

Міністерство освіти і науки України
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Е та М



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему «Дослідження та визначення енергозощаджувального режиму при
роботі електроприводу насінерушної машини»**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) Мовчан О. А.
(прізвище, ініціали)

2 курсу АЕМм-20 групи

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2023 р., протокол № ____.

Завідувач(ка) кафедри Е та М
(назва кафедри) _____ (підпис)

Петро Осадчук
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Факультет: *Автоматизації та робототехніки*

Кафедра: *Електромеханіки та мехатроніки*

Рівень ВО: *другий*

Ступень ВО: *магістр*

Галузь знань: *14 – Електрична інженерія*

Спеціальність: *141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Освітня програма: *Інтелектуально-керовані електромеханічні системи*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

Осадчук П.І.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА здобувач СВО «Магістр» АЕМм - 20 Мовчан Олег Анатолійович

1. Тема роботи: «Дослідження та визначення енергозаощаджувального режиму при роботі електроприводу насінерушної машини»

Керівник роботи: Осадчук Петро Ігорович, д.т.н., доцент. Затверджено наказом ОНТУ № 841-03 від 15.11.2022 р.

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2023 р.

3. Вхідні дані до проекту: Технічні характеристики електроприводу насінерушної машини для підготовки сировини при отриманні рослинної олії: частота обертання ротора, $\omega = 2500$, маса 722 кг., потужність електроприводу мішалки 54 кВт.; обґрунтувати інформативні параметри управління електропривода насінерушної машини.

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 насінерушної машини для підготовки сировини при отриманні рослинної олії. Розрахунок потужності і вибір двигуна, перевірка за перевантаженням. Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна. Схема управління електропривода.

3 Дослідження динамічних режимів роботи електропривода на ЕОМ: Розрахунок параметрів схеми заміщення АД електропривода для MATLAB та розробка імітаційної моделі електроприводу насінерушної машини для підготовки сировини при отриманні рослинної олії, 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 лущіння насіння соняшника. 4. Конструкція і технічні характеристики насінерушної машини. 5. Розрахунок потужності і вибір двигуна електропривода насінерушної машини. 6. Модель та результати моделювання електропривода насінерушної машини 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: 15.12.2022 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.	05.04.2023	
2	2 Розрахунково-конструкторська частина: вимоги до автоматизованого електропривода насінерушної машини. Розрахунок потужності і вибір двигуна, перевірка за перевантаженням. Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна.	10.08.2023	
3	3 Дослідження динамічних режимів роботи електропривода на ЕОМ: розрахунок параметрів схеми заміщення АД електропривода для MATLAB та розробка імітаційної моделі електроприводу насінерушної машини.	10.09.2023	
4	4. Організаційна та технологічна частина: організація технології монтажу, ремонту і обслуговування та техніки безпеки праці при обслуговуванні електропривода.	25.10.2023	
5	5. Економічна частина: Розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода устаткування для нейтралізації соняшникової олії.	20.11.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра.	10.12.2023	

Здобувач: Мовчан О. В. _____

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 _____ Мовчан О. А.

РЕФЕРАТ

Мовчан О. А. «Дослідження та визначення енергозощаджувального режиму при роботі електроприводу насінєрушної машини». Кваліфікаційна робота магістра. – Одеса: ОНТУ, 2023. – 96 с. Бібліогр: 14. Іл: 21. Табл: 15.

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. Проведено дослідження модернізованої СУЕП шляхом 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: насінєрушна машина, соняшникова олія, електропривод, імітаційна модель, ефективність.

ABSTRACT

Movchan O. A. "Investigation and determination of the energy-saving mode during the operation of the electric drive of a moving machine." Master's qualification work. – Odesa: ONTU, 2023. – 96 p. Bibliography: 14. Illustration: 21. Table: 15.

The power of the drive motor is calculated in the work. Checked for overload capacity. Based on the results of the calculation, the "frequency converter - AC asynchronous motor" system was selected. The mechanical characteristics for the operating modes were calculated and constructed, and the functional diagram of the electric drive was developed. A study of the modernized SUEP was carried out by means of simulation in the Matlab environment, as well as a check for stability and quality. The technical and economic calculation of the electric drive system was carried out. Electrical safety and labor protection measures have been developed.

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

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	9
1.1 Загальна характеристика технологічного процесу підготовки сировини для отримання соняшникової олії	9
1.2 Конструкція і технічні характеристики насінерушної машини	15
1.3 Характеристика електропривода насінерушних машин	22
2 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПУ ДВИГУНА, РОЗРАХУНОК ЙОГО ПОТУЖНОСТІ	24
2.1 Вимоги до електропривода насінерушних машин	24
2.2 Розрахунок кріплення насінерушної машини	25
2.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна	27
2.4 Розрахунок і побудування механічної характеристики двигуна	28
2.5 Розрахунок і вибір кабелю живлення електроприводу насінерушної машини.	29
2.6 Розрахунок і вибір апаратів захисту та управління електроприводу	32
2.7 Схема релейно - контакторного управління електроприводу	34
2.8 Обґрунтування застосування перетворювача частоти ПЧ у електроприводі насінерушної машини	37
2.9 Вибір перетворювача частоти ПЧ для електроприводу	39
2.10 Схема частотного електроприводу насінерушки системи ПЧ-АД	45

					КРМ. Е та М.1.841-03.1.3					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив	Мовчан О. А.								5	96
Керівник	Осадчук П. І.				ОНТУ, АЕМм 20					
Консульт.										
Зав.кафедри	Осадчук П. І.									

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА ЕОМ	50
3.1 Постановка задачі моделювання роботи електроприводу на ЕОМ	54
3.2 Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна електроприводу	54
3.3 Моделювання прямого пуску двигуна електроприводу	57
3.4 Модернізація пуску двигуна електроприводу з ПЧ	61
4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	67
4.1 Монтаж електроприводу насінерушної машини	67
4.2 Ремонт електроприводу насінерушної машини	70
4.3 Обслуговування електроприводу насінерушної машини	76
4.4 Організація охорони праці і техніки безпеки при обслуговуванні насінерушної машини	81
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	85
5.1 Розрахунок економічної ефективності від модернізації електроприводу насінерушної машини.	85
5.2 Розрахунок основного фонду зарплати	87
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів	88
5.4 Розрахунок річної економічної ефективності та строку окупності	90
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95

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 насінерушної машини.

При написанні роботи були поставлені наступні задачі:

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

2. Сформулювати вимоги до електроприводу насінерушної машини. Провести розрахунок потужності і вибір електродвигуна.

3. Виконати моделювання динамічних режимів роботи електропривода.

4. Показати доцільність модернізації електроприводу насінерушної машини шляхом розрахунку економічних показників.

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

Об'єкт дослідження – процес підготовки сировини для отримання соняшникової олії.

Предмет дослідження – є електропривод насінерушної машини.

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

Практична значимість отриманих результатів. Отриманий автоматизований електропривод можна застосовувати в процесі підготовки сировини для отримання соняшникової олії.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1 Загальна характеристика технологічного процесу підготовки сировини для отримання соняшникової олії

Рослинна олія має різностороннє призначення. Виробляються харчові і технічні рослинні олії. Харчові рослинні олії використовуються населенням безпосередньо в їжу, а також для виробництва жирів, маргаринової продукції, майонезу і ін. Технічні рослинні олії застосовуються для виробництва мила, миючих засобів, оліф, лаків, фарб, жирних кислот, гліцерину і широко використовуються при виробництві фармацевтичної та косметичної продукції. Відходами виробництва рослинної олії є шрот, макуха, лузга і лушпайка. Шрот і макуха є сировиною для виробництва харчового білка і застосовується в комбікормовій промисловості. Лузга і лушпайка використовуються гідролізною промисловістю й у сільському господарстві. Сировиною для виробництва рослинної олії є насіння соняшника, льону, озимого рапсу, арахісу, гірчиці, рицини, сої, маку та ін. культур. Виробництво рослинних олій складається з великого числа операцій, у ході яких в олійній сировині протікає складні фізико-хімічні процеси. Принципова технологічна схема виробництва рослинної олії представлена на рисунку 1.

Очищення і зберігання насіння насіння, що надходять на зберігання, містять органічні і мінеральні домішки. Ці домішки необхідно відокремити від насінь олійних культур, оскільки вони зменшують вихід олії, можуть додавати олії специфічний присмак, прискорюють знос робочих органів і створюють багато пилу в робочих приміщеннях. Домішки відокремлюють у два прийоми: перше очищення виробляється перед сушінням при прийомі насіння• на зберігання; друге очищення – виробниче – виробляється безпосередньо перед• переробкою у виробничому корпусі. Для відділення домішок використовують їхні відмінні риси: розміри насіння і домішок;• форми поверхні насіння і домішок;• аеродинамічні властивості насіння і домішок (в аспіраційних машинах).•

Відділення домішок від насіння, що відрізняються від них розмірами і формою проводять на ситових сепараторах, із плоскими і барабанними ситами. Для відділення домішок від насіння по аеродинамічних властивостях використовують повітряно-ситові сепаратори типу ЗСМ. Основними робочими елементами в цих машинах є ситові рами й аспіраційна система.

Високий вміст жирів в олійному насінні обумовлює особливості його зберігання. При збереженні в олійному насінні відбуваються складні біохімічні процеси, що погіршують якість олії, що з нього добувається. Швидкість цих процесів знаходиться в прямій залежності від вологості насіння.

Семена олійних культур необхідно зберігати в сухих, добре провітрюваних зерноскладах. Надійне зберігання олійних насіння зі вмістом олії до 50% можливо при їхній вологості не вище 7 – 8%.

Семена олійних культур у тому числі і соняшника з вологістю не більш 7 – 8% зберігають у складах різного типу, елеваторних або силосних складищах, механізованих складах з активним вентиляванням насіння.

Для створення сприятливих умов тривалого зберігання насіння олійних культур використовують метод активного вентилявання. При цьому також здійснюється підсушування насіння. Метод активного вентилявання насіння є профілактичним засобом у справі зберігання насіння. Для тривалого зберігання насіння олійних культур використовують метод теплового сушіння, при якій відбувається нагрівання насіння за допомогою сушильного агента (повітря) і видалення вологи.

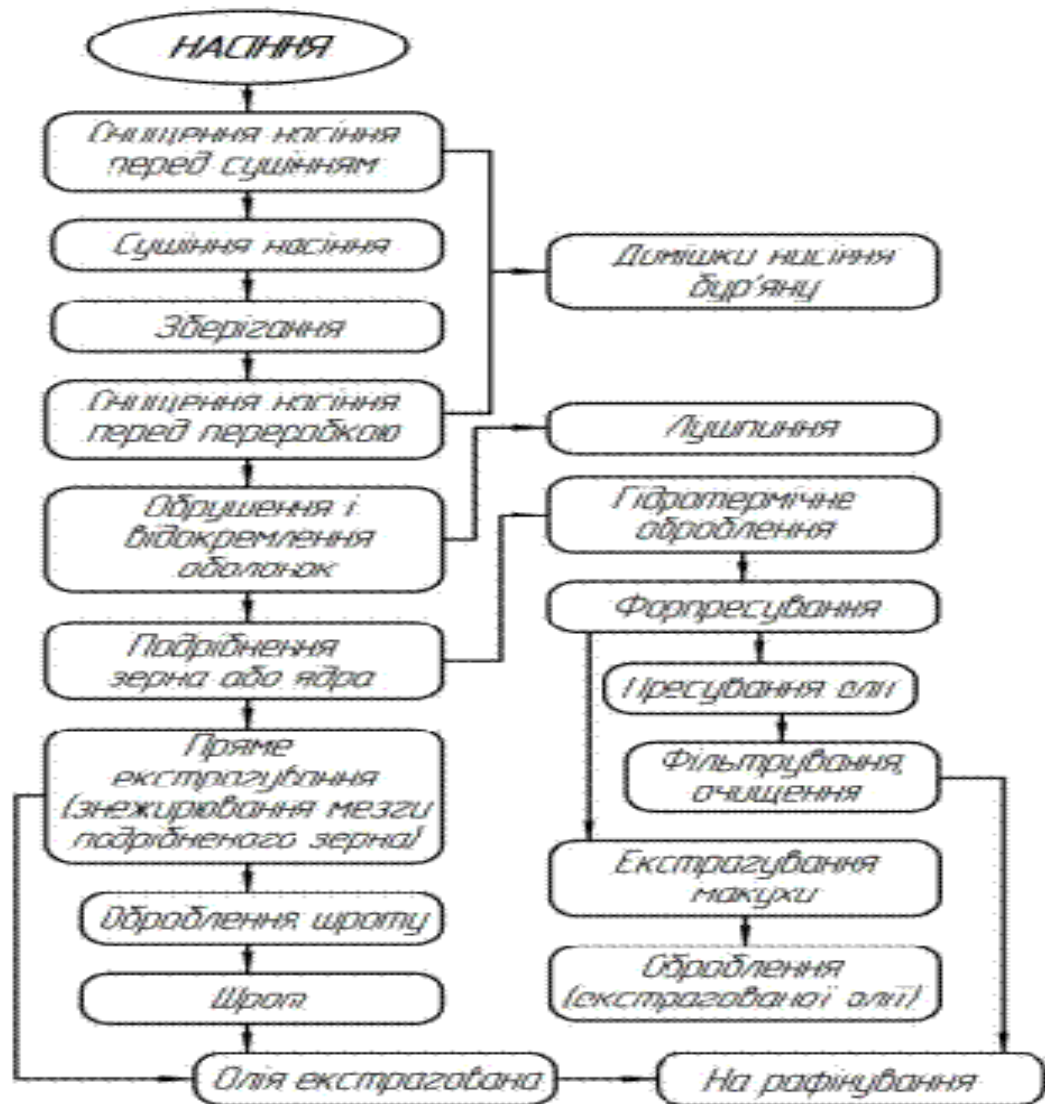


Рис. 1.1 - Принципова технологічна схема виробництва рослинної олії.

Устаткування для сушіння насіння соняшнику

Сушіння насін' олійних культур можна проводити різними способами:

в зваженому стані (пневматичні сушілки);

у киплячому шарі (ротаційні сушілки);

при перемішуванні (барабанні сушілки);

у безперервному потоці (шахтні сушілки);

у нерухомому шарі, насипом.

Сушіння в нерухомому шарі мають ряд переваг:

насіння при русі піддаються всебічній дії теплоносія, що забезпечує рівномірність сушіння;

при русі насіннь шар стає зруйнованим і опір проходження через шар теплоносія зменшується;

при русі насіння злежуються, що також підвищує ефективність сушіння і перешкоджає підгорянню насіння.

Пневматичні сушарки (рис 1.2) є відносно простими по конструкції, характеризуються малою тривалістю процесу сушіння (кілька секунд). Сушильний агент у таких сушарках має високу температуру (600...9000С).

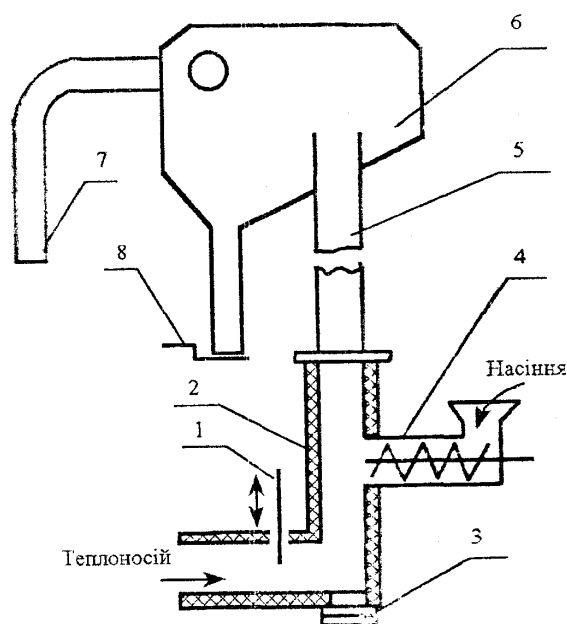


Рис. 1.2 – Схема пневматичної сушарки: 1 – регулювальна заслінка; 2 – змішувальна камера; 3 – клапан для холодного повітря; 4 – живильний шнек; 5 – труба; 6 – бункер-сепаратор; 7 – труба відпрацьованого теплоносія; 8 – засувка.

Для підвищення інтенсифікації процесу сушіння використовують ротаційні сушарки, що здійснюють сушіння насіння у киплячому шарі. Ротаційні сушарки складаються з декількох секцій, верхні з яких є сушильними, а нижні – охолоджуючими. Кількість секцій можна змінювати. Температура сушильного агента 150 – 1800С.

Кожна секція (рис.1.3) – круглий кошик, розділений на сектори, що обертаються навколо осі. Крізь сектори через перфороване дно продувається сушиль-

ний агент. При сполученні сектора з пропускним отвором, насіння подаються в наступний сектор.

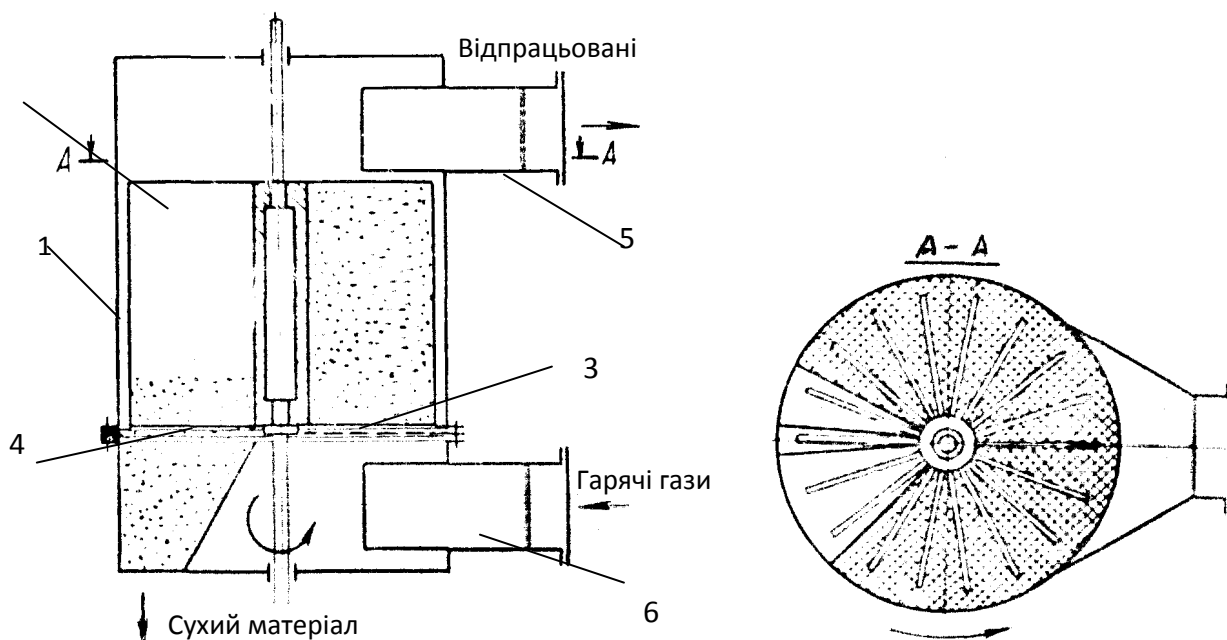


Рис. 1.3 – Схема секції ротаційної сушарки: 1 – корпус; 2 – лопасть кошика; 3 – перфороване дно; 4 – пропускний отвір; 5 – патрубок відпрацьованого сушильного агента; 6 – патрубок сушильного агента.

Широко застосовуються сушарки шахтного типу (ВТІ, СЗШ, ДСП) (рис 1.4.). Насіння, що висушуються, проходять через сушильну шахту, де розташовані коробки, що проводять і виводять із шахти газоповітряну суміш. Семена, опускаючи під дією своєї ваги між коробами, нагріваються сумішшю повітря і димових газів, що надходять зі спеціальної топки. Волога, що утримується в насіннях, при цьому випаровується, а висушені насіння потім прохолоджуються в охолоджуючій камері 4, де через насінну масу продувається атмосферне повітря. Сушіння ведеться по одноступінчастому і двоступінчастому режимі. При двоступінчастому сушінні сушильна шахта по висоті розбита на дві частини: у верхній частині (першого ступеня) здійснюється сушіння при невисоких температурах сушильного агента, у нижній частині (на другому ступені) досушку насінь ведуть при підвищених температурах. При одноступінчастому сушінні в сушильну камеру подають суміш повітря і димових газів однакової температури.

Для поліпшення роботи шахтних сушарок застосовують рециркуляційні способи сушіння, комбіновані з попереднім підгрівом зерна.

Барабанні сушарки за конструкцією цілком аналогічні зерновим. Відмінність полягає тільки в окремих конструктивних елементах. Зокрема, більш раціональним вважається використання двох барабанних сушилок з воронкоподібними лопатками, постаченими з обох сторін куточками.

