

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Кафедра електромеханіки та мехатроніки**



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему «Модернізація електропривода відцентрової дробарки для винограду»

Здобувач СВО «Бакалавр»: Пустовойт Владислав Андрійович

Студент групи АЕМт-20

Керівник : Розіна Олена Юріївна,  
к.ф.-м.н., доцент

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

**Рішення кафедри від 17.06. 2024 р., протокол №12**

**Завідувач(ка) кафедри Осадчук П.І. \_\_\_\_\_**

**Одеса - 2024 рік**

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Автоматизації та робототехніки

Кафедра: Електромеханіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Інтелектуально-керовані електромеханічні системи

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри ЕтаМ

\_\_\_\_\_Петро ОСАДЧУК

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувача СВО «Бакалавр» Пустовойт Владислав Андрійович гр. АЕМт-20

### 1. Тема роботи: **«Модернізація електропривода відцентрової дробарки для винограду»**

Керівник роботи: Розіна Олена Юріївна, к.ф.-м.н., доцент.

Затверджено наказом ОНТУ від 19-12-23 р. наказ № 797-03

### 2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 14.06.24

3. Вихідні дані роботи: : Технічні характеристики відцентрової дробарки: продуктивність 30 т/год.; діапазон регулювання частоти лопатив відцентрової дробарки 250...500 об/хв.; обґрунтувати інформативні параметри управління електропривода дробарки.

4. Зміст розрахунково-конструкторської частини пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): завдання роботи; дослідження технічних характеристик обладнання для водопостачання; розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна; вибір перетворювача частоти; моделювання електроприводу; монтаж та техніка безпеки; економічна частина;

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

1. Титульний слайд. 2. Актуальність теми, об'єкт проектування, мета і завдання роботи.

3. Конструкція и технічні характеристики відцентрової дробарки. 4. Розрахунок кінематичної схеми електропривода дробарки. 5. Розрахунок потужності і вибір двигуна електропривода дробарки. 6. Вибір ПЧ його будова та схема його зовнішніх з'єднань. 7. Модель та результати моделювання електропривода дробарки до його модернізації (прямий пуск). 8. Модель та результати моделювання електропривода дробарки після його модернізації. 9. 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	Розіна О.Ю., доцент		

7. Дата видачі завдання: 25.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів	Прим.
1	<b>1. Загальна характеристика роботи:</b> Опис технологічного процесу переробки винограду. Актуальність теми. Об'єкт дослідження. Мета роботи.	15.03.2024	
2	<b>2 Розрахунково-конструкторська частина:</b> Конструкція і технічні характеристики відцентрової дробарки для винограду. Розрахунок кінематичної схеми дробарки і потужності двигуна електропривода. Вибір двигуна і ПЧ Вибору каналів контролю і управління дробарки.	15.04.2024	
3	<b>3 Дослідження роботи моделі електропривода дробарки системи ПЧ-АД на ЕОМ:</b> Розрахунок параметрів схеми заміщення АД електродвигуна для MATLAB та розробка математичної моделі електропривода відцентрової дробарки і дослідження її роботи.	05.05.24	
4	<b>4. Організаційна та технологічна частина:</b> організація та технологія монтажу, ремонту і обслуговування електропривода преса та безпека праці.	12.05.2024	
5	<b>5. Економічна частина:</b> розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода відцентрової дробарки.	25.05.2024	
6	<b>6 Результативна частина:</b> Висновки і рекомендації за прийнятими в проекті рішеннями. Література.	10.06.2024	
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	17.06.2024	
8	Перевірка роботи на добросовісність. Рецензування роботи	20.06.2024	
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	26.06.2024	

Здобувач СВО «Бакалавр»: Пустовойт В.А. \_\_\_\_\_

Керівник роботи: доц. Розіна О.Ю. \_\_\_\_\_

*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 СВО Пустовойт В.А. \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Пустовойт В. А. Кваліфікаційна робота бакалавра «Модернізація електропривода відцентрової дробарки для винограду». Одеса: ОНТУ, 2024. Стор. – 79, бібл. – 9, слайдів презентаційної частини – 14.

В розділі «Вступ» показано, що більш ніж 70% виробленої електроенергії споживається системами електроприводів виробничих машин. Електроприводи з частотним керуванням системи ПЧ-АД дозволяють заощаджувати до 10...15% енергії споживання і поліпшувати управління технологічними процесами.

В розділі «1 Загальна характеристика роботи» описані технологічний процес переробки винограду та обладнання для виробництва вина, обґрунтована актуальність теми, обраний об'єкт та ціль модернізації дробарки.

В розділі «2 Розрахунково-конструкторська частина» описана конструкція і технічні характеристики відцентрової дробарки ЦДГ-30 для подрібнення винограду. Приведені розрахунок потужності і вибір двигуна та перетворювача частоти для електропривода дробарки.

В розділі «3. Моделювання роботи електропривода на ПОЕМ» розроблена математична модель електропривода відцентрової дробарки у середовищі MATLAB Simulink і результати модулювання його роботи на ЕОМ.

В розділі «4 Організаційна та технологічна частина» описана організація та технологія монтажу, ремонту і обслуговування електропривода дробарки.

В розділі «5 Економічна частина» приведений розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30.

В розділі «6 Результативна частина» приведені висновки і рекомендації за прийнятими в роботі рішеннями.

Ключові слова: електропривод, дробарка, мезга, асинхронний двигун, частотне регулювання, автоматизована система управління, моделювання, matlab, simulink

## SUMMARY

Pustovoyt V. A. Qualifying work of the bachelor "Modernization of the electric drive of the centrifugal crusher for grapes". Odessa: ONTU, 2024. p. - 79, bibl. - 9, slides of the presentation part - 14.

In the section "Introduction" it is shown that more than 70% of the produced electricity is consumed by electric drive systems of production machines. Electric drives with frequency control of the AD-AD system allow to save up to 10...15% of energy of consumption and to improve management of technological processes.

In section "1 General characteristics of the work" describes the technological process of processing grapes and equipment for wine production, substantiates the relevance of the topic, the selected object and purpose of modernization of the crusher.

In section "2 Calculation and design part" describes the design and technical characteristics of the centrifugal crusher TSG-30 for crushing grapes. The calculation of power and the choice of motor and frequency converter for the electric drive of the crusher are given.

In section "3. Modeling of electric drive operation on POEM "the mathematical model of electric drive of centrifugal crusher in MATLAB Simulink environment and results of modulation of its work on computer are developed.

In section "4 Organizational and technological part" describes the organization and technology of installation, repair and maintenance of the electric crusher drive.

In section "5 Economic part" the calculation of economic efficiency from modernization of the electric drive of the centrifugal crusher of TsDG-30 is resulted.

In section "6 Effective part" the conclusions and recommendations on the decisions accepted in work are resulted.

Key words: electric drive, crusher, pulp, induction motor, frequency control, automated control system, modeling, matlab, simulink.

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА</b> .....	10
1.1 Опис технологічного процесу переробки винограду .....	10
1.2 Поточні лінії переробки винограду .....	11
1.3 Пристрій і технічні характеристики відцентрової дробарки .....	15
1.4 Загальна характеристика електропривода відцентрової дробарки ..	17
<b>2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	19
2.1 Вимоги до автоматизованого електропривода відцентрової дробарки	19
2.2. Кінематичний розрахунок привода ротора відцентрової дробарки. .	20
2.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна електропривода відцентрової дробарки .....	24
2.4 Розрахунок і вибір кабелю живлення електропривода відцентрової дробарки .....	26
2.5 Розрахунок і вибір апаратів захисту і управління електропривода відцентрової дробарки .....	28
2.6 Електрична принципова схема релейно-контакторного управління електропривода відцентрової дробарки .....	31
2.7 Обґрунтування застосування перетворювачів частоти ПЧ в електроприводі відцентрової дробарки .....	33
2.8 Вибір перетворювача частоти ПЧ для електропривода відцентрової дробарки .....	35
2.9 Електрична принципова схема управління електропривода відцентрової дробарки з ПЧ .....	41
<b>3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА ПЕОМ</b> ....	43
3.1 Постановка задачі моделювання роботи електропривода на ПЕОМ ..	43

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>		Пустовойт В.А.			<i>Модернізація електропривода відцентрової дробарки для винограду</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів.</i>		Розіна О.Ю.					6	75
<i>Реценз.</i>						ОНТУ, гр. АЕМТ-20		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Осадчук П.І						

3.2. Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна електропривода відцентрової дробарки .....	47
3.3 Моделювання прямого пуску двигуна електропривода відцентрової дробарки.....	50
3.4 Моделювання роботи електропривода відцентрової дробарки системи ПЧ-АД .....	52
3.5 Висновки та пропозиції .....	55
<b>4 ОРГАНІЗАЦІЙНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>56</b>
4.1 Організація та технологія монтажу електропривода відцентрової дробарки .....	56
4.2 Організація та технологія ремонту електропривода відцентрової дробарки .....	60
4.3 Організація та технологія обслуговування електропривода відцентрової дробарки .....	62
4.4 Організація охорони праці і техніки безпеки при обслуговуванні відцентрової дробарки .....	64
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>69</b>
<b>6 РЕЗУЛЬТАТИВНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>77</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>79</b>
...	

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

Ефективна національна енергетична політика є головним чинником в успішному розвитку будь-якої країни. Для України - це питання сьогодні має велике значення, від правильного рішення проблеми в цілому за різними її аспектами безпосередньо залежатиме у найближчому майбутньому її енергетична безпека.

Енергозбереження - це комплекс заходів, спрямованих на раціональне використання енергетичних ресурсів. В результаті проведення цих заходів знижується необхідність у паливно-енергетичних ресурсах на одиницю кінцевого продукту і знижується небезпечний вплив на навколишнє середовище.

Механізм застосування енергозбереження у житті – це реалізація законодавчих, організаційних, економічних, технічних та інформаційних заходів, спрямованих на ефективне використання енергетичних ресурсів та поліпшення стану навколишнього середовища.

Енергоефективність – це властивість пристроїв, або технологій виробництва, яка характеризується використанням в міру енергії на одиницю кінцевого продукту. Енергоефективність оцінюється за допомогою показників як кількісно (кВт, тони умовного палива, кДж на одиницю кінцевого продукту), так і якісно (низького, високого).

Основним напрямком у промисловості енергозбереження є економія електроенергії при її передачі, розподілі та використанні. Реальне енергозбереження ставиться до питання роботи електроспоживачів мереж, перетворювачів енергії всіх типів і технологічних механізмів.

- Раціональний вибір рівня напруги мережі живлення та роду струму;
- Прийняття економічно доцільного діаметру проводу та кабелю;
- Підвищення коефіцієнта потужності;
- Наближення джерел живлення до споживачів;
- Оптимізація графіків навантаження.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати електроенергії на її передачу непродуктивні, оскільки необхідно зводити їх значення до мінімуму. В електричних мережах України витрати електричної електроенергії складають приблизно 11%. Фактично у 2012 році вони склали 20,04%, - оскільки був відсутній якісний облік електричної енергії, наявність неефективної системи управління, яка існує в країні. У процвітаючих країнах цей показник дуже сильно знижується, у Німеччині втрати в мережі складають 6,5%.

Ефективність впровадження енергозберігаючих заходів споживачів електроенергії може бути значно вище, тому більше 90% виробленої енергії споживається системами електропривода, електротехнологічними і освітлювальними установками. Великі резерви енергозбереження закладені в удосконаленні електропривода, на частину якого доводиться приблизно 60% всієї потужності електроенергії. У деяких галузях промисловості споживання електроенергії електроприводом досягає 80%.

Енергетична стратегія України повинна стати головним правовим документом, в якому визначаються: пріоритети енергетичної стратегії держави; основні напрямки та показники розвитку ПЕК (паливно-енергетичного комплексу) країни; основні механізми реалізації стратегії розвитку ПЕК.

Рівень кваліфікації фахівців визначає якість виконання поставлених перед галуззю завдань, тому підготовка бакалаврів електромеханіків є дуже актуальним завданням на тривалий період розвитку електроенергетики України, а розробка технічних посібників, технічних засобів навчання студентів і нових лабораторних стендів для проведення експериментальних досліджень електротехнічного обладнання також буде дуже актуальним завданням на тривалий період.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис технологічного процесу переробки винограду

Процес переробки винограду складається з ряду послідовних технологічних операцій перетворення грон і ягід у напівфабрикати, а потім у готову продукцію. Щоб мати уявлення про організацію процесу отримання сусла з винограду в сучасних механізованих виноробнях, наводимо кілька найбільш типових технологічних схем переробки винограду на сусло і розміщення потрібного для цього устаткування на потоці виробництва.

Побудова цих технологічних схем знаходиться у залежності від типу і якості виробленого вина. Основними є дві технологічні схеми переробки винограду на сусло, які застосовуються при виробництві білих і червоних столових вин, в які вносяться ті чи інші зміни у залежності від вимог, які пред'являються до якості або типу вина.

Послідовність операцій виробництва виноматеріалів приведена нижче.

Для виробництва білих вин:

- дроблення винограду з відділенням гребенів;
- передача виноградної мезги на стікач;
- відділення з виноградної мезги сусла – самопливу;
- відтиск сусла пресових фракцій з отриманої мезги;
- роздільне бродіння сусла – самопливу та пресових фракцій.

Для виробництва червоних вин:

- дроблення винограду без відділенням гребенів;
- передача виноградної мезги на стікач;
- відділення з виноградної мезги сусла – самопливу;
- відтиск сусла пресових фракцій з отриманої мезги;
- роздільне бродіння сусла – самопливу та пресових фракцій.

В результаті дроблення винограду отримують мезгу, яка містить близько 80% виноградного соку (сусла). Відділення сусла з мезги здійснюють двома способами: стіканням або пресуванням.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Перший спосіб - отримують сусло - самоплив під дією гравітаційних сил, другий спосіб - за рахунок зовнішніх зусиль отримують пресові фракції.

Сусло - самоплив є найбільш якісним, оскільки містить невелику кількість зважених часток. Відділення сусла самопливом сприяє збільшенню продуктивності пресового устаткування.

## 1.2 Поточні лінії переробки винограду

Величезний промисловий та економічний потенціал представляють винзаводи України. Встановлені на них потокові лінії ВПЛ-20/30 змушують звернутися до оцінки існуючих поточних ліній з позицій сучасного стану виноробства і переходу його на технології, які можуть забезпечити отримання продукції високої якості.

