

Міністерство освіти і науки України
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра АТЕРС



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему «Модернізація електроприводу центрифуги для первинної очистки соняшникової олії»

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) _____ Головань С. С. _____
(прізвище, ініціали)

4 курсу АЕМз-40 групи

Керівник д.т.н., проф. Осадчук П. І. _____
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 16.06 _____ 2026 р., протокол № 8 .

Завідувач(ка) кафедри АТЕРС _____
(назва кафедри) (підпис)

Олексій ЖИГАЙЛО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

Одеський національний технологічний університет

Інститут: *Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім. П.М.Платонова*

Кафедра: Е та М

Рівень ВО: перший

Ступень ВО: бакалавр

Галузь знань: 14 – *Електрична інженерія*

Спеціальність: 141 – *Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Освітня програма: *Екоенергетика та інтелектуальна електромеханіка*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

Осадчук П.І.

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА здобувач СВО «Бакалавр» гр. АЕМз - 40 Головань Сергій Сергійович

1. Тема роботи: «Модернізація електроприводу центрифуги для первинної очистки соняшникової олії»

Керівник роботи: Осадчук Петро Ігорович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом ОНТУ № 641-03 від 22.11.2025 р.

2. Строк подання студентом роботи: 15.06.2026 р.

3. Вхідні дані до проекту: Технічні характеристики електроприводу центрифуги для очистки соняшникової олії: частота обертання ротора, $\text{хв}^{-1}1500$, маса 722 кг., потужність електроприводу мішалки 3 кВт.; обґрунтувати інформативні параметри управління електроприводу центрифуги для очистки соняшникової олії.

4. Зміст розрахунково-конструкторської частини пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1 Загальна характеристика роботи: Вибір об'єкта управління для модернізації системи електроприводу, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання. Актуальність теми. Об'єкт і мета модернізації.

2 Розрахунково-конструкторська частина: Вимоги до автоматизованого електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії. Розрахунок потужності і вибір двигуна, перевірка за перевантаженням. Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна. Схема управління електропривода.

3 Моделювання динамічних режимів роботи електропривода: Розрахунок параметрів схеми заміщення АД електропривода для MATLAB та розробка імітаційної моделі електроприводу устаткування для центрифугування соняшникової олії і дослідження її роботи у середовищі Simulink.

4 Організаційна та технологічна частина: Організація технології монтажу, ремонту і обслуговування та техніки безпеки праці при обслуговуванні електропривода.

5 Економічна частина: Розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії.

6 Результативна частина: Висновки і рекомендації за прийнятими в проекті рішеннями.

Список використаних джерел, на які є посилання.

Додатки.

Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації (обов'язкові):

1. Титульний слайд. 2. Актуальність теми, об'єкт проектування, мета і завдання роботи. 3. Технологічна схема первинної очистки соняшникової олії. 4. Конструкція і технічні

характеристики центрифуги. 5. Розрахунок потужності і вибір двигуна електропривода центрифуги. 6. Модель та результати моделювання електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії до його модернізації (прямий пуск двигуна). 7. Модель та результати моделювання електропривода після його модернізації (з частотним регулюванням). 8. Висновки (технічні, технологічні, т/б і охорона праці, економічні).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: 15.06.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів	Прим
1	1. Загальна характеристика роботи: вибір об'єкта управління для модернізації системи електроприводу, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання. Актуальність теми. Об'єкт і мета модернізації.	02.03.2026	
2	2 Розрахунково-конструкторська частина: вимоги до автоматизованого електропривода устаткування для нейтралізації соняшникової олії. Розрахунок потужності і вибір двигуна, перевірка за перевантаженням. Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна.	30.03.2026	
3	3 Моделювання динамічних режимів роботи електропривода: розрахунок параметрів схеми заміщення АД електропривода для MATLAB та розробка імітаційної моделі електроприводу устаткування для нейтралізації соняшникової олії.	15.04.2026	
4	4. Організаційна та технологічна частина: організація технології монтажу, ремонту і обслуговування та техніки безпеки праці при обслуговуванні електропривода.	10.05.2026	
5	5. Економічна частина: Розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода устаткування для нейтралізації соняшникової олії.	10.06.2026	
6	6 Результативна частина: Висновки і рекомендації за прийнятими в проекті рішеннями. Література.	15.06.2026	
7	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра.	22-24.06.2026	

Здобувач: Головань С. С. _____

Керівник: Осадчук П.І. _____

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Головань С. С.

РЕФЕРАТ

Головань С. С. «Модернізація електроприводу центрифуги для первинної очистки соняшникової олії». Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2026. – 61 с. Бібліогр: 9. Іл: 12. Табл: 5.

В роботі розрахована потужність приводного двигуна. Здійснена перевірка за перевантажувальною здатністю. За результатами розрахунку вибрана система «частотний перетворювач – асинхронний двигун змінного струму. Розраховані та побудовані механічні характеристики для режимів роботи, розроблена функціональна схема електропривода. Для перевірки модернізованої СУЕП проведено моделювання в середовищі Matlab, а також перевірка на стійкість та якість. Проведений техніко-економічний розрахунок системи електропривода. Розроблені заходи з електробезпеки та охорони праці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: центрифуга, соняшникова олія, електропривод, імітаційна модель, ефективність.

ABSTRACT

Golovan S. S. “Modernization of the electric drive of the centrifuge for the primary purification of dormouse oil.” Bachelor's qualification. – Odessa: ONTU, 2026. – 61 p. Bibliography: 9. Il: 12. Table: 5.

In the robot, the tightness of the drive motor is protected. A reconciliation for a overload building has been ordered. For the results of the calculation, the system “frequency shifter - asynchronous dvigun of the snake stream” was selected. Explored and motivated mechanical characteristics for robotic modes, expanded the functional diagram of the electric drive. To re-verify the modernized SUEP, a simulation was carried out in the Matlab environment, as well as a re-verification for stability and brightness. Carrying out technical and economic investigations of the electric drive system. Rozrobleni come in with electrical safety and security praci.

KEY WORDS: centrifuge, sunflower oil, electric drive, simulation model, efficiency.

ЗМІСТ

стр.

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	10
1.1 Загальна характеристика технологічного пресу первинної очистки соняшникової олії	10
1.2 Конструкція і технічні характеристики центрифуги для очистки соняшникової олії	15
1.3 Характеристика електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії	24
2 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПУ ДВИГУНА, РОЗРАХУНОК ЙОГО ПОТУЖНОСТІ	25
2.1 Вимоги до електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії	25
2.2 Розрахунок швидкості осадження у центрифугі	26
2.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна	28
2.4 Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна	31
2.5 Розрахунок механічних і електромеханічних характеристик електроприводу при скалярному частотному управлінні.	33
2.6 Вибір перетворювача частоти	36
2.7 Розрахунок параметрів перетворювача	38
3 МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	40
3.1 Моделювання прямого пуску двигуна електропривода центрифуги	40
3.2 Моделювання пуску двигуна електропривода з ПЧ	42

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.4.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Головань С. С.				Зміст	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Осадчук П. І.						5	61
Консульт.						ОНТУ, АЕМз 40		
Зав.кафедри	Жигайло О. М.							

	49
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	
4.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію і впровадження системи електроприводу	49
4.2 Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства	50
4.3 Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства	56
5 БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ МОНТАЖІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	58
5.1 Забезпечення безпеки при виконанні монтажних-налагоджувальних робіт	58
5.2 Забезпечення безпеки при експлуатації системи електроприводу	59
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Енергоефективність є однією з проблем, яких неможливо уникнути при роботі з електричними приладами, машинами, приводами та системами. Виробництво, яке не досягає мінімального рівня ефективності не є прибутковим, і кожне підвищення енергоефективності зменшує споживання енергії та таким чином витрати на енергопостачання. Покращення енергоефективності електроприводів в глобальному масштабі зменшує енергію на попит і збільшує постачання енергії, що опосередковано зменшує викиди парникових газів.

Ключовий елемент у підвищенні енергоефективності електричних пристроїв, машин і приводів – це зменшення втрат, яких можна досягти за допомогою різних методів.

Застосування нових матеріалів, нові рішення в конструкції, оптимізація режимів роботи і створення автоматизованих електроприводів може суттєво сприяти підвищенню енергоефективності. Подальше підвищення енергоефективності може бути досягнуто за допомогою відповідного вибору і узгодження компонентів силової електроніки з успадкованими характеристиками машин або пристроїв. Належний контроль систем, що складаються з електричних пристроїв або машин, і компоненти силової електроніки, засновані на передових моделях системи, можуть ще більше покращити загальну енергоефективність систем.

Таким чином, завдання модернізації існуючих електроприводів з метою підвищення ефективності їх використання в нинішніх умовах є актуальним напрямком досліджень.

Метою написання кваліфікаційної роботи є модернізація електроприводу центрифуг для очищення соняшникової олії.

При написанні роботи були поставлені наступні задачі:

1. Навести загальну характеристику технологічного процесу отримання та очищення соняшникової олії, а також розглянути характеристики обладнання, необхідні для виконання процесу.

2. Сформулювати вимоги до електроприводу центрифуг для очищення соняшникової олії. Провести розрахунок потужності і вибір електродвигуна.

3. Виконати моделювання динамічних режимів роботи електропривода.

4. Показати доцільність модернізації електроприводу центрифуги для очищення соняшникової олії шляхом розрахунку економічних показників.

5. Розглянути питання безпеки праці при виконанні монтажно-налагоджувальних робіт і експлуатації системи електроприводу.

Об'єкт дослідження – процес модернізації електроприводу центрифуги для очищення соняшникової олії.

Предмет дослідження – є електропривод центрифуги для очищення соняшникової олії.

Методи дослідження, які були використані при написанні роботи – аналіз, синтез, моделювання.

Практична значимість отриманих результатів. Отриманий автоматизований електропривод можна застосовувати в процесі очищення соняшникової олії.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Загальна характеристика технологічного процесу первинної очистки соняшникової олії

Якість олії, що споживається, залежить від рівня технологій, що використовуються для видалення домішок та супутніх речовин, що містяться у первинному продукті. Споживачами рафінованих жирів є багато галузей народного господарства, такі як хлібопекарська, кондитерська, консервна, їжеконцентратна та інші. Вторинні продукти з олії використовуються з технічною метою (оліфоварення, машинобудування, хімічна, текстильна промисловості та ін.) [1].

Умовою протікання процесу очищення олій та жирів є безперервність процесу, незважаючи на наявність декількох етапів цього процесу. Оскільки якість кінцевого продукту переробки, а також ефективність процесу залежить від параметрів проміжних стадій, то ведення процесу рафінації потребує постійного контролю, не тільки за технологічними, але й за економічними параметрами, які характеризують вихід продукту на конкретній стадії процесу. Проте більшість заводів по виробництву олій та жирів мають низький ступінь автоматизації виробництва, що можна пояснити низьким рівнем автоматизованих систем керування, їх локальністю та високою вартістю.

Недоліками контролю параметрів продукції є те, що в технологічному потоці використовуються об'ємні методи, які мають велику похибку, а також неефективні в роботі. Недостатня точність контролю витрат та додатків напівфабрикатів і кінцевого продукту процесів рафінації обумовлює втрати продукції. Додатковою проблемою вирішення завдань виробництва олії є недостатня ефективність каналів впливу на хід процесу рафінації олії, який би дозволив зменшувати дії збурень і завад процесу. Впровадження автоматизації процесу рафінації спрямовано на забезпечення якісного контролю (з архівацією даних) за витратами сировини, проміжних та фінішного продукту. Отже,

реалізація завдань автоматизації контрольно-вимірювальних операцій є передумовою по досягненню сучасного рівня розвитку систем керування, що базуються на використанні мікропроцесорних засобів керування.

Складність процесу рафінації олії полягає в взаємопов'язаності хімічних та фізичних параметрів, які дотично характеризують впливи на процеси, які відбуваються при видаленні трігліцеридів з олії.

Рафінація являє собою складний комплекс різних фізичних і хімічних процесів. Як зазначалося, необхідність використання тих чи інших процесів, що формують процес очищення, залежить від якості сировини та необхідним рівнем очищення [1, 2].

Класифікація методів рафінації жирів представлена у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація методів рафінації жирів

Процеси	Методи	Призначення
Гідромеханічні	Відстоювання	Поділ утворених фаз
	Центрифугування	
	Фільтрування	
Фізико-хімічні	Нейтралізація	Видалення фосфоліпідів та інших гідрофільних речовин
	Виморожування	Видалення високо плавких речовин
	Нейтралізація	Видалення вільних жирних кислот
	Промивання	Видалення мила та інших водорозчинних речовин
Маслообмінні	Висушування	Видалення вологи
	Відбілювання	Видалення пігментів та інших забарвлених речовин
	Дезодорація	Видалення одоруючих речовин
	Дистиляційна рафінація	Видалення вільних жирних кислот одоруючих речовин

Швидкість гідромеханічних процесів визначається законами гідродинаміки. Ці процеси використовуються для поділу рідинних неоднорідних середовищ в гравітаційному полі.

Інший варіант – застосування дії відцентрових сил, або дії різниці тисків при переміщенні продукту через пористу речовину; Швидкість фізико-хімічних процесів залежить від природи хімічної кінетики та умов масопереносу реагуючих речовин.

Стан цих процесів визначається ступенем фізичного впливу на умови масопереносу.

Адсорбція, екстракція з розчинів, дистиляція та інші, відносяться до масообмінних процесів, для яких характерні переходом однієї чи декількох компонентів вихідної суміші з однієї фази в іншу.

Окрім головної мети рафінації олії – отримати найбільший вміст вільних жирних кислот, додатковим завданням підвищення ефективності процесу є мінімізувати втрати цінних супутніх речовин, що можуть використовуватись як самостійні продукти.

До цих продуктів відносяться воскові речовини та фосфоліпіди. Довільні початкові умови процесу, які полягають в зміні параметрів олії та жирів, що надходять на рафінацію, а також прагнення виробника задовольнити різних замовників, що пред'являють різні вимоги до фінішного продукту, призводять до використання різних методів процесу рафінації або різних комбінацій їх поєднання [1, 3].

Присутність в рослинній олії нерозчинних механічних домішок призводить до інтенсифікації окислювальних, ферментативних і гідролітичних процесів, оскільки ці процеси проходять значно швидше на поверхні часток механічних домішок, ніж в об'ємі [2].

Вищеназвані процеси погіршують якість олії і збільшують її втрати при подальшій переробці.

Порівняно висока температура і тривалість процесу первинного очищення рослинної олії в присутності механічних часток білкового походження сприяють

проходженню сахароамінних реакцій, денатурації білкових речовин, утворенню ліпопротеїнових комплексів, переходу одоризуючих речовин в олію. Все це погіршує фізіологічну цінність олії, її органолептичні властивості, товарний вигляд і утрудняє подальшу переробку олії. Тому в процесах виробництва рослинної олії прагнуть до швидкого і найбільш повного видалення з олії нерозчинних механічних домішок.

У вітчизняній практиці в даний час застосовуються різні способи розділення суспензій [3], які можна класифікувати на осадження і фільтрування. Відмінність між цими способами полягає в тому, що при одному з них частки дисперсної фази рухаються відносно дисперсійного середовища (осадження), а в іншому дисперсійне середовище рухається відносно часток дисперсійної фази (фільтрування). Осадження може здійснюватися під дією гравітаційних і відцентрових сил; фільтрування - через перфоровану поверхню, пористий шар фільтротканини або намитий (дренажний) шар часток різного походження.

Найбільш поширені наступні схеми первинного очищення пресової олії від механічних домішок:

- 1) відстоювання в механічній пастці і фільтруванні у фільтр-пресах (одноразове або дворазове);
- 2) відстоювання в механічній пастці, осадження часток у відцентровому полі на центрифугах НОГШ-325, фільтрування у фільтр-пресах (одноразове або дворазове);
- 3) відстоювання в механічній пастці, осадження часток у відцентровому полі на центрифугах НОГШ-325, перша сепарація зволоженого масла і друга сепарація.

Простим апаратом, що дозволяє досягти значного видалення зважених часток з олії відстоюванням у гравітаційному полі, є механічний вловлювач [4]. У ньому здійснюється, зазвичай, перше очищення олії відстоюванням від крупних домішок. Простота конструкції, велика продуктивність, виключення ручної праці при обслуговуванні зробили її застосування переважним.

