



АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ФОРПРЕСУ РАПСОВОЇ ОЛІЇ

AUTOMATIC CONTROL OF RAPESEED OIL FORPRESS ELECTRIC DRIVE

¹Євтушевський Д. О., ²Осадчук П. І., ³Воїнова С. О.

¹Yevtushevskiy D. O., ²Osadchuk P. I., ³Voinova S. O.

^{1,2,3}Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

^{1,2,3}Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

ORCID: ¹<https://orcid.org/0009-0004-5604-750X>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3312-0669>,

³<https://orcid.org/0000-0003-0203-0599>

E-mail: ¹chpokman2015@gmail.com, ²petrosadchuk@ukr.net, ³voinova_s@yahoo.com

Copyright © 2026 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: 10.15673/atbp.v18i2.3429

Анотація. Розроблено систему автоматичного керування електроприводом форпресу рапсової олії, що базується на використанні частотного перетворювача типу Moeller DV6 у складі системи ПЧ–АД (перетворювач частоти – асинхронний двигун). Це забезпечує плавне регулювання швидкості обертання шнекового валу та оптимізацію технологічного процесу віджимання. Виконано аналітичне й математичне моделювання електроприводу, що дало змогу дослідити динамічні характеристики системи. Встановлено, що оптимальним законом регулювання у системі є $U/f = \text{const}$, при якому забезпечується мінімальне енергоспоживання, стабільність крутного моменту та зниження втрат у двигуні. Це підвищує енергоефективність електроприводу в порівнянні з релейно-контакторними схемами. Проведено технічне обґрунтування вибору асинхронного двигуна типу AIR160M6. Показано, що заміна застарілої системи керування на частотно-регульований привід забезпечує зменшення пускових струмів; підвищення надійності роботи агрегату; можливість гнучкого керування технологічними параметрами процесу віджимання; покращення якості готової рапсової олії завдяки стабілізації тиску та швидкості обертання шнеку. Розроблена модель системи керування може бути використана для подальшої автоматизації лінії пресування, включно з інтеграцією до комплексної системи керування виробництвом на основі цифрових технологій. Практичне впровадження запропонованої системи дає змогу знизити експлуатаційні витрати, подовжити ресурс електродвигуна та покращити енергетичні показники обладнання форпресу.

Abstract. An automatic control system for the electric drive of a rapeseed oil forepress has been developed, based on the use of a frequency converter of the Moeller DV6 type as part of the FC-AM (frequency converter - asynchronous motor) system. This provides smooth regulation of the screw shaft rotation speed and optimization of the technological process of squeezing. Analytical and mathematical modeling of the electric drive has been performed, which made it possible to study the dynamic characteristics of the system. It has been established that the optimal control law in the system is $U/f = \text{const}$, which ensures minimal energy consumption, stability of torque and reduction of losses in the motor. This increases the energy efficiency of the electric drive in comparison with relay-contactor circuits. A technical justification for the choice of an asynchronous motor of the AIR160M6 type has been carried out. It has been shown that replacing the outdated control system with a frequency-controlled drive provides: reduction of starting currents; increased reliability of the unit; the possibility of flexible control of the technological parameters of the squeezing process; improving the quality of the finished rapeseed oil due to stabilization of pressure and screw rotation speed. The developed control system model can be used for further automation of the pressing line, including integration into a comprehensive production management system based on digital technologies. The practical implementation of the proposed system makes it possible to reduce operating costs, extend the life of the electric motor and improve the energy performance of the prepress equipment.

Ключові слова: автоматизація, система автоматичного керування, рапсова олія, форпрес, віджим, електропривід, частотний перетворювач.

Keywords: automation, automatic control system, rapeseed oil, forpress, extraction, electric drive, frequency converter.