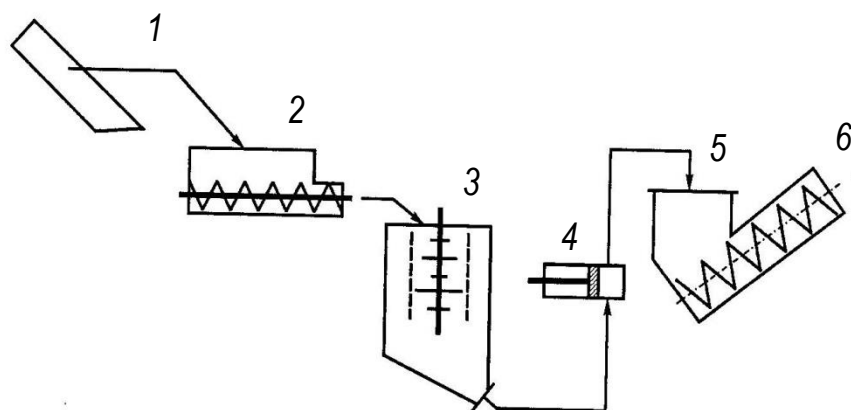


Рисунок 1.1 – Потокова лінія переробки винограду ВПЛ-30:

**1** - транспортний контейнер КВА; **2** - приймальний бункер-живильник; **3** - відцентрова дробарка – гребеневідділювач ЦДГ-30; **4** - мезгонасос ПМН-28; **5** - стікач ВССШ-30; **6** - шнековий прес ВПО-30.

Обладнання поточних ліній виготовлено із антикорозійних матеріалів, дозволених для контакту з виноградом і продуктами його переробки, яке вказує на доцільність його збереження. Машинобудівельні заводи України та країн СНД мають технічну документацію та виробничі можливості відновити виробництво машин і запасних частин до них, тому це ще один вагомий аргумент у питанні раціонального використання поточних ліній на вітчизняних винзаводах.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Переробку винограду починають з моменту відділення виноградної грони від куца. Цей процес трудомісткий і важко піддається механізації.

До появи досконалих машин, які зможуть забезпечити якість винограду не гірше ручного прибирання, при виробництві вин високої якості слід використовувати ручний спосіб збирання врожаю.

На завод виноград доставляють у транспортних контейнерах, з яких він сповзає по похилій площині і падає у приймальний бункер-дозатор. При цьому багато ягід руйнується, і сушло з них витікає. У бункері-дозаторі руйнування ягід триває. При обертанні шнека виноград захоплює перший виток транспортного шнека, а решта витків переносять його уздовж шнека при активному терті маси, яка знаходиться над шнеком. Далі виноградна маса потрапляє у внутрішній циліндр дробарки – гребеневідділювача ЦДГ-30, в якому обертові лопаті розбивають виноградні грони. Частково розбиті грони падають на дірчасте днище машини, відкидаються обертовими лопатами до зовнішнього дірчастого циліндру. Гвинтові лопаті підхоплюють масу, протирають її по дірчастій поверхні і викидають гребені в люк, який знаходиться у верхній частині машини. Мезга збирається у приймачі під машиною. Поршневий мезговий насос всмоктує мезгу зі збірки, пропускає її через клапани і по склопроводам подає в шнековий стікач, в якому відбувається остання операція отримання сула першого відбору. На всіх ділянках лінії на роздроблені ягоди і мезгу діє кисень повітря, метал робочих органів і активно відбуваються дифузні процеси.

Створення потокових ліній переробки та оснащення ними виноробних підприємств галузі стали важливим кроком у розвитку виноробства в нашій країні. Однотипність обладнання і відносна простота конструкцій дозволили в короткі терміни організувати його масове виробництво і вирішити проблему переробки винограду. Жорсткий зв'язок машин в лінії дозволив уніфікувати технологічні процеси і навіть зробити спроби щодо створення заводу-автомату для переробки винограду.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Чіткі організаційно-технічні заходи в масштабах всієї галузі дозволили домогтися значних успіхів у збільшенні обсягів виробництва. Наступним важливим кроком повинна була стати програма підвищення якості одержуваної продукції, але в цьому напрямку зроблено було дуже мало. Лише наукова група А.А. Преображенського продовжувала вивчати технологічні процеси і намагалася створити на противагу поточним лініям нові зразки технологічного обладнання.

Конструктивні особливості машин, які входять в поточні лінії, та їх режимні параметри роботи були строго визначені, зафіксовані у ГОСТ-х і нормалі. Лише зі зміною технічної політики в країні з'явилася можливість критично підійти до застосовуваних у промисловості машин.

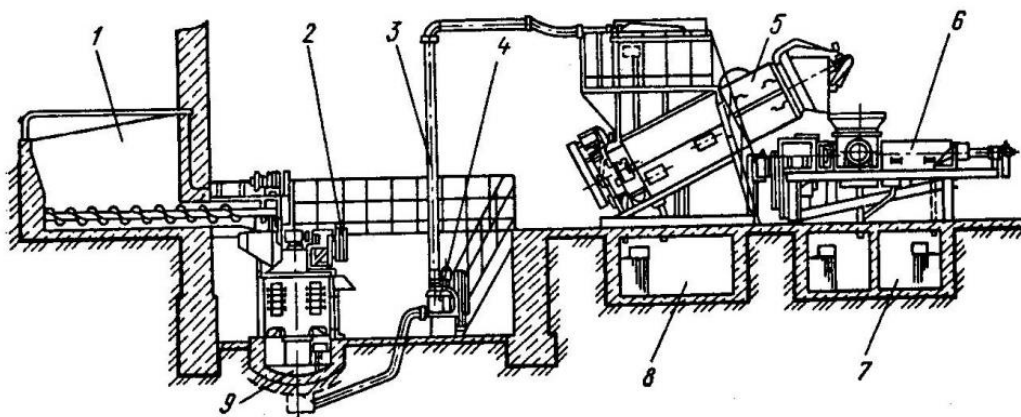


Рисунок 1.2. Схема поточної лінії переробки винограду типу ВПЛ-20/30:  
**1** - приймальний бункер; **2** - відцентрова дробарка – гребеневідділювач;  
**3** - мезгопроводи; **4** - мезговий насос; **5** - шнековий стікач; **6** - дотискний шнековий прес; **7** - збірник пресового суслу; **8** - збірник суслу зі стікача;

Поточні лінії типу ВПЛ-20/30 тісно пов'язані з будівельними конструкціями цехів і складають з ними єдине ціле. На рис. 1.5 приведено схематичне креслення поточної лінії ВПЛ-20/30. Лінія містить в себе: приймальний бункер - дозатор **1**, в який виноград подають з транспортних контейнерів, **2** - подрібнювально-гребеневідділяючу машину ЦДГ-20/30 або валкову подрібнювально-гребеневідділяючу машину ВДГ-20/30,

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3 - мезгопроводи; 4 - насос для перекачування мезги, 5 - стікач шнековий, 6 - прес шнековий дотискний ВПО-20/30, 7 - збірники для пресового сусла, 8 - збірник для сусла із шнекового стікача, 9 - збірник для мезги.

Лінія включає в себе також транспортери для видалення гребенів і вичавків. Управляє лінією диспетчер з головного пульта, розташованого на узвишші для спостереження за роботою машин. У лінії передбачені елементи автоматики, які попереджають переповнення мезго-приймача і сусло-приймачів, а також забезпечують правильну послідовність включення машин лінії.

У потокову лінію виноград подають з транспортних контейнерів, які встановлюють на кузові машини. Далі в поточковій лінії відбувається дроблення сировини і відділення гребенів. Найбільш надійною, яка часто застосовується на наших заводах дробаркою із гребеневідділювачем, є машина ЦДГ-30 відцентрового типу. У поточкових лініях мезгу збирають в мезго-приймачах, з яких її перекачують за допомогою мезгових насосів. Найбільш поширені поршневі мезгонасоси. На наших заводах в основному застосовують насоси типу ПМН-28.

Далі мезгу під напором через мезгопроводи подають у шнековий стікач. Шнекові стікачі поточкових ліній постійно вдосконалювали, прагнучи підвищити якість одержуваного на них сусла, а також збільшити їх продуктивність. Моделі стікачів шнекового типу марки ВСН забезпечують отримання сусла більш високої якості. Так, при переробці мезги після ЦДГ-20/30 в суслі міститься до  $95 \text{ г/дм}^3$  зважених часток, а при переробці мезги, отриманої на ВДГ-20/30, масова концентрація зважених часток знижується до  $70 \text{ г/дм}^3$ . Настільки велика масова концентрація зважених часток у суслі неприйнятна при отриманні легких столових і шампанських вин та вона сильно ускладнює отримання вин інших типів.

Приведена група машин поточної лінії служить для отримання сусла, яке призначене для отримання основної частини вин (до 80% від отриманого

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

сусла). Частину сусла витягують з мезги на шнекових дотискних пресах і використовують для отримання вин більш низької якості.

Шнековий дотискний прес типу ВПО-20, ВПО-30А включає завантажувальний бункер, латунний дірчастий циліндр, який транспортує пресуючи шнеки, конус, гідрорегулятор, збірники сусла і приводний механізм. У цих пресах витягують залишки з мезги 20...25 дал/т сусла низької якості. Тиск у таких пресах виникає за рахунок сил тертя мезги об перфорований циліндр, шнек і мезгу і зростає від початкового до максимального в кінці шнека. Стиснення мезги супроводжується інтенсивними зсувними явищами, це призводить до інтенсивного стирання пресованої маси і виносу із суслем значної кількості твердих часток. У пресовому суслі нормативними документами допускається масова концентрація зважених часток до 110 г/дм<sup>3</sup>. Загальний вихід сусла із одиниці маси сировини залежить від режимів роботи стікача і дотискних пресів та становить 75...76 дал/т.

Шнекові преси ВПО-20 і ВПО-30 широко поширені на виноробних підприємствах України. Подібні преси використовують і в інших країнах.

На шнекових пресах отримують меншу частину сусла низької якості. Для вин високої якості використовують сусло першого відбору, тому вивченню аналізу цих процесів приділяють основну увагу. Оскільки потокові лінії, до складу яких входять шнекові стікачі, знайшли широке поширення, як у нашій країні, так і за кордоном, виникає потреба детального вивчення цих машин і поліпшення їх параметрів.

### **1.3 Пристрій і технічні характеристики відцентрової дробарки**

Відцентрові дробарки із гребеневідділювачем типу ЦДГ-20 та ЦДГ-30 є машинами ударно-відцентрової дії і часто застосовуються на наших заводах (рис. 1.3). У цій машині відбувається дроблення сировини шляхом ударних впливів лопатей і ударів грон об поверхню внутрішнього циліндра.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Роздроблену масу спочатку протирають через перфороване днище із отворами діаметром 20 мм, а потім через отвори зовнішнього перфорованого циліндру. Решту гребенів відцентровою силою і потоком повітря видаляють з машини. Машина володіє великою продуктивністю, сильно окислює сировину і інтенсивно подрібнює тверді частини виноградної грони, це призводить до зниження якості суслу. На думку ряду вчених, такі машини мало придатні для отримання вин високої якості, не кажучи про легкі столові і шампанські вина.

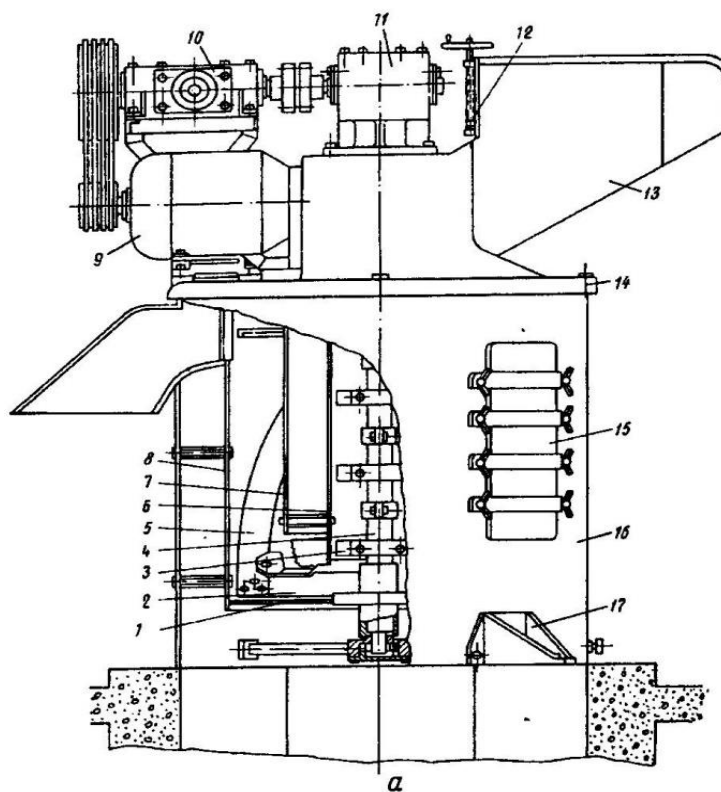


Рисунок 1. 3 – Відцентрова дробарка – гребеневідділювач ЦДГ-30:

**1** - перфороване дно великого циліндра, **2** - хрестовина, до якої прикріплені гвинтові лопатки, **3** - лопатки, **4** - приводний вал, **5** - гвинтові лопаті, **6** - малий циліндр, **7** - середній циліндр, **8** - великий перфорований циліндр, **9** - електродвигун, **10** - коробка передач, **11** - редуктор, **12** - заслінка, **13** - завантажувальний бункер, **14** - кришка, **15** - люк, **16** - корпус машини, **17** - кріпильні лапи;  
**б** - кінематична схема машини.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

16

Формат А4

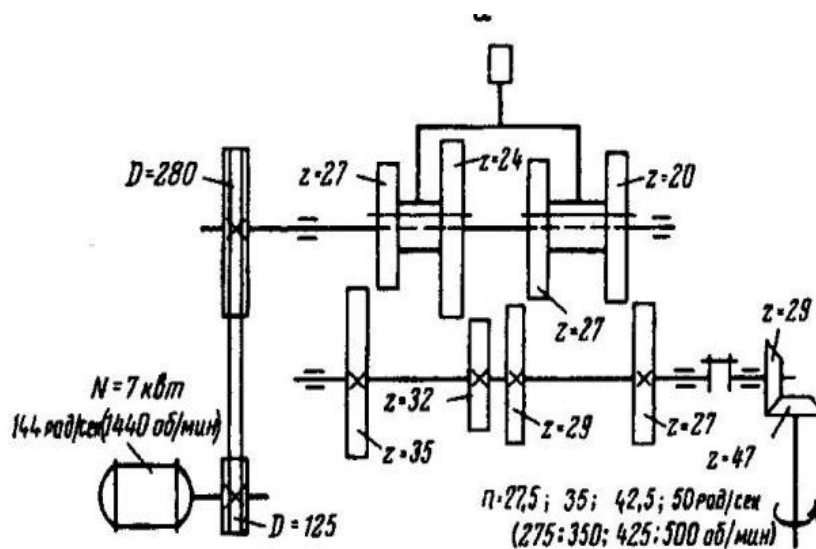


Рисунок 1.4 – кінематична схема машини

Таблиця 1 – Технічна характеристика дробарок ЦДГ-20 та ЦДГ-30

№ з/п	Технічна характеристика	ЦДГ-20	ЦДГ-30
1	Продуктивність, т/год.	20	30
2	Частота обертання ротора дробарки, об/хв.	275, 350, 425, 500	250, 300, 350, 400
3	Кількість гвинтових лопатей, од.	4	4
4	Потужність привода, кВт	7,5	11,0
5	Габаритні розміри, мм	1900x1300x1600	2000x2000x1080
6	Маса, кг	600	1080

#### 1.4 Загальна характеристика електропривода відцентрової дробарки

Електроприводом робочої машини електрифікованого агрегату називається електромеханічний пристрій, призначений для електрифікації і автоматизації робочих процесів. Він складається із перетворювального, електродвигунного, передавального і керуючого механізмів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

17

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

Для привода робочих машин, потужність двигуна яких не перевищує 250 кВт, найчастіше використовують трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором на напругу 380 В 50 Гц, а при частих включеннях і реверсах машини - асинхронні двигуни з фазним ротором на напругу 380 В 50 Гц.