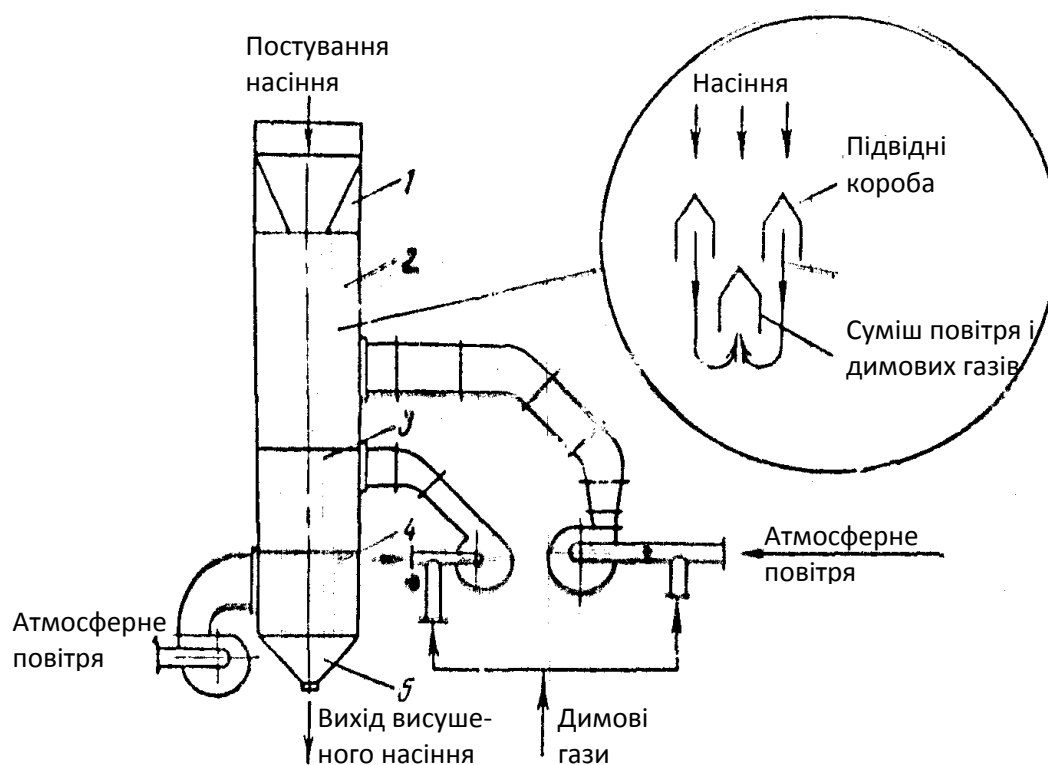


Рис.1.4. – Схема сушарки шахтного типу: 1 – бункер для прийому сірих насіннь; 2, 3 – сушильні камери; 4 – охолоджуюча камера; 5 – прийомний бункер для сухого насіння.

1.2 Конструкції і технічні характеристики насінерушної машини

Запаси олії в тканинах олійних насіннь розподілені нерівномірно, головна частина зосереджена в ядрі насіння – у зародку ендоспермі, плодова і насінна оболонки містять невелику кількість олії. У зв'язку з цим виникла необхідність

максимально відокремити ядро від оболонки. Процес відділення оболонки від ядра називається обрушенням.

Процес відділення оболонки від ядра складається з двох самостійних операцій: обрушення і відділення оболонки від ядра (віяння, сепарація).

У сучасних машинах, що обрушують, використовується динамічна дія на насіння, тому що воно є найбільш ефективним. Використовують зусилля стиску і зрізу (зрушення).

Машини, що обрушують, класифікують:

зі сталевим або чавунним робочим органом, що працює за принципом багаторазового або одноразового удару насіння об металеву поверхню (декові), бильні і відцентрові насіннерушки;

машини зі сталевими робочими органами, що ріжуть, (дискові, ножові і вальцеві луцильні машини).

Бичева насіннерушка (рис. 1.5) складається з чотирьох основних вузлів: живильного пристрою, бичевого барабана, деки і корпуси.

До складу живильного пристрою входять: живильний бункер 4, рифлений валик 3 і регульована заслінка 2.

Призначення живильного пристрою - забезпечити рівномірний розподіл насіння по ширині робочої зони машин (вона дорівнює довжині бича і складає в бичевій рушці 972 мм) і подачу насіння зі стабільною і необхідною інтенсивністю. Ширина живильної тічки (650 мм) від транспортера насіння до рушки менше ширини робочої зони, і розподіл насіння відбувається за рахунок роботи рифленого живильного валика.

Конструкція бичевого барабана являє собою вал з укріпленими на ньому трьома дисками 9 з маточинами і стійками 5 бичів. Твердість дисків забезпечується привареними по обидва боки ребрами 7. На зовнішній крайці кожного диска приварена 16 пара кутків під кутом 55° до осьової лінії. До цих куточків на болтах прикріплені 16 бичів 8. Бичі виготовлені зі смугової сталі товщиною 10-12 мм і шириною 100 мм. Бичевий барабан встановлений у машині горизонтально в підшипниках і при роботі приводиться обертання з частотою

550-630 об./хв, що при діаметрі барабана по зовнішній крайці бичів 800 мм відповідає окружної швидкості 23-27 м/с.

Бичевий барабан зовні збоку на дузі 110° , оточений хвилястою поверхнею, називаною декою 1. Декові набирають з чавунних колосників, що відливаються окремими секціями, що містять чотири-п'ять рифлей діаметром 25 мм.

Положення деки відносно бичевого барабана (зазор між бичами і декою) впливає на силу удару насіння об деку, і в машині передбачене регулювання зазору в межах 8-80 мм у залежності від вологості і розміру насіння. Регулювання здійснюється оператором за допомогою спеціальних регулювальних механізмів (верхнього і нижнього)

Бичерушка працює в такий спосіб. Семена, що надходять у живильний бункер, валиком рівномірно розподіляються по ширині робочої зони. Потік насіння, регульований заслінкою, попадає на похилу площину в живильному бункері і далі, зсковзаючи, попадає на бичі обертового барабана.

При достатній швидкості обертання бичевого барабана сила удару бичів по насінням забезпечує їхнє обрушення. Тому що окремі насіння розрізняються між собою властивостями, зокрема міцністю, то для частини насіння сила удару недостатня для обрушення, а для деякої частини насіння сила удару настільки велика, що відбувається не тільки руйнування оболонки, але і руйнування ядра.

Після удару бичами рушанка, що утворилася (суміш ядра, оболонок, цілих насіння і січки ядра) відкидається на деку багаторазово через пружність, що виявляється частками, при ударі. У такий спосіб рушанка вдаряється об деку, і при цьому відбуваються обрушення цілих насіння і руйнування ядра.

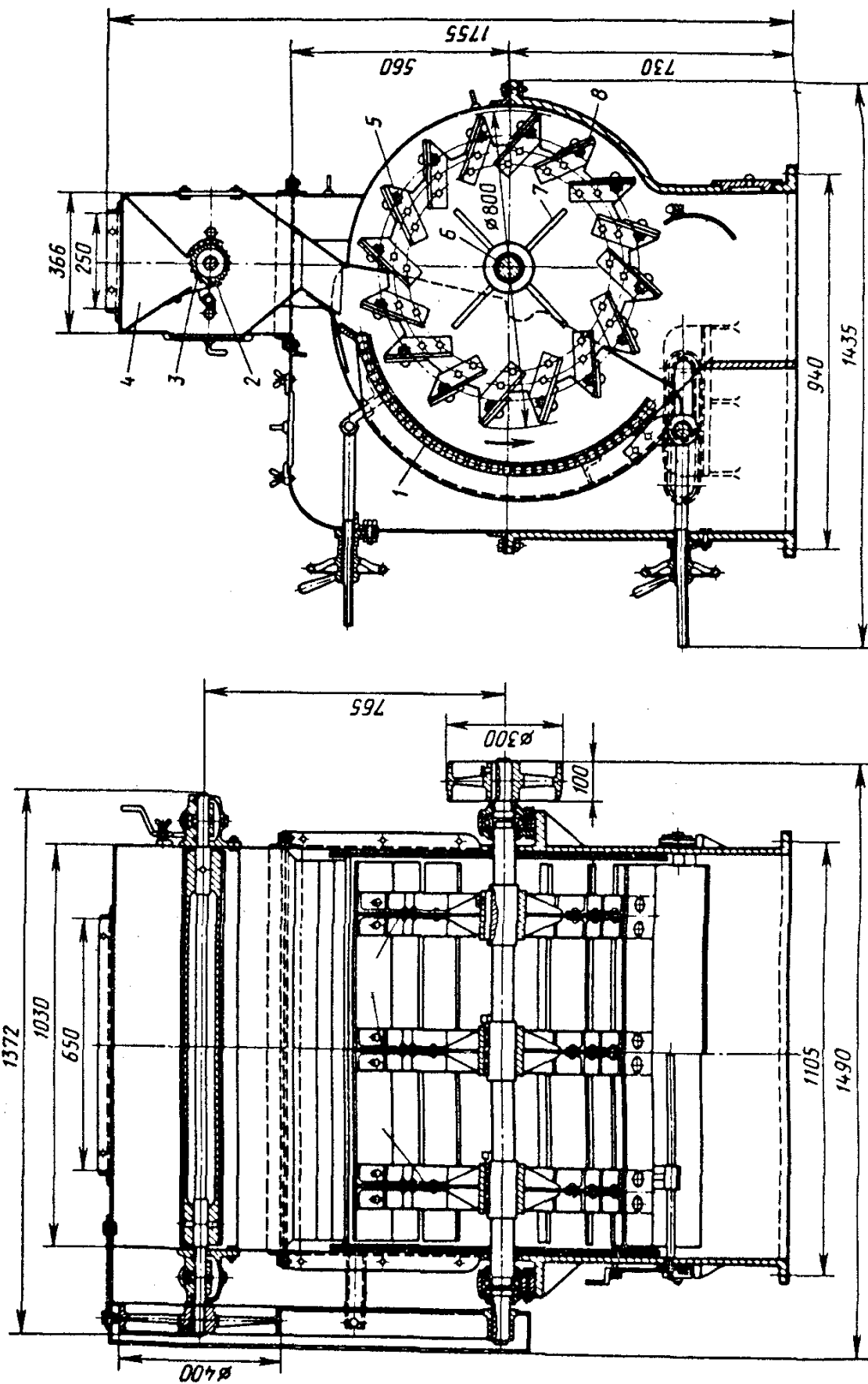


Рис.1.5. – Насіннярушка типу МРН.

До недоліків бильної насіннерушки варто віднести:

можливість повторного обрушення, що приводить до руйнування ядра й утворення січки (близько 15%) і олійного пилю (близько 8%);

неоднакова сила удару бив об насіння, що приводить до не довалю (близько 10%);

ненаправлений (хаотичний) рух насінь у машині.

Для реалізації способу обрушення однократним орієнтованим ударом призначена відцентрова насіннорухка. Насіння у відцентровій насіннорухке здобувають необхідну кінетичну енергію для обрушення одним орієнтованим (уздовж осі довжини) ударом об деку під дією відцентрової сили.

При роботі насіння надходять на диск, що обертається на вертикальному валові із лопатками. При цьому на насіння діють крім відцентрової сили, сили ваги і Кориоліса, що притискають насіння до диска і лопатки і викликають появу відповідних сил тертя, спрямованих проти руху насіння.

Аналіз руху насіння по диску уздовж лопатки під дією зазначених сил показав, що швидкість не залежить від маси насіння і обумовлена величиною коефіцієнта тертя насіння по матеріалу, з якого виготовлені диск і лопатки.

Рух насіння, спочатку прискорений, досить швидко стабілізується. На відстані, приблизно в 3-4 рази перевищуючий початковий радіус улучення насіння на диск, установлюється постійна швидкість радіального руху насіння по величині при характерних коефіцієнтах тертя їх об сталь, що складає 0,65-0,7 окружної швидкості диска.

В даний час розроблена і створена відцентрова рушка високої продуктивності РЗ-МОС (рис.1.6)

Основними частинами рушки є: двох'ярусний ротор 9 на вертикальному валові; живильний розподільний пристрій 6; 1 кільцева дека 10; корпус 5 із прикріпленими до нього двома циклонними сепараторами 4.

Живильний пристрій містить у собі запобіжні ґрати 7 на вході насінь для уловлювання великих сторонніх предметів, здатних застрягти в каналах ротора. Також живильний пристрій має кілька патрубків 8, у які підсасується повітря при обертанні ротора.

Розподільний пристрій 6 являє собою два коаксіальних циліндри, розміри яких забезпечують розподіл потоку насіння на дві рівні частини, що надходять відповідно на верхній і нижній яруси ротора.

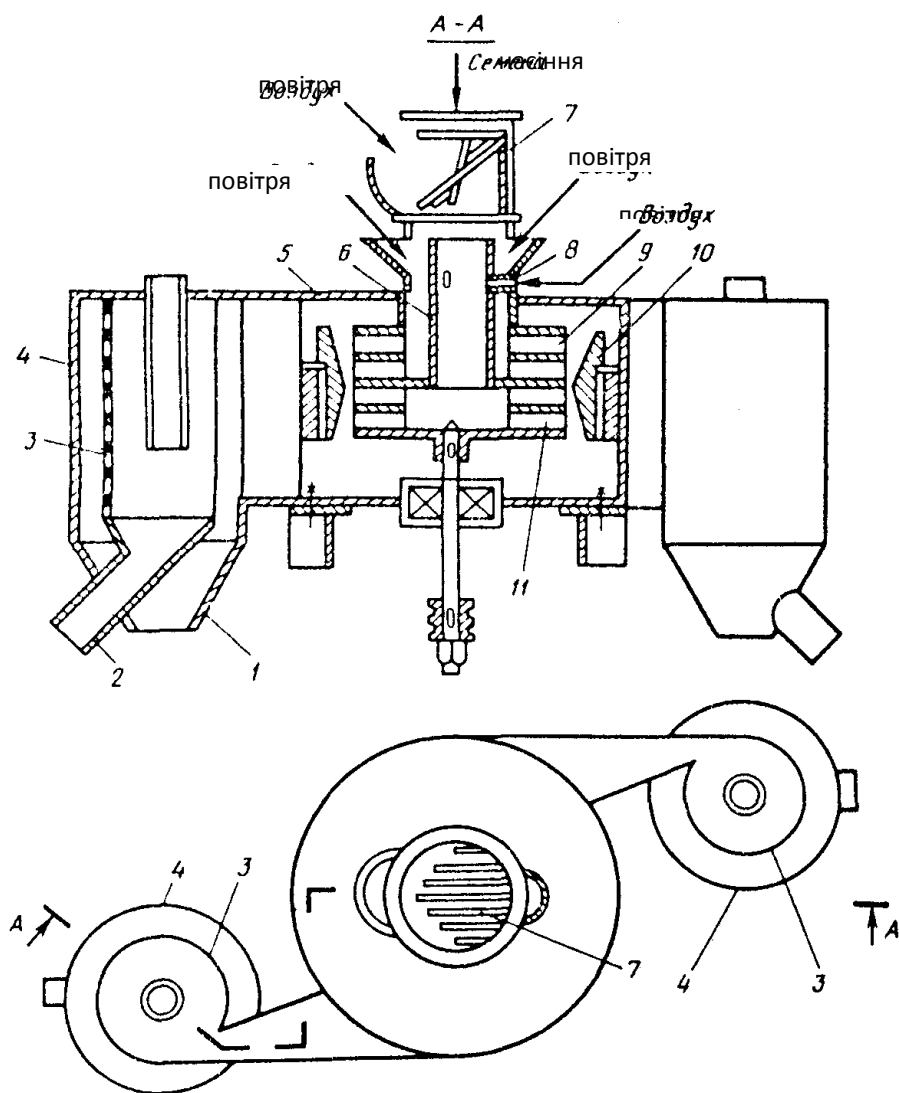


Рис.1.6 - Схема рушки відцентрової РЗ-МОС продуктивністю 200 тонн у добу насіння соняшника.

Застосування двох'ярусного диска забезпечує підвищену продуктивність рушки. На кожному ярусі встановлено по два працюючих диска (усього в рушці чотири працюючих диска) з радіальними направляючими каналами 11. Канали сусідніх дисків розташовані в шаховому порядку, що виключає зіткнення насіння

при виході з направляючих каналів. Підсасуємий обертовим ротором повітря рухається по каналах ротора, прискорює рух насіння і сприяє обрушенню.

Спрямований удар насіння забезпечується їхньою орієнтацією похилими стінками радіальних каналів, футерованих зносостійкою металокерамікою.

Насіння, що вилітають з каналів ротора, попадають на гладку кільцеву деку, що має в межах кожного ярусу свій нахил для відводу рушанки, що утворюється з зони обвалення.

Циклонні сепаратори 4 містять кільцеві сита 3, що відводять патрубками 1 і 2 для відводу рушанки й олійного пилу, а також повітря. Таким чином, у рушці РЗ-МОС сполучається процес обрушення і відділення олійного пилу, що дозволяє знизити втрати олії з лузгою, що відходить.

На цій рушці досягнута продуктивність 200 т./сут. Склад одержуваної рушанки трохи краще, ніж на бичеві й насінерушці (целяка - 15 %, недоруша - 10%, січки 5%, олійного пилу - 7 %)

Якість обрушення насіння – рушанки характеризується змістом у ній небажаних фракцій – цілого насіння і частково недорущеного насіння («цілих» або «недорущ»), зруйнованого ядра (січка) і олійного пилу. Присутність у рушанці недовалачи: воно збільшує зміст лузги в ядрі. Також небажана присутність у рушанці січки й олійного пилу. Січка легко віддає олію луззі навіть при короткочасному контакті. Олійний пил цілком не відокремлюється від лузги, що іде з виробництва, і втрати олії в луззі збільшуються.

Поділ рушанки на лузгу і ядро засновано на розходженні в їхніх розмірах і аеродинамічних властивостях. Лузга робить значно більше, ніж ядро опору повітряному потокові. Спочатку одержують фракції рушанки, що містять частки лузги і ядра одного розміру, а потім у повітряному потоці кожну отриману фракцію розділяють на лузгу і ядро.

Для поділу рушанки застосовують аспіраційні війки М2С – 50 і Р1 - МСТ. Аспіраційна насіневійка М2С-50 складається з двох машин: розсіву

і війки, розташованих одна над іншою і з'єднаних між собою гнучкими рукавами,

Розсів насіння в'їлки призначений для поділу рушанки на кілька фракцій, розміри кожної з яких змінюються у вузькому діапазоні. Потрапили в одну фракцію, вирівняну за розміром, різні компоненти рушанки, насамперед ядро і лузга, мають більше розходження в аеродинамічних властивостях. Таким чином, ефективна робота розсіву служить умовою чіткого поділу отриманих фракцій у каналах в'їлки.

Розсів являє собою дерев'яний короб 5, на похило розташованих (під кутом 3-5°) напрямних якого знаходиться три яруси висувних сит 10. Короб розділений на дві половини поздовжньою вертикальною перегородкою і відповідно на кожному ярусі по два однакових висувних сита. Під кожним ситом розташовані піддони 4 з різними нахилами (на початкових ділянках сит нахил піддонів протилежний нахилу сит, а на кінцевих ділянках сит нахил піддонів збігається з нахилом сит) для збору і транспортування часток, що пройшли через сита. У розсіві застосовуються штамповані сита з круглими отворами, розміри яких змінюються не тільки від ярусу до ярусу, але і розрізняються на початкових і кінцевих ділянках сит одного ярусу. Для поліпшення просіювання на ситах встановлюють ворошители.

1.3 Характеристика електропривода насінерушної машини

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 насінерушних машин для очищення насіння соняшника від оболонки побудовані на застарілій елементній базі, відсутня автоматизація та відмічена невисока функціональність існуючого електропривода.

Саме тому в межах написання роботи прийнято рішення здійснити модернізацію електроприводу валу деки насінерушної машини (основного устаткування процесу підготовки сировини для отримання соняшникової олії).

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

2.1 Вимоги до електропривода насінерушної машини

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;

- сталe значення $N = 1$.

2.2 Розрахунок кріплення насінерушної машини.

Дисковий шеретувальний верстат представляє собою роз'ємний корпус, в якому розташовані обертаючий та нерухомий диски.

Ми пропонуємо удосконалити конструкцію шеретувальної машини при підготовці сировини для отримання соняшникової олії, таким чином насіння соняшника подається на барабан шеретувальної машини, де за рахунок центр обіжних сил відбувається відділення насінної оболонки від ядра. Недоліком цієї машини є те що шеретуєчий барабан має досить велику вагу за рахунок використання чавунних пазів. З метою покращення процесу шеретування та зменшення енерговитрат пропонуємо заміну чавунних пазів на металеві за рахунок чого зменшимо вагу барабану, також змінимо діаметр пазів для більш якісного розділення оболонки від ядра. За рахунок цієї модернізації отримаємо зниження витрат електроенергії та збільшення продуктивності машини.

Розрахунок болтового кріплення пластин дискового шеретувателя на приводному диску.

Приймаємо спосіб встановлення болтів в отвори за способом з'єднання деталей – без зазору, що не потребує великих зусиль затяжки болтів та не буде сприяти розбиванню отворів під кріплення.

В такому випадку, болти будуть працювати на зріз та сміття.

Розрахуємо зусилля, які буде діяти на кожний болт у припущенні, що навантаження буде сприйматися тільки болтами нижнього ряду і воно буде рівномірно розподілене між всіма болтами нижнього ряду.

Заздалегідь визначимо крутячий момент на приводному диску по формулі:

$$T = \frac{N}{\omega_d}, \quad (3.1)$$

де N – потужність на диску,

ω_d - кутова швидкість диска в р/с, рівна $\omega_d = \frac{\pi n_d}{30}$

$$\omega_d = \frac{3,14 * 1100}{30} = 115,1 \text{ p / c}$$

Тоді:

$$T = \frac{26000}{115,1} = 226 \text{ Нм},$$

При цьому зусилля на одному нижньому болті буде дорівнювати:

$$F_1 = \frac{T}{dz} = \frac{226}{0,58 * 6} = 65 \text{ Н}$$

Умова прочності на зріз має вид :

$$\tau_p = \frac{4F_1}{\pi * d_1^2} < [\tau]_{cp} \quad (3.2)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби.

Звідси для визначення внутрішнього діаметру використовуємо формулу:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi * [\tau]_{cp}}} \quad (3.3)$$

де $[\tau]_{cp}$ - допустимий натяг на зрізі рівний 80 МПа

Тоді:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * 65}{3,14 * 80}} = 1,02 \text{ мм}$$

Умови прочності на змяття мають вигляд:

$$B_{cm} = \frac{F_1}{d_1 * \delta} \leq [G]_{cm} \quad (3.4)$$

де δ - товщина пластини, що дорівнює 2 мм, товщина диска значно більша.