Вступ. Рапсова олія відіграє важливу роль у харчуванні людей завдяки своїм фізико-хімічним та поживним властивостям. Його застосування охоплює широкий спектр продуктів і технологічних процесів: кулінарна олія,



виробництво маргарину та спредів, хлібобулочні та кондитерські вироби, майонези та соуси, функціональні продукти харчування, дитяче та дієтичне харчування, фритюрне виробництво. Якість рапсової олії залежить від якості насіння, що поступає на переробку, термінів і умов його зберігання перед віджиманням. Основними якісними характеристиками для рапсового насіння є маслянистість, вологість, термін дозрівання. Чим вище маслянистість насіння, тим більше вихід олії. Рослинна олія з м'ятки насіння рапсу отримують двома методами – віджиманням або екстрагуванням. Віджимання олії є більш екологічним способом. Як правило, перед віджиманням м'ятку прогрівають при 100-110 °C у жаровнях, одночасно перемішуючи і зволожуючи. Потім просмажену м'ятку віджимають в шнекових пресах. Повнота віджимання олії залежить від тиску, в'язкості і щільності олії, товщини шару м'ятки, тривалості віджимання і інших чинників. Рапсову олію холодного віджимання отримують з м'ятки без прогрівання. Готова олія відстоюється, фільтрується і піддається подальшій переробці. Пройшовши всі етапи, олія стає нейтральною. З такого продукту виготовляють маргарин, майонез, кулінарні жири, застосовують при консервуванні. Тому воно не повинне мати специфічного смаку або запаху, щоб не порушувати загальний смак продукту. Якість віджимання олії залежить від якості керування форпресом для її виробництва. Використання сучасних засобів автоматичного керування роботою форпресу забезпечує високу якість рапсової олії. Тому актуальним є автоматичне керування електроприводом форпресу на основі сучасних електричних машин.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Оскільки питання автоматичного керування електроприводом форпресу є актуальним, чимало дослідників присвятили йому свої роботи. Так компанія “Emerson Process Management” (Польща) запропонувала цифрову архітектуру PlantWeb із цифровою автоматизацією DeltaV та інтелектуальними пристроями з підтримкою протоколу HART для керування форпресом [1]. Китайська компанія “MIKIM” розглянула переваги та недоліки автоматичних систем керування олійним пресом [2]. Компанія ТАН розглянула фактори підвищення ефективності олійних пресів [3]. І. Юсфі розробив систему керування вирубним пресом з логічним модулем LOGO! [4]. В. С. Жук та О. А. Паянок запропонували вдосконалену систему керування електропривода стрічкового конвеєра цегельного заводу із застосуванням принципів регулювання швидкості асинхронного двигуна з частотно-векторним керуванням та регуляторами струму [5]. О. А. Паянок та Є. О. Марценюк розглянули модернізовану систему керування електроприводом циркуляційного насоса котельні адміністративного приміщення КП «Вінницяоблводоканал» із застосуванням принципів регулювання швидкості асинхронного двигуна із частотно-векторним керуванням [6]. І. Білюк, О. Савченко, М. Муштаєв та ін. розробили варіант модернізації асинхронного електропривода подачі горизонтально-розточувального верстата з використанням системи векторного керування [7]. К. Szabat, Т. Pajchrowski та Т. Tarczewski запропонували створення буферної системи електроживлення асинхронного електроприводу та розробили стратегії керування цією буферною системою з використанням двонаправленого DC-DC перетворювача [8].

Однак всі розглянуті розробки мають низьку енергоефективність за рахунок використання релейно-контакторної системи керування форпресом.

В Одеському національному технологічному університеті, на кафедрі електромеханіки та мехатроніки запропоновано високоефективне автоматичне керування електроприводом форпресу рапсової олії [9].

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення енергоефективності процесу пресування рапсової олії шляхом модернізації електроприводу форпресу рапсової олії за рахунок заміни релейно-контакторної системи керування на перетворювач частоти.

Для досягнення поставленої мети було виконано такі завдання:

- розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна;
- розрахунок і вибір двигуна шнекового дозатора;
- вибір системи електроприводу;
- вибір перетворювача частоти;
- розрахунок силової частини перетворювач частоти - асинхронний двигун;
- дослідження системи керування електроприводом на електронній моделі;
- економічне обґрунтування розробки.

Методи і матеріали досліджень. Основним методом дослідження був системний аналіз, математичні методи, моделювання у програмах Matlab, SimPowerSystems та Simulink для визначення характеристики зміни амплітуди частоти перетворювача частоти та зміни амплітуди напруги. Створено імітаційну модель системи електроприводу ПЧ-АД у середовищі імітаційного моделювання.