Асинхронні електродвигуни із короткозамкненим ротором потужністю до 7,5 кВт частіше всього включають способом прямого пуску. Основний недолік цього способу полягає у великій кратності пускового струму:  $I_{п} / I_{н} = 5...8$ .

Електропривод модернізованої відцентрової дробарки стікача складається з трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором міжнародної серії Інтернешенал АІР потужністю 11,0 кВт і частотою обертання ротора 1460 об/хв.

Живлення електропривода і системи управління здійснюється від трифазної мережі змінного струму з робочим нейтральним дротом 3 PEN 380/220 В 50 Гц.

У схемі управління використовується напруга безпечна для життя людини 36 В 50 Гц.

Згідно ПУЕ електродвигун і корпус машини з'єднані із заземлювачем проводом РЕ та з'єднані із заземленим робочим нейтральним проводом PEN.

Машина працює у тривалому режимі, що відповідає режиму роботи S1.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

18

## РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Вимоги до автоматизованого електропривода відцентрової дробарки

Машина, відцентрова дробарка – гребеневідділювач марки ЦДГ-30 продуктивністю 30 т/год. за виноградом призначена для дроблення винограду та відділення гребенів.

Після модернізації електропривода відцентрової дробарки – гребене-відділювача ЦДГ-30М швидкість обертання робочого вала машини плавно регулюється електричним методом за допомогою перетворювача частоти ПЧ, який не вимагає чотириступінчастої коробки передач і значно спрощує її кінематичну схему, а електропривод не створює значних пускових струмів. Підвищується зручність обслуговування і рівень автоматизації виробництва.

Машину встановлюють у приміщеннях, які згідно з ПУЕ відносяться до класу «Приміщення особливо небезпечні». Гігієнічні норми параметрів мікроклімату в робочій зоні машини повинні відповідати ГОСТ-у 12.1.005-88. Категорія приміщень згідно ПУЕ відповідає правилам улаштування електроустановок за СНіП-ом 11-90-81 з температурою повітря від + 10 до + 40<sup>0</sup>С і вологістю більше 80%.

Рівні звуковому тиску і шуму не повинні перевищувати норм, регламентованих ГОСТ-ом 12.1.003 «Шум. Загальні вимоги безпеки». Граничне значення вібраційних характеристик не повинно перевищувати норм, встановлених ГОСТ-ом 12.1.012 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Автоматизований електропривод модернізованої відцентрової дробарки ЦДГ-30М повинен забезпечити:

1. Регулювання частоти обертання вала дробарки:  $n_{др} = 250...500$  об/хв.;
2. Точність підтримки частоти вала дробарки:  $\Delta n_{шн} = 5,0\%$ ;
3. Напруга живлення: 3 PEN 380/220 В 50 Гц;
4. Напруга живлення в колах управління машини: 36 В 50 Гц.

У колах управління необхідно використовувати безпечну напругу.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пост керування розташовують у шафі керування, а шафу управління встановлюють на відстані 5...10 метрів від машини. Живлення привода здійснюється від трифазної мережі змінного струму 220/380 В 50 Гц проводами або кабелями з алюмінієвими або мідними жилами. Мідні жили застосовують у пожежовибухонебезпечних приміщеннях або для машин з підвищеною вібрацією. Живлення машини і пульта управління необхідно прокладати в газових сталевих трубах, а труби з'єднати гнучким мідним дротом із контуром заземлення.

Схема управління повинна забезпечити заданий алгоритм керування та блокування привода машини, індикацію наявності напруги живлення і режим роботи машини, а так само захист привода від струмів короткого замикання, тривалого перевантаження і від його самовільного включення після короткочасного зникнення електроенергії.

Необхідно а) передбачити блокування включення машини при відсутності загороджень привода і її аварійну зупинку, б) роботу машини у складі лінії.

## 2.2. Кінематичний розрахунок привода ротора відцентрової дробарки

Завдання розрахунку: визначити кінематичні параметри привода ротора відцентрової дробарки ЦДГ-30 до і після її модернізації. На рис. 2.1 показана її кінематична схема до модернізації.

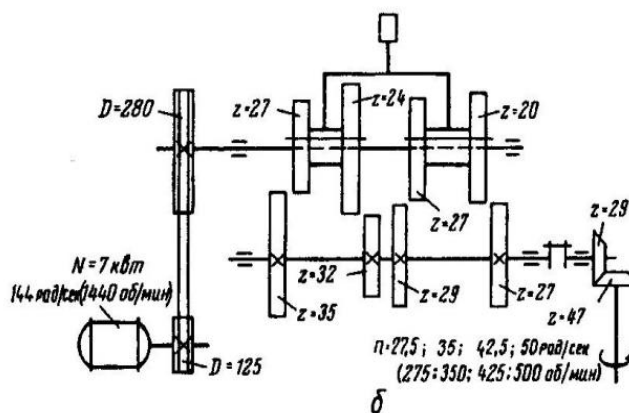


Рисунок 2.1. Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30 до її модернізації

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Частота обертання ротора відцентрової дробарки ЦДГ-30 змінюється ступінчасто за допомогою чотириступінчастої механічної коробки передач і становить: 275, 350, 425, 500 об/хв.

Визначимо загальне передавальне число механізму привода дробарки при найменшій і найбільшій частоті обертання ротора:

$$i_{01} = \frac{n_{ДВ}}{n_{P1}} = \frac{1440}{250} = 5,76, \quad (2.1)$$

$$i_{02} = \frac{n_{ДВ}}{n_{P2}} = \frac{1440}{500} = 2,88, \quad (2.2)$$

де  $n_{ДВ}$  - частота обертання ротора двигуна,  $n_{ДВ} = 1440$  об/хв.;

$n_{P1}, n_{P2}$  - найменша і найбільша частота обертання ротора дробарки,

$n_{P1} = 250$  об/хв.,  $n_{P2} = 500$  об/хв.

Визначимо діапазон регулювання частоти обертання ротора дробарки за допомогою коробки передач:

$$D = \frac{n_{P2}}{n_{P1}} = \frac{500}{250} = 2,0. \quad (2.3)$$

Визначимо загальний ККД передавального механізму дробарки до її модернізації:

$$\eta_{00} = \eta_K \cdot \eta_3^n \cdot \eta_{II}^m, \quad (2.4)$$

де  $\eta_K$  – ККД клинопасової передачі,  $\eta_K = 0,95$ ;

$\eta_3$  – ККД зубчастої передачі,  $\eta_3 = 0,97$ ;

$n$  – число зубчастої передачі,  $n = 3$ ;

$\eta_{II}$  – ККД підшипника кочення,  $\eta_{II} = 0,99$ ;

$m$  – число підшипників кочення,  $m = 8$ .

Тоді:

$$\eta_{00} = \eta_K \cdot \eta_3^n \cdot \eta_{II}^m = 0,95 \cdot 0,97^3 \cdot 0,99^8 = 0,83.$$

Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30М після її модернізації наведена на рис. 2.2.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

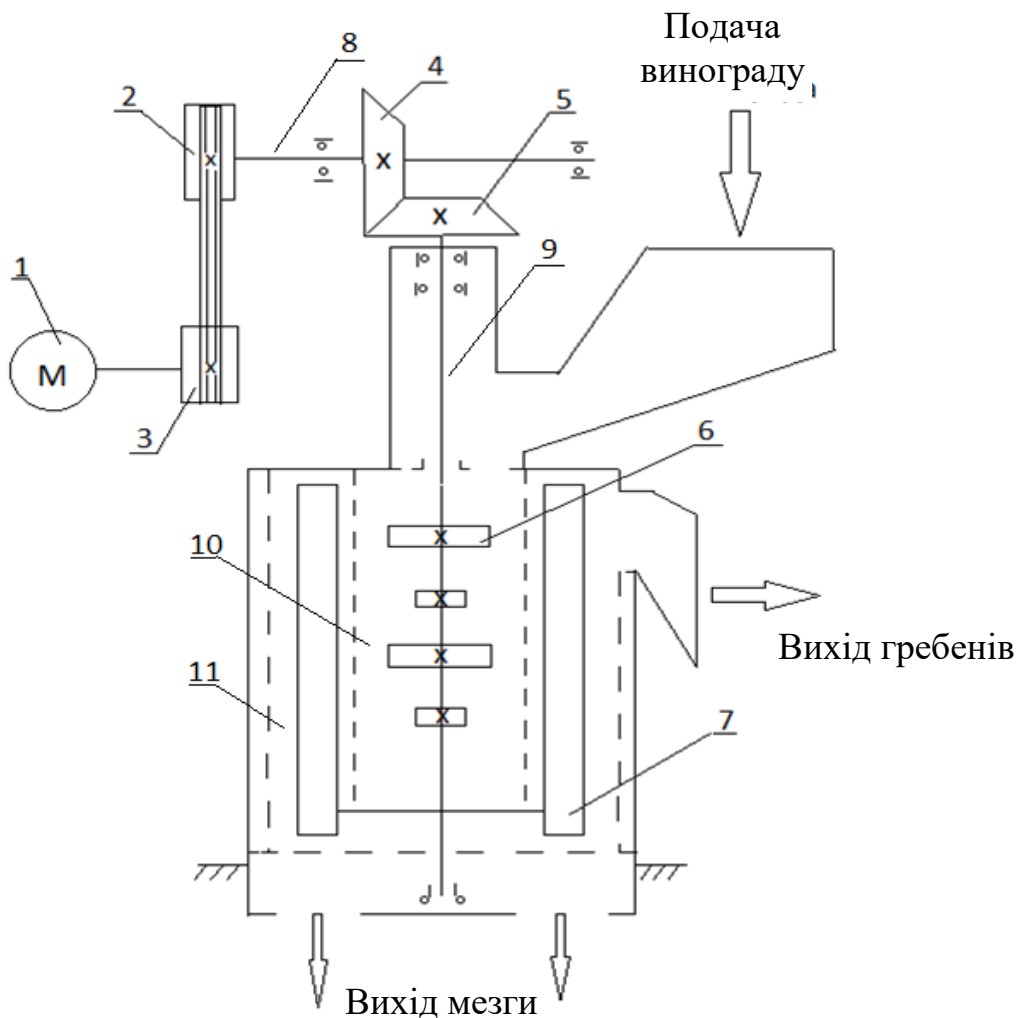


Рисунок 2.2 – Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30М після її модернізації:

*1* – електродвигун; *2, 3* – шків ведучий і ведений; *4, 5* – шестерні конічної передачі; *6* – лопатки – 4 шт.; *7* – лопаті – 2 шт.; *8* – вал проміжний горизонтальний; *9* – вал дробарки вертикальний; *10, 11* – малий та зовнішній перфоровані циліндри.

Визначимо загальне передавальне число механізму привода дробарки при найбільшій частоті обертання ротора:

$$i_0 = \frac{n_{ДВ}}{n_{р2}} = \frac{1440}{500} = 2,88. \quad (2.5)$$

Визначимо передавальне число зубчастої конічної передачі:

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$i_{3K} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{47}{39} = 1,21. \quad (2.6)$$

де  $Z_1, Z_2$  - число зубів ведучої і веденої зірочок,  $Z_1 = 39$  шт.,  $Z_2 = 47$  шт.

Визначимо передавальне число клинопасової передачі:

$$i_K = \frac{i_0}{i_{3K}} = \frac{2,88}{1,21} = 2,38. \quad (2.7)$$

Приймаємо діаметр ведучого шківa клинопасової передачі  $D_1 = 150$  мм і визначимо діаметр веденого шківa клинопасової передачі  $D_2$ :

$$D_2 = D_1 \cdot i_K = 150 \cdot 2,38 = 357 \text{ мм}. \quad (2.8)$$

Приймаємо діаметр веденого шківa клинопасової передачі  $D_2 = 350$  мм. Визначимо загальний ККД передавального механізму дробарки після її модернізації:

$$\eta_{0M} = \eta_K \cdot \eta_3^n \cdot \eta_{II}^m, \quad (2.9)$$

де  $\eta_K$  – ККД клинопасової передачі,  $\eta_K = 0,95$ ;

$\eta_3$  – ККД зубчастої передачі,  $\eta_3 = 0,97$ ;

$n$  – число зубчастої передачі,  $n = 1$ ;

$\eta_{II}$  – ККД підшипника кочення,  $\eta_{II} = 0,99$ ;

$m$  – число підшипників кочення,  $m = 4$ .

Тоді:

$$\eta_{0M} = \eta_K \cdot \eta_3^n \cdot \eta_{II}^m = 0,95 \cdot 0,97^1 \cdot 0,99^4 = 0,90.$$

Визначимо співвідношення загальних ККД передавальних механізмів дробарки до і після її модернізації:

$$\frac{\eta_{0M}}{\eta_{00}} = \frac{0,90}{0,83} = 1,08. \quad (2.10)$$

Отже, загальний ККД передавального механізму дробарки після її модернізації в 1,08 разів більше, ніж до її модернізації.

Висновок за розрахунком.