В даний час в промисловості знаходять застосування подвійні механічні вловлювачі. У такому пристрої, на відміну від одинарного, забезпечується більш повне видалення зважених часток з олії завдяки наявності другого відсіку, в якому створені умови, що реалізують ефективне спокійне відстоювання олії. Так, при масовій частці нежирових домішок у вихідній олії 2,1 - 2,3 %, після одинарної пастки масова частка нежирових домішок в олії склала в середньому 0,95%, після подвійної пастки - відповідно 0,30 %. Ці дані відносяться до приблизно однакової продуктивності пасток, що складає по олії 200 - 250 т/добу.

Проте осадження у гравітаційному полі може мати значення лише як метод попереднього грубого очищення від найбільш крупних часток.

Для виділення дрібних зважених часток досить перспективним є осадження у відцентровому полі.

Апаратурно- технологічна схема первинного очищення соняшникової олії зі застосуванням центробіжного впливу на оброблювану речовину.

Технологічна схема первинного очищення олії, що пропонується, передбачає наступну послідовність операцій.

Олія соняшникова у вигляді суспензії (масова частка нежирових домішок 2-10%) збірним шнеком 1 (рис.1.) подається у гравітаційну пастку Г2, в якій при температурі

80-90⁰ С відбувається осадження механічних часток розміром більше 0,04 мм. Осад (масова частка жиру 25 % виводиться з апарату і передається на подальшу переробку.

Частково очищена олія (суспензія) з масовою часткою нежирових домішок 0,95 % та масовою часткою води і летких речовин - 0,3 % через проміжну ємкість 3 насосом 4 подають в центрифугу 5. Очищена в центрифугі олія до вмісту у суспензії масової частки нежирових домішок 0,25 %) через проміжну ємкість 6 насосом 7 подається при температурі 65 - 70 ⁰С на фільтрацію.

Зважені частки, що виділяються з олії в центрифугі, подаються шнеком 8 на повторну переробку у верхні чани жаровень пресових агрегатів.

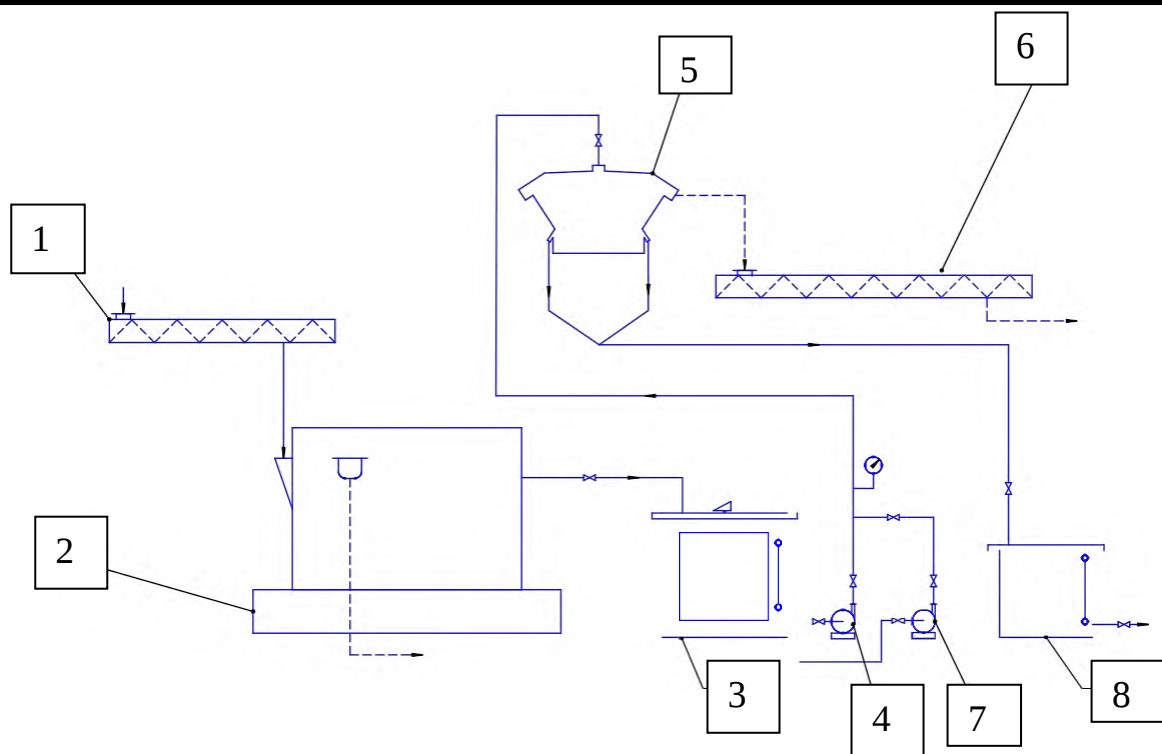


Рис. 1.1 Технологічна схема первинного очищення соняшникової пресової олії: 1 – шнек; 2 – механічна пастка; 3 – збірник для олії; 4,7 – насос; 5 – центрифуга; 6 – бак для олії; 7 – шнек

1.2 Конструкції і технічні характеристики центрифуг для очистки соняшникової олії

У процесі попереднього або остаточного знімання олії в шнекових пресах в нього потрапляють частинки мезги і макухи, які виносяться потоками олії через щілини зеєрні. Наявність в олії твердих домішок знижує її якість і ускладнює подальшу переробку, а контакт домішок з олією веде до інтенсифікації його окислення, ферментативного гідролізу і, отже, погіршення біологічної цінності масла, його органолептичних властивостей. У процесі маслодобування в масло переходять фосфатиди, воски, вільні жирні кислоти, барвники та інші супутні речовини. Фосфатиди, стероли, токоферолі підвищують біологічну цінність олії, а воски, вільні жирні кислоти, держипол – знижують його якість. Так наявність фосфатидів в олії погіршує його технологічні властивості, ускладнюючи рафінацію та гідрогенізацію. Тому первинне очищення масла має важливе значення у забезпеченні безпеки його якості. Для підвищення стійкості олії до

зберігання необхідно проводити первинне очищення відразу після отримання. Слід також зазначити, що олія відразу після отримання повинна бути охолоджена до температури не вище 60 °С. Це необхідно для запобігання окислювальним процесам, можливих при зіткненні гарячої олії з киснем повітря при первинному очищенні та зберіганні у відкритих ємностях. При переробці бавовняного насіння зберігання олії вже при температурі вище 40 °С супроводжується також глибокими незворотними змінами держсиполу, що ускладнюють подальше його видалення з олії. При первинному очищенні масла, в основному, видаляють механічні домішки, використовуючи для цього відстоювання (в гущаловушках), інерційне очищення (на вібраційних ситах), центрифугування (в центрифугах; і сепараторах) та фільтрацію (на фільтр-пресах). Як фільтруючу поверхню (перегородки) використовують спеціальну тканину (бельтинг, лавсан, капрон та інші). На існуючих фільтр-пресах фільтрація ведеться за постійної швидкості до створення тиску не більше 0,2 МПа. Для механічного очищення відстоюванням використовують механізовані гущаловушки (рис. 1.2).

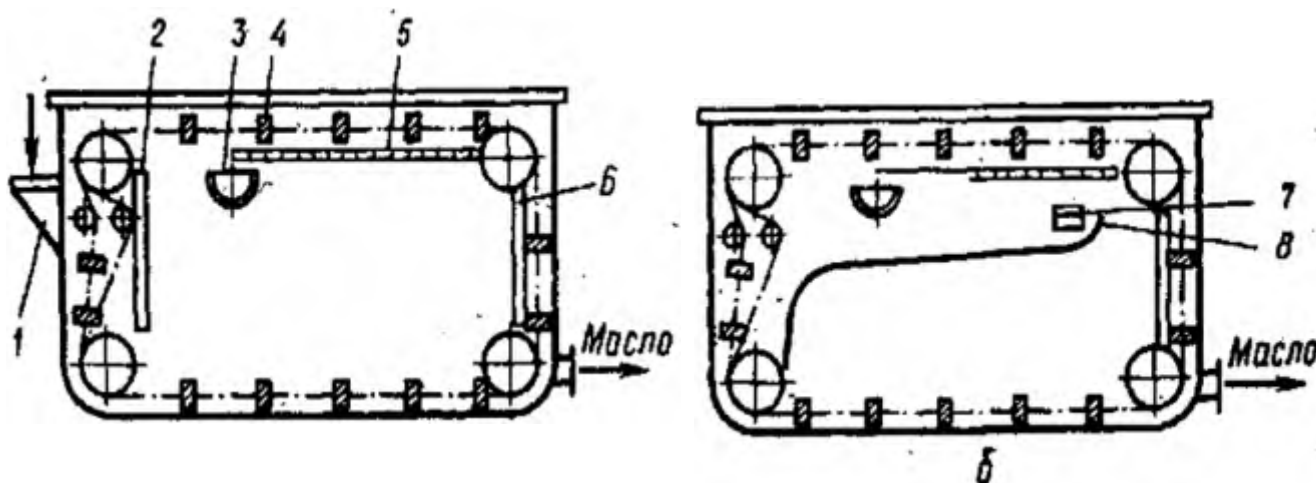


Рис. 1.2 - Гущаловушка

Гущаловушка - це найпростіший сепаратор, призначений для видалення механічних домішок із пресової олії. Гущаловушка є прямокутною ємністю, в якій розміщений скребковий ланцюговий механізм 4. Ланцюг натягнутий і переміщається за допомогою чотирьох зірочок, закріплених на валиках. Олія з

домішкою до 10 % механічної суспензії надходить у перший відсік гушчеловушки через прийомну кишеню 1. Суспензія, що міститься в маслі, поступово переноситься вгору і подається на сітчасту поверхню горизонтальної перегородки 5, звідки переміщається скребками до вивідного шнека 3. Олія, що пройшла 5 надходить у другу секцію через щілину 7, де очищається за аналогічною схемою. Очищене масло з вмістом суспензії до 0,3% виводиться на подальшу обробку через патрубки 8, розташовані під сітчастою перегородкою. Рух ланцюгів скребкового механізму проходить повільно, зі швидкістю від 2 до 3 м/год, продуктивність гушчеловушки - від 8 до 10 т олії на годину. Виготовляють її як не стандартизоване устаткування.

У гушчеловушках відбувається відділення олії від найбільших частинок, а виділення дрібних зважених частинок використовують осадження їх у відцентровому полі. Для цих цілей використовуються центрифуги та сепаратори. У схемах первинного очищення олії на багатьох підприємствах застосовують горизонтальні шнекові центрифуги безперервної дії типу НОГШ, ОГШ та рідинні розділові та освітлювальні сепаратори.

Центрифуга ОГШ-321К горизонтальна, безперервної дії, із шнековим вивантаженням осаду призначена для поділу суспензій середньої дискретності. На маслодобувних підприємствах вона застосовується для первинного очищення олій від механічних домішок. Основним вузлом центрифуги (рис. 1.3) є ротор 8 циліндроконічної форми, розташований горизонтально на двох опорах 5 підшипників. З торців ротор закритий цапфами. Кришками він спирається на підшипники кочення. Головні опорні підшипники змонтовані на станині 7. Обертання ротора здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу 1. Усередині ротора співвісно розташований шнек 3 для переміщення твердого осаду до розвантажувальних вікон ротора. Шнек складається з порожнистого циліндричного барабана, на зовнішній поверхні якого розташовані спіралі. Усередині порожнього барабана приварені перегородки,

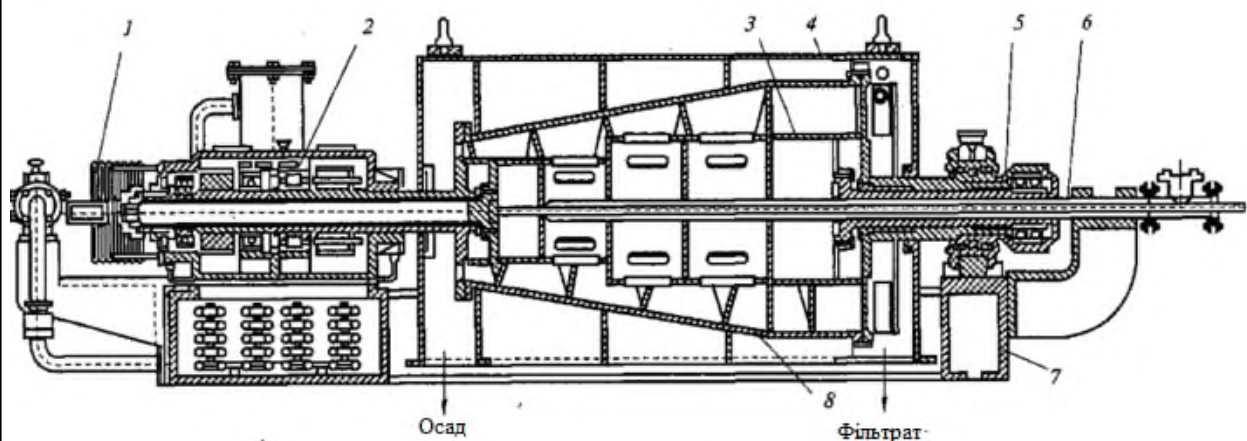


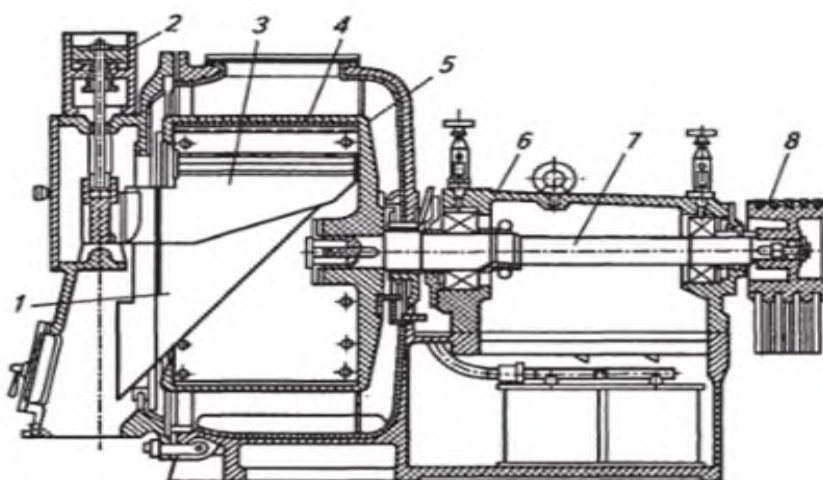
Рис. 1.3 - Центрифуга горизонтальна ОГШ-321К

Камери мають три розвантажувальні вікна. До торців барабана шнека прикріплені цапфи, що утворюють опорні шийки шнека. Ліва цапфа шнека забезпечена шліцами, якими вона з'єднується з водилом другого ступеня планетарного редуктора 2. Обертання шнека передається від ротора через планетарний редуктор 2, який забезпечує обертання шнека в один бік з ротором при відставанні на 1% від частоти обертання. Різниця кутових швидкостей шнека та ротора створює умови примусового переміщення осаду вздовж внутрішньої поверхні барабана ротора. Через порожнисті цапфи ротора і шнека проходить труба живлення 6, по якій підводиться суспензія у внутрішню порожнину барабана шнека, звідки вона через вікна викидається у внутрішню порожнину ротора. Під дією відцентрових сил у роторі тверда фаза відокремлюється від рідкої, причому тверда фаза осідає на стінках ротора і транспортується шнеком до розвантажувальних вікон у вузькій стороні ротора. На шляху просування осаду до розвантажувальних вікон у зоні зневоднення з осаду видаляється волога. Рідина прямує до широкої сторони ротора і через зливні вікна в першій цапфі викидається в приймальний відсік кожуха 4 центрифуги і потім зливається в збірник. Тверда фаза через розвантажувальні вікна ротора потрапляє у приймальний відсік кожуха, звідки під впливом своєї маси падає вниз. Завантаження, відділення твердої фракції від рідкої, вивантаження осаду та злив

фугату відбуваються безперервно. Продуктивність ОГШ-321К по осаду – від 400 до 500 кг, а продуктивність на вході – до 8 м3/год.

Горизонтальна центрифуга з ножовим розвантаженням осаду на ходу показана на рис. 1.4. Основний робочий орган – перфорований ротор, розташований усередині литого корпусу. Він за допомогою шпонки кріпиться на валу, який обертається від електродвигуна через клинопасову передачу. Ніж переміщається до поверхні.