Звідси потребує мий діаметр болта буде дорівнювати розрахункам за формулою:

$$d_1 \geq \frac{F_1}{\delta * [G]_{cm}} \quad (3.5)$$

де $[G]_{cm}$ - допустиме напруження на см'яття дорівнює 160 МПа

Тоді:

$$d_1 \geq \frac{65}{2 * 160} = 0,2 \text{ мм}$$

Таким чином, враховуючі що розрахунковий внутрішній діаметр різби буде більшим ніж зусилля зрізу, а також з розрахунком створення додаткового запасу прочності приймаємо для болтів стандартну метричну різьбу М5, яка буде мати внутрішній діаметр $d_1 = 4,2$ мм.

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 – ІР23 або закриті – ІР44. У пожежо-вибухонебезпечних приміщеннях використовують двигуни спецвиконання-ІР54.

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, $15\% \leq \text{ПВ} \leq 60\%$.

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 насінерушної машини, витрачається на привод диску, подачу та розподіл насіння, його переміщення і подолання сил тертя, причому остання складова, дуже велика. Крім того, при наявності гідрорегулятора енергія витрачається і на гідронасос.

Потужність двигуна насінерушної машини можна розрахувати за формулою:

$$P_{\text{дв}} = k_3 \frac{Q \cdot W}{\eta_3}, \quad (2.2)$$

де Q – продуктивність насінерушної машини, $Q = 6,0$ т/год.;

W – питомі витрати енергії для шеретування насіння, $W = 8,0$ кВт·год./т;

R_0 – середній радіус дека насінерушної машини, $R_0 = 0,32$ м;

V_0 – оптимальна обводова швидкість бічаск насінерушки, $V_0 = 100$ м/с;

η_3 – загальний ККД приводу, $\eta_3 = 0,95$;

Тоді:

$$P_{\text{дв}} = k_3 \frac{Q \cdot W}{\eta_3} = 1,10 \frac{8,0 \cdot 6,0}{0,95} = 54,3 \text{ кВт.}$$

Визначимо необхідну частоту обертання ротора насінерушної машини за формулою:

$$n = 60 \cdot V_0 / 2\pi R_0 = 60 \cdot 100 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,32 = 2930 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (2.3)$$

де V_0 – оптимальна обводова швидкість насінерушної машини, $V_0 = 100$ м/с;

R_0 – середній радіус ротора насінерушної машини, $R_0 = 0,32$ м;

За розрахованою потужністю двигуна $P_{\text{дв}} = 54,3$ кВт і розрахованому значенню частоти обертання ротора молоткової дробарки $n = 2930$ об/хв., вибираємо трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, серії 4А, виконання – 1Р-44 для режиму S1 з напругою 380 В 50 Гц.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика двигуна АІР225М2У3.

$P_{\text{ном}}$, кВт	$n_{\text{ном}}$, об/хв.	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\phi_{\text{ном}}$	$K_{\text{п}}$	$K_{\text{м}}$	$K_{\text{г}}$	$J_{\text{дв}}$, кг·м ²	Рівень шуму, дБ	Маса, кг
55,0	2940	92,5	0,91	1,8	2,2	7,5	0,22	82	320

Розшифрування маркування електродвигуна АІР225М2У3: АІР – назва серії: А – асинхронний, ІР - інтернаціональний; 225 – висота вісі обертання вала, мм; М – довжина корпусу за установлювальними розмірами (середня); 2 - число магнітних полюсів статора: 2 полюси (одна пара полюсів).

У – кліматичне виконання: клімат помірний; 3 – категорія розташування двигуна: у закритих приміщеннях. Даний двигун має степінь захисту ІР44 (розшифровується: ІР - захищений, 44 – закритого виконання) з такими технічними даними. Двигун кліматичного виконання і категорії розташування ГОСТ 15150-69.

2.4 Розрахунок і будова механічної характеристики двигуна

За технічними даними вибраного раніше трифазного асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором серії АІР типу АІР225М2У3:

$$P_{\text{НОМ}} = 55,0 \text{ кВт}, n_{\text{НОМ}} = 2940 \text{ об/хв}, \eta_{\text{НОМ}} = 92,5 \%, \cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,91,$$

$$K_I = I_{\text{П}}/I_{\text{НОМ}} = 7,5; K_{\text{П}} = M_{\text{П}}/M_{\text{НОМ}} = 1,8; K_{\text{М}} = M_{\text{МАХ}}/M_{\text{НОМ}} = 2,2.$$

Синхронна частота обертання двигуна:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (2.4)$$

де f -частота змінного струму мережі, $f = 50$ Гц;

p – число пар полюсів, $p = 1$.

Тоді

$$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \left[\frac{\text{об}}{\text{хв.}} \right]$$

Визначимо номінальну активну потужність споживання двигуна:

$$P_{1\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 1000}{\eta_{\text{НОМ}}}. \quad (2.5)$$

Тоді:

$$P_{1\text{НОМ}} = \frac{55,0 \cdot 1000}{0,925} = 59,5 \text{ [кВт]}.$$

Розрахуємо $M_{\text{НОМ}}$, $M_{\text{МАХ}}$ і $M_{\text{П}}$ за технічною характеристикою двигуна.

Номинальний момент двигуна:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}}. \quad (2.6)$$

Тоді:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{55,0}{2940} = 179 \text{ [Н} \cdot \text{м]}.$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_{\text{МАХ}} = K_M \cdot M_{\text{НОМ}}. \quad (2.7)$$

Тоді:

$$M_{\text{МАХ}} = 2,2 \cdot 179 = 394 \text{ [Н} \cdot \text{м]}.$$

Пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{П}} = K_{\text{П}} \cdot M_{\text{НОМ}}. \quad (2.8)$$

Тоді:

$$M_{\text{П}} = 1,8 \cdot 179 = 322 \text{ [Н} \cdot \text{м]}.$$

Визначимо номінальне ковзання ротора:

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{(n_0 - n_{\text{НОМ}})}{n_0}. \quad (2.9)$$

Тоді:

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{(3000 - 2940)}{3000} = 0,02.$$

Визначимо критичне ковзання ротора:

$$s_{\text{КР}} = s_{\text{НОМ}} \cdot (K_M + \sqrt{K_M^2 - 1}). \quad (2.10)$$

Тоді:

$$S_{\text{кр}} = 0,02 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,08.$$

Механічну характеристику двигуна побудуємо за формулою Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_{\text{MAX}}}{\left(\frac{S}{S_{\text{кр}}} + \frac{S_{\text{кр}}}{S}\right)}, \quad (2.11)$$

$$n = n_0 \cdot (1 - S). \quad (2.12)$$

Тоді:

$$M = \frac{2 \cdot 394}{\left(\frac{S}{0,08} + \frac{0,08}{S}\right)} [\text{Н} \cdot \text{м}],$$

$$n = 3000 \cdot (1 - S) \left[\frac{\text{об}}{\text{хв.}}\right].$$

Задаємося значеннями S , обчислюємо: n і M та записуємо їх в табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

S	0	0,02	0,08	0,10	0,20	0,50	1,00
n , об/хв.	3000	2940	2760	2700	2400	1500	0
M , Н·м	0	179	394	374	366	345	322

За значеннями табл. 2.2 будуємо (рис. 2.2) механічну характеристику двигуна $n(M)$ для діапазону зміни ковзання ротора S від 0 до 1,0.

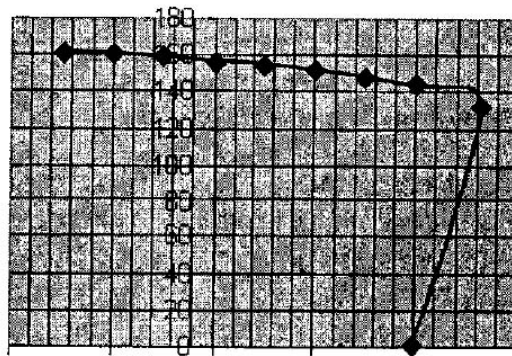


Рисунок 2.2 - Механічна характеристика двигуна АІР225М2У3

2.5 Розрахунок і вибір кабелю живлення електроприводу насінерушної машини

Вихідними даними для вибору і розрахунку параметрів кабелю живлення є нагрівання його струмом навантаження. Якщо кабель живлення застосовується для двигуна, то у якості струму навантаження може виступати струм двигуна, котрий визначають за формулою:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ}}, \quad (2.13)$$

де $P_{НОМ}$ – номінальна потужність двигуна, $P_{НОМ} = 55,0$ кВт;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга, $U_{НОМ} = 380$ В;

$\cos \varphi_{НОМ}$ – номінальний коефіцієнт потужності, $\cos \varphi_{НОМ} = 0,90$;

$\eta_{НОМ}$ – номінальний ККД двигуна, $\eta_{НОМ} = 91,0\%$.

Тоді:

$$I_{НОМ} = \frac{55,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91 \cdot 0,925} = 98,0 \text{ А.}$$

Перетин жили кабелю живлення вибираємо із умов нагрівання його струмового навантаження:

$$I_{ДОП} \geq I_{НОМ}, \quad (2.14)$$

де $I_{ДОП}$ – допустимий струм кабелю, А; вибираємо з літератури [3];

$I_{НОМ}$ – номінальний струм двигуна, $I_{НОМ} = 98,0$ А.

З умови струмового навантаження (2.14) і механічної міцності кабелю (насінерушна машина з підвищеною вібрацією), вибираємо чотирижильний кабель з мідними жилами, перетин жили 25 мм^2 з подвійною поліхлорвініловою ізоляцією з $I_{ДОП} = 110$ А:

$$I_{ДОП} = 110 \text{ А} \geq I_{НОМ} = 98,0 \text{ А.}$$

Перевіряємо перетин кабелю за умовою відповідності струму захисного апарату:

$$I_{ДОП} \geq K_3 \cdot I_3, \quad (2.15)$$

де K_3 – коефіцієнт захисту ($K_3 = 1,0$) визначається за таблицею 3.10 [3];

I_3 – уставка вимикача захисного апарату, А ($I_3 = 150$ А).

$$I_{\text{ДОП}} = 100 \text{ А} \geq K_3 \cdot I_3 = 1,0 \cdot 98,0 = 98,0 \text{ А.}$$

Умова (2.15) виконується, тому приймаємо кабель з мідними жилами з перетином струмоведучої жили 25 мм^2 .

Перевіряємо вибраний перетин кабелю за втратою напруги в ньому:

$$\Delta U_{\text{ДОП}} \geq \Delta U_{\text{РОЗРАХ}}, \quad (2.16)$$

де $\Delta U_{\text{ДОП}}$ – допустима втрата напруги у кабелі, для двигуна;

$$\Delta U_{\text{ДОП}} = 5,0\% [3];$$

$\Delta U_{\text{РОЗРАХ}}$ – розрахункова втрата напруги в кабелі:

$$\Delta U_{\text{РОЗРАХ}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{НОМ}} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%, \quad (2.17)$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності двигуна, $\cos \varphi = 0,91$;

r_0 – погонний активний опір лінії, Ом/км:

$$r_0 = \frac{1000}{\gamma \cdot s}, \quad (2.18)$$

тут γ - питома активна провідність металу, для алюмінію,

$$\gamma = 32 \text{ Ом/км};$$

s – площа перетину жили кабелю, $s = 25 \text{ мм}^2$;

x_0 – погонний реактивний опір лінії [4], $x_0 = 0,06 \text{ Ом/км}$;

l – довжина лінії, $l = 0,05 \text{ км}$;

$$\sin \varphi = \sin (\arccos \varphi) = \sin (\arccos 0,91) = 0,39;$$

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга двигуна, $U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$.

Тоді:

$$r_0 = \frac{1000}{32 \cdot 25} \approx 1,25 \text{ Ом/км.}$$

Тоді:

$$\Delta U_{\text{РОЗРАХ}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 98,0 \cdot 0,05 \cdot (1,25 \cdot 0,91 + 0,06 \cdot 0,39)}{380} \cdot 100\% = 1,59\%.$$

$$\Delta U_{\text{ДОП}} = 5,0\% > \Delta U_{\text{РОЗРАХ}} = 1,59\%.$$

Умова (2.7) за допустимою втратою напруги в кабелі виконана.

Висновок. Вибраний перетин кабелю забезпечить нормальну роботу двигуна

2.6 Розрахунок і вибір апаратів захисту та управління електроприводу

Вихідними даними для вибору захисних і комунікаційних апаратів є струм двигуна.

У якості апарату комутації і захисту двигуна від струмів короткого замикання (КЗ) та струмів тривалого перевантаження (ТП) можна використовувати автоматичний вимикач, параметри котрого визначаються за такими виразами:

- теплова уставка вимикача для двигуна:

$$I_{\text{ТВ,Д}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{НОМ}} \quad (2.19)$$

$$I_{\text{ТВ,Д}} \geq 1,25 \cdot 98,0 = 123 \text{ А.}$$

- уставка електромагнітного вимикача:

$$I_{\text{ЕВ,Д}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{П}} \quad (2.20)$$

$$I_{\text{ЕВ,Д}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{П}},$$

$$I_{\text{ЕВ,Д}} = 1,2 \cdot 735 = 882 \text{ А,}$$

де $I_{\text{П}}$ - пусковий струм двигуна, А:

$$I_{\text{П}} = K_{\text{П}} I_{\text{НОМ}} \quad (2.21)$$

де $K_{\text{П}}$ - коефіцієнт кратності пускового струму двигуна, $K_{\text{П}} = 7,5$.

Тоді:

$$I_{\text{П}} = 7,5 \cdot 98 = 735 \text{ А.}$$

За розрахунковими даними вибираємо автоматичний вимикач [6] типу

А3742Б із такими технічними даними:

$$I_{НОМ.А} = 150 \text{ А};$$

$$I_{ТВ.А} = 100 \text{ А};$$

$$I_{ЕВ.А} = 6300 \text{ А}.$$

Перевіримо вимикач за умовами вибору:

$$I_{НОМ.А} = 150 \text{ А} > I_{ТВ} = 450 \text{ А};$$

$$I_{ТВ.А} = 100 \text{ А} \geq I_{НОМ} = 98,0 \text{ А};$$

$$I_{ЕВ.А} = 6300 \text{ А} > I_{П} = 882 \text{ А}.$$

Автоматичний вимикач А3742 відповідає умовам роботи.

Таблиця 2.2 Технічні дані автоматичних вимикачів

Тип вимикача	Номинальний струм, $I_{НОМ}$, А	Струм теплової уставки, $I_{ТВ}$, А	Струм електромагнітної уставки, $I_{ЕВ}$, А
А3742Б	150	100	6300
ВА 2001-1	2,0	2,0	4,0

Вибираємо тип і розмір магнітного пускача для включення двигуна привода компресора із серії ПМЛ на 380 В 50 Гц з напругою котушки управління $U_K = 36$ В 50 Гц. Величину магнітного пускача визначаємо за струмом двигуна [2, с. 145]:

$$I_{МП} \geq I_{ДВ}, \quad (2.22)$$

де $I_{МП}$ – номінальний струм магнітного пускача, $I_{МП} = 100$ А для ПМЛ-5100:

$$I_{МП} = 100 \text{ А} \geq I_{ДВ} = 98,0 \text{ А}.$$

Для захисту двигунів від струмів тривалого перевантаження вибираємо електрострумове теплове серії РТЛ, призначене для роботи у комплекті з магнітним пускачем серії ПМЛ із умови [2, с.150]:

$$I_{ТР \text{ МИН}} \leq I_{ДВ} \leq I_{ТР \text{ МАХ}}, \quad (2.23)$$

де $I_{ТР \text{ МИН}}$, $I_{ТР \text{ МАХ}}$ – мінімальний і максимальний струм спрацьовування теплового реле (регулюється), А.

Для теплового реле типу РТЛ-3125 $I_{TP} = 75 \dots 105 \text{ A}$:

$$I_{TP \text{ MIN}} = 75 \text{ A} \leq I_{ДВ} = 98 \text{ A} \leq I_{TP \text{ MAX}} = 105 \text{ A}.$$

Таблиця 2.3 – Комуючі і захисні апарати двигуна

Двигун			Магнітний пускач			Теплове реле		
Позначення	$P_{НОМ}$, кВт	$I_{ДВ}$, А	Позначення	Тип	$I_{МП}$, А	Позначення	Тип	$I_{TP \text{ MIN}}, I_{TP \text{ MAX}}$, А
М1	55,0	98,0	КМ1	ПМЛ-5100	100	КК1	РТЛ-3125	78...100

Для зниження напруги у колах управління і сигналізації до безпечного значення вибираємо розділовий трансформатор типу ОСМ1–0,063У3 220/5–42 УХЛ на номінальну напругу первинної обмотки 220 В 50 Гц, вторинної обмотки 5 В і 42 В з відводом на 37 В, номінальна повна потужність котрого $S_{НОМ} = 0,063 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Для світлової індикації вибираємо лампи розжарювання комутаційні типу КМ48-50 з номінальною напругою $U_{л} = 48 \text{ В}$ 50 Гц і струмом $I_{л} = 50 \text{ мА}$. Лампи будуть працювати з недожаром, а їх строк експлуатації значно збільшується.

Інші елементи схеми управління додаткових розрахунків не потребують і приведені у специфікації.

Таблиця 2.4 – Специфікація

Позначення	Назва	Кількіст	Примітка
QF1	Вимикач автоматичний А3742Б, 380 В 50 Гц, ТУ – 522. 064 - 82	1	$I_{НОМ} = 150 \text{ А}$ $I_{ср} = 150 \text{ А}$
QF2	Вимикач автоматичний ВА-2001, 380 В 50 Гц, ТУ – 523. 074 - 02	1	$I_{НОМ} = 2,0 \text{ А}$
КМ1	Пускач магнітний ПМЛ – 5100,	1	100 А
КК1	Реле теплове електрострумове РТЛ - 3125, ТУ16 – 523.472 – 78	1	75...105 А

SB2.1	Пост управління ПКЕ – 191 – 2УЗ «Стоп» ПКЕ – 122 – 2УЗ,	1	Червоний
SB2.2	1з + 1р, ТУ16 – 437.042 - 76	1	Чорний
TV1	Трансформатор ОСМ1 – 0,063УЗ, 220/42 – 5 В, ТУ16 – 717.137 - 82	1	
FU1	Запобіжник ПРС – 6УЗП з плавкою вставкою ПВД1 – 2УЗ, ТУ16 – 522.112 - 74	1	1,0 А
HL1	Лампа КМ48 – 50УХЛ4 з арматурою світлосигнальною	1	Зелений
HL2	ТУ16 – 535.582 - 76	1	Молочний
M1	Двигун АІР225М2УЗ, 380 В 50 Гц	1	55,0 кВт, 2940 об/хв.

2.7 Схема релейно-контакторного управління електроприводу

Електрична принципова схема релейно-контакторного управління електроприводу насінерушної машини представлено на рисунку 2.3.

Включення і відключення двигуна приводу машини М1 здійснюється магнітним пускачем КМ1 за допомогою його головних замикаючих контактів КМ1:1.

Включення і відключення машини здійснюється від одної із кнопок поста управління SB2.1 – «Стоп» і SB2.2 – «Пуск».

Захист двигуна від струмів перевантаження забезпечується відповідним тепловим електрострумовим реле КК1 і його розмикаючим контактом КК1:1.

Захист двигуна від струмів короткого замикання здійснюється автоматичним вимикачем QF1. Блокування кіл управління, яке попереджує включення двигунів приводу машини при знятті загорожі приводу, здійснюється шляховим вимикачем SQ1.

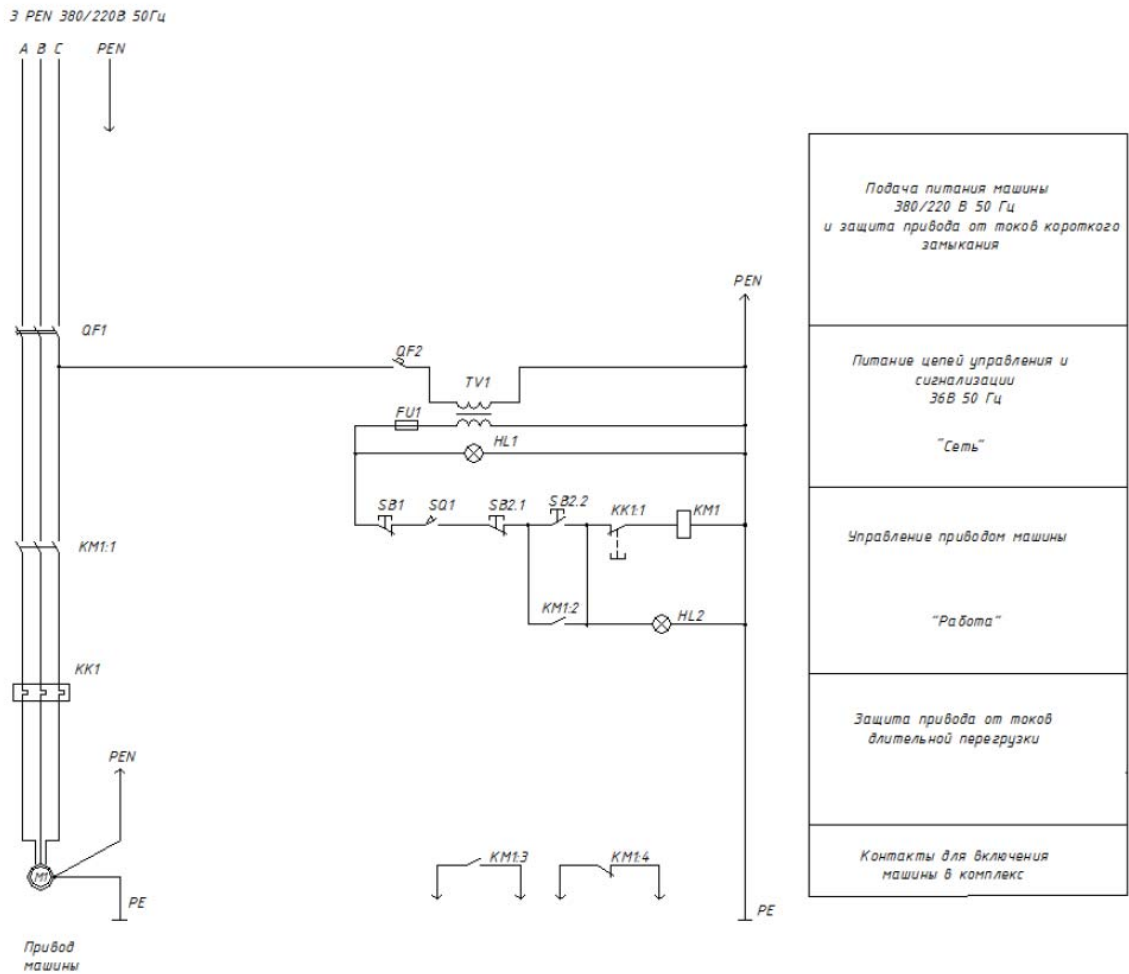


Рисунок 2.3 - Электрична принципова релейно-контакторна схема управління електроприводом насінерушної машини

Для аварійної зупинки застосований пост SB1 «Стоп».

