

УДК 621.327.539

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОБАРОК

Синявський О. Ю.¹, Савченко В. В.², Олійник В. А.³

¹канд. техн. наук, доцент, ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», м. Ніжин, sinyavsky2008@ukr.net

²канд. техн. наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

³студент магістратури, ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Анотація *При відхиленні напруги змінюється кутова швидкості двигуна, яка, в свою чергу, обумовлює зміну технологічних характеристик робочих машин.*

Отримані залежності продуктивності, питомої витрати енергії та модуля помелу дробарок від напруги. Встановлено, що при зниженні напруги на 20 % продуктивність дробарок зменшується на 2 % і збільшується модуль помелу. При цьому до 5 % зменшується питома витрата енергії.

Ключові слова: *дробарка, електропривод, відхилення напруги, продуктивність, питома витрата енергії, модуль помелу*

Постановка проблеми. Відхилення напруги в електромережі від нормованих значень призводить до економічних збитків [1], які мають дві складові: електромагнітну і технологічну. Електромагнітна складова визначається в основному втратою активної потужності і зміною терміну служби ізоляції електрообладнання. Технологічна складова збитків обумовлена впливом якості електричної енергії на продуктивність технологічних установок та собівартість продукції, що випускається [2].

Допустиме відхилення напруги в Україні становить $\pm 5\%$, а гранично допустиме її відхилення $\pm 10\%$. Проте фактичне відхилення напруги значно перевищує допустиме значення.

Математичне очікування відхилення напруги знаходиться в межах 16 %, а діапазон зміни напруги складає 15–28 % від номінального [3].

Відхилення напруги викликає зміну кутової швидкості двигуна, яка, в свою чергу, обумовлює зміну технологічних характеристик робочих машин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У результаті проведених проф. І.І. Ревенком експериментальних досліджень встановлено, що швидкість молотків є найсуттєвішим фактором подрібнення у молотковій дробарці [4]. Підвищення кутової швидкості дробильного ротора підвищує інтенсивність подрібнення внаслідок збільшення швидкості деформування і руйнування частинок перероблюваного матеріалу, які зі зростанням деформації поведуть себе як більш крихкі тіла. Однак практичне застосування підвищення інтенсивності подрібнення за рахунок збільшення швидкості дробильного ротора обмежується пропускну здатністю встановлених решет.

Тому у дії кутової швидкості дробильного ротора на процес подрібнення можна виділити три характерні періоди [4]. У початковий період зростання швидкості обумовлює підвищення подрібнення, внаслідок чого знижується енергоємність процесу, а продуктивність зростає. У найвигідніший для робочого процесу період, який відповідає зміні швидкості у межах від мінімального значення енергоємності до моменту максимальної продуктивності дробарки, дробарка працює з високою продуктивністю, забезпечуючи добру якість подрібнення. Але на пропускну спроможність решіт починає впливати швидкість руху шару перероблюваного матеріалу поверхнею дробильної камери, що впливає на продуктивність і викликає зростання витрати енергії на подрібнення матеріалу. У третій, критичний період затрати енергії на подальше підвищення швидкості не призводять до збільшення продуктивності і достатнього зростання ступеня подрібнення, а викликають надлишкове перетирання продукту.

Мета дослідження – встановити вплив відхилення напруги у мережі живлення на технологічні характеристики і втрати енергії в електроприводі дробарок.

Виклад основного матеріалу. В усталеному режимі роботи асинхронний двигун працює на робочій ділянці механічної характеристики, яку можна вважати лінійною [5], тобто

$$M_{\delta} = \beta_{\delta}(\omega_0 - \omega), \quad (1)$$

де M_{δ} – момент двигуна, Н·м; β_{δ} – жорсткість механічної характеристики електродвигуна, Н·м·с; ω_0 – синхронна кутова швидкість, с⁻¹; ω – задана кутова швидкість, с⁻¹.

При відхиленні напруги механічна характеристика електродвигуна на робочій ділянці опишеться рівнянням:

$$M_{\delta} = \beta_{\delta}U_*^2(\omega_0 - \omega), \quad (2)$$

де $U_* = U/U_n$ – напруга у відносних одиницях.