Результати досліджень. На початку дослідження було зроблено аналіз технологічного процесу віджимання рапсової олії у форпресі. Його суть полягає у просмаженні м'ятки та віджиманні в шнекових пресах. Повнота віджимання рослинної олії залежить від тиску, в'язкості і щільності олії, товщини шару м'ятки, тривалості віджимання та інших чинників. Рапсову олію холодного віджимання отримують з м'ятки без прогрівання. Для отримання олії механічним способом із застосуванням тиску використовують гідравлічні і шнекові преси. В даному випадку обрано шнековий механічний форпрес для попереднього знімання олії.

Основними ознаками форпресів є великі діаметри зерного циліндра і шнекового валу, що досягають в приймальній камері 320...250 мм; збільшена частота обертання шнекового валу до 18...28 об/хв, а в деяких конструкціях - 30...100 об/хв.



Для остаточного (другого) віджимання олії в схемі двократного пресування призначено шнековий прес-експеллер. Експеллер характеризується меншим діаметром зєрного циліндра і шнекового валу (130...155 мм), пониженою частотою обертання шнекового валу (4,5...5,5 об/хв).

Фізична суть процесу пресування мезги в шнекових пресах полягає в наступному. Приготовлена для пресування мезга є сипким пористим матеріалом з пластичними властивостями. Під дією тиску від стислої мезги відділяється рідка частина - олія, а тверді частинки спресовуються в брикет - макуху. При стискуванні мезги відбувається зменшення проміжків між частинками, що приводить до виділення олії. При значному ущільненні самих частинок віджимається основна кількість олії. До 96 % від витягнутої в пресі олії віджимається в першій половині преса, в зоні першого і другого ступенів тиску. При пресуванні мезги відбувається додатковий розтин кліток (10...15 %). Поєднання пластичних і пружних властивостей мезги, яких вона набуває при смаженні, є одним з основних чинників, що визначають величину тиску, який розвивається в пресі, що обумовлює глибину віджимання олії. Крім того, глибина віджимання залежить від характеру наростання тиску і часу знаходження мезги під тиском.

Обрано олійний прес моделі МП-700 (рис. 1), який дозволяє виконувати холодне і гаряче пресування олійних культур, а також їх макухи по схемі одно-, двох- або триразового пресування. Прес МП-700 призначений для отримання рослинних олій з насіння соняшнику, сої, рапсу, ріпичи, гірчиці, і інших олійних культур методом пресування без попередньої обробки сировини. Сировина повинна мати вологість не вище 6-7 %, бути прогрітою до температури 50 °С та очищеною від органічного сміття, мінеральних домішок, металевих і твердих предметів.

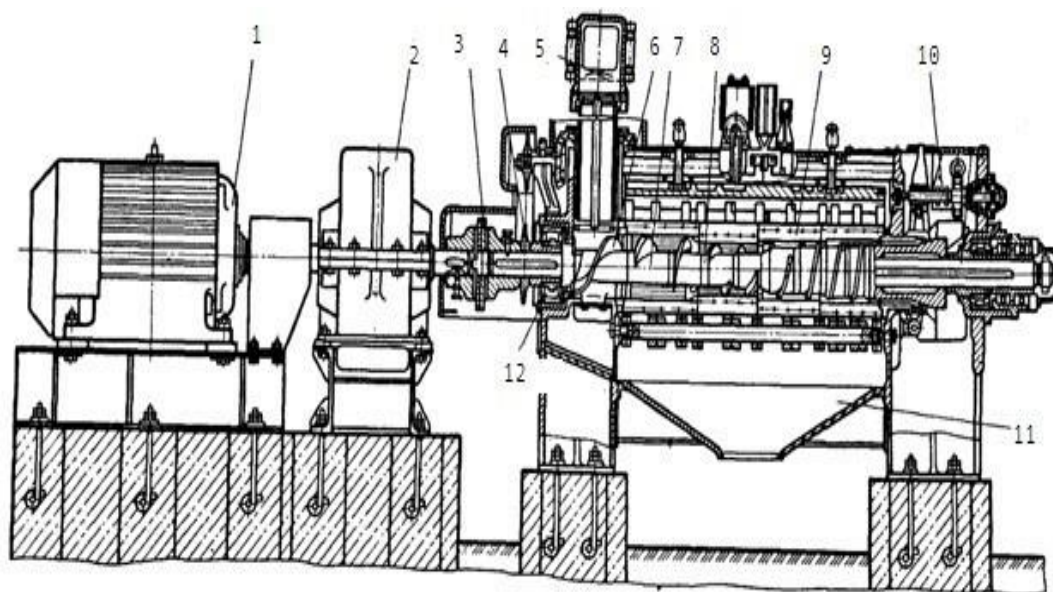


Рис. 1. – Схема форпресу

Fig. 1. – Forpress diagram

1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - муфта; 4 - зірочка ланцюгової передачі; 5 - живильник преса; 6 - шнековий виток; 7 - шнековий вал; 8 - перехідне кільце; 9 - зєрна камера; 10 - механізм для зміни товщини макухи; 11 - олійно-збірний пристрій; 12 - сферичні двоярядні підшипники