Напруга управління знижується від 220 В 50 Гц до 36 В 50 Гц, тобто до безпечного значення напруги розділовим трансформатором *TV1*.

Захист кіл управління і сигналізації від струмів короткого замикання здійснюється плавким запобіжником *FU1* з боку вищої і *FU2* з боку нижчої напруги. Подавання напруги живлення машини здійснюється автоматичним вимикачем *QF1*.

Сигналізація включення живлення машини здійснюється лампочкою HL1 «Мережа», а роботи машини HL2 «Робота».

Повторне мимовільне включення машини після короткочасного зникнення електроенергії блокується магнітним пускачем КМ1 шляхом розмикання його головних КМ1:1 і додаткових КМ1:2 замикаючих контактів.

Для роботи машини у складі лінії використовуються додаткові замикаючі контакти КМ1:3 і розмикаючі КМ1:4.

2.8 Обґрунтування застосування перетворювача частоти ПЧ у електроприводі насінєрушної машини.

Для схеми управління з прямим пуском двигуна електроприводу молоткової дробарки пусковий струм складає:

$$I_{II} = K_{II} I_{НОМ} = 7,5 \cdot 98,0 = 735 \text{ А.}$$

Щоб забезпечити прямий пуск двигуна потужністю $P_{НОМ} = 55,0$ кВт, повна потужність трансформаторної підстанції повинна бути не менше:

$$S_{TP} \geq 3,0 \cdot P_{НОМ} = 3,0 \cdot 55,0 = 165 \text{ кВт.}$$

Крім того, під час прямого пуску двигуна такої потужності відбувається суттєве зниження напруги у внутрішній мережі електропостачання, це створює додаткові труднощі: знижується пусковий момент двигуна і моменти обертання у працюючих двигунів, а також зменшується світловий потік електричних джерел світла.

Для молоткових дробарок потужністю більше $P_{НОМ} = 7,5$ кВт рекомендується застосовувати схему пуску двигунів при з'єднанні обмоток фаз статора зіркою із послідовним переключенням їх на трикутник. Це дозволяє зменшити пусковий струм двигуна у 1,7 рази, а пускову потужність у 3,0 рази, але при цьому пусковий момент двигуна знижується у 3,0 рази.

Така схема пуску двигунів більше ефективна, ніж схема прямого пуску двигуна, однак також приводить до зниження напруги у внутрішній мережі електропостачання, що також створює додаткові труднощі: знижується пусковий

момент двигуна і моменти обертання у працюючих двигунів, а також зменшується світловий потік електричних джерел світла, хоча ці процеси менше виражені.

Застосування пристроїв для плавного пуску асинхронних двигунів вирішує задачу зменшення пускового струму, але не дозволяє регулювати частоту їх обертання і не контролює їх роботу.

Перетворювачі частоти за вартістю порівнюються із вартістю пристроїв для плавного пуску асинхронних двигунів, нижче на 20...30% від вартості перетворювачів частоти тієї же потужності, однак не порівнюються за функціональними можливостями: здійснюють плавний пуск двигунів, регулюють частоту їх обертання, забезпечують пуск і зупинку двигунів без використання магнітних пускачів, захист двигунів від струмів короткого замикання і від струмів тривалого перевантаження, блокують роботу двигунів при появі струмів витоку, тобто при зниженні опору ізоляції обмоток двигуна та інше. Крім того, ПЧ має внутрішній ПД-регулятор та внутрішні датчики контролю частоти обертання ротора, струму, потужності, моменту двигуна та інше.

ПЧ для асинхронних двигунів забезпечують роботу електроприводу з коефіцієнтом потужності більше 0,95:

$$\cos\varphi_{к.ном} \geq 0,95.$$

Таким чином, у випадку застосування ПЧ не потрібна установка для індивідуальної компенсації реактивної потужності двигуна.

Установка ПЧ дозволить також проводити експериментальні дослідження впливу частоти обертання молотків дробарки на якісні і кількісні характеристики роботи дробарки, а також для зниження питомих витрат електроенергії при процесі подрібнювання.

Перетворювачі частоти представляють собою перетворювачі електричної енергії. Існують два основних типи перетворювачів частоти: з безпосереднім зв'язком і з проміжним контуром постійного струму.

У перетворювачах частоти з безпосереднім зв'язком вихідна напруга синусоїдальної форми формується із ділянок синусоїд вхідної напруги. При цьому максимальне значення вихідної частоти принципово не може дорівнювати

частоті, яка живить мережі. Частота на виході перетворювача цього типу звичайно лежить у діапазоні від 0 до 25...33 Гц. Перетворювачі частоти цього типу не отримали широкого розповсюдження.

Але найбільше розповсюдження отримали перетворювачі частоти з проміжним контуром постійного струму, які виконані на базі інверторів напруги.

Структурна схема такого перетворювача приведена на рис. 2.4.

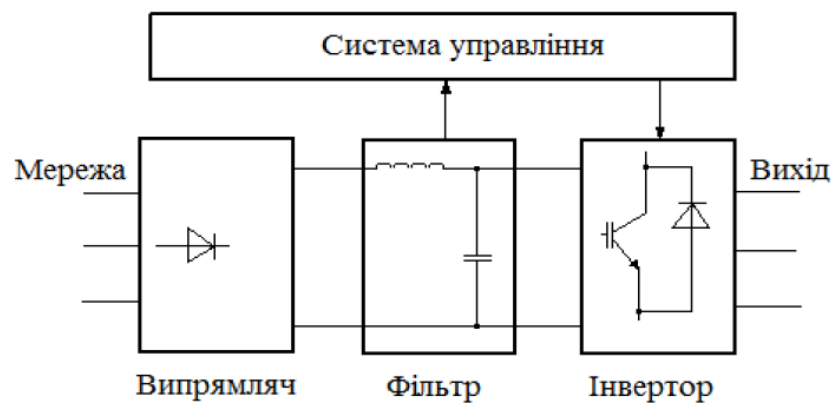


Рисунок 2.4 - Функціональна схема перетворювача частоти (ПЧ) з проміжним контуром постійного струму

Змінна напруга мережі перетворюється у постійну напругу за допомогою діодного випрямляча і згладжується у проміжному колі індуктивно-ємнісним фільтром. Інвертор, вихідний каскад котрого звичайно виконується на основі IGBT - модулів, здійснює зворотне перетворення із постійного струму у змінний, забезпечуючи формування вихідного сигналу з необхідними значеннями напруги і частоти. Найбільш часто в інверторах застосовується метод високочастотної широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). В цьому випадку вихідний сигнал перетворювача представляє собою послідовність імпульсів напруги постійної амплітуди і змінної тривалості, котра на індуктивному навантаженні, якою є обмотка статора, формує струми синусоїдальної форми (рис. 2.5). Можливий діапазон регулювання частоти від нуля до декількох тисяч герц.

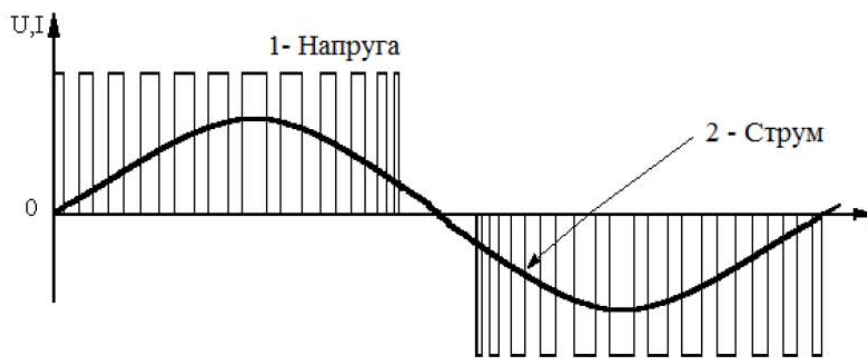


Рисунок 2.5 - Вихідні сигнали перетворювача частоти:
1 – напруги, 2 – струму.

Типи навантажень. Вимоги до електроприводу визначаються діапазоном швидкостей, які вимагаються, і типом навантаження. Залежність між швидкістю обертання і моментом опору неоднакова для навантажень різного типу. Багато навантажень можуть розглядатися як ті, що мають постійний момент у всьому діапазоні зміни швидкості. До них відносяться, конвеєри, компресори і поршневі насоси.

Деякі види навантаження мають змінну механічну характеристику, для котрої момент навантаження зростає зі збільшенням швидкості обертання. Типовим прикладом пристроїв з таким навантаженням є відцентрові насоси і вентилятори, чия механічна характеристика описується рівнянням квадратичної параболі, а значить, споживаюча потужність пропорційна кубу швидкості обертання. Із цього виходить, що навіть невелике зниження швидкості електроприводу може дати значний вигреш у потужності, ось чому економія електроенергії є головною перевагою використання управляючого електроприводу для насосів і вентиляторів. Теоретично зниження швидкості на 10% дає 30% економії споживаної потужності.

Режими управління електродвигуном.

У залежності від характеру навантаження перетворювач частоти забезпечує різні режими управління електродвигуном, реалізуючи ту або іншу залежність між швидкістю обертання електродвигуна і вихідною напругою. Режим з лінійною залежністю між напругою і частотою ($U/f = const$) реалізується простішими перетворювачами частоти для забезпечення постійного моменту

навантаження і використовується для управління синхронними двигунами або двигунами, підключеними паралельно, Разом з тим при зменшенні частоти, починаючи з деякого значення, максимальний момент двигуна починає падати. Для підвищення моменту на низьких частотах у перетворювачах передбачається функція підвищення початкового значення вихідної напруги, котра використовується для компенсації падіння моменту, для навантажень з постійним моментом або збільшення початкового моменту для навантажень з високим пусковим моментом, таким, наприклад, як промисловий міксер. Для регулювання електроприводів насосів і вентиляторів використовується квадратична залежність напруга/частота ($U/f^2 = const$). Цей режим, також як попередній, можна використовувати для управління паралельно підключеними двигунами.

Способи гальмування електродвигуна.

Для того щоб швидко зупинити або сповільнити швидкість механізму, який приводиться у обертання електродвигуном, поряд з механічними застосовують і електричні способи гальмування. Суть електричних способів гальмування складається в тому, що електрична машина в цей період із двигунного режиму переводиться в генераторний, таким чином, створює електромагнітний момент, направлений проти руху.

Самий простий спосіб зупинки – це вибіг двигуна. Двигун відключається від живлячої мережі і зупиняється за інерцією. При цьому час до повної зупинки не регулюється і визначається інерційними властивостями двигуна і його навантаження.

Регулюючий час гальмування забезпечує генераторний спосіб, суть якого у тому, що перетворювач з необхідною швидкістю зменшує вихідну частоту до необхідного значення. При цьому двигун перетворюється у генератор, перетворюючи кінетичну енергію обертання в електричну. У залежності від типу випрямляючого пристрою енергія повертається в первинну мережу або накопичується у контурі постійного струму перетворювача частоти. У другому випадку і у випадку навантаження з великим моментом інерції для розсіювання енергії може знадобитися застосування зовнішнього гальмувального резистора, підключення котрого при виникненні небезпечної перенапруги у проміжному

контурі перетворювача здійснює спеціальна контролююча схема. Таким чином, перевагою генераторного гальмування є передбачений час і плавність зупинки, високий гальмівний момент. Недолік в тому, що енергія виділяється у перетворювачі, і у випадку швидкої зупинки або великого моменту інерції навантаження для уникнення перегрівання вбудованого резистора контуру постійного струму перетворювача необхідно використання зовнішнього резистора опору.

Для того щоб здійснити гальмування постійним струмом, або, іншими словами динамічне гальмування, з обмотки статора двигуна знімають змінну напругу і на одну або дві фази подають постійну напругу. При цьому магнітне поле буде викликати спочатку сповільнення, а потім і утримання ротора у нерухомому стані. Перевагою динамічного гальмування є виділення електричної енергії в роторі двигуна, що робить непотрібним використання гальмувального резистора опору, і плавну зупинку. Але оскільки вихідна частота перетворювачем не контролюється, то час гальмування стає величиною невизначеною. Ефективність гальмування в цьому випадку у порівнянні з генераторним методом складає 30...40%. При комбінованому способі гальмування використовується комбінація двох описаних способів, тобто на змінну складову вихідної напруги перетворювача накладається постійна складова. Цей спосіб гальмування поєднує в себе переваги обох електричних способів гальмування і дозволяє ефективно гальмувати електродвигун за короткий час без виділення тепла у перетворювачі.

Управління перетворювачами частоти.

Управління перетворювачами частоти здійснюється за допомогою набору параметрів, які дозволяють здійснювати вибір, активізацію або заборону тої чи іншої функції, завдання значення параметра, а також контролювати поточне значення параметра. Параметри можна змінювати і встановлювати кнопками мембранної клавіатури пульта управління перетворювача для налагодження потрібних властивостей перетворювача, таких як час розгону, мінімальні і максимальні частоти. Номери вибраних параметрів і встановлені значення параметрів вказуються на чотиризначному цифровому дисплеї, Завдання оптимальних режимів роботи частотно-управляючого приводу для забезпечення

максимальної ефективності функціонування технологічного процесу – питання не просте і вимагає від персоналу знання і урахування особливостей як самого процесу, так і обладнання приводу, який використовують. Ось чому іноді, як це зроблено, наприклад, у перетворювачах серії MICROMASTEREco і MIDIMASTEЕco, з всього набору параметрів виділяють групу спеціально підібраних базових параметрів, налагодження котрих дозволяє для більшості простіших випадків застосовувати і швидко здійснювати уведення привода в експлуатацію. Друга група параметрів, яка називається експертною, служить для точного налагодження перетворювача. При цьому доступ до другої групи для сторонніх по замовчуванню блокований.

Описаний спосіб управління зручний на етапі уведення і в процесі експлуатації для оперативної зміни налагоджень перетворювача. Для використання частотно-управляючого приводу у складі АСУ ТП необхідно забезпечити взаємодію перетворювача з іншими учасниками системи управління. Для цього у складі перетворювачів є розвинута система уводу-виводу даних, яка включає в себе дискретні і аналогові входи і виходи, а також послідовні інтерфейси.

У залежності від серії перетворювачі частоти мають від 3 до 6 програмуючих дискретних входів, здатних ініціювати до 24 різних функцій управління. Всі ці функції можна умовно розділити на декілька груп.

1. До першої групи можна віднести функції управління рухом двигуна, такі як пуск, зупинка, реверс, спосіб гальмування.

2. Другу групу створюють функції управління вихідною частотою перетворювача, таке управління може бути здійснено шляхом вибору значення фіксованої частоти, визначеної для конкретного входу або того, який задається двійковим кодом стану трьох входів (8 значень). В цю же групу входять функції плавного зменшення або збільшення вихідної частоти при активному стані відповідного дискретного входу.

3. Третя група об'єднує інші функції, які несуть службове навантаження (дозвіл дистанційного управління, скид признаку помилки).

Для живлення вхідних кіл може бути використане або внутрішнє джерело

живлення із вихідною напругою 15 В постійного струму, або зовнішнє джерело з напругою від 7,5 до 33,0 В постійного струму.

Дискретні входи можуть бути активізовані різними способами, у тому числі механічними кнопками панелі управління установкою, дискретними виходами різних управляючих пристроїв, таких як програмуючі логічні контролери (ПЛК) або пристрої видаленого уводу-виводу (наприклад, серії ADAM-4000 фірми Advantech).

2.9 Вибір перетворювача частоти ПЧ для електроприводу

ПЧ, який вибирають, повинен бути розрахований на потужність електродвигуна, який підключають до нього, тобто на 55,0 кВт.

Приймаємо до установки частотний перетворювач Siemens (Німеччин) серії G-120 типу 6SL3224-0BE35-5UA0 параметри котрого приведені у табл. 2.9



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд ПЧ Siemens серії G-120

Таблиця 2.9 – Паспортні дані ПЧ Siemens серії G-120

Тип, виконання	6SL3224-0BE35-5UA0
Номинальна потужність ПЧ, кВ·А	60
Номинальна потужність двигуна, кВт	55
Номинальний струм навантаження I_n , А	100
Живильна мережа:	3x380 В, +10%, -15%, 50(60) Гц \pm 2% (з заземленою або ізольованою нейтраллю)
Вихідна напруга	3x(0...380 В) \pm 2% (значення максимально вихідної напруги програмується)
Коефіцієнт корисної дії	не менше 0,95 (без двигуна)
Коефіцієнт потужності	не менше 0,95
Умови навколишнього середовища:	робоча температура +1°C...+40°C, вологість до 90%.
Короткочасне допустиме відхилення напруги живильної мережі, при якій електропривод зберігає працездатний стан	-40%
Опір ізоляції гальванічно не зв'язаних кіл і відносно корпусу, не менше	10 МОм
Електрична міцність ізоляції	2500 В, 50 Гц, на протязі 1 хв.
Опції внутрішні	до 6 аналогових входів; до 2 аналогових виходів; до 6 дискретних входів; до 6 релейних виходів; до 2-х каналів інтерфейсу RS 485 стандарту Modbus.
Степінь захисту	IP21

Таблиця 2.10 – Функціональні можливості ПЧ

Основні	Управління роботою АД у всіх режимах: - пуск за заданим алгоритмом; - тривала робота в заданому діапазоні частот обертання і навантажень; - реверс; - гальмування і зупинка за заданими алгоритмами
	Регулювання технологічного параметру за рахунок вбудованого ПД-регулятора
	Захист ПЧ, АД і механізмів в аварійних і нештатних режимах
	Дистанційний прийом і обробка сигналів управління, завдання параметрів та режимів, в тому числі по каналу послідовного зв'язку від управляючих машин і систем вищого рівня
Додаткові	Сигналізація, відображення і дистанційна передача інформації про параметри та режими роботи
	Урахування відпрацьованого часу
	Реєстрація відмов, нештатних та аварійних режимів