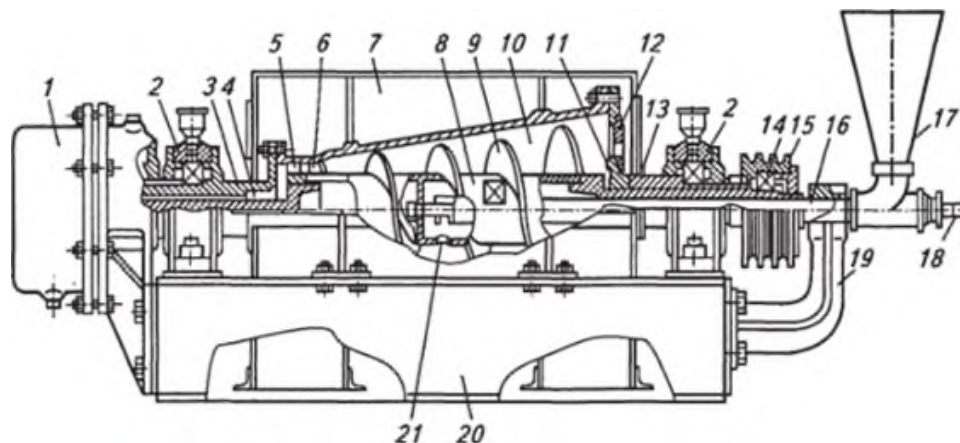
При підйомі ніж зрізає осад, який падає в жолоб і виводиться назовні. Суспензія подається по трубі з щілинним вікном на ділянці, розташованому всередині ротора, через певні проміжки часу завантажувальним клапаном з гідравлічним керуванням. Центрифуга управляється електрогідравлічним автоматом, відмінна риса якого полягає у можливості контролювати наповнення центрифуги не за часом, а за товщиною шару осаду.



Рмс.. 1.4. Центрифуга з ножовим вивантаженням осаду: 1 - Похилий жолоб; 2 гідроциліндр; 3-ніж; 3-сітка; 5-ротор; 6-корпус центрифуги; 7-вал; 8-шків

Центрифуга зі шнековим вивантаженням осаду показано на рис. 5.3. Два концентричні барабани - зовнішній і внутрішній - обертаються з різною частотою. Зовнішній барабан призначений для центрифугування, внутрішній для кріплення спіральної стрічки або лопаток по гвинтовій лінії. Осад, що утворюється на

стінках зовнішнього барабана, транспортується спіральною стрічкою або лопатками до вивантажувальних вікон, через які викидається до приймача. Істотною перевагою таких центрифуг є безперервність дії. Барабани відстійних (осаджувальних) центрифуг зі шнековим вивантаженням можуть бути конічною або циліндричною формою. Поки суспензія переміщається в барабані від його вузького сопла до широкого осаду, що утворюється транспортується в протилежному напрямку. При цьому осад виводиться шнеком із суспензії і по дорозі до вивантаження проходить через зону осушки, де втрачає частину рідкої фази. Для поділу суспензій з концентрацією твердої фази 1...40% використовують відстійні центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду. На відміну від центрифуг, що фільтрують, вони видають осад з вмістом рідкої фази 30...40 %. Порівняно з відстійними центрифугами з ножовим зніманням осаду витрата енергії у них менша у 3...4 рази, а металу — у 5...6 разів. Однак у порівнянні з іншими центрифугами витрата енергії на 1 т продукту.



Мал. 1.5. Центрифуга зі шнековим вивантаженням осаду: 1 - Редуктор; 2-корінні підшипники; 3 задня цапфа ротора; 4, 13-ущільнення; 5 - зворотний виток; 6 вікна для осаду; 7 - кожух; 8 - пустотілий вал шнека; 9 конічний шнек ротора; 10 конічний ротор; 11 - передня цапфа ротора; 12 - вставки зливних вікон; 13 - підшипник; 14 - привідний шків; 16 - живильна труба; 17-приймальна лійка; 18

промивна труба; 19 кронштейн; 20 - рама; 21 вікна для подачі суспензії та у них у 4...6 разів більше.

Осаджувальні центрифуги зі шнековим вивантаженням застосовні для суспензій досить широкого діапазону дисперсності з розмірами частинок приблизно 0,01...1 мм. Все більше застосування в харчовій промисловості знаходять безперервно діючі конічні центрифуги з відцентровим вивантаженням осаду. У таких центрифугах продукт безперервним струменем тече до приймача з малим кутом розчину конуса, де він розганяється до окружної швидкості обертання, і надходить на сито, що фільтрує. При русі оброблюваного матеріалу вздовж ротора відокремлюється міжкристалітна рідина, осад промивається і пропарюється. Рідка фаза потрапляє у кільцевий приймач. Кут розчину фільтруючого конуса забезпечує рух продукту у верхній зоні ротора під дією підпору нових порцій продукту. Продукт викидається в приймач і прямує на подальшу переробку. Для конічних центрифуг застосовують фільтруючі сита з малими отворами як щілин шириною 0,04...0,15 мм. Лопатеві центрифуги з відцентровим вивантаженням осаду застосовують у крохмалопатковій промисловості. Лопатеве сито по конструкції аналогічно відцентровому насосу. Відрізняється воно лише тим, що має вигнуті вперед (у напрямку обертання) лопатки як сит (рис. 1.6). При центральному живленні ротора суспензія, що обробляється, тече вздовж ситової лопатки, рідка фаза з тонкою фракцією

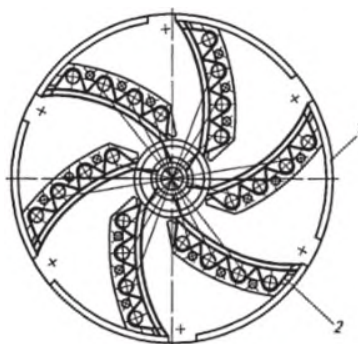


Рис. 1.6. Ротор лопатевої центрифуги:

1 - корпус ротора; 2- лопатя проходить через сито, а груба фракція затримується та викидається у радіальному напрямку.

Центрифуга з ротором, що фільтрує, виконаним з фільтруючого сита, показана на рис. 1.7. Усередині ротора розташований пристрій, що складається із системи сопел для подачі промивних вод, що обертається з певною швидкістю щодо конічного ротора. Під час проходження продукту по конічній поверхні ротора сопла подають воду, що промиває продукт і тонкі фракції, що виносить з нього.

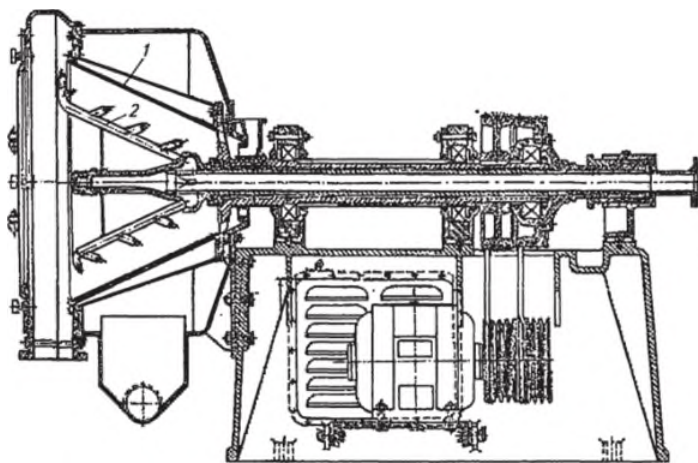


Рис.. 1.7. Центрифуга з фільтруючим ротором: 1-фільтруючий ротор; 2-пристрій, що несе систему сопел

Центрифуга НОГШ-325 використовується у схемі очищення рослинної олії для додаткового віджиму, захопленого шламом.

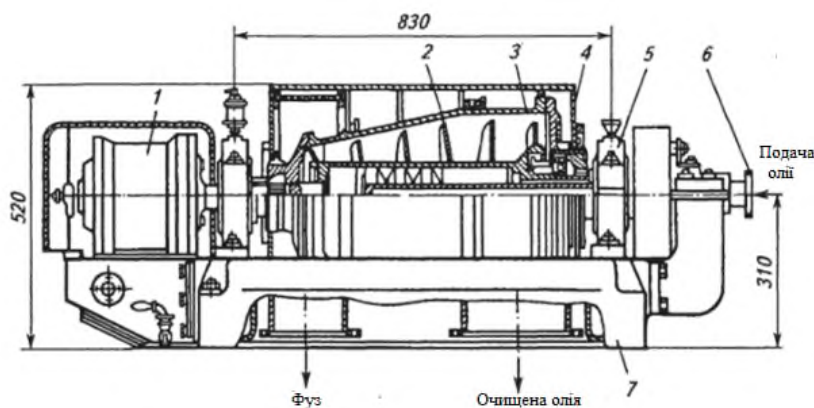


Рис. 1.8. Центрифуга НОГШ-325: 1 - планетарний редуктор; 2 шнек; 3-ротор; 4-кожух; 5-підшипники; 6-живильна труба; 7-станина олії.

Її можна також застосовувати безпосередньо для відокремлення зважених частинок від олії. Процес осадження механічних частинок у відцентровому полі відбувається значно інтенсивніше, ніж відстоювання у полі гравітаційних сил. Центрифуга відноситься до відстійних шнекових центрифуг безперервної дії. Основний вузол центрифуги – ротор 3 (рис. 1.8), встановлений горизонтально в підшипниках 5. Зверху ротор закритий кожухом 4, з торців – кришками з цапфами, що спираються на підшипники. Ротор приводиться в обертання від електродвигуна через клинопасову передачу. Шнек 2 для виведення шламу, що осів на внутрішні стінки ротора, обертається від ротора центрифуги через планетарний редуктор 1. Ротор зі шнеком, кожух, опори, планетарний редуктор змонтовані на станині 7. Центрифуга працює в такий спосіб. Суспензія, що підлягає поділу, надходить у внутрішню порожнину шнека через трубу живлення, звідки через вікна обичайки шнека потрапляє в ротор. Тверді зважені частинки під дією відцентрових сил осідають на внутрішню поверхню ротора і направляються шнеком до отворів, що розташовані у вузькій частині ротора. Осад надходить у приймач. Освітлена рідина прямує до зливних вікон, переливається через зливний борт і викидається з ротора до приймального відсіку кожуха центрифуги. Режим процесу можна регулювати зміною швидкості суспензії, частоти обертання ротора, діаметра зливного борту. Основні технічні дані центрифуги НОГШ-325

Продуктивність при очищенні олії, т/год	2,0
Частота обертання ротора, хв. ⁻¹	1500; 3000; 5500
Відносна частота обертання шнека, хв. ⁻¹	16,5; 20; 23,5
Потужність електродвигуна, кВт	3
Габаритні розміри, мм: довжина	1512
ширина	1465
висота	520
Маса, кг	722

Найбільш поширене розповсюдження у виробництві олії отримала центрифуга НОГШ – 325.

1.3 Характеристика електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії

Існуюча динаміка поступального руху у напрямі підвищення технічного рівня автоматизованого електроприводу призводить до необхідності періодичного узагальнення накопиченого досвіду у проектуванні та експлуатації існуючого електрообладнання.

Завдання експлуатаційників полягає у збереженні працездатного стану існуючих електроустановок та переведення їх у максимально енергозберігаючий режим.

Поява автоматизованого електроприводу з одного боку пов'язана з виникненням нових електронно-цифрових систем управління та з іншого боку – з появою потокових ліній, а також з подальшим розвитком процесу зрощування робочої машини з електродвигуном. Технологи почали пред'являти підвищені вимоги до електроприводу з точки зору надійності та якості роботи: розширення функцій, наявність пристроїв отримання та зберігання інформації, зобов'язання [5].

Електроприводи центрифуг для очистки олії побудовані на застарілій елементній базі, відсутня автоматизація та відмічена невисока функціональність існуючого електропривода.

Саме тому в межах написання роботи прийнято рішення здійснити модернізації електроприводу шнека центрифуги (основного устаткування процесу первинної очистки соняшникової олії).

2 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПУ ДВИГУНА, РОЗРАХУНОК ЙОГО ПОТУЖНОСТІ

2.1 Вимоги до електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії

Сучасний електропривод – це сукупність безлічі електромашин, апаратів і систем керування ними. Він є основним споживачем електричної енергії (до 60%) і головним джерелом механічної енергії в промисловості.

Для механізмів, що працюють в повторно-короткочасному режимі, більшу частину робочого циклу двигун працює на природній характеристиці і лише відносно невеликий час на штучній, зазвичай на зниженій частоті обертання. У цьому випадку втрати електроенергії на штучній характеристиці порівняно невеликі, тому що час роботи на ній невеликий. Тут можна застосовувати прості і дешеві способи регулювання, навіть якщо вони викликають підвищені втрати потужності в обмотках.

Тому завдяки простоті реалізації методу регулювання швидкості шляхом зміни опору в ланцюзі ротора, такі електроприводи знайшли найбільш широке застосування в кранових системах, і зараз складають основну частину від всіх електроприводів, що застосовуються в промисловості.

У той же час зростає число електроприводів з плавним регулюванням швидкості, в першу чергу до них відносяться електроприводи по системам “тиристорний перетворювач – двигун постійного струму” (ТП-Д) і “перетворювач частоти – асинхронний двигун” (ПЧ-АД).

Сформуємо основні вимоги до перехідного процесу автоматизованого електроприводу шнеку центрифуги:

- перерегулювання δ – не більше 10%;
- час регулювання перехідного процесу t_p – не більше 1 с;

- час наростання – не більше 0,5 мс;
- сталі значення $N = 1$.

2.2 Розрахунок швидкості осадження у центрифугі.

Осадження в центрифугі здійснюється під дією гравітаційної або відцентрової сили, що виникає під час обертання тіл, у багато разів перевищує силу тяжіння, її використовують для прискорення процесу осадження. Основною частиною центрифуги є барабан, який обертається. При обертанні виникає відцентрова сила.

Визначаємо відцентрову силу за формулою:

$$\sigma_e = m\omega^2 r \quad (2.1)$$

де m - вага частинки, кг $10 \cdot 10^{-6}$

ω - кутова швидкість обертання частинки, s^{-1} , $1,1 \cdot 10^6$

r - радіус обертання частинки 0,3 м

Отриманні значення підставляємо в формулу (3.1)

$$\sigma_e = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot 0,3 = 3H$$

Силу тяжіння визначаємо за формулою (3.2);

$$G_T = mg \quad (2.2)$$

$$G_T = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 9,8 = 9,8 \cdot 10^{-5} H$$

Визначаємо фактор розділення за формулою;

$$F_r = \frac{G_B}{G_T} \quad (2.3)$$

$$F_r = \frac{3}{9,8 \cdot 10^{-5}} = 3,1 \cdot 10^4$$

Таким чином фактор розділення показує, в скільки разів відцентрова сила перевищує гравітаційну. Чим більше фактор розділення, тим вища розділяюча здатність відцентрових установ.

Визначаємо швидкість осадження у відцентрованому полі за формулою;

$$\omega^2 = \frac{d^2 (P_c - P_s) \omega^2 r}{18 \mu_c} \quad (2.4)$$

де d – діаметр частинки, 0,003 м,

$P_c = 2525 \text{ кг/м}^3$ – густина частинки,

$P_s = 920 \text{ кг/м}^3$ – густина середовища,

μ_c - 0,00595 Па*с – динамічна в'язкість середовища,

$n = 3000$ об/хв. Частота обертання барабана.