Застосування перетворювача частоти для привода ротора дробарки дозволило виключити чотириступінчасту коробку передач, що істотно спростило її кінематичну схему і підвищило загальний ККД привода.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна електропривода

Потужність електродвигуна вибирають з каталогу за розрахунковою потужністю з умови  $P_{НОМ} \geq P_{РОЗРАХ}$  і синхронної частоти обертання  $n_0$  ( $n_0 = 3000, 1500, 1000, 750$  об/хв.) із урахуванням режиму його роботи: режим S1 - тривалий, ПВ > 60%; режим S2 - короткочасний, ПВ < 15%; режим S3 - повторно-короткочасний,  $15\% \leq \text{ПВ} \leq 60\%$ .

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

$$P_{НОМ} \geq P_{РОЗРАХ}, \quad (2.11)$$

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

Потужність двигуна відцентрової дробарки  $P_{ДВ}$ , як і інших механізмів для тривалого режиму роботи із мало змінним навантаженням (режим роботи S1), визначають за потужністю на валу робочого органу машини із урахуванням витрат у проміжних механічних передачах і коефіцієнта запасу потужності.

Основними статтями витрат потужності є витрати на дроблення винограду, на відділення гребенів і на подолання сил тертя при обертанні ротора дробарки.

Витрати на дроблення визначаємо за витратами кінетичної енергії руху ягід, при якій вони повністю розбиваються:

$$P_{ДР} = \frac{g \cdot Q \cdot V^2}{2 \cdot 1000}, \quad (2.12)$$

де  $Q$  – продуктивність дробарки за виноградом,  $Q = 8,4$  кг/с (30 т/год.);

$V$  - швидкість руху ягід,  $V = 4,0 \dots 9,0$  м/с;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Тоді:

$$P_{ДР} = \frac{9,8 \cdot 8,4 \cdot 9,0^2}{2 \cdot 1000} = 3,35 \text{ кВт.}$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність витрат на відділення гребенів визначимо за залежністю:

$$P_{\text{ГР}} = \frac{a \cdot Q}{1000}, \quad (2.13)$$

де  $a$  - питома робота на відділення гребенів, у залежності від сорту винограду змінюється в межах  $a = 80 \dots 180 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{кг}$ .

Тоді:

$$P_{\text{ГР}} = \frac{180 \cdot 8,4}{1000} = 1,52 \text{ кВт.}$$

Потужність, яка витрачається на обертання ротора, визначається за залежністю:

$$P_{\text{ВР}} = \frac{m_p \cdot g \cdot f \cdot d_p \cdot \omega}{2 \cdot 1000} = \frac{m_p \cdot g \cdot f \cdot d_p \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (2.14)$$

де  $m_p$  – маса ротора в зборі,  $m_p = 230 \text{ кг}$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ ;

$f$  – наведений коефіцієнт тертя,  $f = 0,02 \div 0,03$ ;

$d_p$  – діаметр ротора – гребеневідділювача,  $d_p = 1,1 \text{ м}$ ;

$\omega$  – кутова швидкість обертання,  $52,3 \text{ рад}/\text{с}$ ;

$n$  – частота обертання ротора,  $n = 500 \text{ об}/\text{хв}$ .

$$P_{\text{ВР}} = \frac{230 \cdot 9,8 \cdot 0,03 \cdot 1,1 \cdot 3,14 \cdot 500}{1000 \cdot 60} = 1,95 \text{ кВт.}$$

Сумарна потужність на валу ротора – гребеневідділювача дорівнює:

$$P_O = P_{\text{др}} + P_{\text{ГР}} + P_{\text{ВР}} \cdot 3,35 + 1,52 + 1,95 = 6,82 \text{ кВт} \quad (2.15)$$

Потужність на валу двигуна привода визначимо за формулою:

$$P_{\text{ДВ}} = \frac{P_O}{\eta_3} \cdot K_3, \quad (2.16)$$

де  $\eta_3$  – загальний ККД кінематичної схеми,  $\eta_3 = 0,89$ ;

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

$$P_{\text{ДВ}} = \frac{6,82}{0,89} \cdot 1,2 = 9,2 \text{ кВт.}$$

Вибираємо трифазний асинхронний двигун із короткозамкненим ротором серії АІР, технічні дані якого наведено в табл. 2.1.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.1 Технічна характеристика двигуна АІР132М4У3.

$P_{НОМ}$ , кВт	$n_{НОМ}$ , об/хв.	$\eta_{НОМ}$ , %	$\cos\varphi_{НОМ}$	$K_{П}$	$K_{М}$	$K_{Г}$	$J_{ДВ}$ , кг·м <sup>2</sup>	Рівень шуму, дБ	Маса, кг
11,0	1440	87,5	0,87	2,0	2,2	7,5	0,16	69	70

Розшифрування маркування електродвигуна АІР132М4У3:

- **АІР** - назва серії: асинхронний серії Інтерелектро;
  - **132** - висота вісі обертання вала, мм;
  - **М** - довжина корпусу за настановними розмірами;
  - **4** - число магнітних полюсів статора: 2 полюси (одна пара полюсів).
  - **У** - кліматичне виконання: клімат помірний;
  - **3** - категорія розміщення двигуна: у закритих приміщеннях.
- ступінь захисту **ІР44** ( **ІР** - захищений, **44** - закритого виконання).

Двигун кліматичного виконання і категорія розміщення відповідає вимогам ГОСТ-у 15150-69.

#### 2.4 Розрахунок і вибір кабелю живлення електропривода відцентрової дробарки

Вихідними даними для вибору і розрахунку параметрів кабелю живлення є нагрівання його струмом навантаження. Якщо кабель живлення застосовується для двигуна, то в якості струму навантаження може виступати струм двигуна,

який визначають за формулою:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos\varphi_{НОМ} \cdot \eta_{НОМ}}, \quad (2.17)$$

де  $P_{НОМ}$  – номінальна потужність двигуна,  $P_{НОМ} = 11,0$  кВт;

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

$\cos\varphi_{НОМ}$  – номінальний коефіцієнт потужності,  $\cos\varphi_{НОМ} = 0,87$ ;

$\eta_{НОМ}$  – номінальний ККД двигуна,  $\eta_{НОМ} = 87,5\%$ .

Тоді:

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$I_{НОМ} = \frac{11,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,875} = 21,9 \text{ А.}$$

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

$$I_{ДОП} \geq I_{НОМ}, \quad (2.18)$$

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

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

З умови струмового навантаження (2.18) і механічної міцності кабелю (дробарка є машиною з підвищеною вібрацією), вибираємо чотирижильний кабель з мідними жилами, перетин жили 2,5 мм<sup>2</sup> з подвійною поліхлорвініловою ізоляцією з  $I_{ДОП} = 27 \text{ А}$ :

$$I_{ДОП} = 27 \text{ А} \geq I_{НОМ} = 21,9 \text{ А.}$$

Перевіряємо перетин кабелю за умовою відповідності струму захисного апарату:

$$I_{ДОП} \geq K_3 \cdot I_3, \quad (2.19)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт захисту ( $K_3 = 1,0$ ) визначається за таблицею 3.10 [7];

$I_3$  – уставка вимикача захисного апарату, А ( $I_3 = 25,0 \text{ А}$ ).

$$I_{ДОП} = 27 \text{ А} \geq K_3 I_3 = 25,0 \cdot 1,0 = 25 \text{ А.}$$

Умова (2.5) виконується, тому приймаємо кабель з мідними жилами з перетином струмопровідної жили 2,5 мм<sup>2</sup>.

Перевіряємо вибраний перетин кабелю за втратою напруги в ньому.

$$\Delta U_{ДОП} \geq \Delta U_P, \quad (2.20)$$

де  $\Delta U_{ДОП}$  – допустима втрата напруги в кабелі, для двигуна  $\Delta U_{ДОП} = 5,0\%$ ;

$\Delta U_P$  - розрахункова втрата напруги в кабелі:

$$\Delta U_P = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{НОМ} \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi)}{U_{НОМ}} \cdot 100\%, \quad (2.21)$$

де  $\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності двигуна,  $\cos\varphi = 0,87$ ;

$r_0$  – активний погонний опір лінії, Ом/км:

$$r_0 = \frac{1000}{\gamma \cdot S}, \quad (2.22)$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

тут  $\gamma = 32$  Ом/км - питома активна провідність алюмінію

$S$  – площа перерізу жили кабелю,  $S = 2,5$  мм<sup>2</sup>;

$x_0$  – реактивний погонний опір лінії,  $x_0 = 0,06$  Ом/км;

$l$  – довжина лінії,  $l = 0,05$  км;

$\sin\varphi = \sin(\arccos\varphi) = \sin \cdot (\arccos 0,86) = 0,51$ ;

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

Тоді:

$$r_0 = \frac{1000}{32 \cdot 2,5} \approx 12,5 \text{ Ом/км.}$$

$$\Delta U_{\text{P}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 21,9 \cdot 0,05 \cdot (12,5 \cdot 0,87 + 0,06 \cdot 0,50)}{380} \cdot 100\% = 2,1\%.$$

Так як:

$$\Delta U_{\text{ДОП}} = 5,0\% > \Delta U_{\text{P}} = 2,1\%,$$

то умова (2.20) за допустимою втратою напруги в кабелі виконана.

**Висновок.** Вибраний перетин кабелю забезпечить нормальну роботу двигуна модернізованої відцентрової дробарки ЦДГ-30М.

## 2.5 Розрахунок і вибір апаратів захисту та управління електропривода відцентрової дробарки

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

Як апарат комутації та захисту двигуна від струмів короткого замикання (КЗ) і струмів тривалого перевантаження (ТП) можна використовувати автоматичний вимикач серії АЕ20, параметри якого визначаються за такими виразами:- теплова уставка вимикача для двигуна:

$$I_{\text{ТВр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{НОМ}} . \quad (2.23)$$

Тоді:

$$I_{\text{ТВр}} \geq 1,25 \cdot 21,9 = 27,3 \text{ А.}$$

Вставка електромагнітного вимикача:

$$I_{\text{ЕВр}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{П}} \quad (2.24)$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $I_{II}$  – пусковий струм двигуна, А:

$$I_{II} = K_{II} \cdot I_{НОМ} \quad (2.25)$$

де  $K_{II}$  – коефіцієнт кратності пускового струму двигуна,  $K_{II} = 7,5$ .

Тоді:

$$I_{II} = 7,5 \cdot 21,9 = 164 \text{ А.}$$

$$I_{ЕВр} = 1,2 \cdot 164 = 197 \text{ А.}$$

За розрахунковими даними вибираємо автоматичний вимикач типу АЕ 2020 із наступними технічними даними:

$$I_{НОМ} = 63 \text{ А}; I_{ТВ} = 31,5 \text{ А}; I_{ЕВ} = 1,0 \text{ кА.}$$

Перевіримо вимикач за умовами вибору:

$$I_{НОМ} = 63 \text{ А} > I_{НОМр} = 21,9 \text{ А};$$

$$I_{ТВ} = 31,5 \text{ А} \geq I_{ТВр} = 27,3 \text{ А};$$

$$I_{ЕВ} = 1000 \text{ А} > I_{II} = 164 \text{ А.}$$

**Висновок:** автоматичний вимикач АЕ2040 відповідає умовам роботи привода дробарки ЦДГ-30М.

Таблиця 2.2 Технічні дані автоматичного вимикача АЕ2040

Тип вимикача	Номинальний струм, $I_{НОМ}$ , А	Струм теплової уставки, $I_{ТВ}$ , А	Струм короткого замикання граничний, кА
АЕ2040 – 10Н	63	31,5	1,0

Вибираємо тип і розмір магнітного пускача для включення двигуна привода компресора із серії ПМЛ на 380 В 50 Гц із напругою котушки управління

$U_k = 36 \text{ В}$  50 Гц. Величину магнітного пускача визначаємо за струмом двигуна:

$$I_{МП} \geq I_{ДВ}, \quad (2.26)$$

де  $I_{МП}$  – номінальний струм магнітного пускача,  $I_{МП} = 25 \text{ А}$  для ПМЛ-2100:

$$I_{МП} = 25 \text{ А} \geq I_{ДВ} = 21,9 \text{ А.}$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для захисту двигунів від струмів тривалого перевантаження вибираємо реле електроструміві теплові серії РТЛ, призначені для роботи в комплекті з магнітним пускачем серії ПМЛ з умови:

$$I_{TP \text{ МИН}} \leq I_{ДВ} \leq I_{TP \text{ МАХ}}, \quad (2.27)$$

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

Для теплового реле типу РТЛ-1021  $I_{TP} = 13,0 \dots 19,0$  А:

$$I_{TP \text{ МИН}} = 18,0 \text{ А} < I_{ДВ} = 21,9 \text{ А} < I_{TP \text{ МАХ}} = 25,0 \text{ А}.$$

**Висновок:** магнітний пускач ПМЛ-2100 і теплове реле РТЛ-1022 відповідають умовам роботи привода дробарки ЦДГ-30М.

Таблиця 2.3 Комутуючі і захисні апарати двигуна

Двигун			Магнітний пускач			Теплове реле		
Позна-чення	$P_{НОМ}$ , кВт	$I_{ДВ}$ , А	Позна-чення	Тип	$I_{МП}$ , А	Позна-чення	Тип	$I_{TP \text{ МИН}}, I_{TP \text{ МАХ}}, \text{А}$
М1	11,0	21,9	КМ1	ПМЛ-2100	25	КК1	РТЛ-1022	18,0...25,0

Для зниження напруги в ланцюгах управління і сигналізації до безпечного значення вибираємо роздільний трансформатор типу ОСМ1-0,063УЗ 220/5-42 УХЛ на номінальну напругу первинної обмотки 220 В 50 Гц, вторинної обмотки 5 В і 42 В з відведенням на 37 В, номінальна повна потужність якого  $S_{НОМ} = 0,063$  кВ·А.

Для світлової індикації вибираємо лампи розжарювання комутаційні типу КМ 48-50 з номінальною напругою  $U_{л} = 48$  В 50 Гц і струмом  $I_{л} = 50$  мА. Лампи працюватимуть з недожаром, а їх термін експлуатації значно збільшується.