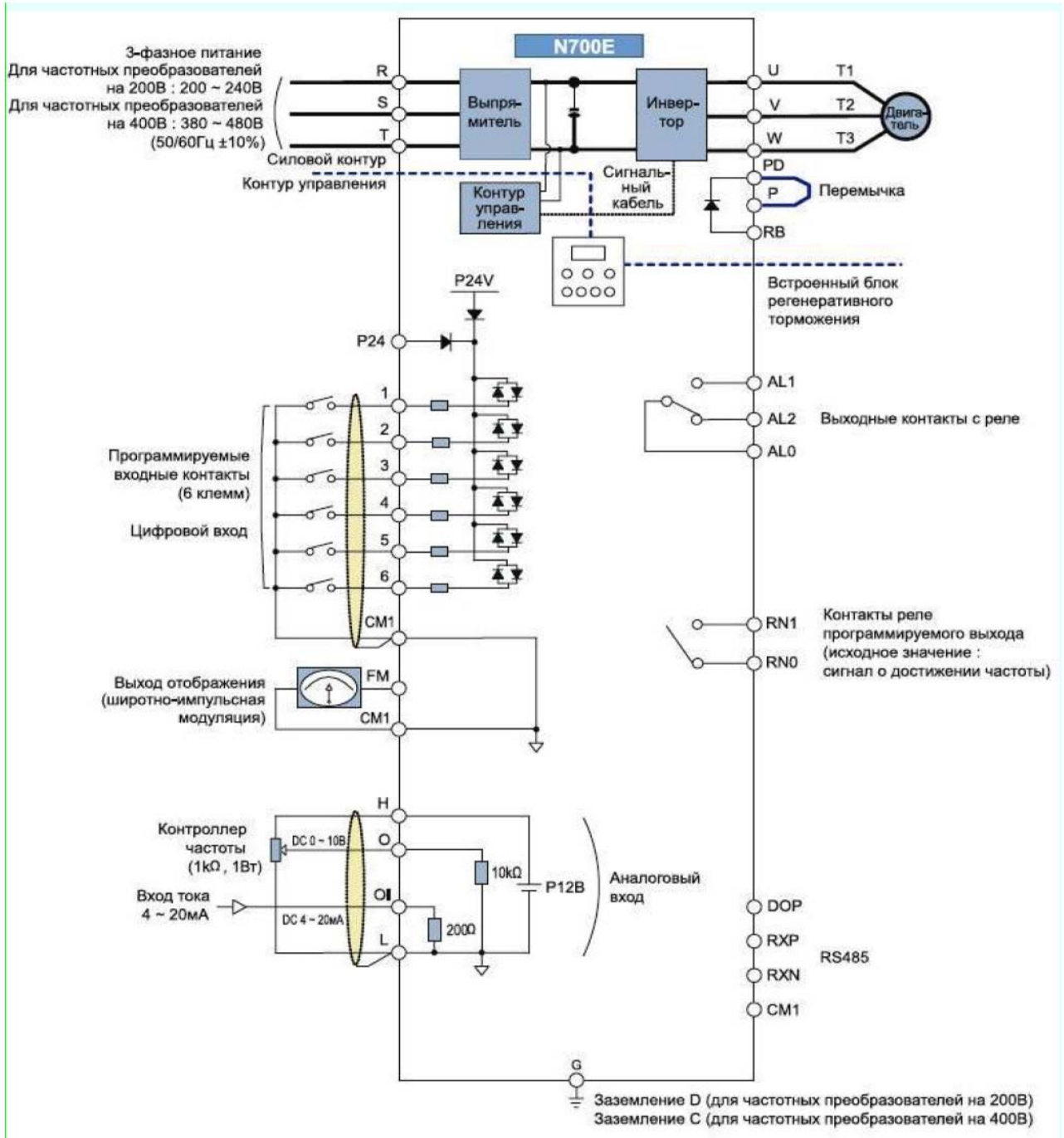


Рисунок 2.6 – Схема підключення ПЧ Siemens серії G-120

Таблиця 2.10 - Призначення клемників кіл управління

XT1	призначений для підключення зовнішніх дискретних сигналів (6 дискретних входів Rvx. - 2 кОм, I - 10...20 mA).
XT2	програмовані дискретні виходи (250 В, 3 А).
XT3	багатофункціональний клемник, призначений для підключення зовнішніх пристроїв, до його складу входять клеми: - живлення 24 В, 0,5 А для давача технологічного параметру, дистанційного пульта та інші; - 2 гальванічно не зв'язаних програмованих аналогових входи (0...5 mA, 4...20 mA, 0...10 В); - клеми підключення зовнішньої кнопки «АВАРІЙНИЙ СТОП».
XT4	багатофункціональний клемник, призначений для підключення зовнішніх пристроїв, до його складу входять клеми: - живлення 24 В 0,5 А для давача технологічного параметру; - 1 аналоговий вхід для підключення зовнішнього потенціометру «ЗАВДАННЯ»; - 3 дискретних виходи (250 В, 0,1 А).
XT15, XT16	клемники, які використовуються при встановленні додаткових блоків. Клемники XT15, XT16 встановлюються при наявності таких субблоків розширення: - субблок інтерфейсу RS485; - субблок аналогових виходів (2 програмованих аналогових виходи: 0...5mA, 4...20 mA, 0...10 В); - субблок аналогових входів (2 гальванічно не зв'язаних програмованих аналогових входи 0...5 mA, 4...20 mA, 0...10В); - субблок аналогових входів (4 гальванічно зв'язаних програмованих аналогових входи: 0...5mA, 4...20mA, 0...10В); - субмодуль технологічний.
XT6	Мережа А;
XT7	Мережа В;
XT8	Мережа С;
XT9	Нейтраль;
XT10	Вихід U;
XT11	Вихід V;
XT12	Вихід W;
XT13	Rd+;
XT14	Rd-.

Висновок. Приймаємо до установки частотний перетворювач Siemens

(Німеччина) серії G-120 типу 6SL3224–OBE35-5UAO з номінальною потужністю 55,0 кВ·А. ПЧ повністю відповідає вимогам електропривода дробарки.

2.10 Схема частотного електроприводу насінерушки системи ПЧ-АД

Для автоматичного управління приводом дробарки приймаємо до встановлення частотний перетворювач фірми Siemens (Німеччина) серії G-120 типу 6SL3224–OBE35-5UAO з номінальною потужністю 55,0 кВ·А. Ці перетворювачі працюють від промислової трифазної мережі змінного струму із заземленою або ізольованою нейтраллю.

Режим його роботи програмується і забезпечує: плавний розгін і гальмування двигуна; роботу на заданій частоті; зупинку і реверс двигуна; роботу в розімкненій або замкненій системі регулювання, роботу за таймером.

Перетворювачі частоти забезпечують захист приводу машини від струмів короткого замикання і тривалих струмів перевантаження, при обриві одної з фаз або при не симетрії фазних напруг.

Схема управління електроприводу ліфта приведена на рис. 2.9.

XP1 – трифазний роз'єм;

QS1 – трифазний рубильник;

QF1 – автоматичний вимикач триполюсний;

KM1, KM1:1 – котушка і головні контакти магнітного пускача;

WF1 – перетворювач частоти;

M1 – трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором;

R1 – регулятор частоти обертання ротора двигуна;

Rг – резистор гальмування;

GB1 – блок харчування 24 В;

SF1 – автоматичний вимикач двополюсний;

SF2 – автоматичний вимикач однополюсний;

K1, K2 – реле електромагнітне;

SB1 – аварійний вимикач;

SB2 – кнопка управління «Стоп»;

SB3 – кнопка управління «Вгору»;

SB4 – кнопки управління «Вниз»;
HL1...HL4 – світлодіодні індикатори;
PE – заземлення;
N – нейтральний провід (занулення).

Перетворювач частоти WF1 забезпечує плавне регулювання частоти обертання вала двигуна M1 в діапазоні 500...3000 об/хв., а також захист двигуна від струмів тривалого перевантаження та від струмів короткого замикання.

Включення і відключення двигуна приводу дробарки M1 здійснюється головними контактами трифазного магнітного вимикача KM1:1, котушка якого KM1 підключається за допомогою проміжних реле K1, K2 та їх замикаючих K1:1, K2:1 і розмикальних контактів K1:2, K2:2 шляхом натискання однієї з кнопок поста управління SB3 чи SB4 – «Вгору» або «Вниз».

На корпусі перетворювача частоти WF1 розташована клавіатура для його програмування, наприклад, час розгону і гальмування двигуна та інше.

Частота обертання ротора двигуна M1 задається реостатом RP1 за індикатором PV1. Фактична частота обертання визначається індикатором PA1 (на схемі не показані).

3 PEN 380/220В 50Гц

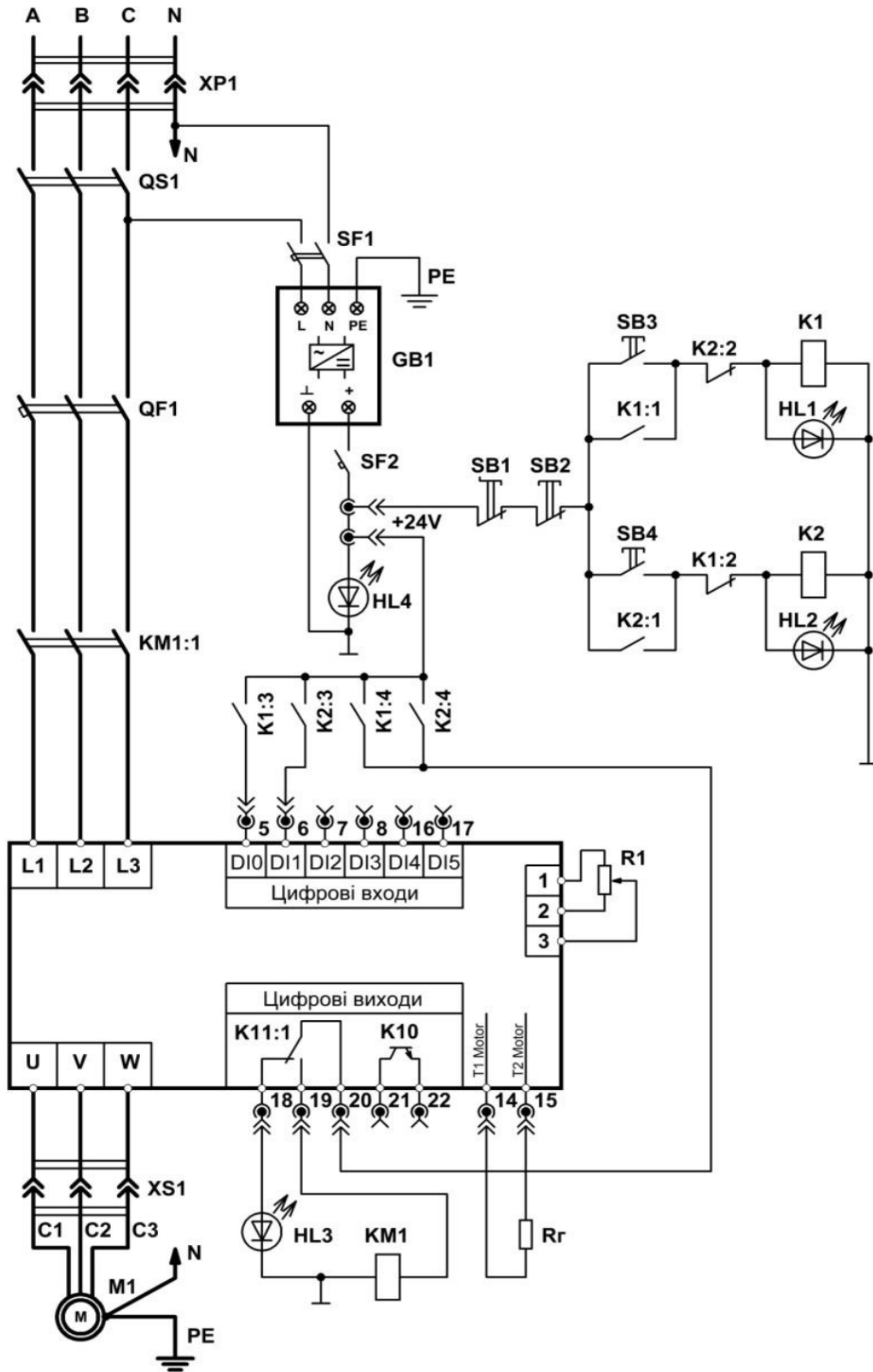


Рис. 2.9 Електрична принципова схема частотного електроприводу насінерушної машини системи ПЧ-АД

Подавання напруги живлення машини здійснюється автоматичним вимикачем QF1.

Для аварійної зупинки ліфта застосований пост SB1 «Аварійний стоп», а планової зупинки SB2 «Стоп».

Напруга управління знижується від 220 В 50 Гц до 24 В постійного струму за допомогою блоку харчування GB1, тобто до безпечного значення напруги.

Включення і захист кіл управління та сигналізації від струмів короткого замикання здійснюється з боку вищої напруги автоматичним вимикачем SF1, а з боку низької напруги – SF2.

Повторне мимовільне включення машини після короткочасного зникнення електроенергії забезпечується перетворювачем частоти WF1, а також проміжним реле K1 і K2 шляхом розмикання його замикаючих контактів K1:1 і K2:1.

3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА ЕОМ

3.1 Постановка задачі моделювання роботи електроприводу на ЕОМ

Одним із важливіших елементів при створенні регулюючого електроприводу є розробка енергоефективних законів управління і підвищення ККД самої машини. Метою математичного моделювання є створення системи управління асинхронним електроприводом і забезпечення максимального моменту на валу двигуна при низьких обертах. Тому велике значення має не тільки вибір системи моделювання, але і адекватність самої моделі до процесів, які відбуваються у перетворювачі. Велике значення при векторному управлінні має система координат, тому рівняння руху розглядаються не в стаціонарній системі координат, а системі координат Парка – Горєва [5]. Це дозволило будувати системи управління з асинхронним двигуном (АД) за тими же принципами, що і системи управління з двигуном постійного струму. При цьому характеристики асинхронного двигуна становляться близькими до характеристик двигуна постійного струму, це дозволяє суттєво підвищити економічну ефективність електропривода з АД.

Моделювання роботи асинхронної машини у режимах двигуна або генератора можна провести за допомогою блоку Asynchronous Machine у пакеті програм MATLAB. Піктограми машини приведені на рис. 3.1.

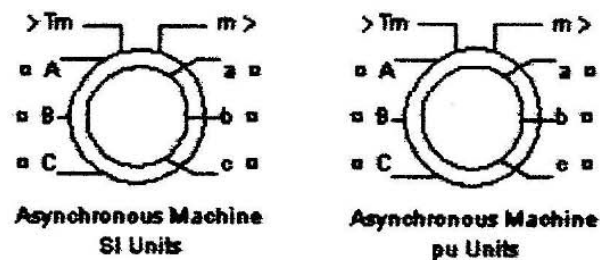


Рисунок 3.1 - Піктограми асинхронної машини

Режим роботи визначається знаком електромагнітного моменту машини.

Порти моделі A , B і C є виводами обмоток статора машини, а порти a , b і c – обмотки ротора машини. Порт T_m призначений для подавання моменту опору руху. На вихідному порту m формується векторний сигнал, що складається із $2l$

елемента: токів, потоків і напруг ротора і статора у нерухомій і обіговій системах координат, електромагнітного моменту, кутової частоти обертання вала, а також його кутового положення. Для зручності витягання змінних машини з вектора в бібліотеці Sim Power Systems передбачений блок Machines Measurement Demux. Модель асинхронної машини включає в себе модель електричної частини, яка представлена моделлю простору стану четвертого порядку, і модель механічної частини у вигляді системи другого порядку. Всі електричні змінні і параметри машини приведені до статора. Вихідні рівняння електричної частини машини записані для двофазної (dq -вісі) системи координат. На рис. 3.2 приведена схема заміщення машини.

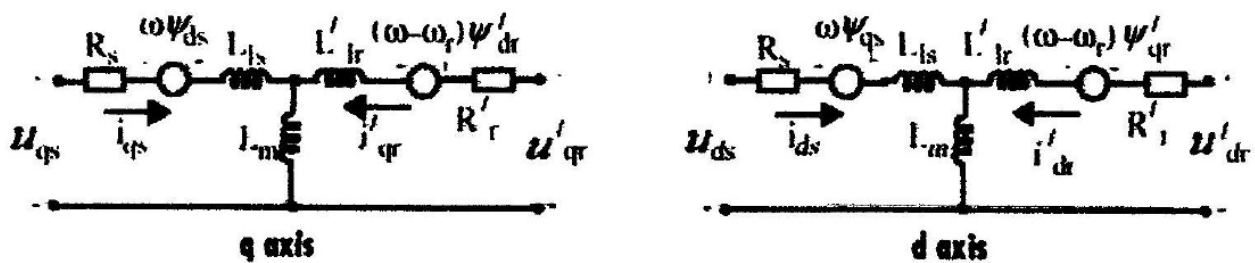


Рисунок 3.2 - Схеми заміщення асинхронної машини

Режим роботи визначається знаком електромагнітного моменту машини.

Порти моделі А, В і З є виводами обмоток статора машини, а порти а, b і з – обмотки ротора машини. Порт Tm призначений для подачі моменту опору руху. На вихідному порту m формується векторний сигнал, який складається з 21 елементу: струмів, потоків і напруги ротора і статора в нерухомих системах координат, електромагнітного моменту, кутової частоти обертання вала, а також його кутового положення, що обертаються. Для зручності витягання змінних машини з вектора в бібліотеці Sim Power Systems передбачений блок Machines Measurement Demux. Модель асинхронної машини включає модель електричної частини, яка представлена моделлю простору станів четвертого порядку, і моделлю механічної частини у вигляді системи другого порядку. Всі електричні змінні і параметри машини приведені до статора. Вихідні рівняння електричної частини машини записані для двофазної (dq -вісі) системи координат.

Рівняння електричної частини машини мають вигляд:

$$u_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \cdot \psi_{qs} + \omega \psi_{ds},$$

$$u'_{dr} = R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \psi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \psi'_{qr},$$

$$T_e = 1,5(\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds}),$$

де:

$$\psi_{qs} = L_s i_{qs} + L_m i'_{qr}, \quad \psi_{ds} = L_s i_{ds} + L_m i'_{dr}, \quad \psi'_{qr} = L'_r i'_{qr} + L_m i_{qs},$$

$$\psi'_{dr} = L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds}, \quad L_s = L_{ls} + L_m, \quad L'_r = L'_{lr} + L_m.$$

Індекси в системі рівнянь машини мають наступні значення:

- d – проекція змінної на вісь d ;
- q – проекція змінної на вісь q ;
- r – індекс, який позначає параметр або змінну ротора;
- s – індекс, який позначає параметр або змінну статора;
- l – індуктивність розсіювання;
- m – індуктивність кола намагнічування.

Механічна частина машини описується двома рівняннями:

$$\frac{d}{dt} \omega_m = \frac{1}{2H} (T_e - F \omega_m - T_m),$$

$$\frac{d}{dt} \theta_m = \omega_m.$$

Змінні в рівняннях машини мають такі значення:

- R_s, L_{ls} – активний опір і індуктивність розсіювання статора;
- R'_r, L'_{lr} – активний опір і індуктивність розсіювання ротора;
- L_m – індуктивність кола намагнічування;
- L_s, L'_r – повні індуктивності статора і ротора;
- U_{qs}, i_{qs} – проекції напруги і струму статора на вісь q ;
- u'_{qr}, i'_{qr} – проекції напруги і струму ротора на вісь q ;
- u_{ds}, i_{ds} – проекції напруги і струму статора на вісь d ;
- u'_{dr}, i'_{dr} – проекції напруги і струму ротора на вісь d ;
- Y_{ds}, Y_{qs} – проекції потокозчеплення статора на вісі d і q ;
- ψ'_{dr}, ψ'_{qr} – проекції потокозчеплення ротора на вісі d і q ;

- ω_m – кутова частота обертання ротора;
- θ_m – кутове положення ротора;
- p – число пар полюсів;
- ω_γ – електрична кутова частота обертання ротора ($\omega_m \times p$);
- θ_γ – електричне кутове положення ротора ($\theta_m \times p$);
- T_e – електромагнітний момент;
- T_m – механічний момент на валу;
- J – сумарний момент інерції машини і навантаження;
- H – сумарна інерційна постійна машини і навантаження;
- F – сумарний коефіцієнт в'язкого тертя (машини і навантаження).

З Simulink-моделлю асинхронної машини можна ознайомитися, відкривши бібліотеку `powerlib_models.mdl` у папці...`\toolbox\physmod\powersys\ powersys`.

3.2. Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна електроприводу

Для моделювання роботи АД з КЗ ротором на ПЕОМ у пакеті програм MATLAB потрібно розрахувати параметри схеми заміщення двигуна (рис. 3.3). Параметри схеми заміщення двигуна в технічних довідниках приведені у відносних одиницях [7].

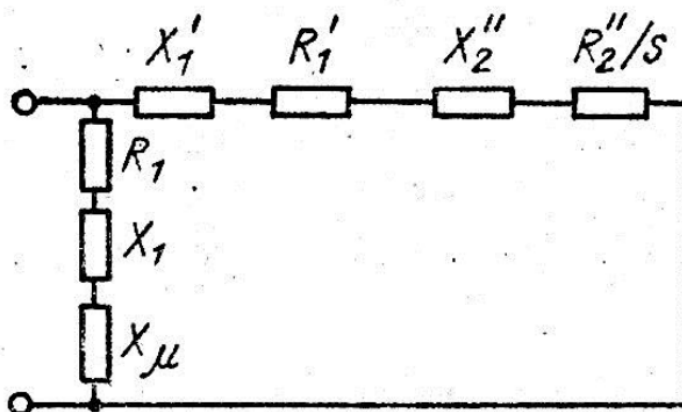


Рисунок 3.3 - Схема заміщення фази асинхронного двигуна

Таблиця 3.1 - Параметри схеми заміщення фази АД серії АІР225М2У3

Параметри схеми заміщення фази АД				
x_{μ}	У номінальному режимі			
	r_1^I	x_1^I	r_2^{II}	x_2^{II}
5,6	0,026	0,092	0,019	0,12

Для переведення параметрів схеми заміщення з відносних одиниць у фізичні одиниці знайдемо базовий опір двигуна:

$$R_B = \frac{U_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}}}, \quad (3.1)$$

де $U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга двигуна, $U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$;

$I_{\text{НОМ}}$ – номінальний струм двигуна, $I_{\text{НОМ}} = 100 \text{ А}$.

Тоді базовий опір двигуна:

$$R_B = \frac{U_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{380}{100} = 3,80 \text{ Ом.}$$

Отримавши базовий опір можна розрахувати необхідні для моделювання двигуна параметри схеми заміщення в фізичних одиницях:

Активний опір статора:

$$R_1^I = R_B \cdot r_1^I = 3,80 \cdot 0,026 = 0,10 \text{ Ом.} \quad (3.2)$$

Індуктивний опір статора:

$$X_1^I = R_B \cdot x_1^I = 3,8 \cdot 0,092 = 0,35 \text{ Ом.} \quad (3.3)$$

Активний опір ротора:

$$R_2^{II} = R_B \cdot r_2^{II} = 3,80 \cdot 0,019 = 0,07 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Індуктивний опір ротора:

$$X_2^{\text{II}} = R_B \cdot x_2^{\text{II}} = 3,80 \cdot 0,12 = 0,46 \text{ Ом.} \quad (3.5)$$

Індуктивний опір гілки намагнічування в схемі заміщення АД з КЗ ротором:

$$X_\mu = R_B \cdot x_\mu = 3,80 \cdot 5,6 = 21,28 \text{ Ом.} \quad (3.6)$$

Для того щоб знайти потрібні значення індуктивностей скористаємося тим, що індуктивний опір прямопропорційний кутовій частоті і індуктивності, звідки випливає, що індуктивність також прямопропорційна індуктивному опору та обернено пропорційна кутовій частоті. Враховуючи цей факт індуктивність статора дорівнює:

$$L_1 = \frac{X_1^{\text{I}}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,35}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.7)$$

Індуктивність ротора:

$$L_2 = \frac{X_2^{\text{II}}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,46}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.8)$$

Індуктивність гілки намагнічування в схемі заміщення АД р-КЗ:

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{21,28}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,07 \text{ Гн.} \quad (3.9)$$

Момент інерції ротора двигуна АД з паспортних даних:

$$J_{\text{ДВ}} = 1,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Маючи всі потрібні величини, задаємо їх у моделі асинхронного двигуна у середовищі Simulink пакету Matlab і проведемо моделювання.