Механічна характеристика дробарок:

$$M_c = M_0 + (M_{cn} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2, \quad (3)$$

де M_c – момент статичних опорів робочої машини, Н·м, при заданій кутовій швидкості; M_0 – початковий момент, Н·м; M_{cn} – момент статичних опорів, Н·м, при номінальній кутовій швидкості; ω і ω_n – задане і номінальне значення кутової швидкості, с⁻¹.

В усталеному режимі роботи

$$\beta_{\delta}U_*^2(\omega_0 - \omega_n\omega_*) = M_0 + (M_{cn} - M_0)\omega_*^2, \quad (4)$$

де $\omega_* = \omega/\omega_n$ – кутова швидкість у відносних одиницях.

Після перетворень отримаємо:

$$U_* = \sqrt{\frac{M_0 + (M_{cn} - M_0)\omega_*^2}{\beta_{\delta}(\omega_0 - \omega_n\omega_*)}}. \quad (5)$$

Якщо знехтувати початковим моментом $M_0=0$, то

$$U_* = \sqrt{\frac{\hat{E}_{\zeta}\omega_*^2s_t}{s}} = \frac{1-s}{1-s_t} \sqrt{\frac{\hat{E}_{\zeta}s_t}{s}}. \quad (6)$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна, s_n – номінальне ковзання двигуна.

Оскільки відхилення напруги від номінального значення викликає зміну кутової швидкості дробарок, то змінюються їх продуктивність, питома витрата енергії і модуль помелу.

Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній установці, виконаній на базі універсальної молоткової дробарки КДУ-2 [5] з переобладнанням, що дозволило в заданих межах змінювати досліджувані параметри. Як перероблюваний матеріал використовували сіно конюшини та люпину.

Залежності питомої витрати енергії і продуктивності дробарки КДУ-2 від напруги для сіна конюшини показані на рис.1, а люпинового сіна – на рис.2. Залежності модуля помелу від напруги показані на рис. 3.

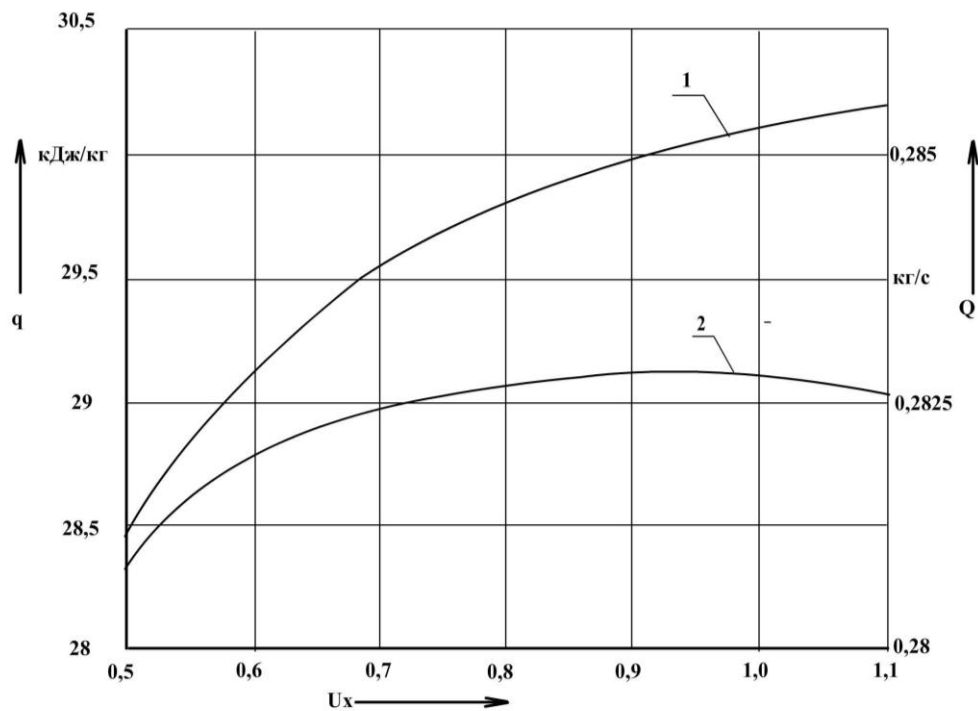


Рис.1. Залежності питомої витрати енергії (1) та продуктивності (2) дробарки КДУ-2 від напруги для сіна конюшини