Підставляємо значення в формулу (3.4);

$$\omega^2 = \frac{0,003^2 * (2525 - 920) * 18840 * 0,3}{18 * 0,00595} = 0,3 \text{ м / с}$$

Визначаємо нульову швидкість за формулою (3.5);

$$\omega = 2\pi n; \quad (2.5)$$

$$\omega = 2 * 3,14 * 3000 = 18840 \text{ рад / хв.}$$

Визначаємо тривалість осадження за формулою (3.6);

$$\tau = \frac{18 \mu_{жс}}{d^2 (2\pi n)^2 (P_c - P_s)} \ln \frac{R}{R_0} \quad (2.6)$$

де $\mu_{жс} = 0,00585$ – динамічна в'язкість води,

$R = 0,25$ м – радіус барабана,

$R_0 = 0,2$ м – радіус радіального кільця в барабані.

$$\tau = \frac{18 * 0,00595}{0,03^2 * 18840 * (2525 - 920)} \ln \frac{0,25}{0,2} = 0,209 * 10^{-7} \text{ с}$$

Визначаємо споживчу потужність за формулою (3.7);

$$P_i = j_i * V_i; \quad (2.7)$$

$$P_i = 3.25 * 380 = 1235 \text{ Вт}$$

Визначаємо тривалість осадження частинок за формулою (3.8);

$$\tau = \frac{18 \mu_{ж} * 900}{d^2 (P_u - P_c) \pi^2 n^2} \ln \frac{0,25}{0,2} \quad (2.8)$$

$$\tau = \frac{18 * 0,00595 * 900}{0,003^2 * (2525 - 920) * 3,14^2 * 3000^2} \ln \frac{0,25}{0,2} = 0,2 * 10^{-4}$$

Визначаємо споживчу потужність електроенергії за формулою:

$$W_i = P_i r; \quad (2.9)$$

$$W_i = 1235 * 11,1 = 13708,5 \text{ Дж}$$

2.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна.

Для привода робочих машин частіше всього використовують трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором серії 4А або міжнародної серії АІР. Останні є уніфікованими двигунами серії Інтерелектро, виконаними з конструкційних матеріалів підвищеної якості. Вони відрізняються меншими габаритами і масою, низьким рівнем вібрацій і підвищеними енергетичними показниками, котрі відповідають рівню кращих зарубіжних зразків. При виборі типу двигуна за рівнем захисту від впливу навколишнього середовища частіше всього використовують захищені – 1Р23 або закриті – 1Р44. У пожежо-вибухонебезпечних приміщеннях використовують двигуни спецвиконання-1Р54.

Для електропривода робочих машин, як правило вибирають прості та надійні трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором серії 4А, АІР, АІРС або інші.

Електродвигуни вибирають із каталогу за розрахунковою потужністю $P_{НОМ} \geq P_{РОЗРАХ}$ і синхронній частоті обертання n_0 ($n_0 = 3000, 1500, 1000, 750$ об/хв.) з урахуванням режиму роботи двигуна: S1 – тривалий, ПВ > 60%; режим S2 –

короткочасний, $ПВ < 15\%$; режим S3 – повторно-короткочасний, $15\% \leq ПВ \leq 60\%$.

При роботі машини у тривалому режимі із малозмінним навантаженням, що відповідає режиму роботи S1, потужність двигуна вибирають за результатами енергетичних розрахунків:

$$P_{НОМ} \geq P_{ДВ}, \quad (2.10)$$

а вибрані двигуни на нагрівання, відповідність пусковому моменту і на перевантажувальну здатність не перевіряють, так як в цьому випадку завод-виготовлювач гарантує їх тривалу роботу.

Енергія, яка розходується при роботі шнекового преса, витрачається на привод шнека, стискання і розчавлювання продукту, його переміщення і подолання сил тертя, причому остання складова, дуже велика. Крім того, при наявності гідрорегулятора енергія витрачається і на гідронасос.

Вихідні технічні параметри для розрахунку потужності двигуна центрифуги:

R_{MAX} , R_{MIN} , R_{CP} – максимальний, мінімальний і середній радіус лопатей шнеку центрифуги, $R_{MAX} = 0,25$ м, $R_{MIN} = 0,10$ м, $R_{CP} = 0,12$ м;

Z_H – кількість лопатей, $Z_H = 2$;

ω_H – максимальна кутова швидкість обертання шнеку,

$\omega_H = 157$ рад/с (1450 об/хв.);

q – питомий опір олії, $q = 500..550$ Н/м.

Напруга живлення: 3 PEN 380/220 В 50 гц.

В основі аналітичного розрахунку споживної потужності двигуна лежить визначення потужності на валу шнеку центрифуги.

Для визначення потужності на валу ротора P_0 (кВт) (без урахування ККД привода і коефіцієнта запасу потужності двигуна) може бути рекомендована наступна емпірична формула [9]:

$$P_0 = q(R_{MAX} - R_{MIN}) \cdot R_{CP} \cdot \omega_H, \quad (2.11)$$

Тоді:

$$P_0 = 550(0.25 - 0.10) 0.12 \cdot 2 \cdot 157 = 3,1 \text{ кВт}$$

Потужність на валу двигуна привода визначимо за формулою:

$$P_{дв} = K_3 \cdot \frac{P_0}{\eta_3}, \quad (2.12)$$

де P_0 - розрахункова потужність на валу ротора лопатей, $P_0 = 3,1$ кВт;

η_3 – загальний ККД кінематичної схеми, $\eta_3 = 0,90$;

K_3 - коефіцієнт запасу потужності двигуна, $K_3 = 1,1 \dots 1,3$.

Тоді потужність на валу двигуна:

$$P_{дв} = \frac{P_0}{\eta_0} \cdot K_3 = \frac{3,1}{0,90} \cdot 1,1 = 3,78 \text{ кВт}$$

За розрахованою потужністю двигуна $P_{дв} = 3,78$ кВт і за заданим значенням частоти обертання ротора двигуна $n = 1450$ об/хв., вибираємо трифазний асинхронний двигун 4A100L4Y3 з короткозамкненим ротором, серії 4A, для режиму S1 з напругою 380 В 50 Гц.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика двигуна **4A100L4Y3**

Рном, кВт	пном, об/хв.	(ККД)ηном, %	cosφном	Jдв, кг·м²
4.0	1450	84	0.84	0.15
$\frac{M_{\Pi}}{A A}$	$\frac{M_{max}}{A A}$	$\frac{M_{min}}{A A}$	$\frac{I_{\Pi}}{A A}$	
2	2.2	1.6	6	

Визначення додаткових параметрів двигуна

Синхронна кутова частота обертання двигуна:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{\pi \cdot 1500}{30} = 157.08 \text{ рад/с} \quad (2.13)$$

Номінальна частота обертання двигуна:

$$n_{дв.н} = (1 - S_H) \cdot n_0 = (1 - 0,053) \cdot 1500 = 1450 \text{ об/хв} \quad (2.14)$$

чи

$$\omega_{дв.н} = (1 - S_H) \cdot \omega_0 = (1 - 0,053) \cdot 157,08 = 148,75 \text{ рад/с} \quad (2.15)$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_{дв.н} = \frac{P_{дв.н}}{\omega_{дв.н}} = \frac{4000}{148,75} = 26,89 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.16)$$

Номинальна фазна напруга і номінальний фазний і лінійний струм статора при схемі з'єднання обмоток Y:

$$U_{1\phi н} = \frac{U_{1\text{лн}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,393 \text{ В} \quad (2.17)$$

$$I_{1\phi н} = \frac{P}{3 \cdot U_{1\phi н} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{4000}{3 \cdot 219,393 \cdot 0,84 \cdot 0,84} = 8,613 \text{ А} \quad (2.18)$$

$$I_{1\phi н} = I_{1\text{лн}} = 8,613 \text{ А} \quad (2.19)$$

де,

$I_{1\text{лн}}$ - струм, споживаний двигуном з мережі в номінальному режимі роботи.

Максимальний споживаний струм двигуна при прямому пуску:

$$I_{1\text{макс}} = k_i \cdot I_{1\text{лн}} = 6 \cdot 8,61 = 51,68 \text{ А} \quad (2.20)$$

Критичний момент двигуна на природній характеристиці:

$$M_K = m_K \cdot M_{дв.н} = 2,2 \cdot 26,89 = 59,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.21)$$

Пусковий момент двигуна при прямому пуску:

$$M_{дв.пуск} = m_{п} \cdot M_{дв.н} = 2 \cdot 26,89 = 53,78 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.22)$$

2.4 Розрахунок і побудовання механічної характеристики двигуна

Синхронна кутова частота обертання двигуна:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{\pi \cdot 1500}{30} = 157,08 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.23)$$

Максимальна швидкість електроприводу:

$$\omega_{\text{эп.макс}} = 1,25 \cdot \omega_0 = 1,25 \cdot 157,08 = 196,35 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.24)$$

Значення електромагнітного номінального моменту при номінальному ковзанні:

$$\begin{aligned} M_{\text{эм.сн}} &= \frac{3 \cdot U_{1.\text{фн}}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_{\text{н}} \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{\text{н}}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_{\text{н}} \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 219,39^2 \cdot 1,628}{157,08 \cdot 0,053 \left[5,77^2 + \left(1,653 + \frac{1,628}{0,053} \right)^2 + \left(\frac{1,653 \cdot 1,628}{0,053 \cdot 123,57} \right)^2 \right]} = \\ &= 27,416 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.9.3)$$

$$M_{\text{эм.н}} = M_{\text{эм.сн}} = 27,416 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.26)$$

Значення кутової швидкості обертання двигуна:

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s_{\text{н}}) = 157,08 \cdot (1 - 0,053) = 148,75 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.27)$$

Значення електромагнітного критичного моменту при критичному ковзанні:

$$\begin{aligned} M_{\text{эм.ск}} &= \left[\frac{3 \cdot U_{1.\text{фн}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left[R_1 + \sqrt{(R_1^2 + X_{\text{кн}}^2) \cdot \left[1 + \left(\frac{R_1}{X_{\mu}} \right)^2} \right]} \right]} \right] = 63,145 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ M_{\text{эм.к}} &= M_{\text{эм.ск}} = 63,145 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Момент тертя на валу двигуна:

$$M_{\text{с,дв}} = M_{\text{эм.н}} - M_{\text{дв.н}} = 27,464 - 26,89 = 0,574 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.29)$$

Пусковий момент двигуна при прямому пуску:

$$M_{\text{эм.п}} = m_{\text{п}} \cdot M_{\text{дв.н}} = 2 \cdot 26,89 = 53,78 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.30)$$

$$\omega_{\text{м}} = \omega_0 \cdot (1 - s_{\text{к}}) = 72,728 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.31)$$

$$\omega_{1.\text{ест}}(s) = \omega_0 \cdot (1 - s) \quad (2.32)$$

де, $s = 0,0001; 0,01 \dots 1$

$$M_{\text{зм.ест}}(s) = \frac{3 \cdot U_{1.\text{фн}}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot s \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} \quad (2.33)$$

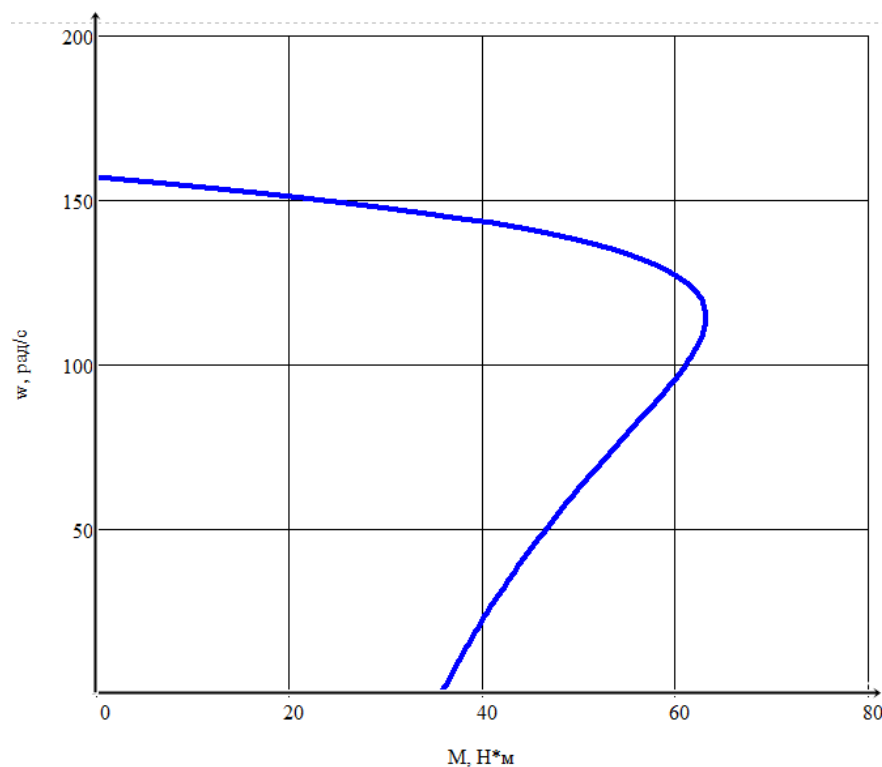


Рисунок 2.1 – Природна механічна характеристика електродвигуна

2.5 Розрахунок механічних і електромеханічних характеристик електроприводу при скалярному частотному управлінні.

$$s = 0,00001; 0,01 \dots 1 \quad \omega_0 = 157,08$$

$$f_{1\text{мин}} = 20 \text{ Гц}$$

$$f_{1\text{н}} = 50 \text{ Гц}$$

$$\omega_1(s, f_1) = \omega_0 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right) \cdot (1 - s) \quad \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.34)$$

$$M_{\text{зм}}(s, f_1) = \frac{3 \cdot \left(U_{1.\text{фн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right) \cdot s \cdot \left[\left(X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \frac{f_{1\text{н}}}{f_1} \right)^2 \right]}$$

При частоті більше за номінальну:

$$M_{зм1}(s, f_1) = \frac{3 \cdot \left(U_{1\phi H} \cdot \frac{f_{1H}}{f_1} \right)^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right) \cdot s \cdot \left[\left(X_{кн} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \frac{f_{1H}}{f_1} \right)^2 \right]} \quad (2.35)$$

За результатами розрахунку будуватися:

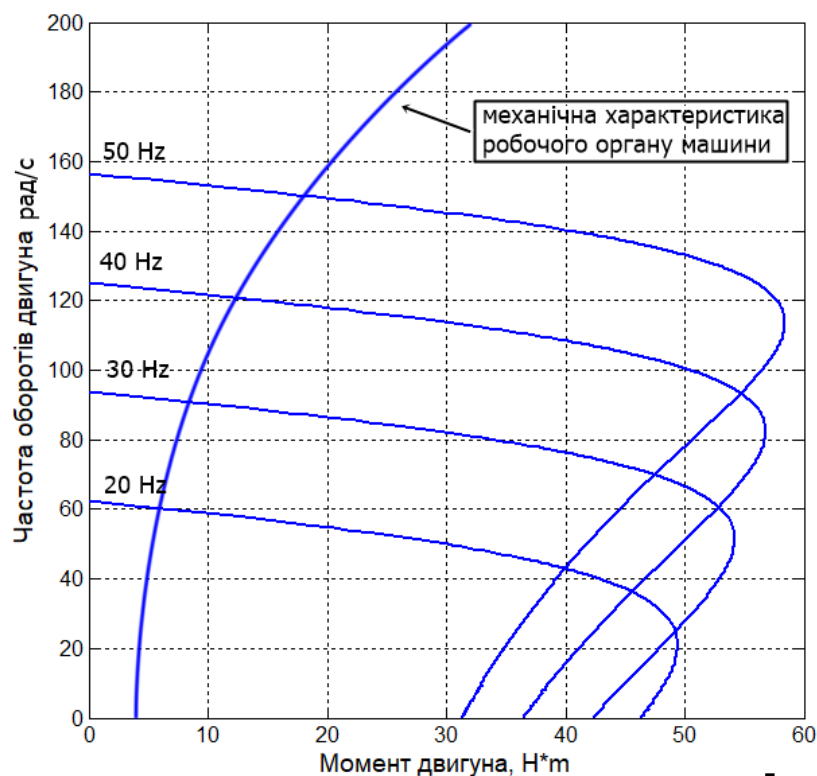


Рисунок 2.2 – Механічні характеристики електроприводу при скалярному частотному управлінні

Сімейство електромеханічних характеристик:

$$\omega_{11}(s, f_1) = \omega_0 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right) \cdot (1 - s) \quad (2.36)$$

$$\sin \varphi_{22}(s, f_1) = \frac{X_{кн} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{кн}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left[\frac{R_1 + R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1} \right) \right]^2}} \quad (2.37)$$

Приведений струм ротора до обмотки статора :

$$I_{00}(f_1) = \frac{U_{1\phi H} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} \quad (2.38)$$

Природні електромеханічні характеристики:

$$I'_{22}(s, f_1) = \frac{U_{1\phi H} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{KH} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left[\frac{R_1 + R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)\right]^2}} \quad (2.39)$$

$$I_{11}(s, f_1) = \sqrt{(I_{00}(f_1))^2 + (I'_{22}(s, f_1))^2 + 2 \cdot I_{00}(f_1) \cdot I'_{22}(s, f_1) \cdot \sin \varphi_{22}(s, f_1)} \quad (2.40)$$