Таблиця 3.2 - Параметри схеми заміщення фази АД серії АІР225М2У3.

Двигун молоткової дробарки АІР225М2У3							
$P_{НОМ}$, кВт	$n_{НОМ}$, об/хв.	$\eta_{НОМ}$, %	$\cos\phi_{НОМ}$	$J_{ДВ}$, кг·м ²	$U_{НОМ}$, В	$I_{НОМ}$, А	R_B , Ом
55,0	2490	92,5	0,91	1,0	380	100	3,8
Параметри схеми заміщення фази АД у відносних одиницях							
x_μ	r_1^I	x_1^I	r_2^{II}	x_2^{II}	—	—	—
5,6	0,026	0,092	0,019	0,12	—	—	—
Параметри схеми заміщення фази АД у фізичних одиницях							
X_μ , Ом	R_1^I , Ом	X_1^I , Ом	R_2^{II} , Ом	X_2^{II} , Ом	L_1 , Гн	L_2 , Гн	L_μ , Гн
21,28	0,10	0,35	0,07	0,46	1,12 · 10 ⁻³	1,46 · 10 ⁻³	0,07

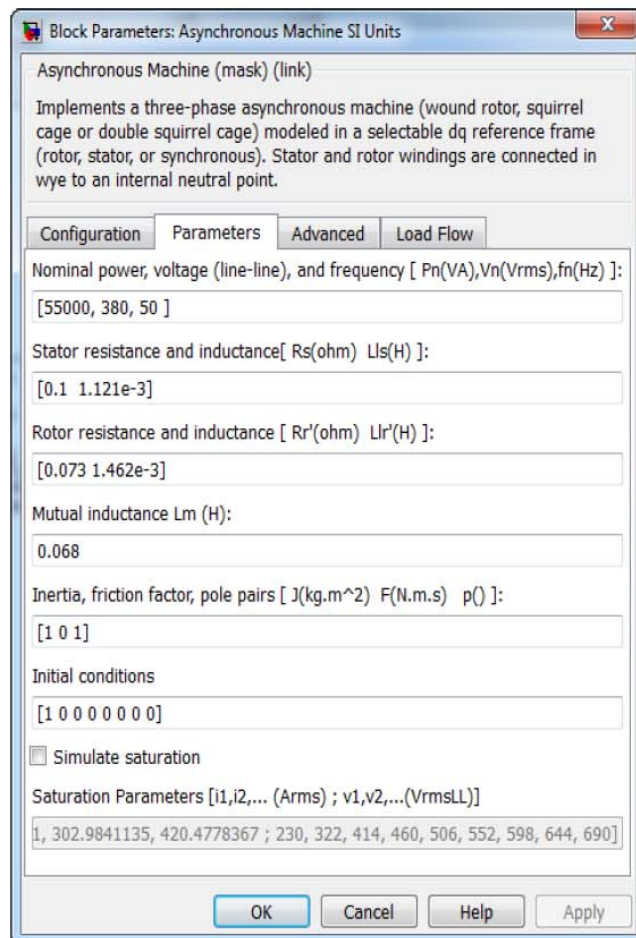


Рисунок 3.4 – Вікно параметрів моделі АД з КЗ ротором

3.3 Моделювання прямого пуску двигуна електроприводу

Модель прямого пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором електроприводу представлена нижче (рис. 3.5).

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

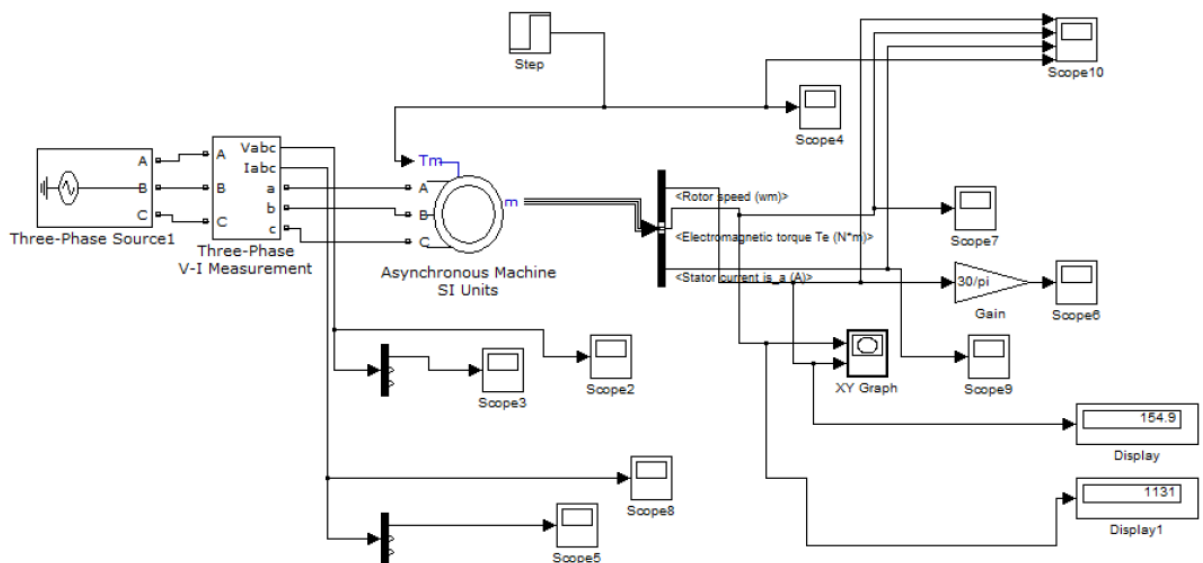


Рисунок 3.5 – Схема моделі прямого пуску АД з КЗ ротором.

Навантаження на валу двигуна дорівнює розрахованому в статичному моменті механізму і є ступінчастим, що починає діяти після того як двигун розігнався до номінальної швидкості та закінчилися перехідні процеси. Динамічний момент шнеку екструдера не враховується, так як він на декілька порядків нижче статичного моменту механізму. Водночас динамічний момент двигуна враховується в моделі для адекватного розрахунку параметрів під час холостого ходу, наприклад час розгону.

Нижче представлений графік залежності швидкості (по вісі ординат) та електромагнітного моменту двигуна (по вісі абсцис) при розгоні АД. Ця залежність називається механічною характеристикою двигуна АД.

Нижче представленні результати моделювання процесу прямого пуску АД з КЗ ротором в середовищі Simulink, пакету Matlab на ПЕОМ.

У результатах моделювання виведені діаграми наступних величин:

Рисунок 3.6 – Осцилограма фазних напруг на обмотках статора АД.

Рисунок 3.7 – Часова діаграма перехідного стуму в обмотках статора АД.

Рисунок 3.8 – Часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД.

Рисунок 3.9 – Часова діаграма зміни електромагнітного обертового моменту на валу ротора при розгоні АД.

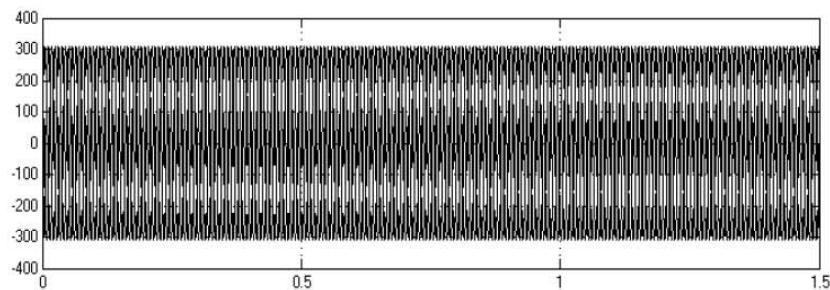


Рисунок 3.6 – Осцилограма фазних напруг на обмотках статора АД

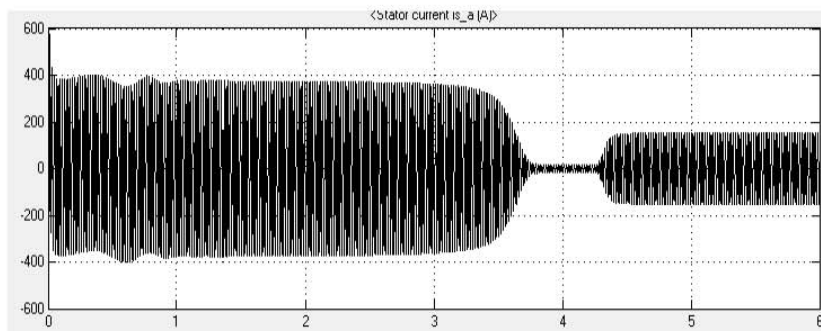


Рисунок 3.7 – Часова діаграма перехідного стуму в обмотках статора АД

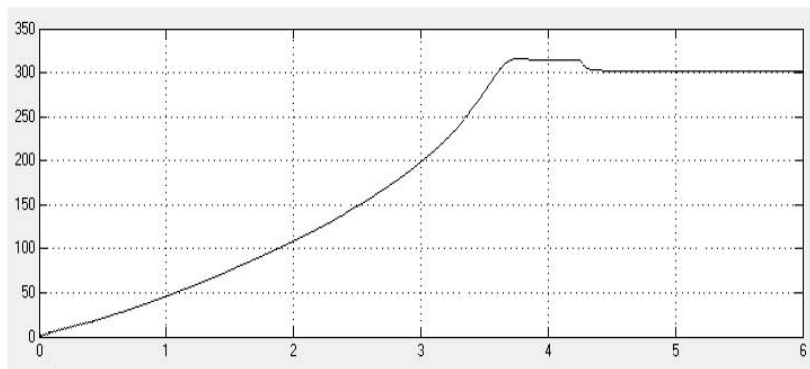


Рисунок 3.8 – Часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД

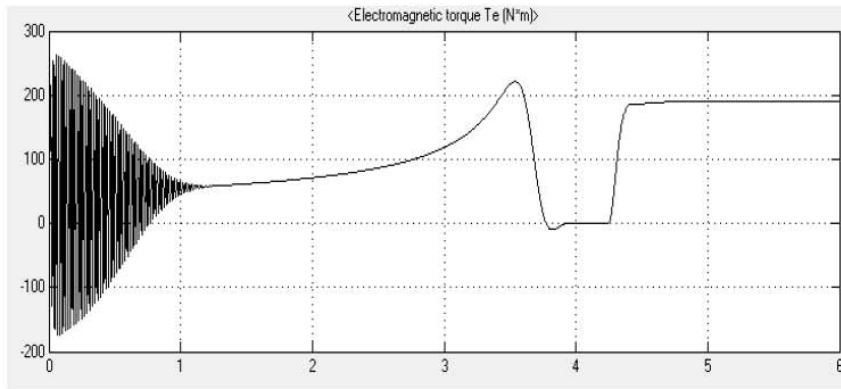


Рисунок 3.9 – Часова діаграма зміни електромагнітного обертового моменту на валу ротора при розгоні АД

3.4 Моделювання пуску двигуна електроприводу з ПЧ

Модель електроприводу з перетворювачем частоти ПЧ-АД представлена нижче (рис. 3.10). 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 вимірювач напруги і струму обмоток статора двигуна, осцилографи та вимірювальні прилади. Закон зміни частоти струму аперіодичний. Навантаження на валу двигуна ідентичне моделюванню при прямому пуску.

Нижче представлені результати моделювання процесу роботи електроприводу системи АД-ПЧ в середовищі Simulink, пакету Matlab на ПЕОМ.

У результатах моделювання виведені діаграми наступних величин:

Рисунок 3.11 – Осцилограма ШІМ-модульованої квазісинусоїдальної напруги і згладженого індуктивністю АД струму в одній із фаз статора АД

Рисунок 3.12 – Осцилограма зміни частоти вихідної напруги ПЧ, тобто на обмотках АД.

Рисунок 3.13 – Часова діаграма перехідного струму в обмотках статора АД.

Рисунок 3.14 – Часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД та накиду навантаження.

Рисунок 3.15 – Часова діаграма електромагнітного обертового моменту на валу ротора при розгоні АД і накиду навантаження.

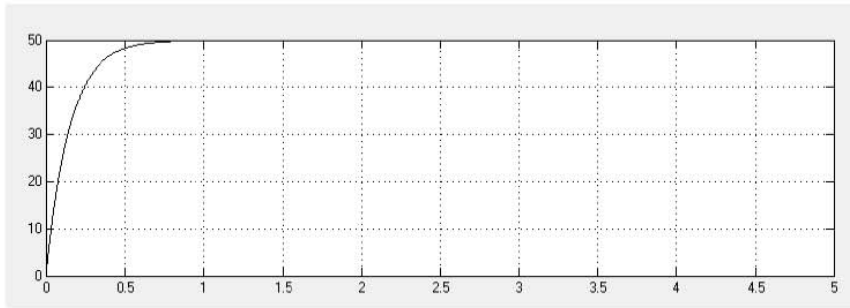


Рисунок 3.12 – Осцилограма зміни частоти вихідної напруги ПЧ

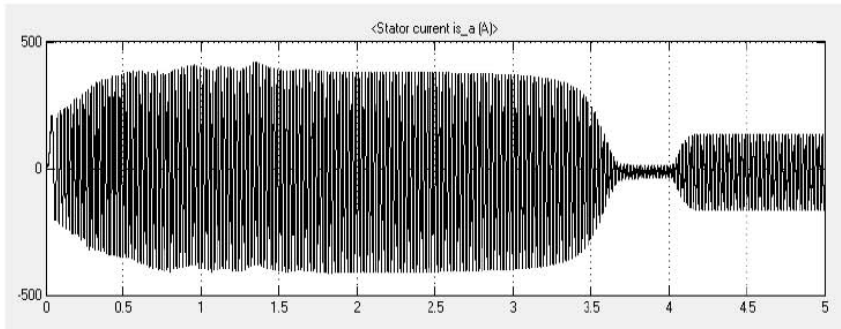


Рисунок 3.13 – Часова діаграма перехідного струму в обмотках статора АД при розгоні АД та накиді навантаження

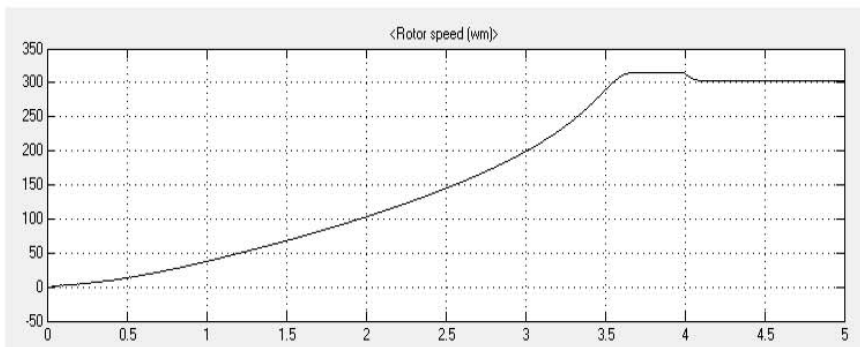


Рисунок 3.14 – Часова діаграма швидкості ротора при розгоні АД та накиді навантаження

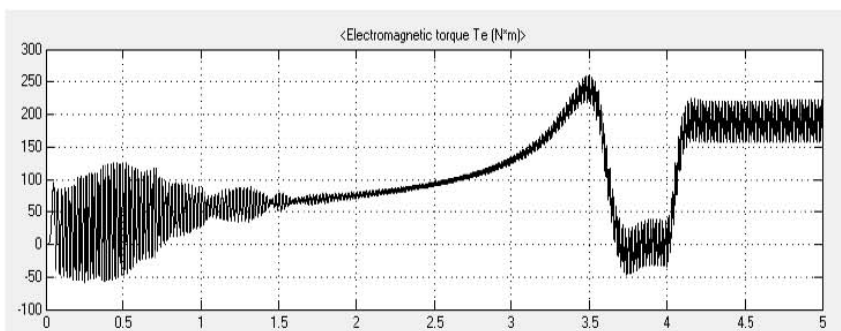


Рисунок 3.15 – Часова діаграма електромагнітного обертового моменту на валу ротора при розгоні АД і накиді навантаження

3.5. Висновки і пропозиції

При прямому пуску асинхронного двигуна напруга живлення АД 380 В з частотою 50 Гц подаються незмінними. Спостерігається великий пусковий струм, пусковий струму 5...6 разів більш ніж номінальній. Тривалість пускового часу двигуна при відсутності загрузки складає біля 3,5...4,0 с, а струм зменшується до струму холостого ходу. Розгін ротора АД до номінальної частоти обертання теж складає біля 4,0 с, електромагнітний момент двигуна спочатку значно збільшується, а після розгону АД зменшується.

Після ступінчастого накиду навантаження двигуна струм та електромагнітний момент АД зростають до номінальних значень.

При пуску АД із перетворювачем частоти напруга живлення АД і частота змінного струму поступово зростають до номінальних значень 380 В 50 Гц за 3,5 с, імпульси пускового струму двигуна значно зменшуються, а час розгону двигуна позростає від 3,5 с до 4,0 с.

Механічні удари електроприводу при пуску преса з ПЧ будуть менше, ніж при прямому пуску.

Трифазний асинхронний двигун серії AIP225M2U3 потужністю 55,0 кВт з перетворювачем частоти ПЧ Siemens (Німеччина) серії G-120 типу 6SL3224-0BE35-5UA0 забезпечать діапазоні регулювання обертання ротора з молотками $n_P = 500...3000$ об/хв. і стабілізацію частоти його обертання з точністю $\Delta n_P = 5\%$, в розімкненої схемі управління електроприводом насінерушної машини тоб то забезпечить нормальну роботу машини електрифікованого агрегату.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Монтаж електроприводу насінерушної машини.

Монтаж електроприводу насінерушної машини здійснюється після етапу розрахунку і проектування. Погоджений робочий проект розглядається фахівцями компанії для замовлення необхідного обладнання та матеріалів. Спеціаліст - складає проектну документацію та особливості об'єкта. Грамотно складені ескізи дозволяють швидко виготовити пристрої в заводських умовах, потім і швидко змонтувати їх на будівельному майданчику.

Монтаж електроприводу робочих машин завжди ведеться в суворій відповідності з БНіП та [5]. Приступають до монтажу електроприводу з наступною обв'язкою його електрикою з автоматикою.

Перед монтажем електродвигуна фахівці піддають його ретельному огляду з метою виявлення пошкоджень чи інших дефектів, що перешкоджають монтажу електродвигуна або нормальній роботі.

При огляді електродвигуна перевіряють збереження ізоляції та кріплень лобових частин обмотки, а також наявність всіх деталей електродвигуна. Мегомметром перевіряють стан ізоляції обмоток. У разі зниження опору ізоляції нижче 0,5 МОм обмотки піддають сушці.

Температуру і режим сушіння контролюють термометрами (термопарами) або мегомметром, а регулюють періодичними відключеннями струму або розгальмовуванням і обертанням ротора на знижених оборотах, при яких машина вентилюється і охолоджується. Сушіння проводять при температурі 70°C -90°C.

У процесі монтажу електродвигунів задіяні тільки справні електродвигуни, опір ізоляції обмоток яких відповідає нормам.

Монтаж електродвигунів виробляється на чавунних або сталевих плитах, на металевих рамах або кронштейнах, а найчастіше на чавунних санчатах, які прикріплюються анкерними болтами до залізобетонного фундаменту.

При монтажі електродвигунів керуються ПУЕ [1], та інструкціями заводу-виробника.

Електродвигуни надходять у зібраному вигляді, на місці монтажу не розбирають, якщо їх правильно транспортували і зберігали.

Підготовка таких машин до монтажу включає в себе наступні технічні операції:

- зовнішній огляд;
- очищення фундаментних плит і лап станин;
- промивка фундаментних болтів уайтспіритом і перевірку якості різьблення (прогін гайок);
- огляд виводів;
- огляд стану підшипників;
- перевірка зазорів між кришкою і вкладишем підшипника ковзання, валом і ущільненням підшипників, вимірювання зазорів між вкладишем підшипника ковзання і валом;
- перевірка повітряного зазору між активною частиною сталі ротора і статора;
- перевірка вільного обертання ротора і відсутність зачіпань вентиляторів за кришки; перевірка мега метром опір ізоляції всіх обмоток, щіткової траверси і ізольованих підшипників.

Огляд електродвигунів проводять на стенді у спеціально виділеному в цеху приміщенні.

Про виявлені дефекти електромонтажник необхідно повідомити бригадира, майстра або керівника монтажу. Якщо зовнішніх пошкоджень не виявлено, електродвигун продувають стисненим повітрям. При цьому спочатку перевіряють подачу по трубопроводу сухого повітря, для цього струмінь повітря направляють на яку-небудь поверхню. При продуванні ротор електродвигуна провертають вручну, перевіряючи вільне обертання вала в підшипниках. Зовні двигун обтирають ганчіркою, змоченою в гасі.

