

## ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОДРІБНЮВАЧІВ ЗЕРНА

Застосування частотнорегульованих електроприводів в сільськогосподарському виробництві дозволяє суттєво поліпшити якість та знизити енерговитрати на виробництво одиниці продукції. Поширенню існуючих електроприводів на базі стандартних перетворювачів частоти перешкоджає відносно велика вартість такого обладнання. Знизити вартість можливо за рахунок використання перетворювачів частоти спрощеної та спеціальної конструкції, зокрема одно-однофазних автономних інверторів напруги з широтно-імпульсною модуляцією напруги.

При створенні системи керування однофазним асинхронним електроприводом на базі автономного інвертора напруги для малогабаритної кормоприготувальної техніки постає необхідність теоретичного і експериментального дослідження параметрів навантаження та параметрів фазозсуваючого конденсаторного блока при зміні проміжної частоти інвертора.

Момент навантаження малогабаритних кормоприготувальних має випадковий характер і може бути представлений як сума детермінованої і ергодичної стаціонарної випадкової функції [1]. Однак, при переробці матеріалів з різними фізико-механічними якостями, постає необхідність визначення постійної часу фільтрів першого порядку та середніх значень моменту навантаження для кожного виду матеріалу.

Використання фазозсуваючих елементів при живленні трифазного асинхронного електродвигуна від однофазного джерела живлення з метою забезпечення високих енергетичних і механічних показників привода при зміні навантаження вимагає регулювання параметрів цих елементів [2, 3, 4]. Можливість регулювання параметрів фазозсуваючого елемента при зміні частотних показників може вирішити проблему створення кругового обертового поля при несиметричному живленні двигуна.

При подрібненні зернового матеріалу на малогабаритній кормоприготувальній машині МКУ-Т-3-1 проводилося визначення моменту навантаження. Для забезпечення точності при визначенні параметрів навантаження дослідне визначення проводилося з використанням базового асинхронного електродвигуна 2АИ80В4ПАУ3 (1,5 кВт, 380 В, 1420 об/хв) та двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Використання двигуна постійного струму дозволило спростити визначення показників робочої машини, отримати розрахункову реалізацію моменту навантаження. Аналіз результатів дав змогу провести попередню оцінку процесу зміни моменту: процес зміни моменту навантаження має настаніонарний і неергодичний характер. Поруч з ділянками стаціонарного процесу спостерігалися ділянки постійних значень моменту (тривалістю до 3-7 с) і ділянки різкої зміни моменту. Характер навантаження визначається нестабільністю подачі матеріалу в робочу камеру та неоднорідністю зернового матеріалу. Для проведення статистичного аналізу було прийнято рішення про заміну нестаніонарних ділянок ділянками зі стаціонарним характером зміни моменту та виключення критичних значень.

При проведенні статистичного аналізу зміни моменту навантаження використовувався пакет Simulink Signal Processing Blockset програмного середовища MATLAB 7. Отримані в результаті проведення обробки дані наведені в таблиці 1.

Загальна довжина виборки склала 150 с, частота виборки – 0,2 с, загальна кількість показника склала 750.

Проведені дослідження дали змогу представити навантаження у вигляді суми детермінованої складової моменту (середнього значення моменту навантаження) і складової, отриманої з виходу фільтру першого порядку з постійною часу 0,1с при виділенні з сигналу блока Band-Limited White Noise. Модель навантаження, наведена на рис. 1, була використана при моделюванні з використанням параметрів базового приводного асинхронного двигуна.

Таблиця 1

Оцінка	Вид матеріалу			
	ячмінь	пшениця	овес	кукурудза
Середнє значення, Нм	2,25	1,62	1,33	1,48
Дисперсія центрованої складової, Нм <sup>2</sup>	0,18	0,11	0,09	0,12
Середньоквадратичне відхилення, Нм	0,05	0,023	0,03	0,028
Частота коливань навантаження, Гц	8,5	7,8	9,2	8,2

Реалізація електромагнітного моменту та моделі моменту навантаження і показники зміни струму при подрібненні ячменя та отримані при моделюванні практично співпадають, що дало змогу провести наступні експериментальні дослідження з визначення середнього значення моменту навантаження для різних зернових культур при зміні кінематичних параметрів робочого органу. Зміна середнього значення моменту навантаження при зміні швидкості робочого органу наведена на рис. 2.