При частоті більше за номінальну:

$$\sin \varphi_{23}(s, f_1) = \frac{X_{KH} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left[\frac{R_1 + R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)\right]^2}} \quad (2.41)$$

$$I_{03}(f_1) = \frac{U_{1\phi H} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} \quad (2.42)$$

$$I'_{23}(s, f_1) = \frac{U_{1\phi H} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)^2}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{KH} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left[\frac{R_1 + R'_2}{s \cdot X_\mu} \cdot \left(\frac{f_{1H}}{f_1}\right)\right]^2}} \quad (2.43)$$

$$I_{13}(s, f_1) = \sqrt{(I_{03}(f_1))^2 + (I'_{23}(s, f_1))^2 + 2 \cdot I_{03}(f_1) \cdot I'_{23}(s, f_1) \cdot \sin \varphi_{23}(s, f_1)} \quad (2.44)$$

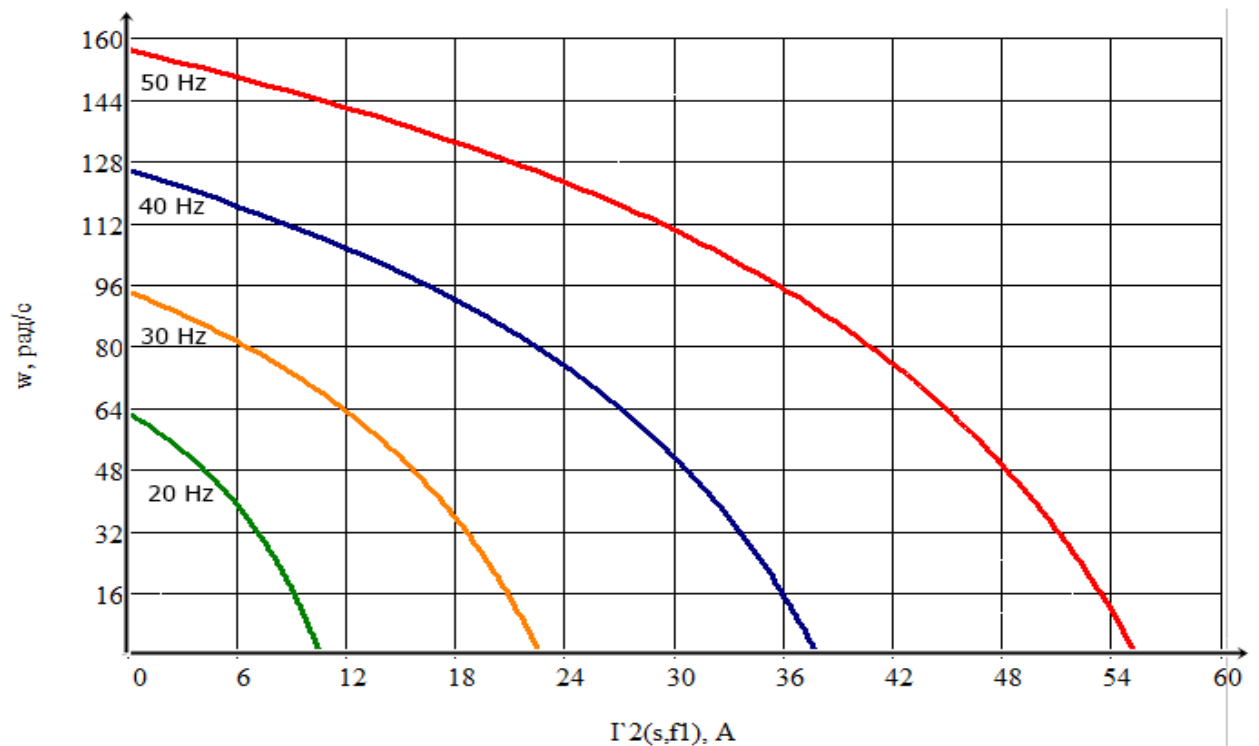


Рисунок 2.3 – Електромеханічні характеристики $\Gamma 2(s, f1)$

2.6 Вибір перетворювача частоти

Максимальний струм інвертора має бути більше максимального струму навантаження:

$$M_{\text{зп.макс}} = M_{\text{дв.н}} \cdot m_m = 26,89 \cdot 1,6 = 43,02 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.45)$$

$$I_{\text{н.макс}} = I_{\text{лн}} \cdot \frac{M_{\text{зп.макс}}}{M_{\text{дв.н}}} = 8,61 \cdot \frac{43,02}{26,89} = 13,78 \text{ А} \quad (2.46)$$

$$I_{\text{н.н}} = I_{\text{н.макс}} = 13,78 \text{ А} \quad (2.47)$$

Навіть якщо двигун працює при малому завантаженні, максимальний струм інвертора повинен задовольняти умові:

$$I_{\text{дв.н}} = I_{\text{н.макс}} = 13,78 \text{ А} \quad (2.48)$$



Рисунок 2.4 – Структурна схема перетворювача частоти



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти

Параметри перетворювача частоти зображенні у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Параметри перетворювача частоти

Модель	Кількість фаз на вході	$U_n, В$	$I_{in}, В$	$I_{imax}, В$	Рекомендована потужність двигуна, кВт
VLT2840	3	380-480	9.1	14.5	4.0

Загальні технічні дані перетворювача частоти серії VLT 2800:

- несуча частота: 3000–14000 Гц;
- частотний діапазон: 0,2 - 132 Гц, 1 - 1000 Гц;
- розширення по вихідній частоті: 0,013 Гц, 0,2 - 1000 Гц;
- живляча мережа: 380–480 В $\pm$ 10%; 48–62 Гц, 3 фази;
- коефіцієнт потужності 0,9/1 при номінальному навантаженні;
- перевантаження по струму: 160% впродовж 1 хвилини.
- діапазон регулювання в розімкненій системі: 1:10 від синхронної швидкості обертання;
- діапазон регулювання в замкнутій системі: 1:120 від синхронної швидкості обертання;
- точність швидкості обертання (розімкнений контур), об/хв: макс. погрішність $\pm$ 150 - 3600 об/хв;
- точність швидкості обертання (замкнутий контур), об/хв: макс. погрішність $\pm$ 30 - 3600 об/хв.

2.7 Розрахунок параметрів перетворювача

Максимальне значення напруги управління:

$$U_{уп.макс} = 10 \text{ В}$$

Максимальне значення коефіцієнта посилення перетворювача:

$$k_n = \frac{(\sqrt{2} \cdot U_{1.фн})}{U_{уп.макс}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 219,39}{10} = 31,82 \quad (2.49)$$

Несуча частота інвертора, приймаємо за: $f_{\text{шим}} = 4000 \text{ Гц}$

Еквівалентна постійна часу перетворювача:

$$T_{\text{шим}} = \frac{1}{f_{\text{шим}}} = \frac{1}{4000} = 0,0003 \text{ с} \quad (2.50)$$

$$T_{\text{н}} = T_{\text{шим}} = 0,0003 \text{ с} \quad (2.51)$$

3 МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Моделювання прямого пуску двигуна електропривода центрифуги

Модель прямого пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором електропривода тістомісильної машини представлена на рис. 3.1

Схема містить джерело трифазного живлення, трифазний вимикач, трифазний вимірювач напруги і струму обмоток статора двигуна, графобудівник механічної характеристики, осцилографи та вимірювальні прилади.

Навантаження на валу двигуна має пропорційну характеристику. Інформація про частоту обертання поступає з виходу датчика швидкості.

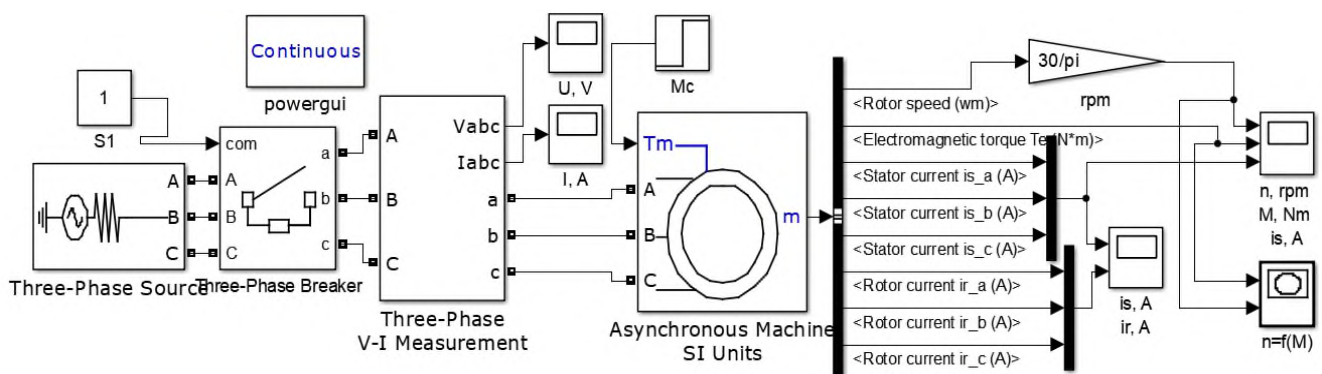


Рис. 3.1 - Схема моделювання прямого пуску АД центрифуги

Результати моделювання прямого пуску асинхронного двигуна представлені на рис. 3.2.

У результатах виведені діаграми наступних величин:

- а** – осцилограма фазних напруг на обмотках статора АД;
- б** – часова діаграма перехідного струму в обмотках статора АД;
- в** – часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД;
- г** – часова діаграма зміни обертового моменту на валу ротора при розгоні АД;
- д** – співвідношення швидкості ротора двигуна та електромагнітного

моменту при прямому пуску АД.

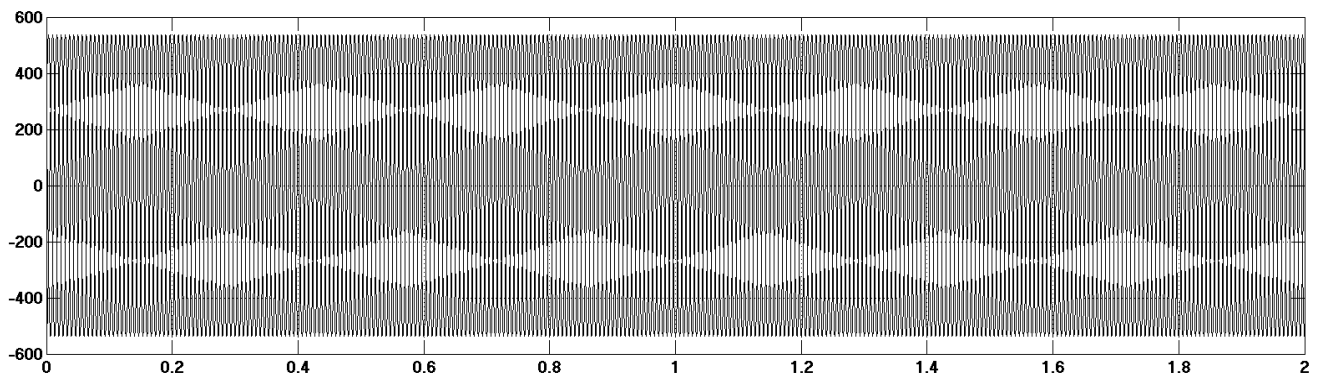
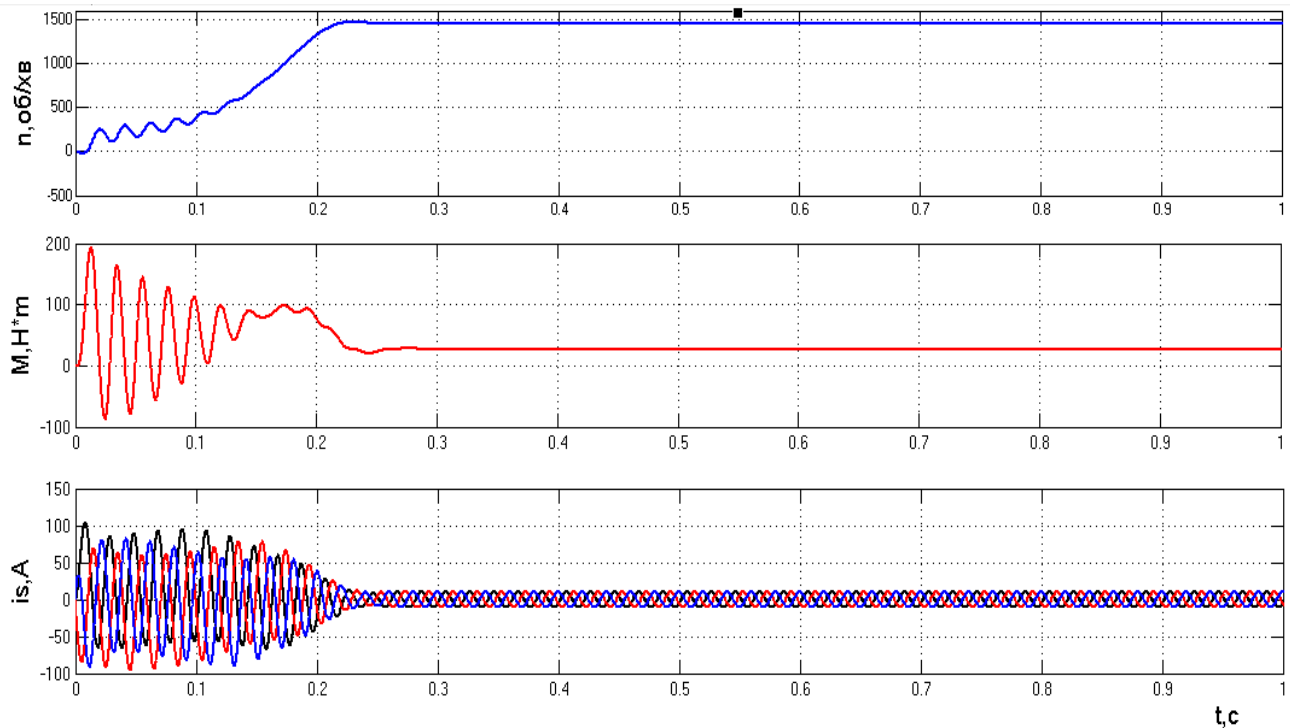
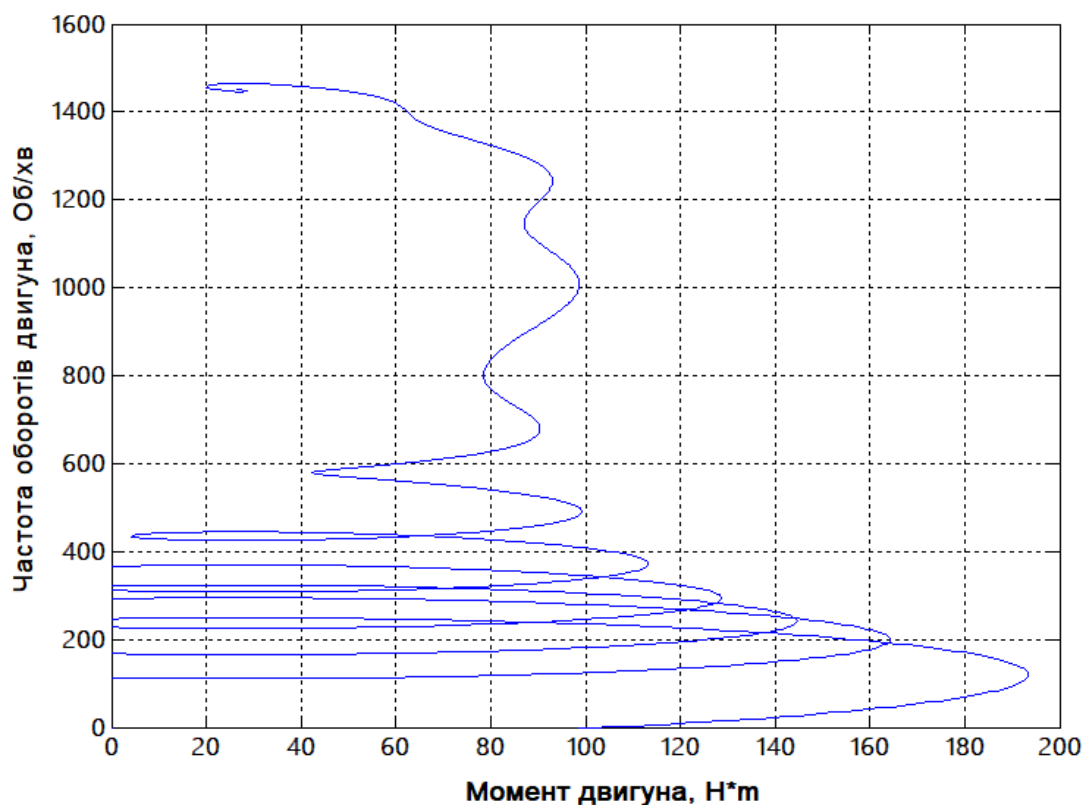


Рис. 3.2 - Результати моделювання прямого пуску АД центрифуги.