Промивання підшипників перед монтажем електродвигуна. Промивку підшипників ковзання під час монтажу роблять у такий спосіб. З підшипників видаляють залишки олії, відвернувши спускні пробки. Потім, загвинтивши їх, в

підшипники заливають гас і обертають руками якір або ротор. Далі вигвинчують спускні пробки і дають стекти всьому гасу. Після промивання підшипників гасом їх необхідно промити маслом, яке забирає із собою залишки гасу. Тільки після цього їх заповнюють свіжим маслом 1/2 або 1/3 об'єму ванни. Мастило в підшипниках кочення при монтажі машин не міняють. Заповнення мастилом підшипника не повинно перевищувати 2/3 вільного об'єму підшипника.

Вимірювання опору ізоляції електродвигуна перед монтажем. У електродвигуна 3-фазного струму з короткозамкненим ротором проводять вимірювання опору ізоляції тільки обмоток статора по відношенню один до одного і до корпусу. Це можна зробити, якщо тільки виведені всі 6 кінців обмотки. Якщо виведено в коробку вводів тільки 3 кінця обмоток, то вимірювання проводять тільки по відношенню до корпусу.

Ізоляцію обмоток електродвигунів вимірюють мегомметром на 1 кВ для машин напругою до 1 кВ.

Якщо результати вимірювань опору ізоляції задовольняють нормам, то ці електродвигуни можуть бути включені в роботу без сушіння ізоляції обмоток, за результатами вимірювань складається акт. Такі електродвигуни доставляють до місця монтажу, і встановлюють за місцем згідно з проектом.

Підйом електродвигуна масою до 50 кг можна виконувати вручну, при установці їх на низькі фундаменти.

З'єднання електродвигунів з механізмом виконують за допомогою муфт або через передачу (ремінну). При всіх способах з'єднання потрібна перевірка положення двигуна рівнем в горизонтальній площині у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Для цього найзручніше користуватися «валовим» рівнем, так як цей рівень має в основі виїмку в вигляді «хвоста»; його зручна накладати безпосередньо на вал електродвигуна.

Електродвигуни, що встановлюються безпосередньо на бетонній підлозі або фундаменті, вивіряють, підкладаючи під лапи електродвигуна металеві підкладки для регулювання їх в горизонтальній площині.

Дерев'яні прокладки не використовують тому, що вони при заливанні фундаменту набухають і збивають зроблену вивірку, а при затягуванні болтів спресовуються.

При ремінних передачах необхідно дотримуватися паралельності валів електродвигуна і обертаємого ним механізму, а також збіг середніх ліній по ширині шківів. Якщо ширина шківів однакова, а відстань між центрами валів не перевищує 1,5 м, вивірку проводять, сталеву вивірковою лінійкою.

Для цього лінійку прикладають до торців шківів і підганяють електродвигун, так щоб лінійка торкалася двох шківів в 4 точках. Якщо відстань між центрами валів більше 1,5 м, а вивіркова лінійка відсутня, то вивірку в цьому випадку роблять за допомогою струни і тимчасово встановлюються на шківівні скоби. Центри валів підганяють для отримання однакових відстаней від скоб до струни. Вивірку також можна проводити тонким шнуром.

Вважають, що виміри виконані правильно, якщо різниця між цими сумами не перевищує 0,03...0,04 мм. В іншому випадку, вимірювання повторюють більш ретельно.

Затягування гайок фундаментних болтів стандартними ключами без надставок рівномірно в два - три обходи в необхідній послідовності. Починають з фундаментних болтів, розташованих на осях симетрії опорної частини, після чого затягують найближчі до них болти, а потім, поступово віддаляючись від осі симетрії, інші.

4.2 Ремонт електроприводу насінсрушної машини

Мета ремонту - відновлення втраченої працездатності та усунення виниклих в механізмах і вузлах відмов, які є наслідком зношування деталей, поломок і інших причин, за наявності яких не можлива нормальна експлуатація установки. Планування і підготовка ремонтів.

Планування ремонтів електродвигунів ведеться відповідно до вимог «Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж» (ПТЕ) по системі планово-попереджувальних ремонтів (ППР).

Планово-попереджувальний ремонт включає в себе комплекс заходів [8]: технічне обслуговування та нагляд під час роботи; періодичне проведення поточних і капітальних ремонтів; проведення профілактичних випробувань відповідно до вимог «Норм випробування електрообладнання».

Періодичність і терміни проведення ремонтів електродвигунів ув'язуються з ремонтом агрегатів, приводяться до дії. Це сприяє зниженню трудовитрат на центрування агрегату з двигуном, підготовку робочого місця оперативним персоналом і т. д. Періодичність ремонтів встановлюється графіком, затвердженим головним інженером підприємства.

При плануванні термінів капітальних і поточних ремонтів враховується технічний стан електродвигунів, обумовлений в процесі експлуатації (стан підшипників, нагрів активних частин і т. д.). Щорічні графіки ремонтів складаються в електроцеху підприємства, що експлуатує електродвигун, і погоджуються з підрядною організацією, яка виконує ремонт електродвигунів.

У відповідності з графіком ремонту ведеться підготовча робота, яка включає в себе: складання графіка робіт із зазначенням переліку пристосувань, необхідних для ремонту електродвигунів і термінів їх виготовлення або доставки на ремонтну площадку; заготівлю необхідних матеріалів і запчастин; підготовку протипожежних заходів і заходів з техніки безпеки ; розробку й узгодження із суміжними цехами проекту організації спеціальних робіт. Ці роботи виконуються персоналом експлуатуючої та підрядної організацій.

До виведення електродвигунів у ремонт всі вище перелічені підготовчі роботи мають бути закінчені, ремонтний персонал повинен бути укомплектований в бригади, ознайомлений з обсягом майбутніх робіт і конструктивними особливостями електродвигунів. До початку робіт керівник ремонту повинен ознайомитися зі звітною документацією про раніше виконані на цих електродвигунах ремонтах, звертаючи особливу увагу на результати попереднього ремонту, на час, відпрацьований підшипниками після їх заміни та зміни мастила, на значення повітряних зазорів і зазорів в підшипниках, на результати випробувань . Повинні бути також враховані зауваження про роботу

електродвигунів (перегрівання обмотки, активної сталі, вібраційний стан, температура підшипників).

Організація робочих місць для ремонту двигунів.

Найбільш прогресивною формою ремонтного обслуговування електродвигунів є централізований ремонт в умовах майстерні, виробничих ремонтних підприємств (ВРП), оснащених необхідним обладнанням та оснащенням для виконання всіх трудомістких розбірно-складальних і ремонтних операцій.

Будь-який вид типового ремонту, для виконання якого необхідно від'єднання електродвигуна від рами і агрегату, доцільно виконувати в умовах спеціальної майстерні.

Для виконання будь-якого виду ремонту прогресивними методами, що забезпечують високу продуктивність праці і якість ремонту, майстерня повинна обладнуватися енергетичними розводками (стиснене повітря, водопровід, електроживлення на різних напругах) і мати у своєму складі: камеру для пневмогідравлічного очищення електродвигунів, установку для миття деталей, фарбувальну і сушильну камери, стапелі для розбирання електродвигунів з вертикальним валом, кантувачі для статорів, підставки для статорів, підставки для установки і провороту роторів, верстат для балансування роторів, верстат для виготовлення пазових клинів, свердлильний і заточувальний верстат, комплект знімачів (гідравлічних та гвинтових), комплект пристосувань для витягання секцій обмоток статорів електродвигунів, стелажі для розміщення вузлів і деталей при розбиранні електродвигунів та верстаки для ремонту вузлів і деталей електродвигунів.

При виконанні у майстерні відновлювального ремонту електродвигунів крім перерахованого вище обладнання до її складу повинні входити: камера для відпалу всипних обмоток, установка для вилучення всипних обмоток, намотувальні верстат, просочувальна ванна і установка для заливки підшипників ковзання.

При відсутності майстерень для централізованого ремонту електродвигунів можуть бути організовані ремонтні майданчики.

Під «ремонтним майданчиком» мається на увазі вільна площа, призначена для перевантажувальних операцій і розміщення при капітальному ремонті складальних одиниць і деталей устаткування, ремонтних пристроїв і оснащення, а також для виконання ремонтних операцій, які за умовами технології необхідно проводити поблизу ремонтного обладнання. Ремонтні майданчики повинні обладнуватися енергетичними розводками.

Під енергетичними розводками маються на увазі розводки кисню, ацетилену, стисненого повітря тиском 40...60 Па і технічної води тиском 4...5 Па, а також стаціонарна електромережа напругою 380/220 В для забезпечення електрозварювальних робіт, підключення електроінструменту через перетворювач частоти напругою 36 В (220 Гц) і переносних ламп через трансформатор 220/12 В.

Ремонтний майданчик повинен мати загальне та місцеве електроосвітлення.

Захист електродвигунів повинен бути виконаний у відповідності з ПУЕ. На електродвигунах, у яких можливе систематичне перевантаження з технічних причин, встановлюється захист від перевантаження, діючий на сигнал, автоматичне розвантаження механізму або на відключення. При відключенні електродвигуна відповідального механізму від дії захисту і відсутності резервного допускається повторне включення електродвигуна після ретельної перевірки схеми управління, захисту та самого електродвигуна.

Електродвигуни, які тривалий час перебувають у резерві, повинні бути постійно готові до негайного пуску; їх необхідно періодично оглядати та випробувати разом з механізмами за графіком, затвердженим технічним керівником Споживача. При цьому в електродвигунів зовнішнього розташування, які не мають обігріву, повинні перевірятися опір ізоляції обмотки статора і коефіцієнт абсорбції.

Електродвигуни повинні бути негайно відключені від мережі в наступних випадках:

- при нещасних випадках з людьми;

- появи диму або вогню з корпусу електродвигуна, а також з його пускорегулювальної апаратури;
- поломки приводного механізму;
- різкому збільшенні вібрації підшипників механізму;
- нагріванні підшипників понад допустимої температури, встановленої в інструкції заводу-виробника;
- значному зниженні числа обертів, що супроводжується швидким нагріванням електродвигуна.

Якщо робота на електродвигуні або що приводиться ним у рух механізмі пов'язана з дотиком до струмоведучих і обертових частин, електродвигун повинен бути відключений з виконанням технічних заходів, які запобігають його помилкове включення. При цьому у двошвидкісний електродвигуна повинні бути відключені і розібрані обидва ланцюга живлення обмоток статора.

Робота, яка не пов'язана з дотиком до струмоведучих або обертових частин електродвигуна і приводить у рух механізм, може проводитися на працюючому електродвигуні. Не допускається знімати огороження обертових частин працюючих електродвигуна і механізму.

При роботі на електродвигуні допускається встановлення заземлення на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднує електродвигун з секцією РУ, щитом, складанням.

Якщо роботи на електродвигуні розраховані на тривалий термін, не виконуються або перервані на кілька днів, то від'єднана та відключена від нього кабельна лінія має бути заземлена також з боку електродвигуна. У тих випадках, коли перетин жил кабелю не дозволяє застосовувати переносні заземлення, у електродвигунів напругою до 1000 В допускається заземлювати кабельну лінію мідним провідником перерізом не менше перетину жили кабелю, чи з'єднувати між собою жили кабелю та ізолювати їх. Таке заземлення або з'єднання жил кабелю слід враховувати в оперативній документації нарівні з переносним заземленням.

Перед допуском до робіт на електродвигунах, здатних до обертання за рахунок з'єднаних з ними механізмів (димососи, вентилятори, насоси та ін.), штурвали запірної арматури (засувок, вентилів, шиберів тощо) повинні бути замкнені на замок.

Крім того, вжито заходів щодо гальмування роторів електродвигунів або розчеплення з'єднувальних муфт. Необхідні операції з запірною арматурою повинні бути узгоджені з начальником зміни технологічного цеху, дільниці із записом в оперативному журналі.

Зі схем ручного дистанційного і автоматичного управління електроприводами запірної арматури, направляючих апаратів повинна бути знята напруга. На штурвалах засувок, шиберів, вентилів повинні бути вивішені плакати «Не відкривати! Працюють люди!», а на ключах, кнопках керування електроприводами запірної арматури – «Не вмикати! Працюють люди!».

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поруч з двигуном, на якому належить виконати роботу, повинні бути вивішені плакати «Стій! Напруга!» незалежно від того, перебувають вони в роботі чи зупинені.

При необхідності проведення випробування в процесі роботи порядок включення електродвигуна (для опробування) повинен бути наступним:

- виконавець робіт видаляє бригаду з місця роботи, оформляє закінчення роботи і здає наряд оперативному персоналу.

- оперативний персонал знімає встановлені заземлення, плакати, виконує складання схеми.

- після випробування при необхідності продовження роботи на електродвигуні оперативний персонал знову підготовляє робоче місце і бригада за нарядом повторно допускається до роботи на електродвигуні.

Робота на обертовому електродвигуні без дотику з струмоведучими і обертовими частинами може проводитися за розпорядженням.

4.3 Обслуговування електроприводу насінерушної машини

Безперебійна робота електроприводу насінерушної машини може бути забезпечена тільки при дотриманні вимог до його експлуатації, своєчасному ремонті та від того, наскільки якісно проведено технічне обслуговування сепаратора.

Як правило, основні несправності в електроприводах виникають услід зносу механічних деталей і вузлів, порушення нормальної роботи електроапаратів і електроустаткування і невмілого користування.

Передчасний знос деталей виникає в результаті конструктивних дефектів, невідповідності матеріалів розрахунковим даним, порушення точності виготовлення і чистоти обробки. Зміни у стані електричних контактів і механізмів, що забезпечують безпеку користування дробаркою, можуть привести

Загублені в процесі експлуатації технічні властивості дробарки повертають шляхом технічного обслуговування і ремонту, що виконується за системою планово-запобіжного ремонту (ПЗР).

Технічним обслуговуванням електроприводів робочих машин називається сукупність засобів по технічному контролю за роботою механізмів і апаратів машин, дотриманню «Правил устрою і безпечної експлуатації електроприводів робочих машин» і комплексу робіт, що передбачають чищення, змашування, регулювання, налагодження, профілактичний ремонт і ревізію устаткування і апаратури електроприводів, а також пуск робочих машин в роботу після їх вимушеної зупинки.

Для технічного обслуговування робочих машин у ряді міст створені спеціалізовані ділянки, ремонтні управління, трести і інші організації з постійним штатом механіків і інженерно-технічних працівників, а також виробничі бази - майстерні або заводи.

Спеціалізовані організації використовують новітні досягнення науки і техніки, передові методи праці, науково обґрунтовані норми і сучасну технологію ремонтних робіт.

Організацію робіт можна будувати двома способами. При першому технічне обслуговування машин проводить одна група працівників, а ремонт - інша. При другому техобслуговування і всі види ремонтів проводить комплексна бригада із 2...4 осіб. Другий спосіб має перевагу, оскільки відповідальність за безперебійну роботу машин і їх своєчасний і якісний ремонт покладена на одних і тих же людей. Знаючи, що своєчасно не усунені несправності викликають збільшення об'єму ремонтних робіт, члени бригади протягом всього міжремонтного періоду проводять роботи, які полегшують їх працю і скорочують терміни при проведенні річного ремонту.

Технічне керівництво бригадами здійснюють інженерно-технічні працівники.

Контроль якості технічного обслуговування і ремонту машин здійснюють спеціально виділені і підготовлені для цієї мети працівники. Після заміни схеми управління або заміни електропроводки ланцюга управління слід частково оглянути машину 'з статичним і динамічним випробуванням.

Технічне обслуговування (ТО) включає в себе діагностику стану двигуна, проведення обов'язкових (планових) заходів і усунення виявлених несправностей. Планове технічне обслуговування передбачає періодичне обслуговування двигуна і проводиться незалежно від стану двигуна. Непланове технічне обслуговування (поточний ремонт) проводиться при виявленні відхилень в роботі двигуна, виявлених при плановому технічному обслуговуванні або при аварійній зупинці двигуна під час експлуатації.

Захист електродвигунів повинен бути виконаний у відповідності з ПУЕ. На електродвигунах, у яких можливе систематичне перевантаження з технічних причин, встановлюється захист від перевантаження, діючий на сигнал, автоматичне розвантаження механізму або на відключення. При відключенні електродвигуна відповідального механізму від дії захисту і відсутності резервного допускається повторне включення електродвигуна після ретельної перевірки схеми управління, захисту та самого електродвигуна.

Електродвигуни механізмів, технологічний процес, яких регулюється по струму статора, а також механізмів, схильних технологічної перевантаженні, повинні бути оснащені амперметрами, встановлюваними на пусковому щиті або панелі.

Електродвигуни, які тривалий час перебувають у резерві, повинні бути постійно готові до негайного пуску; їх необхідно періодично оглядати та випробувати разом з механізмами за графіком, затвердженим технічним керівником Споживача. При цьому в електродвигунів зовнішнього розташування, які не мають обігріву, повинні перевірятися опір ізоляції обмотки статора і коефіцієнт абсорбції.

Електродвигуни повинні бути негайно відключені від мережі в наступних випадках:

появі диму або вогню з корпусу електродвигуна, а також з його пускорегулювальної апаратури;

поломки приводного механізму;

різкому збільшенні вібрації підшипників механізму;

нагріванні підшипників понад допустимої температури, встановленої в інструкції заводу-виробника;

значним зниженням числа обертів, що супроводжується швидким нагріванням електродвигуна.

Якщо робота на електродвигуні або що приводиться ним у рух механізми пов'язана з дотиком до струмоведучих і обертовим частинам, електродвигун повинен бути відключений з виконанням технічних заходів, що запобігають його помилкове включення. При цьому у двошвидкісного електродвигуна повинні бути відключені і розібрані обидва ланцюги живлення обмоток статора.

Робота, яка не пов'язана з дотиком до струмоведучих або обертових частин електродвигуна і приводить у рух механізм, може проводитися на працюючому електродвигуні. Не допускається знімати огороження обертових частин працюючих електродвигуна і механізму.

При роботі на електродвигуні допускається встановлення заземлення на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднує електродвигун з секцією РУ, щитом, складанням.

Якщо роботи на електродвигуні розраховані на тривалий термін, не виконуються або перервані на кілька днів, то від'єднана та відключена від нього кабельна лінія має бути заземлена також з боку електродвигуна. У тих випадках, коли перетин жил кабелю не дозволяє застосовувати переносні заземлення, у електродвигунів напругою до 1000 В допускається заземлювати кабельну лінію мідним провідником перерізом не менше перетину жили кабелю, чи з'єднувати між собою жили кабелю та ізолювати їх. Таке заземлення або з'єднання жил кабелю слід враховувати в оперативній документації нарівні з переносним заземленням.

Перед допуском до робіт на електродвигунах, здатних до обертання за рахунок з'єднаних з ними механізмів (димососи, вентилятори, насоси та ін.), штурвали запірної арматури (засувок, вентилів, шиберів тощо) повинні бути замкнені на замок.

Крім того, вжито заходів щодо гальмування роторів електродвигунів або розчеплення з'єднувальних муфт. Необхідні операції з запірною арматурою повинні бути узгоджені з начальником зміни технологічного цеху, дільниці із записом в оперативному журналі.

Зі схем ручного дистанційного і автоматичного управління електроприводами запірної арматури, направляючих апаратів повинна бути знята напруга. На штурвалах засувок, шиберів, вентилів повинні бути вивішені плакати

«Не відкривати! Працюють люди!», а на ключах, кнопках керування електроприводами запірної арматури – «Не вмикати! Працюють люди!». На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поруч із двигуном, на якому належить виконати роботу, повинні бути вивішені плакати «Стій! Напруга!» незалежно від того, перебувають вони в роботі чи зупинені.

При необхідності проведення випробування в процесі роботи порядок включення електродвигуна (для опробування) повинен бути наступним:

- виконавець робіт видаляє бригаду з місця роботи, оформляє закінчення роботи і здає наряд оперативному персоналу;

- оперативний персонал знімає встановлені заземлення, плакати, виконує складання схеми;

- після випробування при необхідності продовження роботи на електродвигуні оперативний персонал знову підготовляє робоче місце і бригада за нарядом повторно допускається до роботи на електродвигуні.

Робота на обертовому електродвигуні без дотику до струмоведучих і обертових частин може проводитися за розпорядженням.

Технічне обслуговування (ТО)

Періодичність ТО встановлюється у залежності від виробничих умов, але не частіше 1 разу на 2 місяці. При ТО треба робити:

- чистку електродвигунів від забруднень (видалення з доступних частин масла, вологи і пилу);

- перевіряти стан контактних кільців і щіток у електродвигунів з фазним ротором;

- надійність заземлення і з'єднання електродвигунів з приводними механізмами;

- необхідно періодично контролювати режим роботи, не перевантажувати електродвигуни;

- справний стан болтових з'єднань електродвигунів.

Періодичність капітальних і поточних ремонтів електродвигунів, визначає технічний керівник Споживача. У залежності від місцевих умов, як правило, поточний ремонт та обдування електродвигунів повинні проводитися одночасно з ремонтом приводних механізмів.

При ПР(поточних ремонтах) повинно проводитися:

- розбирання електродвигуна, внутрішня чистка його;

- заміна мастила підшипників, (заміна мастила в підшипниках при нормальних умовах експлуатації повинна проводитися через 4000 годин роботи, але не частіше ніж 1 раз на рік). При роботі електродвигуна в курній і вологому

середовищі зміна мастила повинна проводитися частіше, залежно від місцевих умов;

- вимірювання опору ізоляції обмоток від корпусу, при виявленні пониження опору ізоляції обмотки статора необхідно негайно вжити заходів до її відновлення відповідно до ПТЕЕС;

- після складання електродвигуна виробляють пробний пуск, під час якого переконуються у відсутності стукотів і вібрацій, зачіпання вентилятора за кожух.

Профілактичні випробування і вимірювання на електродвигунах повинні проводитися відповідно до норм випробувань електрообладнання.

Для контролю наявності напруги на групових щитках і збірках електродвигунів повинні бути встановлені вольтметри або сигнальні лампи.