1 – electric motor; 2 – reduction gear; 3 – coupling; 4 – chain drive sprocket; 5 – press feeder; 6 – screw flight; 7 – screw shaft; 8 – transition ring; 9 – cage (zeer) chamber; 10 – cake thickness adjustment mechanism; 11 – oil collection device; 12 – double-row spherical bearings.

Проведено розрахунок навантажень і вибір двигуна шнекового дозатора. Обрано загальнопромисловий трифазний асинхронний електродвигун АІР160М6 із короткозамкненим ротором 1000 об/хв потужністю 15 кВт; живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц за схемами зірка/трикутник з напругою 380/660 або 220/380 В; сила струму - 31,6 А.

Обрано систему електропривода. Сучасний регульований електропривод містить, як правило, статичний (електронний) перетворювач електрики (регулятор, комутатор), за допомогою якого забезпечується економічне і повільне регулювання параметрів руху в широкому діапазоні, формування перехідних процесів із заданою якістю, автоматизація процесів керування. Тип керованого перетворювача, тип електродвигуна, а також спосіб керуючої дії на двигун визначають в цілому систему електроприводу. Зважаючи на технічні показники, економічність і питому масу електроприводів, і призначення механізму, вибираємо систему ПЧ-АД, оскільки вона дозволяє застосувати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, отримати великий діапазон регулювання і досягти високих динамічних показників роботи електроприводу.

Обрано перетворювач частоти Moeller DV6. Він застосовується для регулювання моменту і швидкості 3-х фазних двигунів до 132 кВт у друкарській, паперовій, текстильній, металообробній індустрії, а також як привід кранів і підйомних механізмів.



Статичні перетворювачі частоти є найбільш досконалими пристроями керування асинхронним приводом в даний час. Частотний перетворювач в комплекті з асинхронним електродвигуном дозволяє замінити електропривод постійного струму. Системи регулювання швидкості двигуна постійного струму є достатньо простими, але слабким місцем у такого електроприводу є електродвигун. Він - дорогий і ненадійний. При роботі відбувається іскріння щіток, під впливом електроерозії зношується колектор. Такий електродвигун не може використовуватися в запиленому і вибухонебезпечному середовищі. Асинхронні електродвигуни перевершують двигуни постійного струму за багатьма параметрами: вони прості за пристроєм і надійні, оскільки не мають рухомих контактів. Вони мають менші, в порівнянні з двигунами постійного струму, розміри, масу і вартість при тій самій потужності. Асинхронні двигуни прості в виготовленні і експлуатації. Основний недолік асинхронних електродвигунів – складність регулювання їх швидкості традиційними методами (змінюючи живлючу напругу, введенням додаткових опорів в ланцюг обмоток). Поява силових схем з IGBT- транзисторами, розробка високопродуктивних мікропроцесорних систем керування дозволило різним фірмам створити сучасні перетворювачі частоти доступної вартості. Регулювання частоти обертання виконавчих механізмів можна здійснювати за допомогою різних пристроїв: механічних варіаторів, гідравлічних муфт, що додатково вводяться в статор або ротор резисторами, електромеханічними перетворювачами частоти, статичними перетворювачами частоти. Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи частоту f живлючої напруги, можна при незмінному числі пар полюсів p змінювати кутову швидкість магнітного поля статора. Цей спосіб забезпечує повільне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість. Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні є невеликими. Для отримання високих енергетичних показників асинхронного двигуна – коефіцієнтів потужності, корисної дії, перевантажувальної здатності – необхідно одночасно з частотою змінювати і напругу, що підводиться. Для плавного безступеневого регулювання частоти обертання валу асинхронного електродвигуна, перетворювач частоти повинен забезпечувати одночасне регулювання частоти і напруги на його статорі. Застосування регульованого електроприводу забезпечує енергозбереження за рахунок регулювання технологічних параметрів.