а – осцилограма фазних напруг на обмотках статора АД;



б – часова діаграма швидкості ротора, електромагнітного моменту на валу ротора, переходного струму в обмотках статора АД і навантаження АД.



в – співвідношення швидкості ротора двигуна та електромагнітного моменту при прямому пуску АД.

3.2 Моделювання пуску двигуна електропривода з ПЧ

Модель електропривода з перетворювачем частоти ПЧ-АД представлена на рис. 3.3 В моделі використовується система управління із зворотним зв'язком за швидкістю двигуна, яка забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості. Схема містить джерело трифазного живлення з ШІМ, трифазний вимикач, трифазний вимірювач напруги і струму обмоток статора двигуна, осцилографи та вимірювальні прилади.

Закон зміни частоти струму аперіодичний, час зміни 1 с. Навантаження на валу двигуна має вентильторну характеристику. Інформація про частоту обертання поступає з виходу датчика швидкості.

У результатах виведені діаграми наступних величин:

а – осцилограма зміни частоти вихідної напруги ПЧ, тобто на обмотках АД;

б – осцилограма форми вихідної напруги ПЧ, тобто на обмотках статора АД;

в – часова діаграма перехідного стуму в обмотках статора АД;

г - часова діаграма зміни обертового моменту на валу ротора при розгоні АД;

д – часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД.

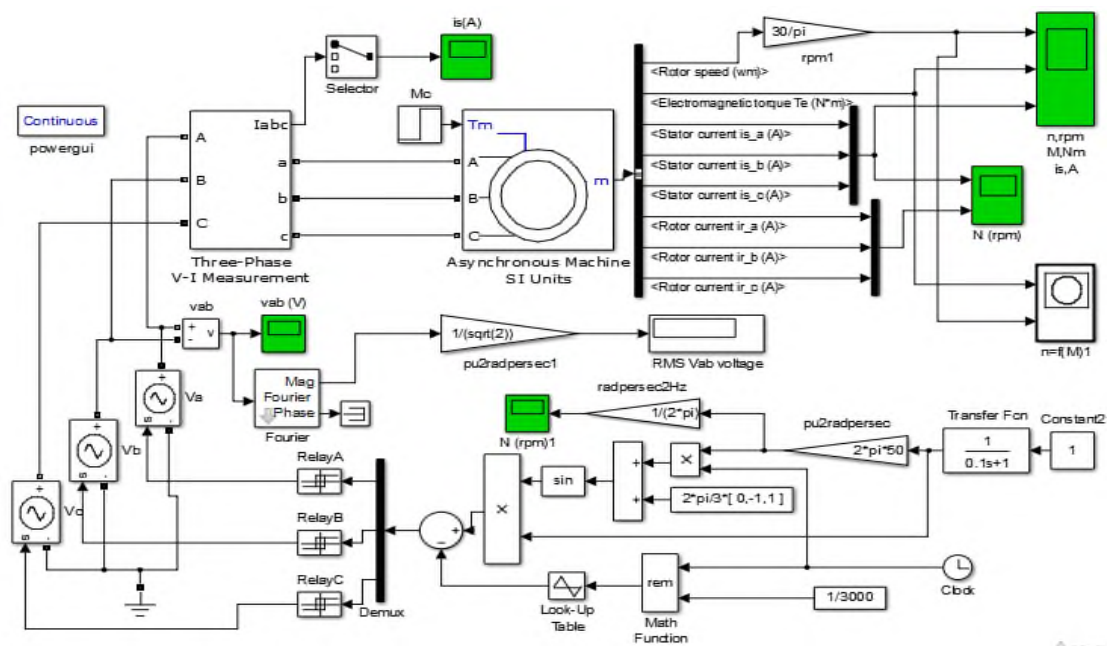


Рис. 3.3 – Схема моделі пуску асинхронного двигуна з перетворювачем частоти ПЧ-АД

Результати моделювання асинхронного двигуна з частотним перетворювачем представлені на рис. 3.4

Результати моделювання пуску АД з ПЧ:

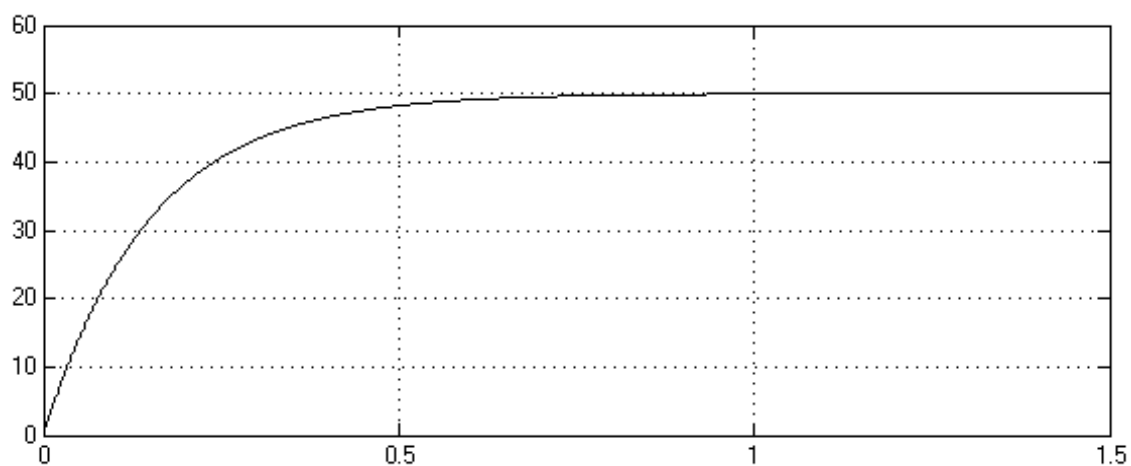


Рис. 3.4 - осцилограма зміни частоти вихідної напруги ПЧ, тобто на обмотках АД

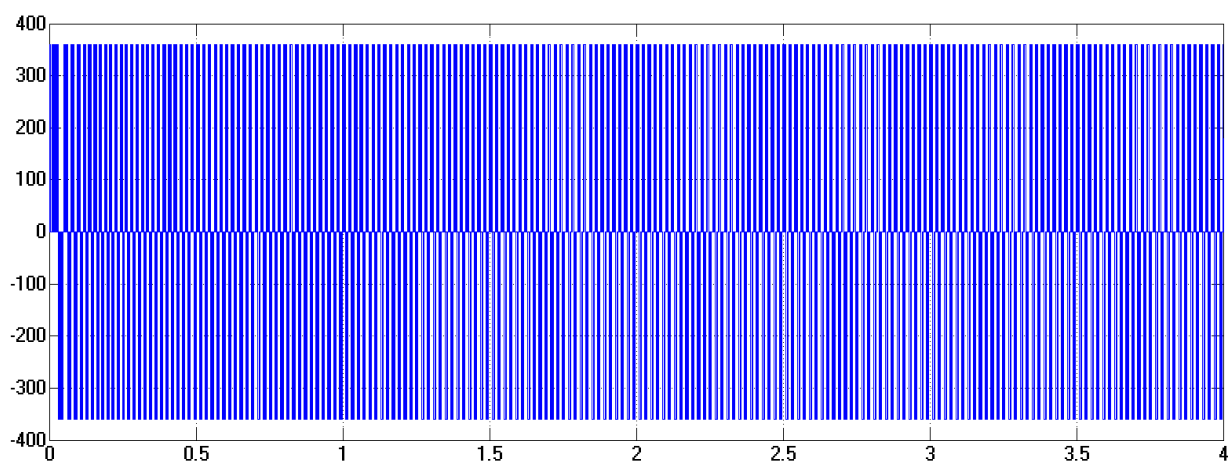


Рис. 3.5- осцилограма форми вихідної напруги ПЧ, тобто на обмотках статора АД

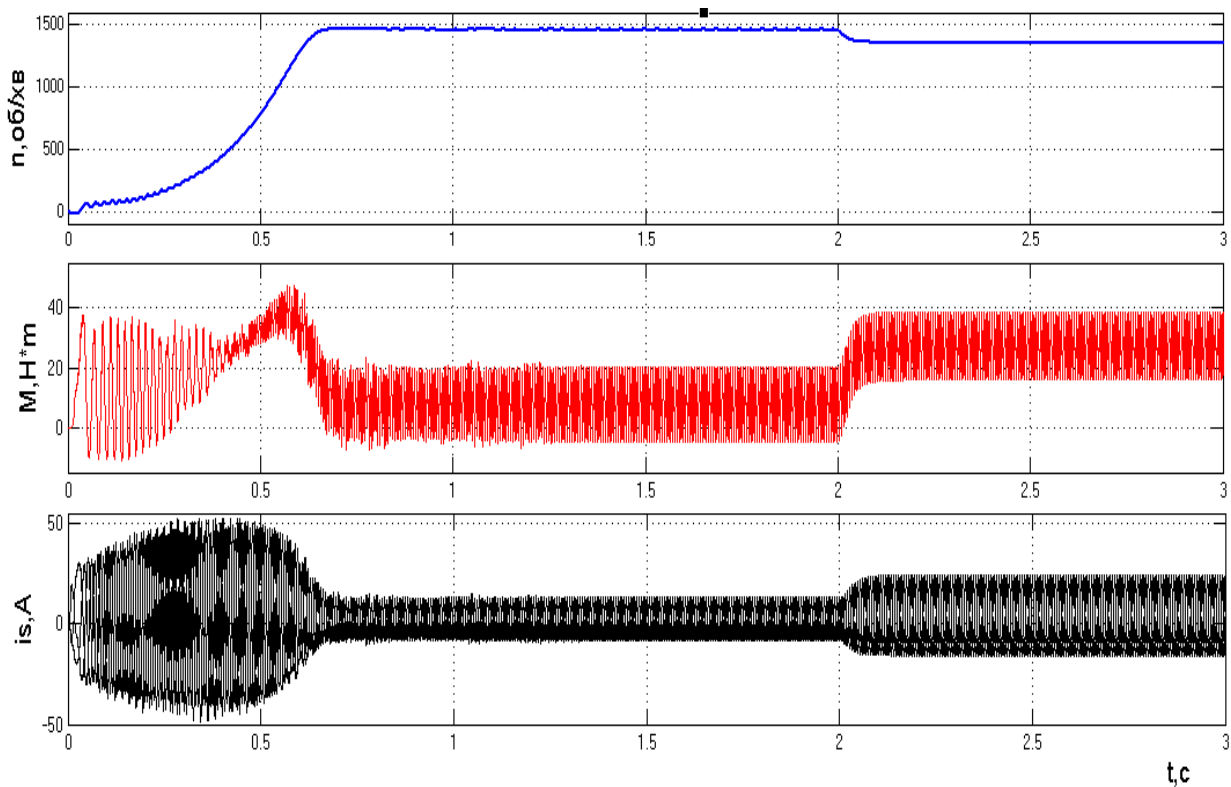


Рис. 3.6 - Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи двигуна

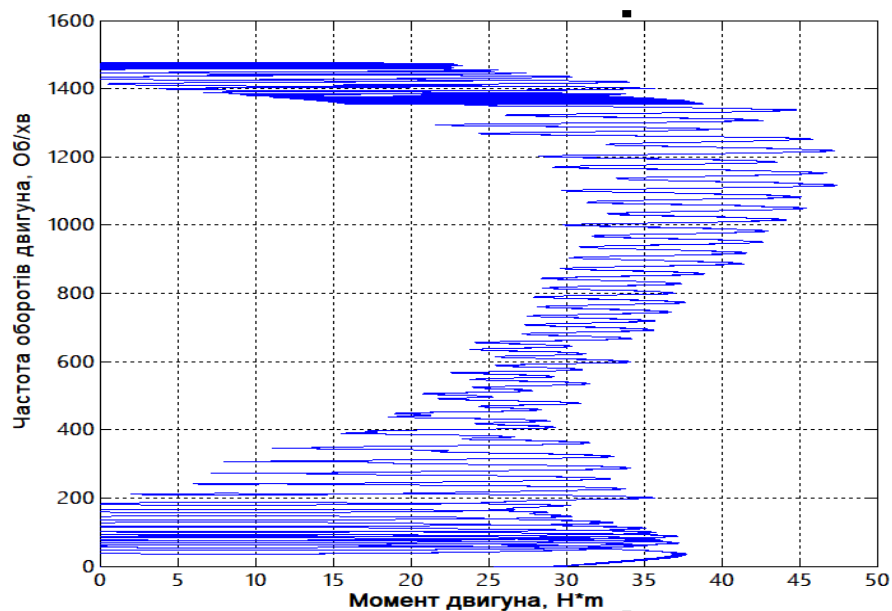


Рис. 3.7 - Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=50$ Гц для номінального режиму роботи

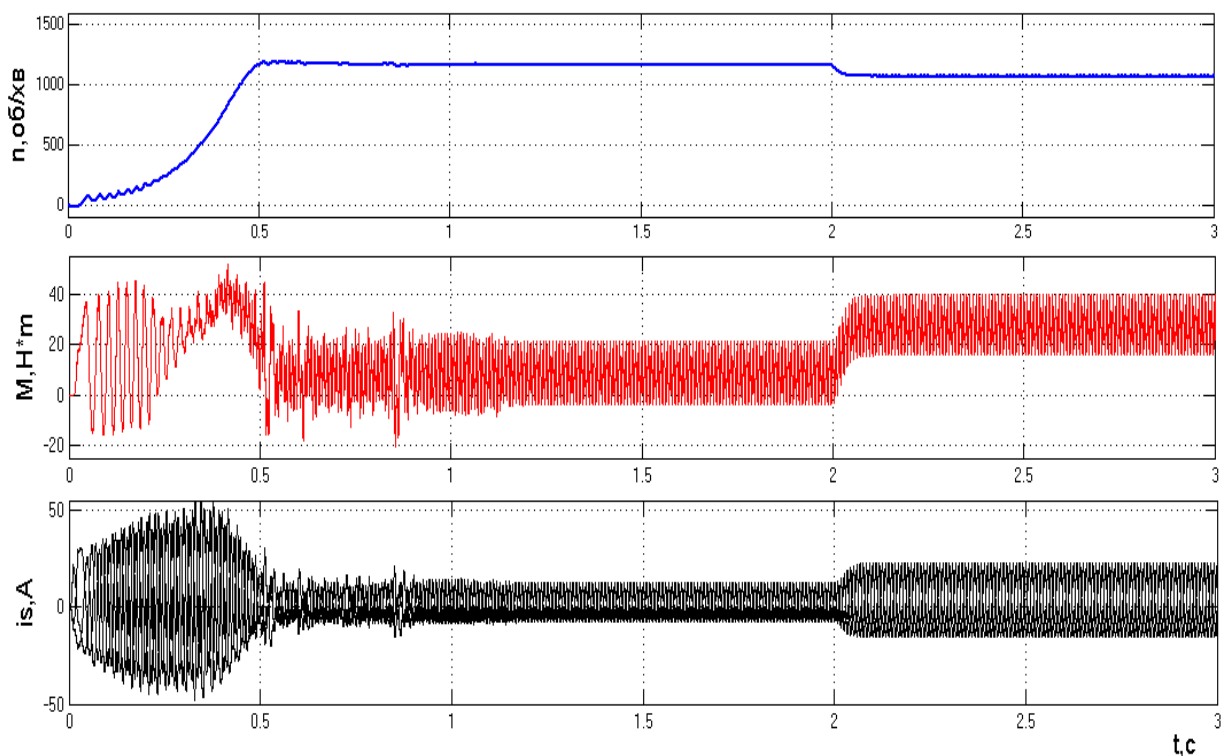


Рис. 3.8 - Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=40$ Гц для режиму роботи з швидкістю $n = 1200$ об/хв.