Інші елементи схеми управління додаткових розрахунків не вимагають і наведені в специфікації.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.4 Специфікація

Познач.	Найменування	Кільк.	Примітки
QF1	Вимикач автоматичний АЕ2040 – 10Н, 380 В 50 Гц, ТУ – 522. 064 - 82	1	$I_{НОМ} = 63 \text{ А}$ $I_{СР} = 31,5 \text{ А}$
QF2	Вимикач автоматичний ВА-2001, 380 В 50 Гц, ТУ – 523. 074 - 02	1	$I_{НОМ} = 2,0 \text{ А}$
КМ1	Пускач магнітний ПМЛ – 2100,	1	25 А
КК1	Реле теплове електрострумове РТЛ - 1022, ТУ16 – 523.472 – 78	1	18,0...25,0 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	
HL1	Лампа КМ 48 - 50УХЛ4 з арматурою світлосигнальною	1	Зелений колір
HL2	ТУ 16 - 535.582 - 76	1	Молочний колір
M1	Двигун АІР132М4УЗ, 380В 50 Гц	1	11,0 кВт,1440 об/хв.

**Висновок.** Вибрані апарати комутації і захисту двигуна забезпечують надійну роботу модернізованої відцентрової дробарки ЦДГ-30М.

## 2.6 Електрична принципова схема релейно-контакторного управління електропривода відцентрової дробарки

Електрична принципова схема релейно-контакторного управління електропривода відцентрової дробарки представлена на рис. 2.3. Вмикання і вимикання двигуна привода машини М1 здійснюється магнітним пускачем КМ1 за допомогою його головних замикаючих контактів КМ1:1.

Вмикання і вимикання машини здійснюється від однієї із кнопок поста управління SB2.1 - «Стоп» і SB2.2 - «Пуск».

Захист двигуна від струмів перевантаження забезпечується відповідним тепловим електрострумовим реле КК1 і його контактів КК1:1. Захист двигуна від струмів короткого замикання здійснюється автоматичним вимикачем QF1. Блокування ланцюгів управління, яке запобігає включенням двигунів привода машини при знятті огороження привода, здійснюється колійним вимикачем SQ1.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Для роботи машини у складі лінії використовують додаткові замикаючі контакти КМ1:3 і розмикальні КМ1:4.

## 2.7 Обґрунтування застосування перетворювача частоти ПЧ в електроприводі відцентрової дробарки

Для схеми управління з прямим пуском двигуна електропривода відцентрової дробарки пусковий струм складає:

$$I_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot I_{НОМ} = 7,5 \cdot 21,9 = 164 \text{ А.}$$

Під час прямого пуску двигуна відбувається істотне 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 відцентрових дробарок потужністю  $P_{НОМ} = 7,5$  кВт та більше рекомендується застосовувати схему пуску двигунів при з'єднанні обмоток фаз статора зіркою з подальшим перемиканням їх на трикутник. Це дозволяє зменшити пусковий струм двигуна в 1,7 рази, а пускову потужність в 3,0 рази, але при цьому пусковий момент двигуна знижується в 3,0 рази.

Така схема пуску двигунів більш ефективна, ніж схема прямого пуску двигуна, однак також призводить 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 менш виражені.

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

Перетворювачі частоти за вартістю співставні із вартістю пристроїв для плавного пуску асинхронних двигунів, вони нижче на 20...30% від вартості перетворювачів частоти тієї же потужності, однак не співставні за функціональними можливостями: здійснюють плавний пуск двигунів,

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулюють частоту їхнього 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 витоків, тобто при зниженні опору ізоляції обмоток двигуна та інше, крім того, ПЧ має внутрішній ПД-регулятор і внутрішні датчики контролю частоти обертання ротора, струму, потужності, моменту двигуна.

На рис. 2.4 представлені дві структурні схеми управління автоматизованого електропривода відцентрової дробарки

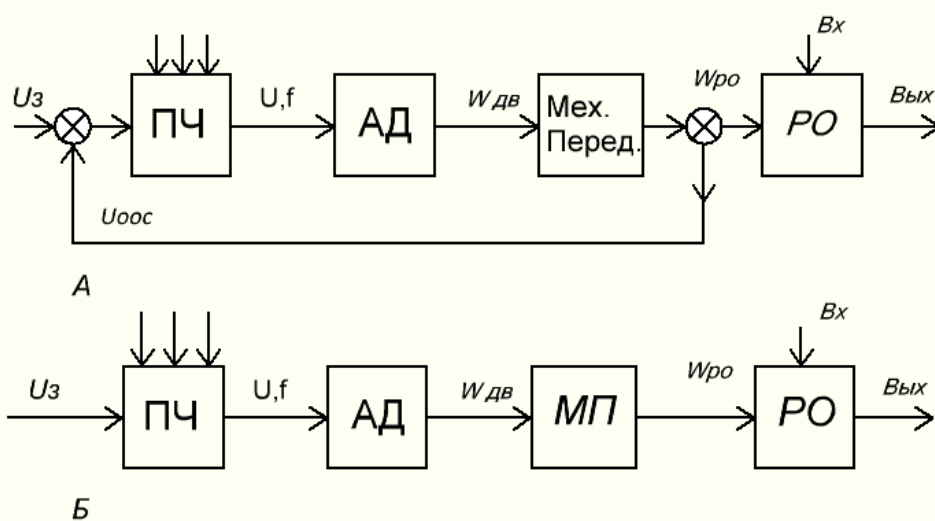


Рисунок 2.4 – Структурні схеми управління автоматизованого електропривода відцентрової дробарки:

А- замкнена система управління з негативним зворотним зв'язком за швидкістю обертання робочого органу;

Б- розімкнена система управління без зворотного зв'язку;

**ПЧ** - перетворювач частоти; **АД** - асинхронний електродвигун;

**МП** - механізм передачі руху робочого органу (ротора дробарки);

**РВ** - робочий орган машини (ротор дробарки);

**Вх.** - подача винограду; **Вих.** - вихід подрібненого винограду (мезги).

Перша схема управління застосовується при високій точності підтримки швидкості обертання ротора 0,5...1,0%, а друга при більш низькій точності - 2...5%.

Вимоги до точності підтримки швидкості обертання ротора дробарки відповідно до технічного завдання становлять 5,0%, отже будемо використовувати ПЧ без використання внутрішнього регулятора, тобто без зворотних зв'язків.

ПЧ для асинхронних двигунів забезпечують роботу електропривода з коефіцієнтом потужності більше 0,95 ( $\cos\varphi_{\text{кном}} \geq 0,95$ ), отже, у разі застосування ПЧ індивідуальної установки для компенсації реактивної потужності двигуна не потрібно.

Установка ПЧ дозволить регулювати частоту обертання ротора дробарки для підвищення якісних і кількісних характеристик її роботи, а також для зниження питомих витрат електроенергії в процесі подрібнення винограду.

## 2.8 Вибір перетворювача частоти ПЧ для двигунів електропривода відцентрової дробарки

Обраний перетворювач частоти ПЧ повинен бути розрахований на потужність двигуна дробарки, тобто на 11,0 кВт.

Приймається до установки частотний перетворювач типу ACS350-03E-12, параметри якого наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 - Паспортні дані ПЧ типу ACS350-03E-12

Тип, виконання	ACS350-03E-12
Номінальна повна потужність, кВ·А	12
Номінальна потужність двигуна, кВт	11
Номінальний струм навантаження $I_{\text{ном}}$ , А	25,0
Вихідна напруга	3x (0 ... 380 В) ± 2% (значення максимально вихідної напруги програмується)

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Коефіцієнт корисної дії	не менше 0,95 (без двигуна)
Коефіцієнт потужності	не менше 0,95
Умови навколишнього середовища:	робоча температура +1...+40°C, вологість до 90%.
Короткочасне допустиме відхилення напруги живильної мережі, при якому електропривод зберігає працездатний стан	-40%
Опір ізоляції гальванічно не пов'язаних ланцюгів і щодо корпусу, не менше	10 МОм
Електрична міцність ізоляції	2500 В, 50 Гц, протягом 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.
Ступінь захисту	IP21

Таблиця 2.10 - Функціональні можливості ПЧ.

Основні	Управління роботою АТ 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 параметра за рахунок вбудованого ПД-регулятора
	Захист ПЧ, АД і механізмів в аварійних і нештатних режимах
	Дистанційний прийом і обробка сигналів управління, завдання параметрів і режимів, у тому числі по каналу послідовного зв'язку від керуючих машин і систем вищого рівня

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Додаткові	Сигналізація, відображення і дистанційна передача інформації про параметри і режими роботи
	Облік відпрацьованого часу
	Реєстрація відмов, позаштатних і аварійних режимів



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти типу ACS350-03E-12

При виборі перетворювача частоти керуємося такими міркуваннями:

- це має бути надійний виробник, продукція якого у даний час представлена на ринку України;
- у вільному доступі (у мережі інтернет) можна отримати детальну інструкцію по монтажу, підключенню силових кіл та системи управління, а також обмеження по умовам використання.

Обраний перетворювач - продукція шведсько-швейцарської компанії АВВ, на поточний момент представлений на ринку України за ціною 14 847 грн.

<https://fct.com.ua/ru/shop/product/abb-acs350-03e-12a5-4-55-kvt-380-v>

					<b>КРБ.EMmaM.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

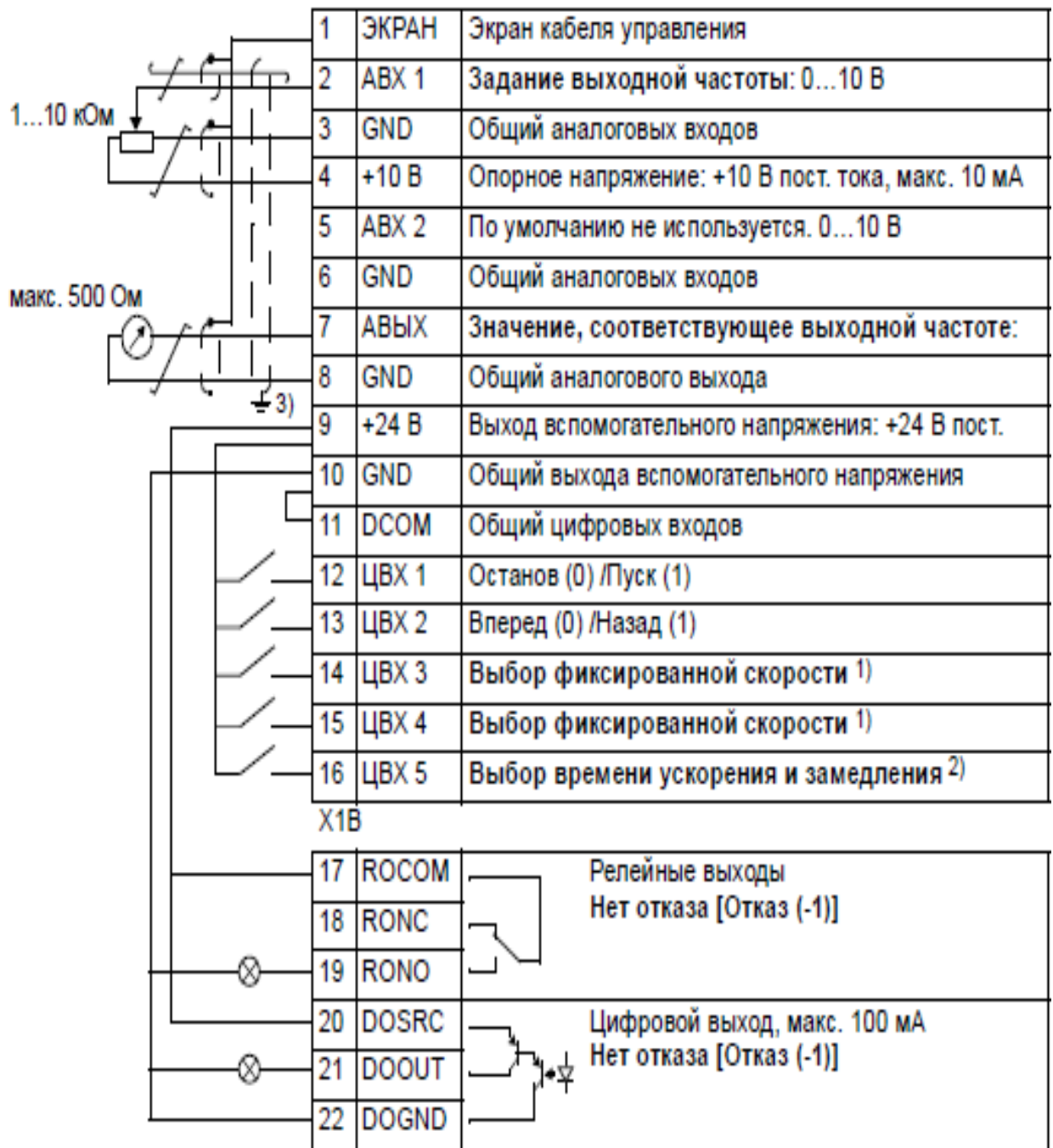


Рисунок 2.6 - Схема підключення електроприводів (ланцюги управління) до перетворювача частоти типу ACS350-03E-12

Додатковою перевагою є наявність у вільному доступі в мережі інтернет Керівництво по експлуатації для даної серії , наприклад за посиланням

[https://library.e.abb.com/public/28ecf826cd0c134ec12573480026c8c0/RU\\_ACS350\\_UM\\_D\\_screenres.pdf](https://library.e.abb.com/public/28ecf826cd0c134ec12573480026c8c0/RU_ACS350_UM_D_screenres.pdf)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

38

Формат А4

Таблиця 2.11 - Призначення клемників ланцюгів управління

ХТ1	призначений для підключення зовнішніх дискретних сигналів (6 дискретних входів Rвходу - 2 кОм, I 10...20 мА).
ХТ2	програмовані дискретні виходи (250 В, 3 А).
ХТ3	багатофункціональний клемник, призначений для підключення зовнішніх пристроїв, до його складу входять клеми: - Харчування 24 В, 0,5 А для датчика технологічного параметра дистанційного пульта тощо; - 2 гальванічно не пов'язаних програмованих аналогових входи (0 5 мА, 0 (4) 20 мА, 0 10 В); - Клеми підключення зовнішньої кнопки «АВАРІЙНИЙ СТОП».
ХТ4	багатофункціональний клемник, призначений для підключення зовнішніх пристроїв, до його складу входять клеми: - Живлення 24 В, 0,5 А для датчика технологічного параметра; - 1 аналоговий вхід для підключення зовнішнього потенціометра «ЗАВДАННЯ»; - 3 дискретних виходи (250 В, 0,1 А).
ХТ5	1 дискретний вихід «Електропривод включений» (250 В, 3 А) і 1 програмований дискретний вихід (250 В, 3 А).
ХТ15, ХТ16	клемники, використовувані при встановленні додаткових блоків. Клемники ХТ15, ХТ16 встановлюються за наявності таких субблоків розширення: - Субблок інтерфейсу RS485; - Субблок аналогових виходів (2 програмованих аналогових виходу 0-5мА, 0 (4)-20мА, 0-10В); - Субблок аналогових входів (2 гальванічно не пов'язаних програмованих аналогових входу 0-5мА, 0 (4)-20мА, 0-10В); - Субблок аналогових входів (4 гальванічно пов'язаних програмованих аналогових входу 0-5мА, 0 (4)-20мА, 0-10В); - Субмодуль технологічний.
ХТ6	Мережа А;
ХТ7	Мережа В;
ХТ8	Мережа С;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

39

ХТ9	Нейтраль;
ХТ10	Вихід U;
ХТ11	Вихід V;
ХТ12	Вихід W;
ХТ13	Rd+;
ХТ14	Rd-.