Перетворювач частоти складається з некеруваного діодного силового випрямляча В, автономного інвертора АИН, системи керування широтно-імпульсною модуляцією СУИ ШИМ, дроселя L_b і конденсатора фільтру C_b (рис. 2). Регулювання вихідної частоти $f_{\text{вих}}$ і напруги $U_{\text{вих}}$ здійснюється в інверторі за рахунок високочастотного широтно-імпульсного керування. Широтно-імпульсне керування характеризується періодом модуляції, в середині якого обмотка статора електродвигуна підключається по черзі до позитивного і негативного полюсів випрямляча.

Тривалість цих станів усередні періоду модулюється за синусоїдальним законом. При високих (наприклад 2.15 кГц) тактових частотах в обмотках електродвигуна, унаслідок їх фільтруючих властивостей, протікають синусоїдальні струми.

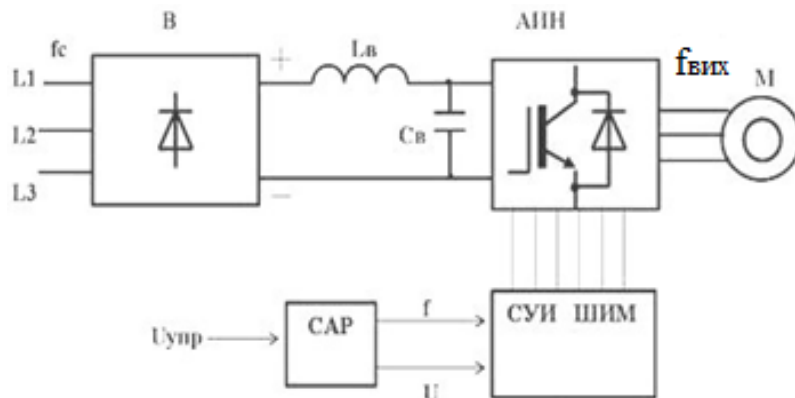


Рис. 2. – Структурна схема частотного перетворювача

Fig. 2. – Block diagram of the frequency inverter

Таким чином, форма кривої вихідної напруги є високочастотною двополюсною послідовністю прямокутних імпульсів. Частота імпульсів визначається частотою, тривалість (ширина) імпульсів протягом періоду вихідної частоти АИН промодульованих за синусоїдальним законом. Форма кривої вихідного струму (струму в обмотках асинхронного електродвигуна) - практично синусоїдальна.

Проведено дослідження системи керування електроприводом на електронній моделі, зібрано імітаційну модель електроприводу. Метою математичного моделювання було створення системи керування асинхронним електроприводом та забезпечення максимального моменту на валу двигуна за низьких обертів. Тому велике значення має як вибір системи моделювання, а й адекватність самої моделі до процесів, які відбуваються у перетворювачі.

Отримано та оброблено результати моделювання електроприводу. Із одержаних графіків (рис. 3, рис. 4) видно що при зміні частоти з 50 Гц до 25 Гц пропорційно змінюється напруга двигуна, а із графіків (рис. 5, рис. 6) видно що кращім законом регулювання є закон $U_1/f_1^2 = const.$ При цьому законі регулювання напруга на двигуні



мінімальна, що зменшує втрати енергії в двигуні, тобто покращує роботу електроприводу.

Обговорення результатів. Отримані результати дослідження підтвердили ефективність застосування системи автоматичного керування електроприводом форпресу на основі частотно-регульованого асинхронного приводу. Порівняльний аналіз показав, що використання перетворювача частоти Moeller DV6 у поєднанні з асинхронним двигуном типу AIP160M6 забезпечує стабільну роботу технологічного процесу при різних режимах навантаження.