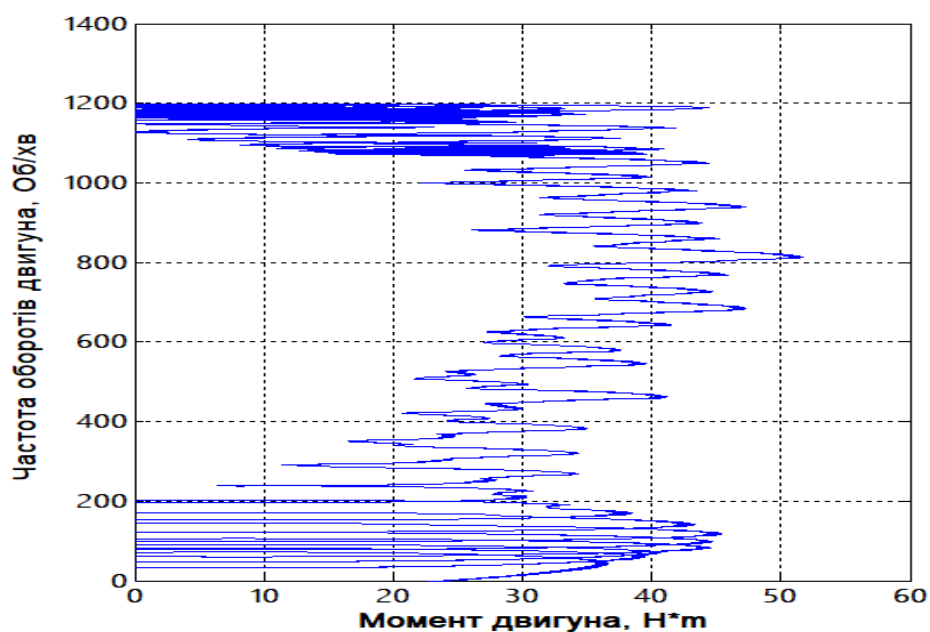


Рис. 3.9- Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=40$ Гц для режиму роботи зі швидкістю $n = 1200$ об/хв.

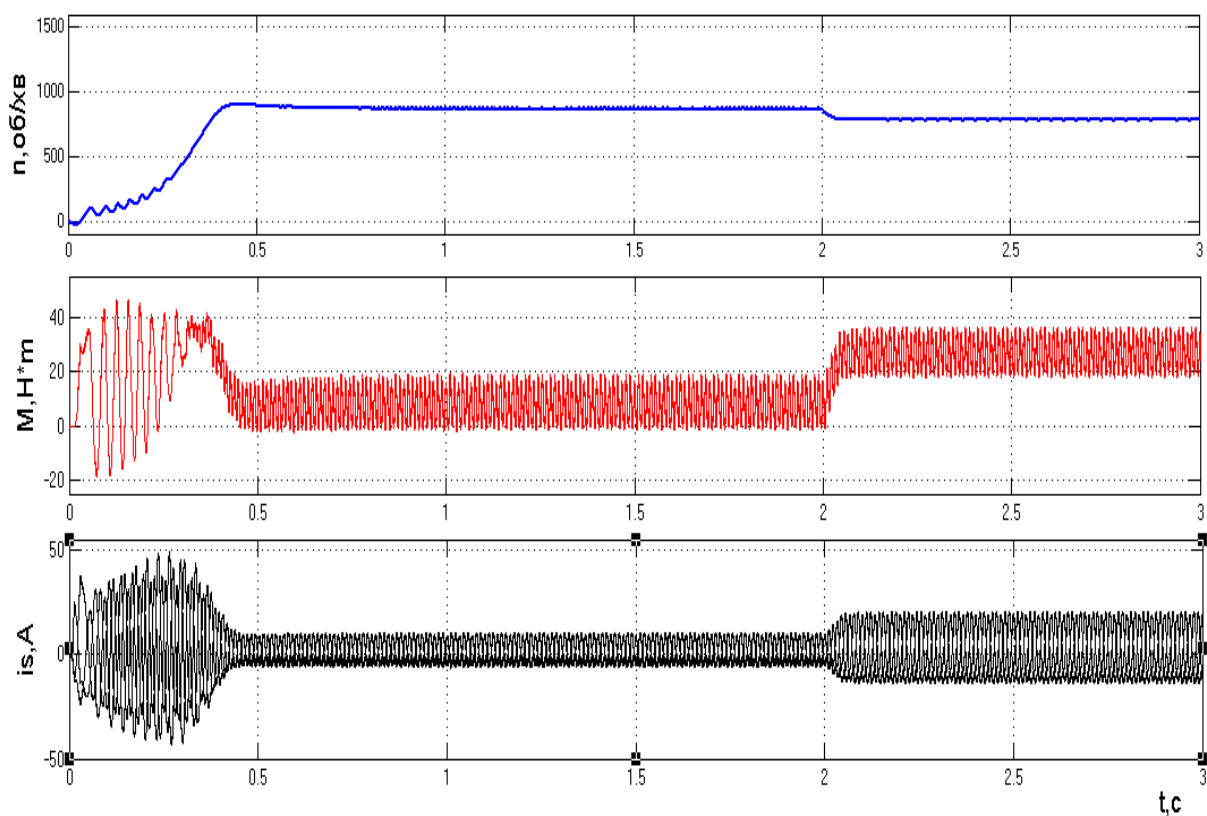


Рис. 3.10- Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=30$ Гц

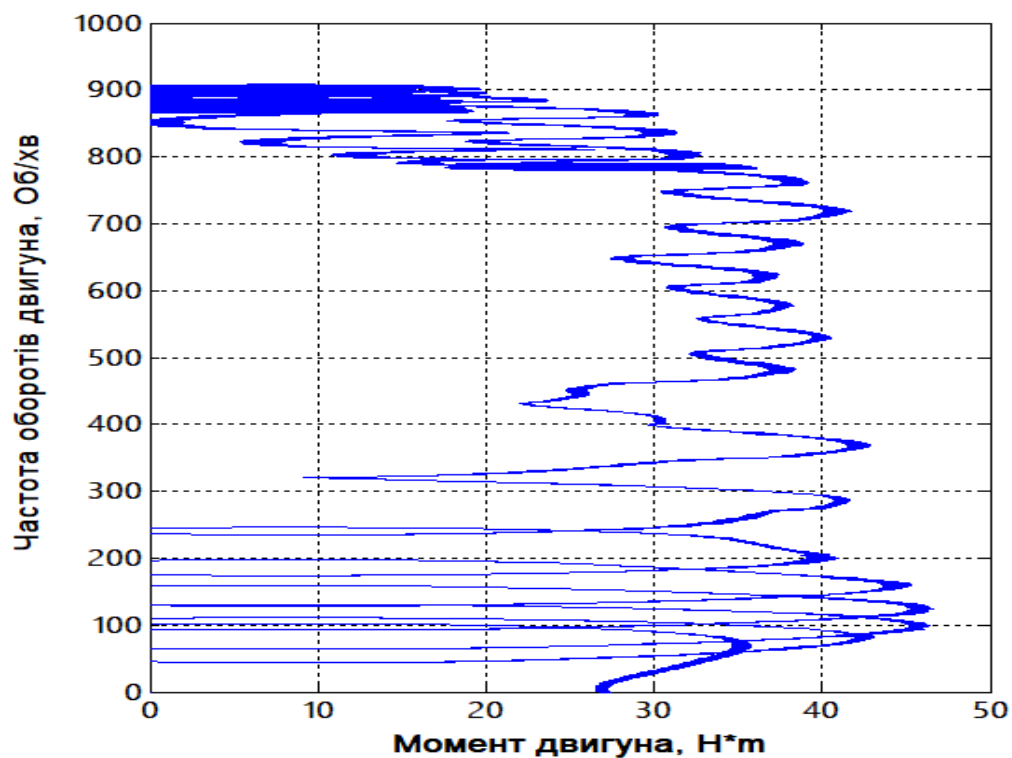


Рисунок 3.4.10- Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=30$ Гц

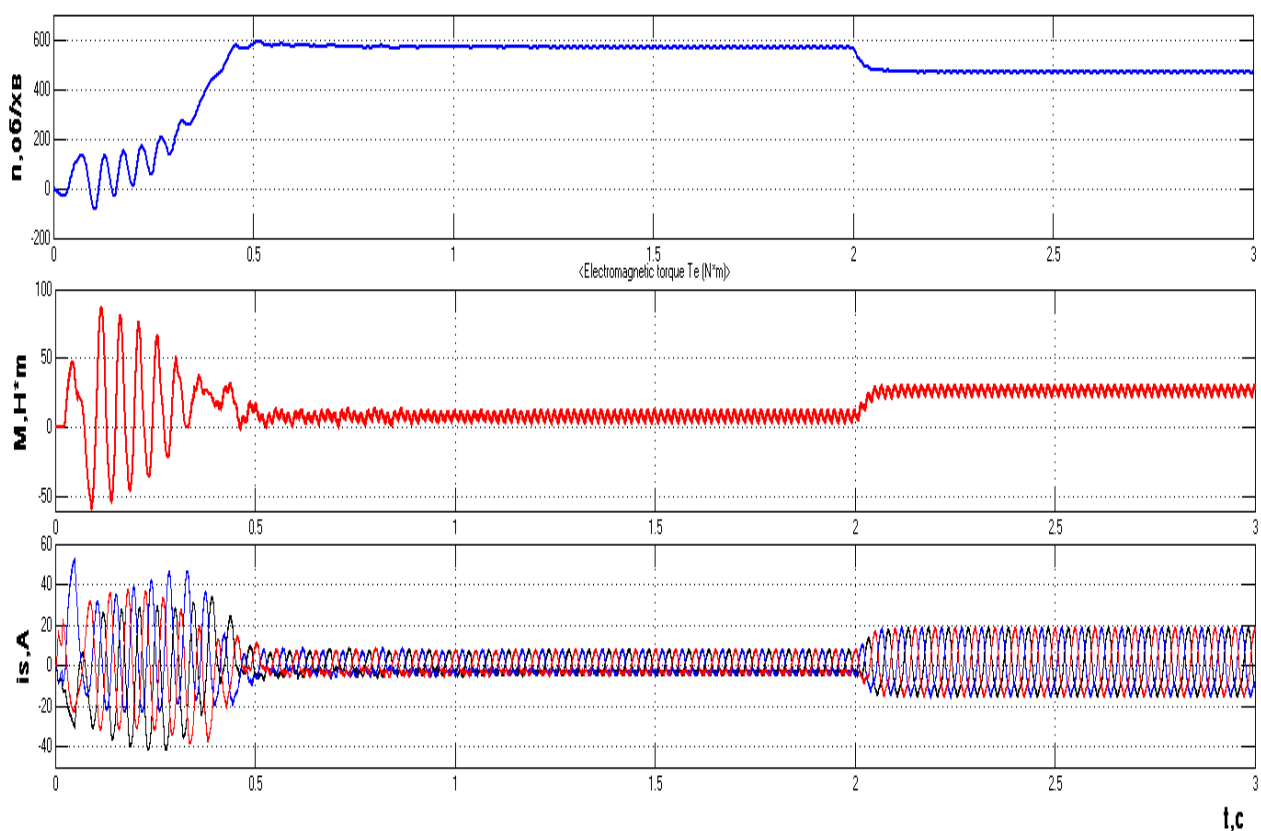


Рисунок 3.4.11- Динамічні характеристики асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=20$ Гц

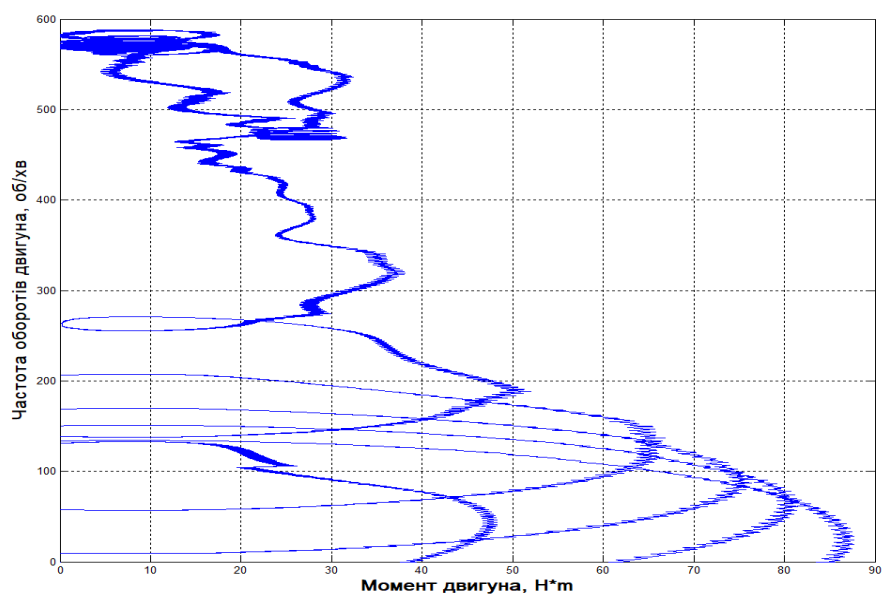


Рис. 3.11- Динамічна механічна характеристика асинхронного електропривода з частотним регулюванням при частоті $f_1=20$ Гц

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію і впровадження системи електроприводу

Предметом вдосконалення у даному дипломному проекті є електропривод шнека центрифуги соняшникової олії. Розроблена система керування дозволяє автоматично змінювати частоту обертання двигуна в залежності від умов. До модернізації частота обертання завжди була постійною і не змінювалася.

Враховуючи викладене вище, можна провести економічне обґрунтування пропонованих заходів по модернізації електроприводу.

Одноразові капітальні витрати на обладнання для створення САК будуть складатись з вартостей основного та додаткового обладнання. Перелік основного обладнання, яке треба закупити для створення системи, наведено в таблиці 4.1.

Відзначимо, що до модернізації застосовувався також двигун змінного струму. Установлений двигун повністю задовольняє вимогам, які пред'являються до САК, тому у купівлі нового двигуна необхідності немає.

У таблиці наведено виключно основне обладнання, яке необхідне для створення САК.

Таблиця 4.1 – Основне обладнання, яке необхідно закупити для модернізації електроприводу

Найменування	Кількість, шт	Ціна, грн
Перетворювач частоти VLT2840	1	5400
Резистори, конденсатори та інші складники	1	550
Всього		5950

Додаткові витрати:

$$З_{\text{ДОД}} = 0,1 \cdot 5950 = 595 \text{ грн.}$$

Тоді загальні інвестиційні витрати:

$$З_K = З_{ОСН} + З_{ДОД}. \quad (4.1)$$

Підставивши чисельні значення, одержимо:

$$З_K = 5950 + 595 = 6545 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства

Для створення модернізованого електроприводу необхідно виконати роботи по монтажу, наладці та пуску системи.

Дані роботи буде проводити один працівник шостого розряду протягом одного дня.

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями визначимо за формулою:

$$S_{ЗПМ} = K_{HB} \cdot \lambda \cdot t \cdot \sum_{t=1}^m C_{ti} \cdot (1 + H), \quad (4.2)$$

де K_{HB} – коефіцієнт, який враховує накладні витрати на заробітну плату, $K_{HB} = 1,3$;

λ – коефіцієнт, який враховує премії, $\lambda = 1,25$;

t – час виконання робіт, $t = 16 \text{ год}$;

H – норма нарахування на заробітну плату; $H = 0,362$;

m – кількість робітників, $m = 1 \text{ чел.}$

Тоді заробітна плата з нарахуваннями дорівнює:

$$S_{ЗПМ} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 16 \cdot 29,74 \cdot (1 + 0,362) = 526,57 \text{ грн.}$$

Витрати на модернізацію визначимо як суму витрат на купівлю комплектуючих та витрат на заробітну платню з нарахуваннями робітників, які проводять модернізацію:

$$Z_M = Z_K + Z_{ПМ} . \quad (4.3)$$

Тоді

$$Z_M = 6545 + 526,57 = 7071,57 \text{ грн} .$$

Розрахунок річного фонду часу роботи системи визначимо формулою:

$$\dot{O}_D = \frac{\dot{O}_o}{\frac{1}{t_{\text{ci}} K_{\text{ci}}} + D_D} . \quad (4.4)$$

де T_P – річний фонд робочого часу, $T_\Phi = 251$ день;

t_{3M} – тривалість зміни в машино-годинах, $t_{3M} = 8$ машино-годин;

K_{3M} – коефіцієнт змінності роботи устаткування, $K_{3M} = 2$;

D_P – простої в машино-днях у всіх видах технічного обслуговування і ремонту, який приходить на одну машино-годину.