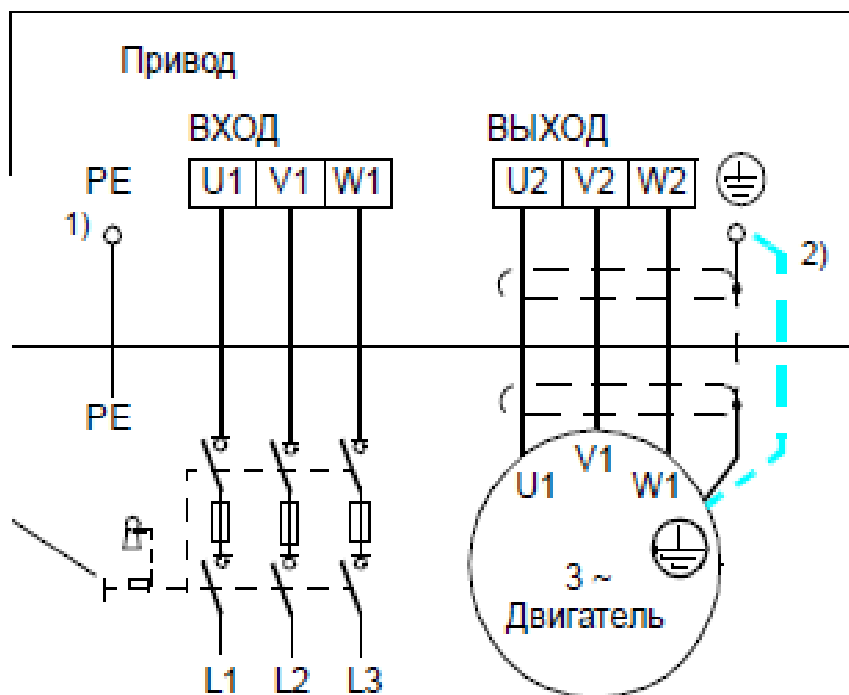


Рисунок 2. 8 – Схема підключення  
силового ланцюга ПЧ ACS350-03E-12

**Висновок:** частотний перетворювач типу ACS350-03E-12 повністю відповідає вимогам до електропривода дробарки ЦДГ-30М.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

40

Формат А4

## 2.9 Електрична принципова схема управління електропривода відцентрової дробарки з ПЧ

Електрична принципова схема управління електропривода відцентрової дробарки з ПЧ представлена на рис. 2.9.

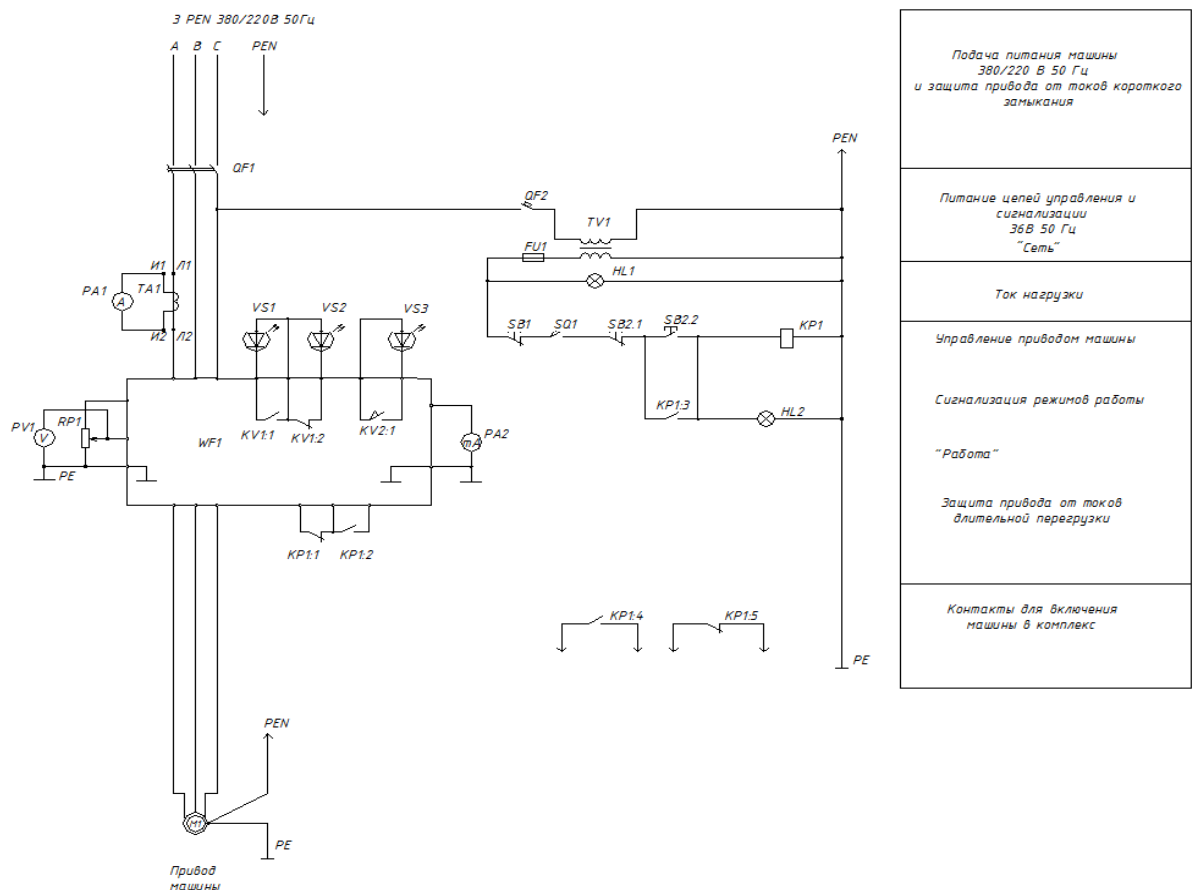


Рисунок 2.9. Електрична принципова схема автоматичного управління електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30М з ПЧ-АД.

Для автоматичного керування приводом машини приймаємо до установки частотний перетворювач типу ACS350-03E-12. 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; робота на заданій частоті; зупинка і реверс двигуна; робота в розімкненій або замкненій системі регулювання, робота за таймером.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Перетворювачі серії ACS350 забезпечують захист привода машини від струмів короткого замикання і тривалих струмів перевантаження, при обриві однієї з фаз або при не симетрії фазних напруг.

Основні технічні дані перетворювача ACS350-03E-12 приведені в табл. 2.9. Для порівняння в Таблиці 2.12 надаються Технічні характеристики перетворювача частоти АТ06-12

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики перетворювача частоти АТ06-12

$U_{НОМ}, В$	$f_c, Гц$	$P_{НОМ}, кВт$	$I_{НОМ}, А$	$U_{ВИХ}, В$	$f_{ВИХ}, Гц$
380x3	50 (60)	12,0	25	10...380	0,5...200

Для зниження напруги в ланцюгах 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 відведенням на 37 В, номінальна повна потужність трансформатора  $S_{НОМ} = 0,063 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ .

Для світлової індикації вибираємо комутаційні лампи розжарювання типу КМ48-50 з номінальною напругою живлення 48 В 50 Гц і струмом 50 мА. Лампи працюватимуть з недожаром, а їх термін експлуатації значно збільшується.

Інші елементи схеми управління додаткових розрахунків не вимагають і наведені в специфікації.

Перетворювач частоти WF1 забезпечує плавне регулювання частоти обертання вала двигуна М1 в діапазоні 750...1500 об/хв., захист двигунів від струмів тривалого перевантаження і від струмів короткого замикання.

Включення і відключення двигуна привода насоса машини М1 здійснюється перетворювачем частоти WF1 за допомогою проміжного реле КР1 і його замикаючих КР1:1 і розмикальних контактів КР1:2 шляхом натискання однієї з кнопок поста управління SB2.1 - «Стоп» або SB2.2 - «Пуск».

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

На табло перетворювача частоти WF1 розташовані світло-діоди VS1...VS4 для індикації режимів його роботи: VS1 - «Мережа», VS2 - «Робота», VS3 - «Норма», VS4 - «Аварія». На корпусі перетворювача розташована клавіатура для його програмування, наприклад, час розгону і гальмування двигуна.

Частота обертання двигуна M1 задається реостатом RP1 за індикатором PV1. Фактична частота обертання визначається індикатором PA2.

Подача напруги живлення машини здійснюється автоматичним вимикачем QF1. Блокування ланцюгів управління, яке запобігає включенню двигуна привода машини при знятих огороженнях привода, здійснюється колійним вимикачем QS1. Для аварійної зупинки машини 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.

Включення і захист ланцюгів управління і сигналізації від струмів короткого замикання здійснюється з боку вищої напруги автоматичним вимикачем QF2, а з боку нижчої напруги плавким запобіжником FU1.

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

Повторне мимовільне включення машини після короткочасного зникнення електроенергії забезпечується перетворювачем частоти WF1, а також проміжним реле KP1 шляхом розімкнення його замикаючих контактів KP1:1 і KP1:2.

Для роботи машини у складі лінії використовуються додаткові прикінцеві контакти KP1:3 і контакти, які розмикають KP1:4.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

### 3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА ПЕОМ

**3.1 Постановка задачі моделювання роботи електропривода на ПЕОМ.** Одним із важливіших елементів при створенні регулюючого електропривода 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. Це дозволило будувати системи управління з асинхронним двигуном (АД) за тими ж 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.

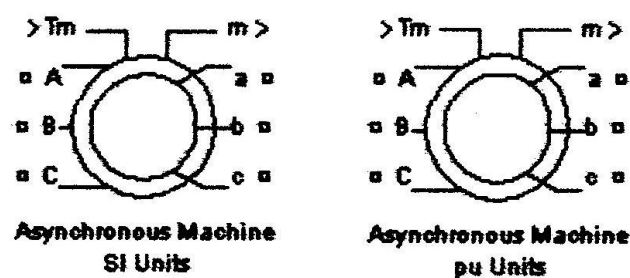


Рис. 3.1 - Піктограми асинхронної машини.

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 *Tm* призначений для подавання моменту опору.

					<b>КРБ.EMтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

На вихідному порту  $m$  формується векторний сигнал, що складається із  $2l$  елементів: 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 містить в собі 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.

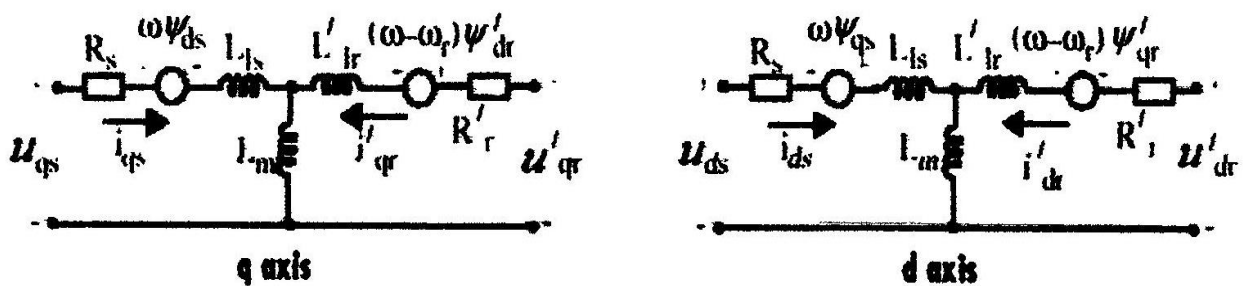


Рис. 3.2 - Схема заміщення асинхронної машини:

Для показаної схеми заміщення 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:

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

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

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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  $q$ ;
- $\psi'_{dr}, \psi'_{qr}$  – проекції потокозчеплення ротора на вісі  $d$  і  $q$ ;
- $\omega_m$  – кутова частота обертання ротора;
- $\theta_m$  – кутове положення ротора;
- $p$  – число пар полюсів;
- $\omega_Y$  – електрична кутова частота обертання ротора ( $\omega_m \times p$ );
- $\theta_Y$  – електричне кутове положення ротора ( $\theta_m \times p$ );
- $T_e$  – електромагнітний момент;

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- $T_m$  – 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 електропривода відцентрової дробарки

Для моделювання роботи асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у пакеті програм MATLAB / SIMULINK потрібно розрахувати параметри схеми заміщення двигуна (рис. 3.3).

Параметри схеми заміщення двигуна в технічних довідниках приведені у відносних одиницях.

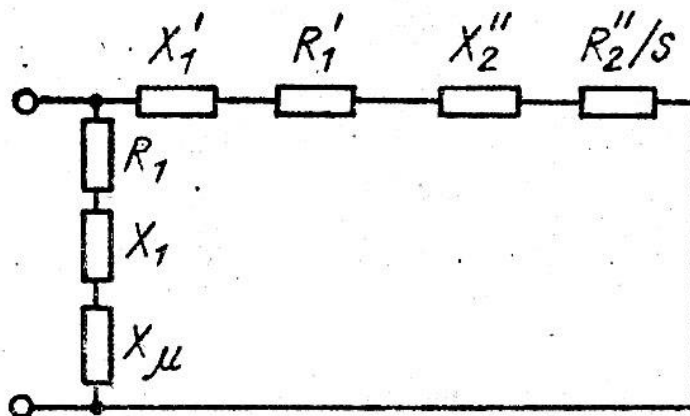


Рис. 3.3 - Схема заміщення фази асинхронного двигуна.

Користуємося довідниковими даними щодо параметрів схеми заміщення фази асинхронного двигуна серії АІР132М4У3, обраного для проектованого електроприводу.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 3.1 - Параметри схеми заміщення фази АД серії АІР132М4У3.

Параметри схеми заміщення фази АД				
$x_{\mu}$	У номінальному режимі			
	$r_1^I$	$x_1^I$	$r_2^{II}$	$x_2^{II}$
3,2	0,043	0,085	0,032	0,13

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

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

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

$I_{НОМ}$  – номінальний струм двигуна,  $I_{НОМ} = 22$  А.