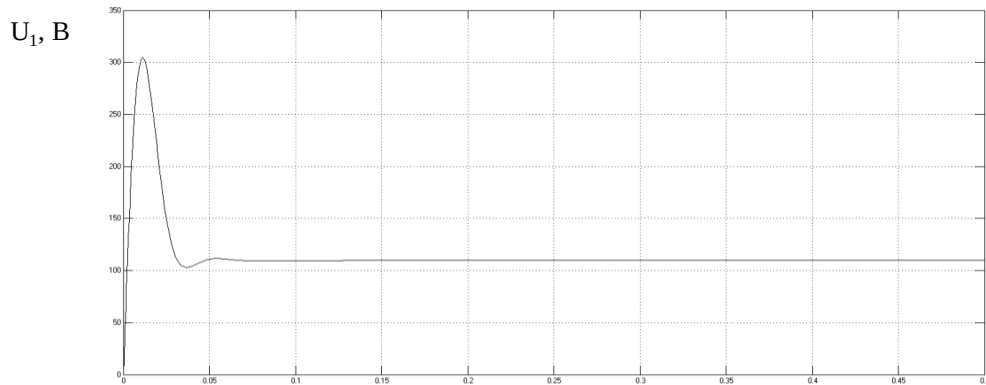


Рис. 3. - Графік зміни напруги на виході ПЧ U_1 , В

Fig. 3. – Output voltage waveform of frequency inverter U_1 , V

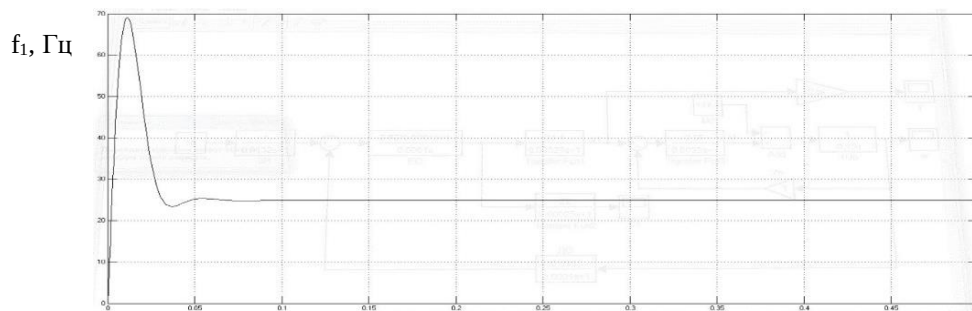


Рис. 4. - Графік зміни частоти живлення двигуна при зменшенні частоти мережі з 50 Гц до 25 Гц

Fig. 4. – Motor supply frequency variation during grid frequency reduction from 50 Hz to 25 Hz

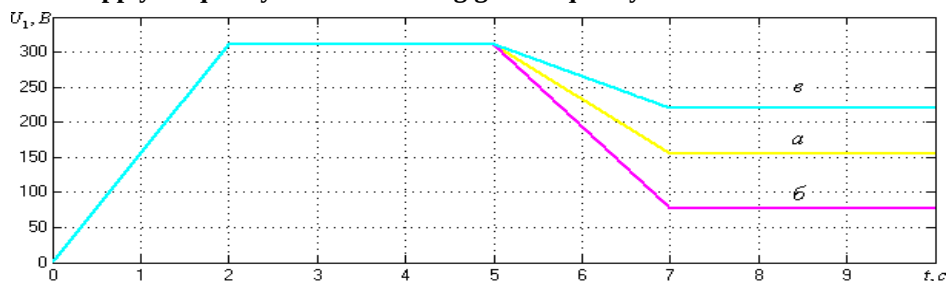


Рис. 5. - Характеристики зміни амплітуди напруги ПЧ

Fig. 5. – Characteristics of the frequency inverter voltage amplitude variation

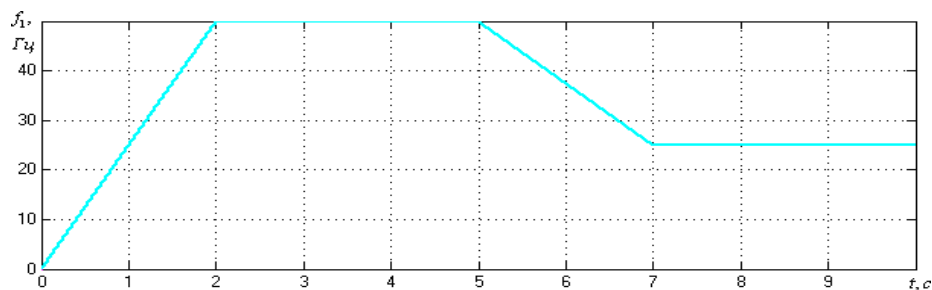


Рис. 6. - Характеристики зміни амплітуди частоти ПЧ

Fig. 6. – Characteristics of the frequency inverter voltage amplitude and frequency variation

Моделювання системи у середовищі Matlab/Simulink дозволило дослідити вплив частоти живлення на зміну напруги, крутного моменту та швидкості обертання валу. Аналіз отриманих графічних залежностей показав, що при зміні частоти з 50 Гц до 25 Гц напруга двигуна зменшується пропорційно, що відповідає принципу частотного регулювання. Встановлено, що застосування закону керування $U/f = const$ забезпечує мінімальні енергетичні втрати, зменшення теплового навантаження на обмотки двигуна та стабільність технологічних



параметрів процесу пресування.