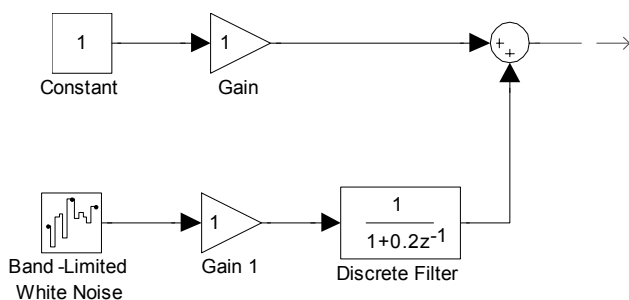
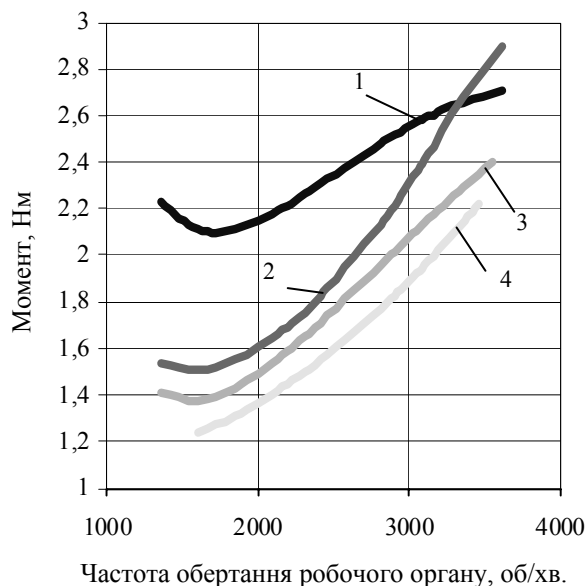


Рис. 1 Структурна схема формування моменту навантаження.



1 – при переробці ячміння; 2 – при переробці пшениці;  
3 – при переробці вівса; 4 – при переробці кукурудзи

Рис. 2 Середнє значення моменту навантаження.

регулювання реактивної потужності до втрат енергії в шунтувальних резисторах та перенапруг в комутаційних апаратах. Існує ще один спосіб регулювання реактивної потужності конденсатора – за рахунок зміни проміжної або несучої частоти інвертора напруги, що призводить до зміни показників імпедансу конденсаторної гілки. Зміна проміжної частоти інвертора напруги призведе до зміни діючого значення напруги і струмів електродвигуна. Негативний вплив на діюче значення напруги компенсується за рахунок зміни коефіцієнту заповнення модуляції сигналу напруги.

Таким чином, отримані на підставі проведення теоретичного моделювання електроприводів подрібнювачів зерна, результати дозволяють зробити обґрунтовані узагальнюючі висновки про те, що представлена модель навантаження є досить ефективним інструментом для дослідження випадкових процесів навантаження і порівняльного аналізу з іншими моделями з метою подальшої оптимізації параметрів електроприводу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Морозов Д.И. Синтез модели формирования момента сопротивления молотковой дробилки/ Д.И. Морозов// Вісник КДПУ. – 2006. - №4(39). – С.46-48.  
[2] Штёлтинг Г. Электрические микромашины: пер. с нем./ Г. Штёлтинг, А. Байссе. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 229 с.: ил.  
[3] Усманходжаев Н.М. Методы регулирования скорости однофазных конденсаторных асинхронных двигателей/ Н.М. Усманходжаев. – М.: Энергия, 1980. – 119 с.  
[4] Глазко Т.А. Полупроводниковые системы импульсного асинхронного электроприводы малой мощности/ Т.А. Глазко, В.И. Хрисанов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 176 с.

При використанні конденсаторних фазозсуваючих елементів при живленні триобмоточних асинхронних двигунів від однофазного джерела виникає необхідність дотримання умови

$$\frac{Q_C}{P_{W1}} = \frac{U_C I_C}{3U_U I_U \cos \phi_U}, \quad (1)$$

де  $Q_C$  – реактивна потужність конденсатора,  
 $P_{W1}$  – активна потужність, споживана з мережі,  
 $U_U, U_C$  – напруга мережі і конденсатора;  
 $I_U, I_C$  – струм в лінії і в конденсаторі.

Причому, при підключенні обмоток асинхронного двигуна за схемою Штайнметца, для отримання кругового поля відношення реактивної потужності конденсатора до активної потужності мережі має числове значення  $2/\sqrt{3}$  [2]. Однак таке значення буде спостерігатися лише в одній точці механічної характеристики. Будь-яка зміна навантаження буде призводити до виникнення зворотної складової моменту і погіршення енергетичних показників. Тому постає необхідність регулювання реактивної потужності конденсатора при зміні параметрів навантаження, або регулювання активної потужності, яка споживається з мережі. Регулювання активної потужності мережі обмежується необхідністю створення обертового моменту для подолання опору навантаження і дотримання умов виконання технологічного процесу (підтримання швидкості обертання робочого органу).

Регулювання реактивної потужності конденсатора можливо здійснити за рахунок зміни ємності та режиму заряду конденсатора. Зміна ємності конденсатора можлива при підключенні/відключенні ємностей, що підключаються паралельно та застосування конденсаторів змінної ємності. Найбільш перспективним є шунтування конденсатора в процесі роботи. Можливо декілька варіантів здійснення шунтування, яке представлено в [4], з використанням контактних або безконтактних апаратів. Однак, такий спосіб регулювання реактивної потужності конденсатора