Тоді базовий опір двигуна:

$$R_B = \frac{U_{НОМ}}{I_{НОМ}} = \frac{380}{22} = 17,27 \text{ Ом.}$$

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

Активний опір статора:

$$R_1^I = R_B \cdot r_1^I = 17,27 \cdot 0,043 = 0,74 \text{ Ом.} \quad (3.2)$$

Індуктивний опір статора:

$$X_1^I = R_B \cdot x_1^I = 17,27 \cdot 0,085 = 1,47 \text{ Ом.} \quad (3.3)$$

Активний опір ротора:

$$R_2^{II} = R_B \cdot r_2^{II} = 17,27 \cdot 0,032 = 0,55 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Індуктивний опір ротора:

$$X_2^{II} = R_B \cdot x_2^{II} = 17,27 \cdot 0,13 = 2,25 \text{ Ом.} \quad (3.5)$$

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

$$X_{\mu} = R_B \cdot x_{\mu} = 17,27 \cdot 3,2 = 55,26 \text{ Ом.} \quad (3.6)$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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:

$$L_1 = \frac{X_1^I}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1,47}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 4,68 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.7)$$

Індуктивність ротора:

$$L_2 = \frac{X_2^{II}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{2,25}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (3.8)$$

Індуктивність гілки намагнічування в схемі заміщення АД з КЗ ротором:

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{55,26}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,18 \text{ Гн.} \quad (3.9)$$

Момент інерції ротора двигуна АД з паспортних даних:

$$J_{ДВ} = 0,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

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

Simulink пакету Matlab і проведемо моделювання на ПЕОМ.

Двигун відцентрової дробарки АР132М4У3							
$P_{НОМ}$ , кВт	$n_{НОМ}$ , об/хв.	$\eta_{НОМ}$ , %	$\cos\varphi_{НОМ}$	$J_{ДВ}$ , кг·м <sup>2</sup>	$U_{НОМ}$ , В	$I_{НОМ}$ , А	$R_B$ , Ом
11,0	1440	87,5	0,87	0,16	380	22	17,27
Параметри схеми заміщення фази АД у відносних одиницях							
$x_\mu$	$r_1^I$	$x_1^I$	$r_2^{II}$	$x_2^{II}$	—	—	—
3,2	0,043	0,085	0,032	0,13	—	—	—
Параметри схеми заміщення фази АД у фізичних одиницях							
$X_\mu$ , Ом	$R_1^I$ , Ом	$X_1^I$ , Ом	$R_2^{II}$ , Ом	$X_2^{II}$ , Ом	$L_1$ , Гн	$L_2$ , Гн	$L_\mu$ , Гн
55,26	0,74	1,47	0,55	2,25	$4,68 \cdot 10^{-3}$	$7,17 \cdot 10^{-3}$	0,18

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

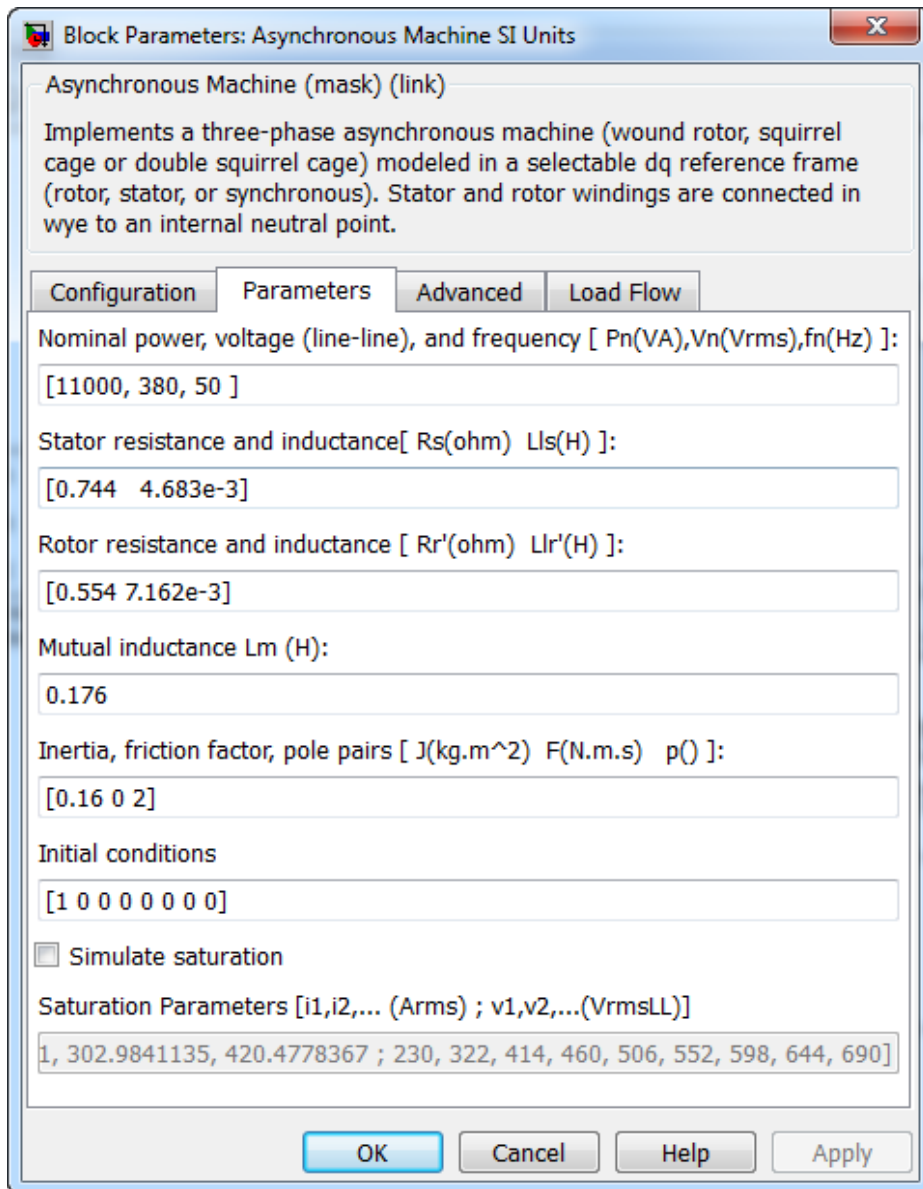


Рисунок 3.4 – Вікно параметрів моделі АД з КЗ ротором

### 3.3 Моделювання прямого пуску двигуна електропривода відцентрової дробарки

Схема для моделювання прямого пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором електропривода представлена нижче (рис. 3.5). Центральним елементом цієї схеми є піктограма асинхронного двигуна 1.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Також схема містить джерело трифазного живлення 2, трифазний вимірювач напруги і струму обмоток статора двигуна, графобудівник механічної характеристики, осцилографи та вимірювальні прилади.

Навантаження на валу двигуна дорівнює розрахованому у статичному моменті механізму і є ступінчастим, яке 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.

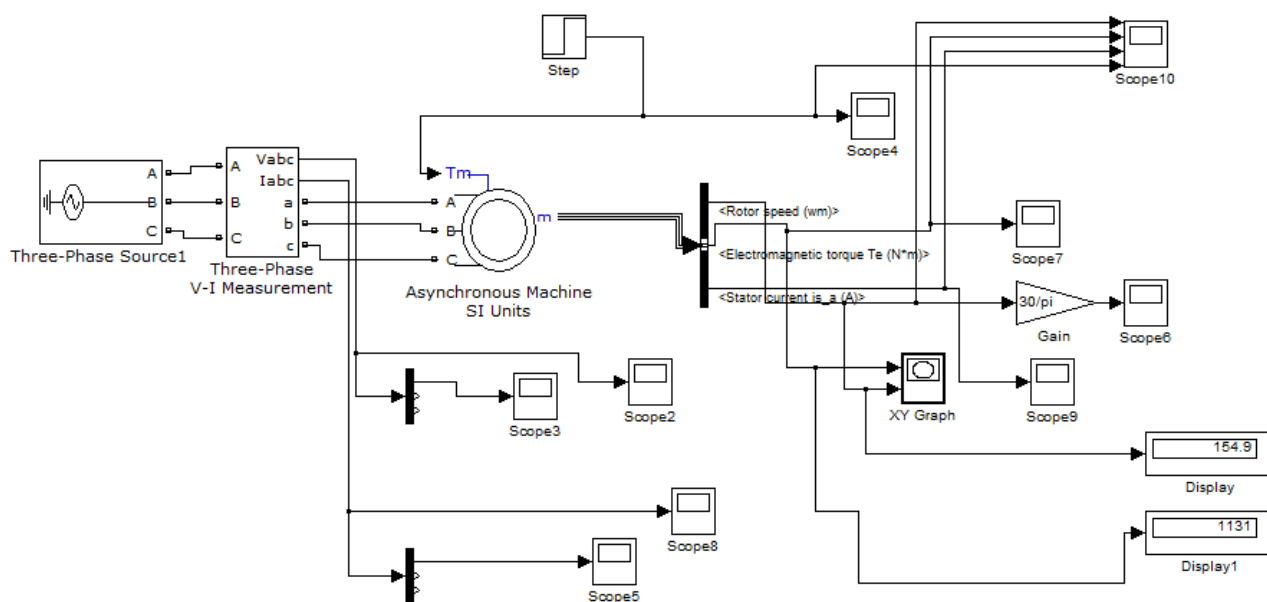


Рисунок 3.5 – Схема моделі прямого пуску АД з КЗ ротором

Важливою характеристикою є графік залежності швидкості (по осі ординат) та електромагнітного моменту двигуна (по осі абсцис) при розгоні асинхронного двигуна. Ця залежність є механічною характеристикою двигуна АД. Вона будується з використанням графобудівника.

Нижче представленні результати моделювання процесу прямого пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором в середовищі Simulink, пакету Matlab.

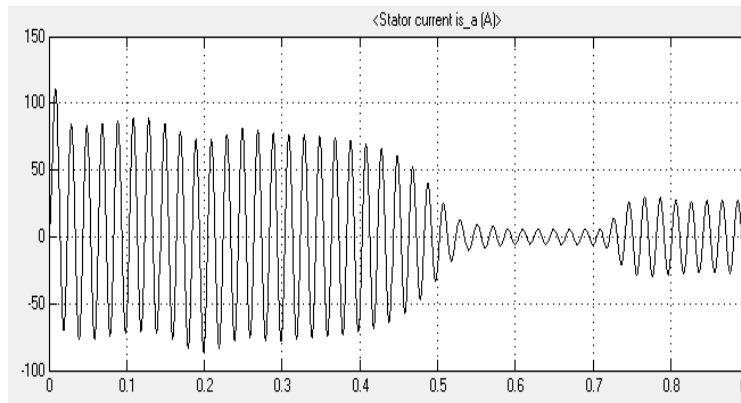


Рисунок 3.6 – Діаграма струму статора при пуску АД

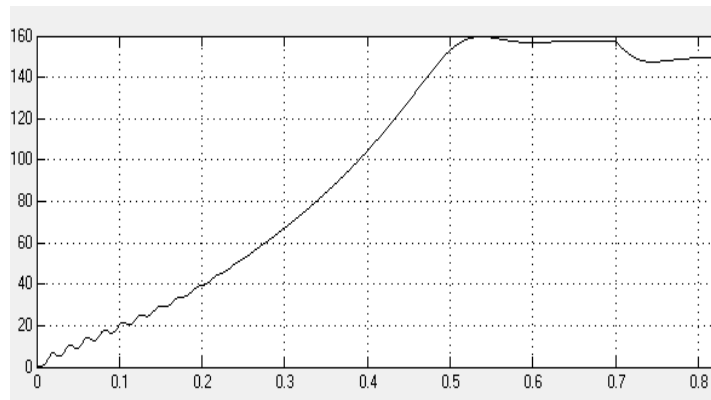


Рисунок 3.7 – Діаграма швидкості ротора при пуску АД.

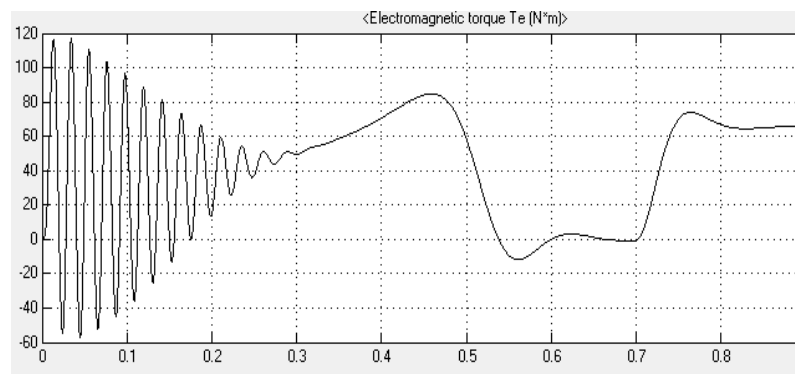


Рисунок 3.8 – Діаграма електромагнітного моменту при пуску АД

**3.4 Моделювання пуску двигуна електропривода відцентрової дробарки з ПЧ.** Модель електропривода з перетворювачем частоти ПЧ-АД представлена нижче. В моделі використовується система управління із зворотним зв'язком за швидкістю двигуна, яка забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості. У порівнянні із схемою рис.3.5, схема для моделювання містить джерело трифазного живлення з широтно-імпульсною модуляцією. Навантаження на валу двигуна ідентичне тому, що було при прямому пуску.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