Останній визначимо за формулою:

$$D_P = \frac{\sum_{i=1}^n d_{Pi} a_{Pi}}{T_{\text{Ц}}} , \quad (4.5)$$

де n – число різновидів ТО та ремонтів за міжремонтний період, прийmemo рівним $n = 3$;

d_{Pi} – тривалість перебування в i -му ремонті або ТО, приймаемо рівним 0,5 год;

$T_{\text{Ц}}$ – час міжремонтного циклу, приймаемо рівним $T_{\text{Ц}} = 8950$ год;

a_{Pi} – кількість ремонтів або технічних обслуговувань за міжремонтний період, приймаемо рівним 12.

$$D_P = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 12}{8950} = 0,0021 \frac{\text{маш} \cdot \text{днів}}{\text{маш} \cdot \text{год}} .$$

Річний фонд часу роботи установки до і після модернізації дорівнює:

$$T_P = \frac{251}{\frac{1}{8 \cdot 2} + 0,0021} = 3885,44 \text{ год}.$$

Річну експлуатаційну продуктивність можна розрахувати виходячи з виразу:

$$B = B_{eq} T_P K_{PP}, \quad (4.6)$$

де B_{eq} – часова експлуатаційна продуктивність, од.прод./год;

K_{PP} – коефіцієнт, що враховує простоювання не враховані в часовій експлуатаційній продуктивності, приймаємо рівним 0,9.

Використання розробленої САК веде до зменшення браку продукції на 5%, тому річна експлуатаційна продуктивність буде різною до і після модернізації.

Після модернізації:

$$B = 4176 \cdot 3885,44 \cdot 0,9 = 14,6 \cdot 10^6 \text{ од}.$$

До модернізації:

$$B = 4176 \cdot 3885,44 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 13,87 \cdot 10^6 \text{ од}.$$

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями визначимо за формулою:

$$S_{\text{ЗП}} = \hat{E}_{\text{ЗП}} \cdot \lambda \cdot t \cdot \sum_{t=1}^m C_{ti} \cdot (1 + H), \quad (4.7)$$

де K_{HB} – коефіцієнт, який враховує накладні витрати на заробітну плату, $K_{HB} = 1,3$;

λ – коефіцієнт, який враховує премії, $\lambda = 1,25$;

t – час виконання робіт, приймаємо рівним річному фонду часу роботи установки;

C_{ti} – годинна тарифна ставка для працівників i -розряду;

H – норма нарахування на заробітню плату, $H = 0,362$;

m – кількість робітників, $m = 1$ чол.

Витрати на заробітну до і після модернізації з нарахуванням визначимо таким чином:

$$S_{ЗПМ} = 1,3 \cdot 1,25 \cdot 3885,44 \cdot 9 \cdot (1 + 0,362) = 77395,05 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт визначимо за формулою:

$$S_{\partial I} = S_{\partial I\zeta} + S_{\partial II} , \quad (4.8)$$

де $S_{ТОЗ}$ – витрати на заробітну плату ремонтників з нарахуваннями;

$S_{ТОМ}$ – витрати на матеріали та запасні частини.

До модернізації технічне обслуговування проводив один робітник четвертого розряду, а після модернізації система стала більш складною, тому її обслуговування повинен виконувати спеціаліст із розрядом не нижче п'ятого.

Витрати на заробітну плату ремонтним робітникам із нарахуваннями визначаються за формулою:

$$S_{\partial I\zeta} = \frac{\dot{O}_D}{\dot{O}_O} \hat{E}_{IA} \lambda \tilde{N}_D \sum_{i=1}^m a_i \times (1 + \hat{I}) , \quad (4.9)$$

де C_P – середня тарифна ставка ремонтного робітника четвертого розряду;

a_i – кількість техобслуговувань і поточних ремонтів без капітального ремонту,

χ_i – трудоемкість і-го технічного обслуговування та поточного ремонту, $\chi_i = 1,57$.

Витрати на матеріали та запасні частини визначаються за формулою:

$$S_{ТОМ} = K_{1n} \frac{S_{ТОЗ} (1 - H)}{K_{HЗ}} K_{ЗР} , \quad (4.10)$$

де K_{In} – норма накладних витрат по всім видам витрат, крім заробітної плати;

$K_{In} = 1,1$, $K_{зр}$ – коефіцієнт переходу від витрат на заробітну плату до витрат на матеріали та запасні частини, $K_{зр} = 1,25$.

Таким чином, витрати на заробітну плату ремонтних робітників дорівнюють:

– до модернізації:

$$S_{ТОЗ} = \frac{3885,44}{8950} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 11,15 \cdot 12 \cdot 1,57 \cdot (1 + 0,362) = 201,83 \text{ грн};$$

– після модернізації:

$$S_{ТОЗ} = \frac{3885,44}{8950} \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 12,80 \cdot 12 \cdot 1,57 \cdot (1 + 0,362) = 231,70 \text{ грн}.$$

Відповідно витрати на матеріали та запасні частини:

– до модернізації:

$$S_{ТОМ} = 1,1 \cdot \frac{201,83 \cdot (1 - 0,362)}{1,3} \cdot 1,25 = 108,95 \text{ грн};$$

– після модернізації:

$$S_{ТОМ} = 1,1 \cdot \frac{231,70 \cdot (1 - 0,362)}{1,3} \cdot 1,25 = 125,08 \text{ грн};$$

Таким чином, витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт системи:

– до модернізації складають:

$$S_{ТО} = 201,83 + 108,95 = 310,78 \text{ грн};$$

– після модернізації:

$$S_{ТО} = 231,70 + 125,08 = 356,78 \text{ грн}.$$

Величину витрат на електроенергію визначимо за формулою:

$$S_{EL} = K_{1n} W_{EL} C_{KL} T_P, \quad (4.11)$$

де C_{EL} – ціна 1 кВт·год електроенергії для підприємств;

, W_{EL} – витрата за годину енергії, кВт·год.

До модернізації електропривод споживав 1,1 кВт·год, після модернізації споживання електроенергії зменшилося на 20% і складає 0,88 кВт·год.

Відповідно, витрати на електроенергію становили:

– до модернізації:

$$S_{EL} = 5923,74 \text{ грн};$$

– після модернізації:

$$S_{EL} = 4738,99 \text{ грн}.$$

Розрахунок суми річних витрат на експлуатацію зводимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Сума річних витрат на експлуатацію

Найменування статті витрат	Величина витрат, грн	
	До модернізації	Після модернізації
Заробітна плата з нарахуваннями	77395,05	77395,05
ТО та поточний ремонт	310,78	356,78
Електроенергія	5923,74	4738,99
Всього	83629,57	82490,82

Вартість машино-годин розрахуємо за формулою:

$$S_{ix} = \frac{S}{\dot{O}_B}. \quad (4.12)$$

До модернізації:

$$S_{MC} = \frac{83629,57}{3885,44} = 21,52 \text{ грн / год},$$

після модернізації:

$$S_{MC} = \frac{82490,82}{3885,44} = 21,23 \text{ грн / год}.$$

Вартість технологічної операції для одиниці продукції визначається за формулою:

$$S_{1П} = \frac{S}{B}. \quad (4.13)$$

До модернізації:

$$S'_{1П} = \frac{83629,57}{13,87 \cdot 10^6} = 0,06 \text{ грн/од.}$$

після модернізації:

$$S_{1П} = \frac{82490,82}{14,6 \cdot 10^6} = 0,056 \text{ грн/од.}$$

4.3 Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства

Економічний ефект від проведення модернізації визначається за формулою:

$$E = (S'_{1П} - S_{1П})B. \quad (4.14)$$

Тоді

$$E = (0,06 - 0,056) \cdot 14,6 \cdot 10^6 = 68450 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат після модернізації визначимо за формулою:

$$T_M = \frac{Z_M}{E}. \quad (4.15)$$

Тоді

$$T_M = \frac{70710,57}{68450} = 1,31 \text{ років} \approx 15,5 \text{ місяців}.$$

Виходячи із проведених розрахунків, можна зробити такі висновки:

- витрати на модернізацію склали 70710,57 грн;
- витрати на заробітну плату робітників, які обслуговують установку, не змінилися;
- витрати на ТО і ПР після проведення модернізації збільшилися на 14,8%;
- витрати на електроенергію після проведення модернізації зменшилися на 20%;
- вартість машино-години роботи після модернізації зменшилася на 1,34%;
- вартість технологічної операції для одиниці продукції після модернізації знижена на 6,6%;
- економічний ефект від проведення модернізації склав 68400 грн/рік;
- термін окупності витрат на модернізацію склав 14,5 місяців.

5 БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ МОНТАЖІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

5.1 Забезпечення безпеки при виконанні монтажних-налагоджувальних робіт

Для обслуговуючого персоналу небезпечними чинниками є рухомі частини машин і механізмів, механічних передач, а також струмоведучі частини системи електроживлення і кіл управління. Небезпечний і металевий корпус, якщо за відсутності його заземлення (занулення) трапиться пошкодження ізоляції і він опиниться під напругою.

Велику небезпеку представляє раптовий пуск агрегата в той час, коли на приводі знаходяться люди, що проводять які-небудь роботи.

Для пробних вмикань і вимикань електроприводу під час його налагоджування та регулювання допускається тимчасове вмикання допоміжних і силових кіл приводу, а також подавання повітря в привод та на вимикач. У цьому разі слід зняти плакати "Не вмикати! Працюють люди" та "Не відкривати! Працюють люди".

Дистанційно вмикати та вимикати електропривод під час його випробовування дозволяється оперативним та оперативно-виробничим працівникам, якщо це обумовлено нарядом в "Окремих вказівках".

Роботи по монтажу устаткування необхідно виконувати відповідно до проекту виконання робіт (далі по тексті – ПВР), розробленого, затвердженого і виданого до виконання робіт у встановленому порядку [9].

Перед випробуванням устаткування необхідно здійснити контроль виконання всіх необхідних врізань для первинних перетворювачів вимірювальних приладів і регуляторів відповідно до проекту автоматизації технологічних процесів.

При виконанні робіт у безпосередній близькості від діючого устаткування монтажна площадка повинна бути відділена перешкодами, що відповідають рівню небезпеки або шкідливості технологічних факторів даного діючого виробництва з урахуванням вимог «Правил пожежної безпеки в Україні. Загальні вимоги» [9].

5.2 Забезпечення безпеки при експлуатації системи електроприводу

Щоб уникнути нещасних випадків при експлуатації електроприводів, необхідно дотримуватись ряду спеціальних вимог правил техніки безпеки:

1. При огляді, очищенні від пилу кожухів електродвигуна і апаратури управління без відключення і зупинки електроприводу слід переконатися, що корпуси і кожухи надійно приєднані до магістралі заземлення або нульового дроту.

2. Всі неізольовані струмоведучі частини і частини електроприводу, що обертаються, повинні мати огорожі, знімати які під час роботи не допускається.

3. Роботи по поточному ремонту і випробуванням ізоляції приводного електродвигуна і пускорегулюючих апаратів доручаються тільки електротехнічному персоналу, який в електроустановках до 1000

В повинен мати кваліфікаційну групу по ТБ не нижче III, вище 1000 В - групу IV. Роботи, що проводяться черговим персоналом на закріпленому за ним цеховому електрообладнанні, проводяться в порядку поточної експлуатації (перелік робіт затверджується особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства, наприклад головним енергетиком або начальником електровідділу) з дотриманням наступних заходів безпеки:

а) після відключення електроприводу для проведення на ньому яких-небудь робіт необхідно на пусковому пристрої повісити заборонний переносний плакат з написом «Не включати - працюють люди!». При цьому повинен бути або видимий розрив кола, або між контактами закритого апарату, наприклад контактора, прокладений листовий ізоляційний матеріал, або від'єднані дроти живлення, що відходять в сторону електродвигуна;

б) якщо електродвигун силової установки (насоса, вентилятора, компресора і т. п.) працює при напрузі вище 1000В, наприклад 6 кВ, і отримує живлення шин розподільчого пристрою підстанції, то необхідно на цій підстанції відключити живлячий кабель вимикачем і роз'єднувачем (видимий розрив кола!), замкнути їх приводи і вивісити на приводах вимикача і роз'єднувача заборонні плакати. Про відключення двигуна в ремонт у журналі чергового робиться запис із вказанням прізвища особи, що дала вказівку про відключення електроприводу. Знімати попереджувальні плакати і включати електропривод в роботу можна тільки після закінчення роботи на ньому і оформлення закінчення записом в журналі;

в) на електродвигуні, що обертається, дозволяється шліфування контактних кілець скляною шкіркою при допомозі дерев'яної колодки. Інструменти, що застосовуються при цьому повинні бути з ізолюючими ручками;

г) допускаються роботи в колі пускового реостата у включеного асинхронного електродвигуна з контактними кільцями, але за умови, що ротор замкнутий накоротко при повністю виведеному опорі реостата. При цьому слід стояти на гумовому килимку або бути в діелектричних калошах і працювати інструментами з ізольованими ручками. Робота в пускових апаратах, встановлених в колі живлення обмоток статора, допускається тільки при знятій напрузі з струмоведучих частин;

д) якщо в ремонт виведений електродвигун насоса або вентилятора, то необхідно попередити обертання електроприводу з боку механізму (насос може почати працювати як турбіна, вентилятор - прийти в рух від натиску повітря), для чого слід закрити відповідні вентиля на трубопроводі або шибер на повітроводі вентиляційної установки.

4. Перед пуском слід подавати звуковий сигнал для попередження робочих щоб уникнути травмування їх раптовим рухом механізмів.

ВИСНОВКИ

В результаті написання дипломної роботи виконана модернізація автоматизованого електроприводу центрифуги для очистки соняшникової олії.

Наведено загальну характеристику технологічного процесу центрифугування соняшникової олії, а також розглянуто характеристики обладнання, необхідні для виконання процесу.

На підставі вимог до електропривода центрифуги для очистки соняшникової олії проведено розрахунок потужності і вибір електродвигуна та визначені механічні і електромеханічних характеристики електроприводу при скалярному частотному управлінні.

Розроблено схему моделювання прямого пуску АД центрифуги, також схему моделі пуску асинхронного двигуна з перетворювачем частоти ПЧ-АД

Проведено моделювання роботи приводу у середовищі *Simulink MATLAB*.

Розрахована економічна ефективність модернізації електропривода. У результаті річний економічний ефект склав 6845 грн., а термін окупності капітальних вкладень – 15,5 місяців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лисов В.С. Автоматизація процесу рафінації олії. Кваліфікаційна робота бакалавра. Сумський державний університет, 2020. – 50 с.
2. Захарченко А.С., Соколов С.В. Система керування процесом рафінації масла/ Матеріали науково-технічної конференції ІМА. Автоматика, електромеханіка і системи управління. – Суми. – 2018. – с.172.
3. Ромашко І.С., Паска М.З., та ін. Технохімічний контроль виробництва/ Навчально-методичний посібник. – Львів. – 2016. – 98с.
4. Фіалковська Л.В., Дейдей М.М. Удосконалення апаратурно технологічної схеми нейтралізації олії./ Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.– Вінниця.– 2011.– №9. – с.187-189.
5. Оськин С.В. Автоматизований електропривод: учбовий посібник для студентів ВНЗ / С.В.Оськин -: Изд-во ООО «КРОН», 2013,- 489 с.
6. Шульга О.В. Методичні вказівки і завдання до виконання курсового проекту з дисципліни “Електропривід і автоматизація роботів і маніпуляторів” для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації і електропривод” всіх форм навчання. – Полтава: Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 1999. – 24 с.
7. Онушко В.В. Машини постійного струму: Посібник із модуля “Машини постійного струму” / В.В. Онушко, О.В. Шефер. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 111 с.
8. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид. / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
9. Правила безпечної роботи електроустановок. Харків, «Форт», 2003. – 250 с.