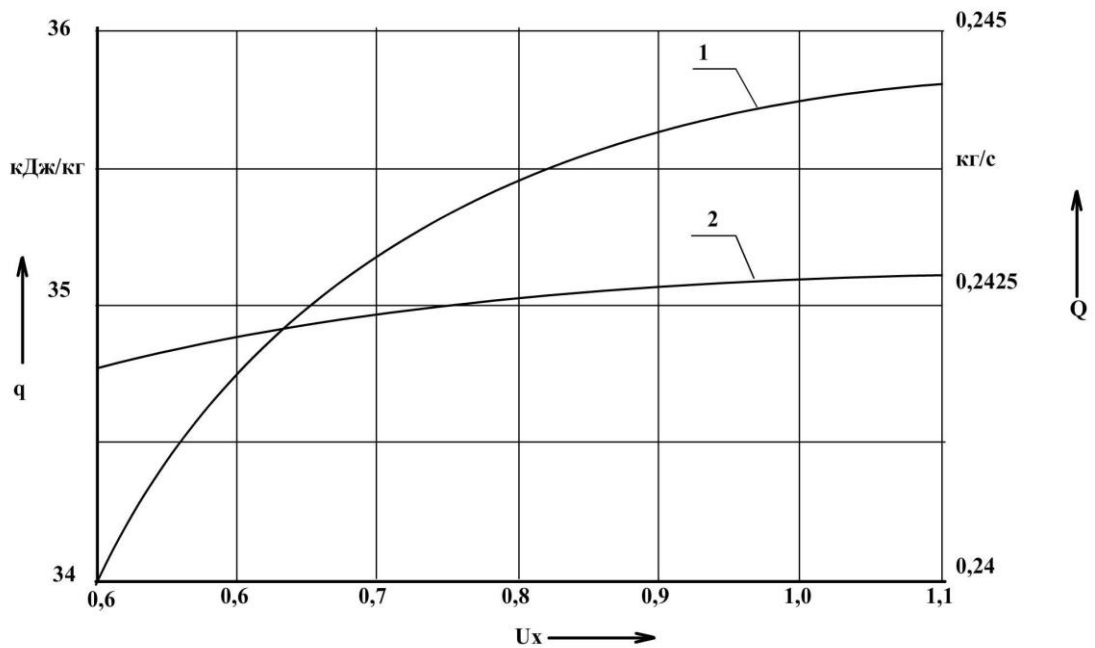


Рис. 2. Залежності питомої витрати енергії (1) та продуктивності (2) дробарки КДУ-2 від напруги для люпинового сіна