Порівняно з традиційною релейно-контакторною системою керування, частотний перетворювач дозволяє реалізувати плавний пуск і зупинку двигуна, усуває ударні навантаження на механічні вузли форпресу, що підвищує довговічність усього обладнання. Крім того, забезпечується більш точне регулювання швидкості шнекового валу, що позитивно впливає на рівномірність тиску під час віджимання і, відповідно, на якість отриманої олії.

Практична значущість результатів полягає у можливості впровадження розробленої системи в промислові установки для виробництва рослинних олій. Така модернізація не потребує значних конструктивних змін у механічній частині обладнання, але забезпечує підвищення енергоефективності та автоматизацію процесу. Розроблена імітаційна модель може бути використана для подальшого вдосконалення системи керування, оптимізації енергоспоживання та впровадження алгоритмів адаптивного або векторного керування електроприводом.

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність переходу до частотно-регульованих електроприводів у системах автоматизації форпресів для виробництва рапсової олії. Це відповідає сучасним тенденціям енергоефективності та цифровізації промислових технологічних процесів.

Висновки. Розроблено систему автоматичного керування електроприводом форпресу рапсової олії, що базується на використанні частотного перетворювача типу Moeller DV6 у складі системи ПЧ–АД (перетворювач частоти – асинхронний двигун). Це забезпечує плавне регулювання швидкості обертання шнекового валу та оптимізацію технологічного процесу віджимання.

Виконано аналітичне й математичне моделювання електроприводу із застосуванням програм Matlab/Simulink та SimPowerSystems, що дало змогу дослідити динамічні характеристики системи, зокрема залежності напруги та частоти живлення двигуна від параметрів керування.

Встановлено, що оптимальним законом регулювання у системі $U/f = const$, при якому забезпечується мінімальне енергоспоживання, стабільність крутного моменту та зниження втрат у двигуні. Це підвищує енергоефективність електроприводу на 10–15 % у порівнянні з релейно-контакторними схемами.

Проведено технічне обґрунтування вибору асинхронного двигуна типу AIP160M6 потужністю 15 кВт, що відповідає вимогам до приводу шнекового форпресу моделі МП-700. Такий двигун забезпечує необхідний момент і надійність роботи при знижених частотах обертання.

Показано, що заміна застарілої системи керування на частотно-регульований привід забезпечує зменшення пускових струмів; підвищення надійності роботи агрегату; можливість гнучкого керування технологічними параметрами процесу віджимання; покращення якості готової рапсової олії завдяки стабілізації тиску та швидкості обертання шнеку.

Розроблена модель системи керування є адекватною реальним процесам і може бути використана для подальшої автоматизації лінії пресування, включно з інтеграцією до комплексної системи керування виробництвом на основі цифрових технологій (PLC, SCADA).

Практичне впровадження запропонованої системи дає змогу знизити експлуатаційні витрати, продовжити ресурс електродвигуна та покращити енергетичні показники обладнання форпресу.

