. А. Имамназаров А. Т. ; Сабилов Ш. М., заявитель Ташкентский технический государственный университет им. А.Р. Бируни., патентообладатель Хашимов А. А. — № 5037926/07; заявл. 16.04.1992; опубл. 10.11.1996.
5. Поляков В. Н. Экстремальное управление электрическими двигателями / В. Н. Поляков, Р. Т. Шрейнер; под общей ред. д-ра техн. наук, проф. Р. Т. Шрейнера. Екатеринбург: УГТУ — УПИ, 2006. 420 с.
6. Терехов В. М. Современные способы управления и их применение в электроприводе / В.М. Терехов // Электротехника. — 2000. — № 2. — С. 25 — 28.
7. Astrom K. J. Adaptive control (2nd ed.) / K. J. Astrom, B. Wittenmark. — Reading, MA : Addison-Wesley, 1995. — P. 580.
8. Hofer P. Measures for increasing the energy efficiency of UFA feed mills in Switzerland / Peter Hofer, Viktor Borner, — Feed Compounder. — ISSN 0950 — 771X, March/April 2013, Vol.33 № 2. — Pentlands Publishing Ltd. : Bakewell. — Page 52 — 54.
9. Tan Y. Extremum Seeking From 1922 To 2010 / Y. Tan, W.H. Moase, C. Manzie, D. Netic, I.M.Y. Mareels. — Proceedings of the 29th Chinese Control Conference July 29 — 31, 2010, Beijing, China, pp. 14 — 26.

Д. Л. Кошкин. Система экстремального управления электроприводом молотковой кормодробилки.

Статья посвящена вопросу внедрения энергоэффективных технологий в сельском хозяйстве. Для улучшения энергетических показателей технологического процесса дробления предлагается применение системы экстремального управления электроприводом дробилки с шаговым поиском экстремума по двум координатам: скорость вращения рабочего органа дробилки и подача материала. Приведены структурная и функциональная схемы системы управления, рассмотрены алгоритмы работы.

D. Koshkin. The system of extreme electric driving by hammer feed grinder

The article focuses on the implementation of energy efficient technologies in agriculture. The use of feed grinder's electric drive with extreme control system to the extremum index is investigated by two coordinates: the grinder rotational speed and the material feed. It is proposed to improve the energy performance of the crushing process. The structural and functional schemes of the control system are given.