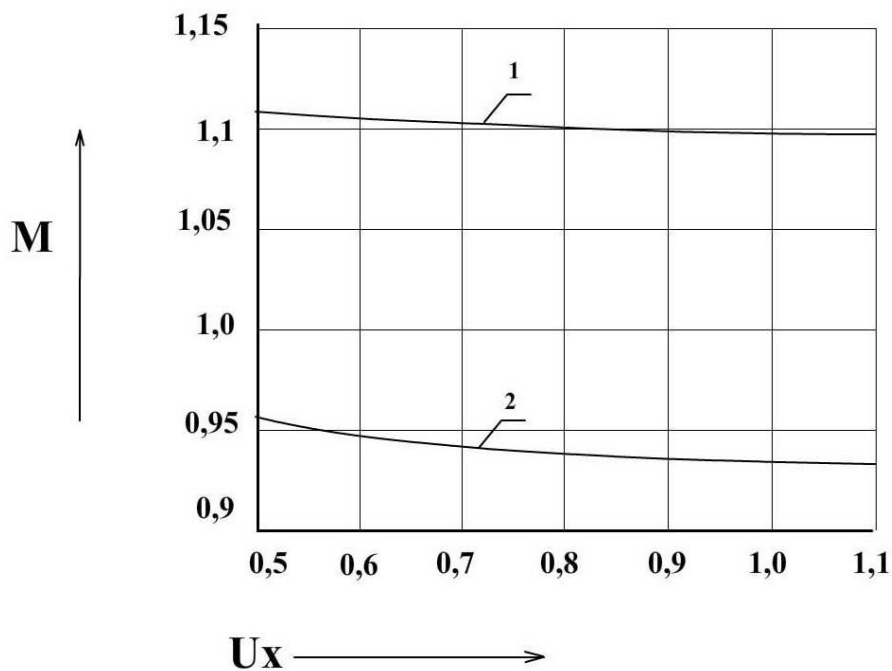


Рис.3. Залежності модуля помелу дробарки від напруги:
1 – люпинове сіно; 2 – сіно конюшини

У результаті проведених досліджень встановлено, що продуктивність дробарки зменшується як при підвищенні, так і при зниженні напруги від номінального значення. Питома витрата енергії при зниженні напруги зменшується, але при цьому нелінійно зростає модуль помелу. При підвищенні напруги зростання питомої витрати енергії не призводить до збільшення продуктивності і ступеня подрібнення, а викликає лише надлишкове перетирання продукту.

Висновки. При відхиленні напруги змінюється за складним алгоритмом кутова швидкість дробарок, що обумовлює зміну продуктивності, питомої витрати енергії і модуля помелу. На основі проведених досліджень встановлено, що при зниженні напруги на 20 % продуктивність дробарок зменшується на 2 % і збільшується модуль помелу. При цьому до 5 % зменшується питома витрата енергії.

Список використаних джерел

1. Вплив якості електроенергії на функціонування споживачів у сільському господарстві / Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко, І.І. Мартиненко [та ін.] // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – №1(6). – С. 3–12.
2. Аванесов В.М. Анализ структуры потерь электрической энергии в электроустановках при отклонении напряжения от оптимального значения / В.М. Аванесов, Е.В. Садков // Энергобезопасность в документах и фактах. – 2005. – №4. – С. 19–21.
3. Перова М.Б. Качество сельского электроснабжения: комплексный подход. – Вологда: Вологодский государственный технический университет, 1999. – 72 с.
4. Ревенко И.И. Исследование влияния основных параметров молотковой дробилки на процесс измельчения стебельчатых материалов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 410 «механизация сельскохозяйственного производства» / Ревенко И.И. – К.: 1968. – 17 с.

5. Основи електропривода / [Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, О. Ю. Синявський та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2016. – 524 с.

**ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОБИЛОК**

Синявский А. Ю., Савченко В. В., Олейник В. А.

***Аннотация.** При отклонении напряжения изменяется угловая скорость двигателя, которая, в свою очередь, обуславливает изменение технологических характеристик рабочих машин.*

Получены зависимости производительности, удельного расхода энергии и модуля помола дробилок от напряжения. Установлено, что при снижении напряжения на 20 % производительность дробилок уменьшается на 2 % и увеличивается модуль помола. При этом до 5 % уменьшается удельный расход энергии.

Ключевые слова: *дробилка, электропривод, отклонение напряжения, производительность, удельный расход энергии, модуль помола*

**INFLUENCE OF VOLTAGE DEVIATION ON
TECHNOLOGICAL AND ENERGY CHARACTERISTICS OF
CRUSHERS**

Sinyavsky O. Yu., Savchenko V. V., Oliynyk V. A.

***Abstract.** When changing the voltage, the angular velocity of the motor varies, which, in turn, causes the change in the technological characteristics of the working machines.*

The dependence of productivity, specific energy consumption and grinding unit of crushers on voltage is obtained. It is established that when the voltage decreases by 20 %, the efficiency of the crushers decreases by 2 % and the grinding unit increases. At the same time, the specific energy consumption decreases to 5 %.

Key words: *crusher, electric drive, voltage deviation, productivity, specific energy consumption, grinding unit*