Список використаних джерел

- [1] Automation improves rapeseed oil production (Електронний ресурс) / Офіційний сайт компанії Control Engineering. - URL: <https://www.controleng.com/automation-improves-rape-seed-oil-production>.
- [2] Загальні проблеми та рішення автоматичного олійного преса (Електронний ресурс) / Офіційний сайт компанії MIKIM. - URL: <https://ua.mikim-machinery.com/news/common-problems-and-solutions-of-automatic-oil-63411433.html>.
- [3] Як підвищити ефективність роботи пресів на виробництві олії? (Електронний ресурс) / Офіційний сайт компанії ТАН. - URL: <https://tan.com.ua/iak-pidvishchiti-efektivnist-roboti-presiv-na-virobnitstvi-olii/>.
- [4] Юсфі І. Автоматизація вирубного пресу ПГВ-20 (Електронний ресурс). - Суми: СДУ, 2020. - 39 с. - URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5c45a117-b1ad-41ed-a09b-b5978589c4c1/content>.
- [5] Паянок О.А., Жук В.С. Модернізація системи керування електропривода стрічкового конвеєра в умовах цегельного заводу (Електронний ресурс). - Вінниця: Вінницький національний технічний університет, - 3 с. - URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/40269/15932.pdf>.
- [6] Паянок О.А., Марценюк Є.О. Модернізація системи керування електропривода циркуляційного насоса системи опалення (Електронний ресурс). - Вінниця: Вінницький національний технічний університет, - 4 с. - URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41124/18733.pdf>.
- [7] Білюк І., Савченко О., Муштаєв М., Уляновський Є., Данько О., Андреев П. Спосіб модернізації електропривода подачі горизонтально-розточувального верстата (Електронний ресурс). - Миколаїв: Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, 2024. - 9 с. - URL: <https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/article/view/5953/5989>.
- [8] K. Szabat, T. Pajchrowski, T. Tarczewski, Modern Electrical Drives: Trends, Problems, and Challenges (Електронний ресурс). - Polska, Wrocław: Department of Electrical Machines, Drives and Measurment, Wrocław University of Science and Technology, 2022. - URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/1/160>.



[9] Євтушевський Д. О. Модернізація електропривода форпресу для отримання рапсової олії (рукопис). – Одеса: ОНТУ, 2025. – 63 с.

References

- [1] Automation improves rapeseed oil production (Elektronnyi resurs) / Ofitsiyni sait kompanii Control Engineering. – URL: <https://www.controleng.com/automation-improves-rape-seed-oil-production>.
- [2] Zahalni problemy ta rishennia avtomatichnoho oliinoho presa (Elektronnyi resurs) / Ofitsiyni sait kompanii MIKIM. – URL: <https://ua.mikim-machinery.com/news/common-problems-and-solutions-of-automatic-oil-63411433.html>.
- [3] Yak pidvyshchyty efektyvnist roboty presiv na vyrobnytstvi olii? (Elektronnyi resurs) / Ofitsiyni sait kompanii TAN. – URL: <https://tan.com.ua/iak-pidvishchiti-efektivnist-roboti-presiv-na-virobnitstvi-olii/>.
- [4] Yushii I. Avtomatyzatsiia vyrubnoho presu PHV-20 (Elektronnyi resurs). – Sumy: SDU, 2020. – 39 s. – URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5c45a117-b1ad-41ed-a09b-b5978589c4c1/content>.
- [5] Paianok O.A., Zhuk V.S. Modernizatsiia systemy keruvannia elektropriyoda strichkovoho konveiera v umovakh tsehnolohoho zavodu (Elektronnyi resurs). – Vinnytsia: Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, – 3 s. – URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/40269/15932.pdf>.
- [6] Paianok O.A., Martseniuk Ye.O. Modernizatsiia systemy keruvannia elektropriyoda tsyrkuliatsiinoho nasosu systemy opalennia (Elektronnyi resurs). – Vinnytsia: Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, – 4 s. – URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41124/18733.pdf>.
- [7] Biliuk I., Savchenko O., Mushtaiev M., Ulianovskyi Ye., Danko O., Andrieiev P. Sposib modernizatsii elektropriyoda podachi horyzontalno-roztochuvalnoho verstata (Elektronnyi resurs). – Mykolaiv: Natsionalnyi universytet korablebuduvannia im. admiralа Makarova, 2024. – 9 s. – URL: <https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/article/view/5953/5989>.
- [8] Krzysztof Szabat, Tomasz Pajchrowski, Tomasz Tarczewski. Modern Electrical Drives: Trends, Problems, and Challenges (Elektronnyi resurs). – Polska, Wrocław: Department of Electrical Machines, Drives and Measurment, Wrocław University of Science and Technology, 2022. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/1/160>.
- [9] Yevtushevskiy D.O. Modernizatsiia elektropriyoda forpresu dlia otrymannia rapsovoi olii (rukopys). – Odessa: ONTU, 2025. – 63 s.

Отримана в редакції 29.11.2025. Прийнята до друку 16.12.2025. Розміщено в інтернеті 31 травня 2026.

Received 29 November 2025. Approved 16 December 2025. Available in Internet 31 May 2026