Для забезпечення нормальної роботи електродвигуна необхідно підтримувати напругу на шинах в межах від 100 до 105% номінального. У випадках необхідності допускається робота електродвигуна при відхиленні напруги від -5 до + 10% номінального.

Вібрація електродвигуна, виміряна на кожному підшипнику, не повинна перевищувати величин, зазначених у паспорті.

Контроль за навантаженням електродвигунів, щітковим апаратом, вібрацією, температурою елементів і охолоджувальних середовищ електродвигуна (обмотки і осердя статора, повітря, підшипників і т.ін.), догляд за підшипниками (підтримання необхідного рівня масла) і пристроями підведення охолоджувального повітря, а також операції з пуску і зупинки електродвигуна повинен здійснювати персонал підрозділу, обслуговуючого механізму.

4.4 Організація охорони праці і техніки безпеки при обслуговуванні насінерушної машини

Експлуатація електроприводів робочих машин допускається тільки після їх огляду і випробування.

Зі схем ручного дистанційного і автоматичного управління електроприводами запірної арматури, направляючих апаратів повинна бути знята напруга. На штурвалах засувки, шиберів, вентилів повинні бути вивішені плакати «Не відкривати! Працюють люди!», а на ключах, кнопках керування електроприводами запірної арматури – «Не вмикати! Працюють люди!».

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поруч з двигуном, на якому належить виконати роботу, повинні бути вивішені плакати «Стій! Напруга!» незалежно від того, перебувають вони в роботі чи зупинені.

При необхідності проведення випробування в процесі роботи порядок включення електродвигуна (для опробування) повинен бути наступним:

- виконавець робіт видаляє бригаду з місця роботи, оформляє закінчення роботи і здає наряд оперативному персоналу;
- оперативний персонал знімає встановлені заземлення, плакати, виконує складання схеми;
- після випробування при необхідності продовження роботи на електродвигуні оперативний персонал знову підготовляє робоче місце і бригада за нарядом повторно допускається до роботи на електродвигуні.

Робота на обертовому електродвигуні без дотику до струмоведучих і обертових частин може проводитися за розпорядженням.

Технічне обслуговування (ТО).

Періодичність ТО встановлюється в залежності від виробничих умов, але не частіше 1 разу на 2 місяці. При ТО треба робити:

- чистку електродвигунів від забруднень (видалення з доступних частин масла, вологи і пилу);
- перевіряти стан контактних кільців і щіток у електродвигунів з фазним ротором;
- надійність заземлення і з'єднання електродвигунів з приводними механізмами;

- необхідно періодично контролювати режим роботи, не перевантажувати електродвигуни;

- справний стан болтових з'єднань електродвигунів.

Періодичність капітальних і поточних ремонтів електродвигунів, визначає технічний керівник Споживача. В залежності від місцевих умов, як правило, поточний ремонт та обдування електродвигунів повинні проводитися одночасно з ремонтом приводяться механізмів.

При ПР (поточних ремонтах) повинно проводитися:

- розбирання електродвигуна, внутрішня чистка його;

- заміна мастила підшипників, (заміна мастила в підшипниках при нормальних умовах експлуатації повинна проводитися через 4000 годин роботи, але не частіше ніж 1 раз на рік). При роботі електродвигуна в курній і вологому середовищі зміна мастила повинна проводитися частіше, залежно від місцевих умов;

- вимірювання опору ізоляції обмоток від корпусу, при виявленні пониження опору ізоляції обмотки статора необхідно негайно вжити заходів до її відновлення відповідно до ПТЕЕС;

- після складання електродвигуна виробляють пробний пуск, під час якого переконуються у відсутності стукотів і вібрацій, зачіпання вентилятора про кожух.

Профілактичні випробування і вимірювання на електродвигунах повинні проводитися відповідно до норм випробувань електрообладнання.

Для контролю наявності напруги на групових щитках і збірках електродвигунів повинні бути встановлені вольтметри або сигнальні лампи.

Для забезпечення нормальної роботи електродвигуна необхідно підтримувати напругу на шинах в межах від 100 до 105% номінального. У випадках необхідності допускається робота електродвигуна при відхиленні напруги від -5 до +10% номінального.

Вібрація електродвигуна, виміряна на кожному підшипнику, не повинна перевищувати величин, зазначених у паспорті.

Контроль за навантаженням електродвигунів, щітковим апаратом, вібрацією, температурою елементів і охолоджувальних середовищ електродвигуна (обмотки і осердя статора, повітря, підшипників і т.д.), догляд за підшипниками (підтримання необхідного рівня масла) і пристроями підведення охолоджувального повітря, а також операції з пуску і зупинки електродвигуна повинен здійснювати персонал підрозділу, обслуговуючого механізму.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок економічної ефективності від модернізації електроприводу насінєрушної машини.

У даному розділі проекту КРМ проводиться модернізація системи керування електроприводу насінєрушної машини для очищення насіння соняшника.

У приводі насінєрушки застосовано плавне електричне регулювання швидкості обертання вала молотків у діапазоні 500...3000 об/хв. за допомогою додатково встановленого перетворювача частоти. Регулювання частоти обертання розширює область застосування дробарки для різних типів насіння, зменшує питомий розхід енергії для шеретування продукту, при цьому підвищується ККД електродвигуна, зменшується витрата електроенергії і зростає надійність роботи машини.

У зрівнянні із базовою системою управління нова система має наступні переваги:

- забезпечення оптимізації процесу шеретування насіння шляхом регулювання швидкості ротора насінєрушки;
- зниження зносостійкості дека;
- покращення показників економії електроенергії;
- підвищення ефективності та надійності системи;
- збільшення строку служби насінєрушки;
- можливість автоматизації та дистанційного управління насінєрушкою.

Визначимо ефективність застосування нової системи управління електроприводу насінєрушки шляхом зіставлення показників базового та нового варіантів.

При зіставленні варіантів технічних рішень по впровадженню нових видів обладнання і технологічних процесів використовують метод зрівняльної економічної ефективності. При цьому методі основними показниками є мінімум приведених витрат, котрий є сумою річних експлуатаційних витрат та

капітальних вкладень, приведених до одної розмірності у відповідності з нормативним коефіцієнтом ефективності.

Капітальні вкладення включають в собі всі одночасні витрати: відпускну ціну нової техніки, витрати на її транспортування, монтаж і налагодження, витрати на демонтаж старого обладнання та інше:

$$Z = C + E_H \cdot K, \quad (5.1)$$

де C – сума річних експлуатаційних витрат, грн.;

K – капітальні вкладення, грн.;

E_H – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_H = 0,08 \dots 0,20$ (для нової техніки $E_H = 0,20$).

Повні експлуатаційні витрати базового і нового варіантів:

$$Z_{ВБ} = Z_{ЕБ} + Z_{РБ} + Z_{АБ} + Z_{МБ}, \quad (5.2)$$

$$Z_{ВН} = Z_{ЕН} + Z_{РН} + Z_{АН} + Z_{МН}, \quad (5.3)$$

де $Z_{ЕБ}$, $Z_{ЕН}$ – витрати на електроенергію базового і нового варіантів;

$Z_{РБ}$, $Z_{РН}$ – витрати на ремонт електроприводу базового і нового варіантів;

$Z_{АБ}$, $Z_{АН}$ – витрати на амортизацію електроприводу базового і нового варіантів;

$Z_{МБ}$, $Z_{МН}$ – витрати на допоміжні матеріали для ремонту електроприводу базового і нового варіантів;

B , H – індекси « B » і « H » відносяться до базового і нового варіантів.

Річний економічний ефект від модернізації електроприводу дробарки за експлуатаційними витратами згідно формули:

$$Z_{ЕФ} = Z_{ЕБ} - Z_{ЕН}, \quad (5.4)$$

де $Z_{ВБ}$, $Z_{ЕН}$ – загальні експлуатаційні витрати базового і нового варіантів.

Строк окупності капітальних витрат розраховують за формулою:

$$T_{OK} = \frac{K_H - K_B}{Z_{BB} - Z_{BH}}, \quad (5.5)$$

де T_{OK} – строк окупності капітальних витрат, рік;

K_B, K_H – капітальні вкладення базового і нового варіантів;

Z_{BB}, Z_{BH} – загальні експлуатаційні витрати базового і нового варіантів.

5.2 Визначення капітальних витрат для базового і нового варіантів

Кошториси на обладнання для базового і нового варіантів приведені у табл.

5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення кошторису капітальних витрат для базового і нового варіантів електроприводу

Назва електрообладнання	N, шт.	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		за шт., грн.	Всього, грн.	за шт., грн.	Всього, грн.
Перетворювач частоти	1	-	-	21000	21000
Релейно-контакторна система електроприводу	-	2000	2000	1000	1000
Двигун $P_{НОМ} = 55,0$ кВт	1	5000	5000	5000	5000
Всього			7000		27000
Транспортні розходи (13%)			910		3510
Всього, ціна обладнання			7910		30510
Монтажні роботи (10%)			700		2700
Капітальні вкладення, всього			8610		33210

Кошторис капітальних витрат для нового та базового варіантів складає:

$$K_B = 8610 \text{ грн.}, K_H = 33210 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок основного фонду зарплати

Розрахуємо оплату праці за існуючим тарифом. Так як установка є установкою з напругою до 1000 В, номінальна напруга живлення $U = 0,4$ кВ, то згідно ПУЕ обслуговувати дану установку можуть 2 робочих, у котрих розряд не нижче четвертого, а група допуску - не нижче третьої за електробезпечністю. Двоє робочих обслуговують та ремонтують електроприводи $n = 8$ дек.

Тарифна ставка 1-го розряду T_{C1} складає 16,0 грн./год., а тарифна ставка робочого 4-го розряду T_{C4} :

$$T_{C4} = 1,27 \cdot T_{C1} . \quad (5.6)$$

Тоді:

$$T_{C4} = 1,27 \cdot T_{C1} = 1,27 \cdot 16,0 = 20,32 \frac{\text{грн.}}{\text{год.}}$$

Розрахуємо місячну заробітну плату двох робочих за існуючим тарифом:

$$З_T = 2 \cdot T_{C4} \cdot m = 2 \cdot 20,32 \cdot 25 \cdot 8 = 8128 \text{ грн.}$$

де T_{C4} - тарифна ставка робочого IV розряду;

m – кількість робочих днів у місяці.

Оплата праці за професійну і майстерну діяльність:

$$П_{ПМ} = \frac{З_T \cdot Н_{ПМ}}{100} , \quad (5.7)$$

де $Н_{ПМ}$ – надбавка за професійну діяльність (для робітників четвертого розряду складає 10%).

Тоді:

$$П_{ПМ} = \frac{З_T \cdot Н_{ПМ}}{100} = \frac{8128 \cdot 10}{100} = 813 \text{ грн.}$$

Оплата праці за шкідливі умови праці:

$$П_{УП} = \frac{(З_T + П_{ПМ}) \cdot Н_{УП}}{100} . \quad (5.8)$$

Тоді:

$$P_{уП} = \frac{(З_T + П_{ПМ}) \cdot N_{уП}}{100} = \frac{(8128 + 813) \cdot 17}{100} = 1520 \text{ грн.}$$

де $N_{уП}$ - надбавка за умови праці, для четвертого розряду складає 17%.

Всього постійна заробітна плата складає:

$$З_{пост} = З_T + П_{ПМ} + P_{уП} . \quad (5.9)$$

Тоді:

$$З_{пост} = З_T + П_{ПМ} + P_{уП} = 8128 + 813 + 1520 = 10461 \text{ грн.}$$

Оплата премій складає $P = 15...20\%$:

$$P_{ПР} = \frac{З_{пост} \cdot P}{100} . \quad (5.10)$$

Тоді:

$$P_{ПР} = \frac{З_{пост} \cdot P}{100} = \frac{10461 \cdot 18}{100} = 1883 \text{ грн.}$$

Всього основна заробітна плата двох робочих за місяць складає:

$$З_{осн} = З_{пост} + P_{ПР} . \quad (5.11)$$

Тоді:

$$З_{осн} = З_{пост} + P_{ПР} = 10461 + 1883 = 12344 \text{ грн.}$$

Розрахуємо додаткову місячну заробітну плату:

$$З_{доп} = З_{пост} \cdot 0,1 . \quad (5.12)$$

Тоді:

$$З_{доп} = З_{пост} \cdot 0,1 = 12344 \cdot 0,1 = 1234 \text{ грн.}$$

Знайдемо суму відрахування в фонд соціального страхування, що складає 37,18% від суми додаткової і основної заробітної плати:

$$З_{сс} = \frac{37,18 \cdot (З_{осн} + З_{доп})}{100} . \quad (5.13)$$

Тоді:

$$З_{СС} = \frac{37,18 \cdot (З_{ОСН} + З_{ДОП})}{100} = \frac{37,18 \cdot (12344 + 1234)}{100} = 5048 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці двох робочих електромеханіків 4-го розряду за рік (12 місяців) на обслуговування одного електроприводу молоткової дробарки складає:

$$\Phi = \frac{(З_{ОСН} + З_{ДОП} + З_{СС}) \cdot 12}{n}, \quad (5.14)$$

де n – кількість дробарок, $n = 8$.

Тоді:

$$\Phi = \frac{(З_{ОСН} + З_{ДОП} + З_{СС}) \cdot 12}{n} = \frac{(12344 + 1234 + 5048) \cdot 12}{8} = 27939 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів

5.4.1 Витрати на електроенергію для базового варіанту складають:

$$З_{ЕБ} = P \cdot t \cdot \Phi \cdot m_0 \cdot T, \quad (5.15)$$

де P - потужність двигуна, $P = 55,0$ кВт;

t – кількість робочих годин у день, $t = 16$ год.;

m_0 – кількість робочих днів у році, $m_0 = 305$;

T – тариф на вартість електроенергії, $T = 2,98$ грн./кВт·год.

Тоді:

$$З_{ЕБ} = P \cdot t \cdot m_0 \cdot T = 55,0 \cdot 16 \cdot 305 \cdot 2,98 = 531432 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію при встановленні частотного перетворювача зменшуються на 5,0%:

$$З_{ЕН} = З_{ЕБ} - 0,05 \cdot З_{ЕБ}. \quad (5.16)$$

Тоді:

$$Z_{EH} = Z_{EB} - 0,1 \cdot Z_{EB} = 531432 - 0,05 \cdot 531432 = 504860 \text{ грн.}$$

5.4.2 Витрати на поточний ремонт обладнання електроприводу

При використанні ПЧ зменшуються пускові струми, втрати енергії в кабелях, збільшується надійність всієї установки, таким чином кількість поломів зменшується, а надійність системи електропривода зростає. Плануючі витрати на текучий ремонт та обслуговування при базовому варіанті складають 5%, а при новому 3% від капіталовкладень для базового і нового варіантів.

Розмір капіталовкладень для базового і нового варіантів складає:

$$K_B = 8610 \text{ грн.}, K_H = 33210 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$Z_{PB} = 0,05 \cdot K_B, \quad (5.17)$$

тоді:

$$Z_{PB} = 0,05 \cdot 8610 = 431 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$Z_{PH} = 0,03 \cdot K_H, \quad (5.18)$$

тоді:

$$Z_{PH} = 0,03 \cdot K_H = 0,03 \cdot 33210 = 966 \text{ грн.}$$

5.4.3 Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_A = E_H \cdot K, \quad (5.19)$$

де $E_H = 0,08 \dots 0,20$ – норма амортизаційних відрахувань, $E_H = 0,20$.

Тоді:

$$Z_{AB} = E_{HB} \cdot K_B = 0,20 \cdot 8610 = 1722 \text{ грн.}$$

$$Z_{AH} = E_{HH} \cdot K_H = 0,20 \cdot 33210 = 6642 \text{ грн.}$$

5.4.4 Витрати на допоміжні матеріали для ремонту при базовому варіанті складають $k_B = 5,0\%$, а при новому $k_H = 3,0\%$ від фонду оплати праці:

$$Z_M = k \cdot \Phi. \quad (5.20)$$

Тоді:

$$З_{МБ} = k_B \cdot \Phi = 0,05 \cdot 27939 = 1397 \text{ грн.},$$

$$З_{МН} = k_H \cdot \Phi = 0,03 \cdot 27939 = 838 \text{ грн.}$$

5.4.5 Загальні експлуатаційні витрати базового і нового варіантів згідно формулам (ф. 5.2) і (ф. 5.3) складають:

$$З_{ВБ} = З_{ЕБ} + З_{РБ} + З_{АБ} + З_{МБ} = 531432 + 431 + 1722 + 1397 = 534982 \text{ грн.},$$

$$З_{ВН} = З_{ЕН} + З_{РН} + З_{АН} + З_{МН} = 504860 + 966 + 6642 + 838 = 513306 \text{ грн.}$$

5.5 Розрахунок річної економічної ефективності та строку окупності

Розрахуємо річний економічний ефект від модернізації електроприводу насінерушки за експлуатаційними витратами згідно формули (5.4):

$$З_{ЕФ} = З_{ЕБ} - З_{ЕН} = 534982 - 513306 = 21676 \text{ грн.}$$

Строк окупності капітальних витрат на модернізацію електроприводу насінерушки згідно формули (5.5) складає:

$$T_{OK} = \frac{K_H - K_B}{З_{ВБ} - З_{ВН}} = \frac{33210 - 8610}{534982 - 513306} = \frac{24600}{21676} = 1,14 \text{ років.}$$

Висновок. Річний економічний ефект від модернізації електроприводу насінерушки за експлуатаційними витратами складає $З_{ЕФ} = 21676$ грн./рік, а строк окупності капітальних витрат дорівнює $T_{OK} = 1,14$ років.

Модернізація електроприводу насінерушкої машини є економічно доцільною. Малий строк окупності пояснюється невеликою різницею капітальних вкладень $K_H - K_B = 24,6$ тис. грн. у порівнянні з річними витрати на електроенергію привода дробарки для базового $З_{ВБ} = 531,4$ тис. грн. і для нового $З_{ВН} = 504,9$ тис. грн. варіантів.

Висновки і пропозиції за прийнятими в проекті рішеннями

У кваліфікаційні роботі магістра представлені матеріали технологічного процесу виробництва соняшникової олії, вивчені конструкція і робота насінерушних машин, описані вимоги до електропривода та електрообладнання насінерушки.

Досліджено та вдосконалено електропривод насінерушної машини з метою розширення області її застосування для різних типів насіння, підвищення рівня автоматизації і зручності керування процесом шеретування насіння шляхом зміни частоти обертання ротора з деком в діапазоні 500...3000 об/хв. За допомогою перетворювача частоти. Точність і стабільність підтримки частоти обертання ротора насінерушки складає $\Delta N_p = 5,0\%$.

Модернізація електроприводу дозволила, підвищити ККД приводу і зменшити питомі енерговитрати на шеретування насіння.

У розрахунково-конструкторській частині КРМ виконані розрахунки для визначення потужності двигуна приводу насінерушки і вибраний тип двигуна, проведені розрахунки по вибору перетину кабелю живлення приводу насінерушки, а також для вибору комутуючих, захисних і управляючих апаратів: автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, теплових реле та перетворювача частоти.

Для електроприводу насінерушної машини вибраний трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії АІР – Інтерелектро АІР225М2У3 потужністю 55,0 кВт з частотою обертання 2940 об/хв.

Описані будова і робота релейно-контакторної принципової електричної схеми управління електроприводу насінерушної машини.

Для регулювання частоти обертання двигуна прийняли до установки частотний перетворювач Siemens (Німеччина) серії G-120 типу 6SL3224-0BE35-5UAO з номінальною потужністю 55,0 кВт·А. Розроблена схема автоматизованого управління електроприводу насінерушної машини з застосуванням ПЧ.

В розділі «Моделювання роботи електроприводу на ЕОМ» приведені моделі електроприводу насінерушної машини і результати моделювання для прямого пуску двигуна і пуску двигуна з ПЧ на ЕОМ.

При прямому пуску асинхронного двигуна спостерігається великий пусковий момент, але при цьому і висока кратність пускового струму. При пуску двигуна з перетворювачем частоти імпульси пускового струму двигуна зменшуються.

Розгін швидкості обертання ротора двигуна насінерушки з ПЧ на холостому ході триває 3,5 с. Після розгону АД струм обмоток статора і обертаючий момент на валу двигуна значно знижуються. При пуску з перетворювачем частоти ПЧ механічні удари при пуску сепаратора менше, ніж при прямому пуску.

В розділі «Організаційна та технологічна частина» приведена технологія монтажу, ремонту і обслуговування електроприводу молоткової дробарки, а також описана організація охорони праці і техніки безпеки при обслуговуванні насінерушки.

В розділі «Економічна частина» приведений розрахунок економічної ефективності від модернізації електроприводу насінерушної машини. Річний економічний ефект від модернізації електроприводу насінерушки за експлуатаційними витратами складає $ЗЕФ = 21676$ грн./рік, а строк окупності капітальних витрат складає $ТОК = 1,14$ років.

Результативна частина. Висновки і пропозиції за прийнятими проектними рішеннями:

Дослідження та вдосконалення електроприводу насінерушної машини є технічно та економічно доцільною та рекомендується до впровадження на оліє переробних підприємствах України.

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.
10. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.

11. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання. Джерело: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11538/3/ciganov-montazh-elektroobl-lekc-2022.pdf>

12. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів СВО «Магістр» спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузі знань 14 – «Електрична інженерія» / Укладачі: П.І. Осадчук, В.Ф. Бабіч, А.А. Галіулін, Є.П. Штепа. – Одеса: ОНТУ, 2021. – 55 с.

13. Перетворювачі частоти SINAMICS V20, SINAMICS G120/G120P.
Джерело: https://www.siemens-pro.ru/docs/sinamics_gv/GMC_nano.pdf

14. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Київ: Знання, 2009. — 400 с. — ISBN 978-966-346-644-6.