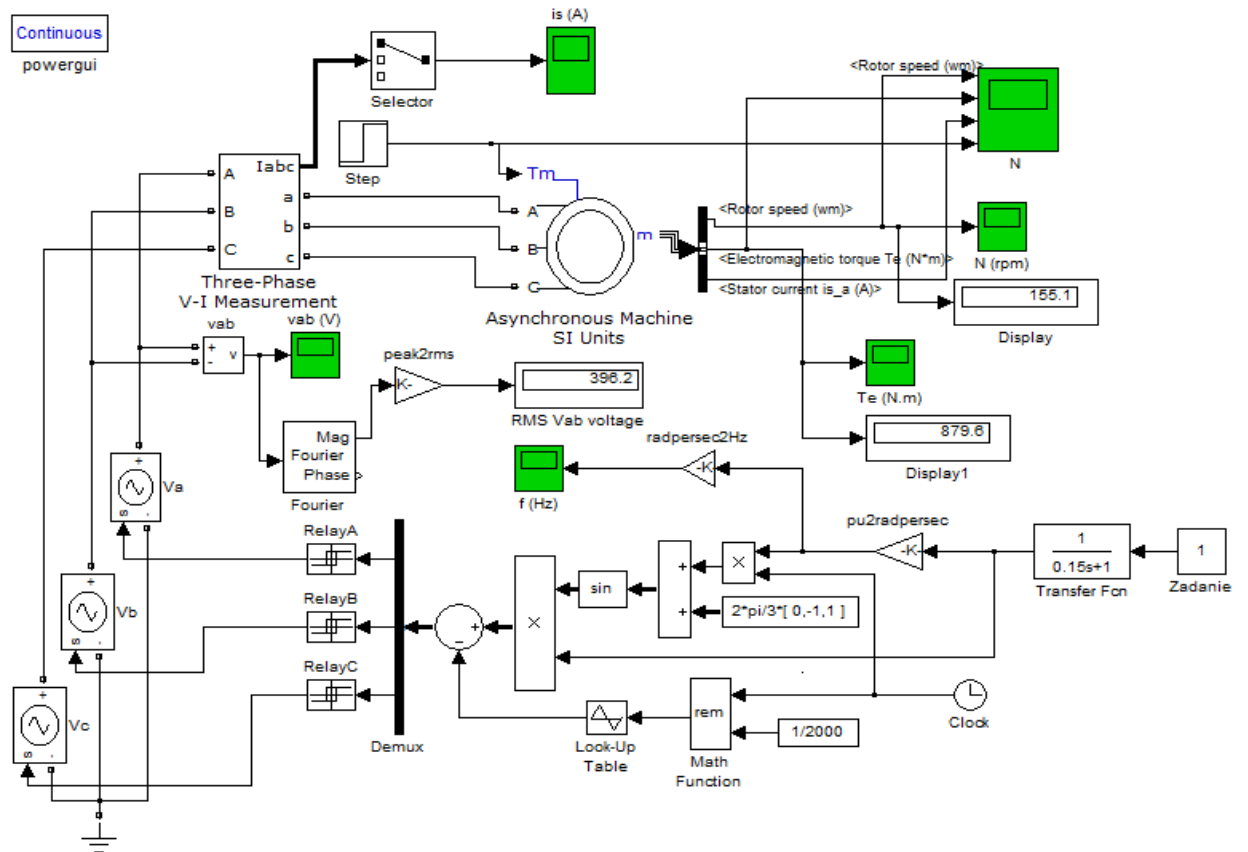


Рисунок 3.9 – Схема моделі пуску АД з КЗ ротором із частотним перетворювачем ПЧ-АД

Результати моделювання роботи електропривода ПЧ-АД.

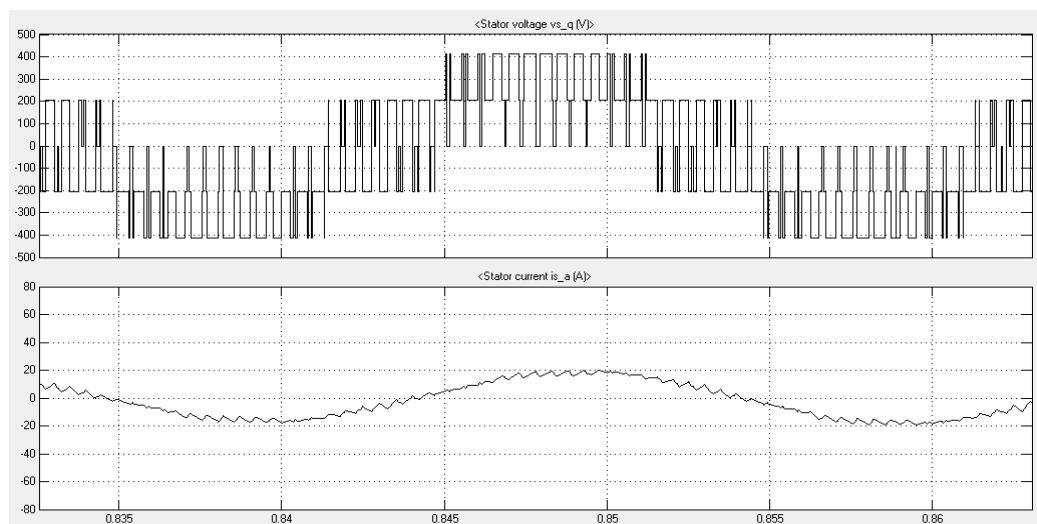


Рисунок 3.10 – Осцилограма ШІМ-модульованої квазісинусоїдальної напруги і струму на виході з ПЧ.

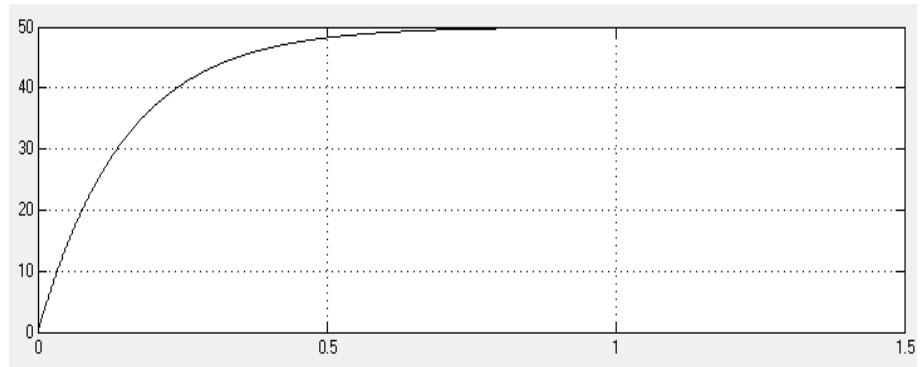


Рисунок 3.11 – Графік зміни частоти вихідної напруги ПЧ.

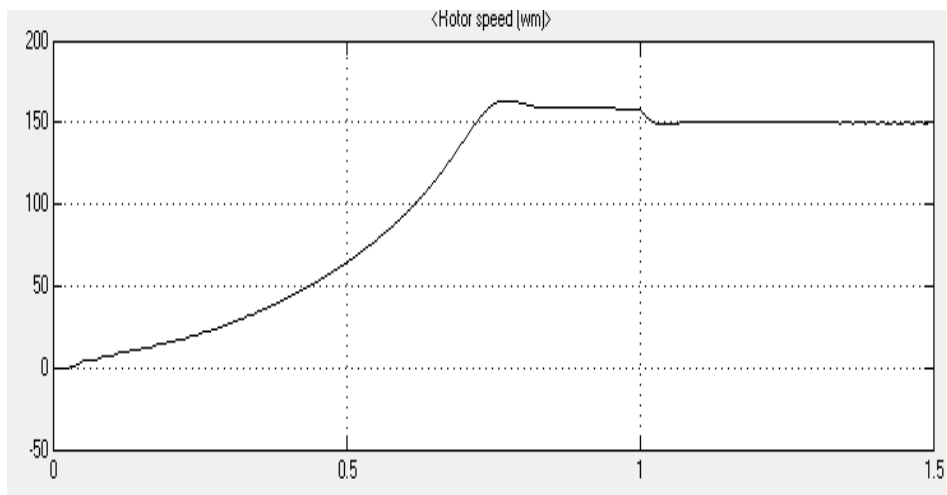


Рисунок 3.12 – Графік зміни кутової швидкості ротора АД.

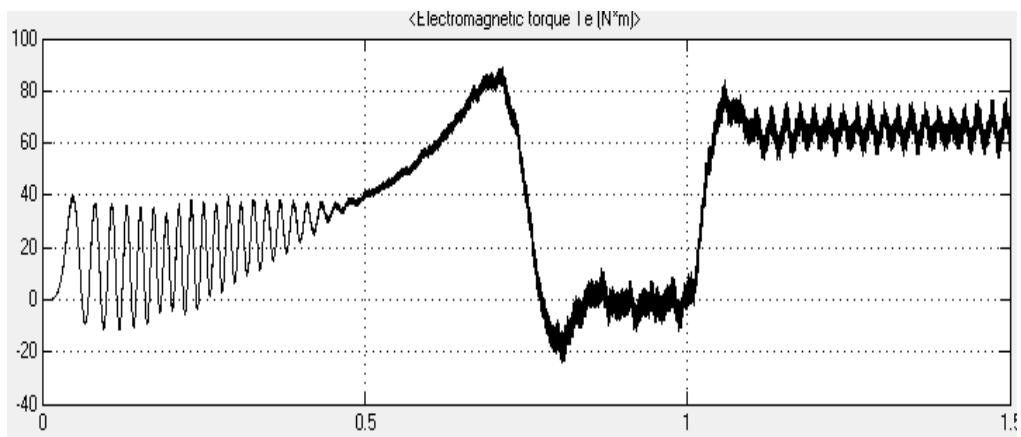


Рисунок 3.13 – Графік зміни електромагнітного моменту ротора АД.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3

Арк.

54

Формат А4

### 3.5 Висновки та пропозиції

При прямому пуску асинхронного двигуна напруга живлення АД 380 В з частотою 50 Гц подаються незмінними. Спостерігається великий пусковий струм, пусковий струм у 5...6 разів більш ніж номінальний. Тривалість пускового часу двигуна при відсутності завантаження складає біля 0,6 с, а струм зменшується до струму холостого ходу. Розгін ротора АД до номінальної частоти обертання теж складає біля 0,7 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 0,8 с, імпульси пускового струму двигуна значно зменшуються.

Механічні удари електропривода при пуску преса з ПЧ буде менше, ніж при прямому пуску.

Розімкнена схема керування електроприводом відцентрової дробарки ЦДГ-30М, перетворювач частоти ПЧ типу ACS350-03E-12 потужністю 12,0 кВт і трифазний асинхронний двигун серії AIP132S4Y3 потужністю 11,0 кВт забезпечать необхідну точність підтримки 5,0% в заданих діапазоні регулювання частоти обертання робочого вала дробарки 250...500 об/хв., тобто забезпечать нормальну роботу електрифікованого агрегату.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

## ОРГАНІЗАЦІЙНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Організація та технологія монтажу електропривода відцентрової дробарки.

Монтаж приладів і систем електропривода відцентрової дробарки - складний комплекс робіт, який повинен виконуватися у відповідності з проектом і діючими технічними умовами. Звичайно монтаж систем електропривода машин включає наступні етапи робіт:

- підготовка до виконання монтажних робіт;
- виконання монтажних робіт;
- здавання змонтованої системи для налагодження.

На першому етапі монтажу (підготовка) виділяють три складові: інженерно-технічну, матеріально-технічну і організаційну.

Інженерно-технічна підготовка передбачає інструкції по монтажу та експлуатації і вивчення нормативно-технічної документації. За результатами аналізу іноді вимагається виконання розрахунку та вибір проводів і пускозахисної апаратури, розробка графіку виконання монтажних робіт. Матеріально-технічна підготовка передбачає заготовку матеріалів, комплектуючих виробів, деталей і конструкцій.

До питань організаційної підготовки відносяться: обладнання приміщень на об'єкті для виконання робіт та зберігання обладнання і інструменту; комплектування монтажних бригад; контроль і участь при необхідності в установці закладних конструкцій або в інших будівельно-монтажних роботах. У загальному випадку підготовчі роботи виконуються у наступній послідовності:

- вивчають схеми принципальні електричні і схеми зовнішніх з'єднань, замовні специфікації на електрообладнання: апаратуру, проводи та кабелі, установлювальні і монтажні матеріали;

- знайомляться з розташуванням введених пристроїв електропостачання, трасами прокладання проводів і кабелів;

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевіряють спеціальними металошукачами відсутність на трасі прихованої електропроводки інших енергоспоживачів, металевих закладних конструктивних частин, труб та інше;

- вивчають характеристику стін, по котрим або всередині котрих пройдуть траси електропроводки, яку прокладають.

- складають перелік додаткових матеріалів, комплектуючих виробів, інструментів, які відсутні у специфікації проектної документації;

- перевіряють наявність необхідного монтажного інструменту та контрольно-вимірювальних приладів;

- складають графік виконання електромонтажних робіт і узгоджують його з іншими виконавцями будівництва об'єкту (будівельниками, сантехніками, енергетиками і інше).

Якщо монтаж електрообладнання виконується без проектної документації (як правило, побутові кондиціонери малої потужності), складають схеми електричних з'єднань, схему прокладання електропроводки, проводять розрахунки вибору електропроводів, автоматичних вимикачів складають специфікацію на комплектуючі і монтажні матеріали.

Монтаж електричних машин, які поступили у розібраному вигляді, значно складніший і включає наступні основні технологічні операції: установку і вивірку фундаментної плити і підшипникових стояків; заведення ротора в статор; установку: нижніх укладень підшипників, статора разом із ротором на фундаментну плиту, півмуфт; центрування валів; перевірку зазорів у підшипниках і припасування підшипників; вивірку повітряних зазорів і суміщення магнітних осей статора і ротора; заливання фундаментних плит і фундаментних болтів бетонною сумішшю, перевірку центрування валів після заливання фундаментних плит; остаточну збірку підшипників і перевірку їх ущільнення; установку щіткової траверси і регулювання щіток та щіткотримачів; під'єднання зовнішніх кабелів, повітроохолоджувачів, маслопроводів і заземлення; установку захисних кожухів, щитів і огорожень.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фундаментні плити для середніх і крупних електричних машин, що поставляються разом з ними, виготовляють з товстої листової сталі або швелерів і балок крупного перетину. При цьому для електричних машин, які входять до складу перетворювальних агрегатів, у залежності від габаритів останніх, фундаментні плити виготовляють у вигляді одної плити, спільної для всього агрегату, або окремих, чи для кожної машини, а для приводних двигунів, як правило, тільки у вигляді окремої плити.

Основною причиною появи паразитних струмів є асиметрія магнітного поля машини, у результаті чого виникає пульсуючий магнітний потік, котрий пересікає короткозамкнене коло (вал - підшипникові стояки - фундаментна плита - вал) і може викликати більш значні струми. Ізолюючі прокладки розривають короткозамкнене коло.

На установлювальних заводських кресленнях дані вказівки по ізоляції болтів, які закріплюють стояки до плити, конічних контрольних штифтів. Для ізолювання болтів застосовують бакелітові трубки із товщиною стінки 2 мм, а конічних штифтів - трубки з пресшпану або електрокартону.

Центрування валів включає дві основні операції: вивірку вісі загального валу (вивірку лінії валів) і усунення бокових і кутових зміщень валів з'єднувальних машин і механізмів.

Сушіння ізоляції електричних машин, як правило, проводять до їх установки. Разом з тим не рідкісні випадки, коли вже встановлені електричні машини тривалий час не діють у зв'язку з затримкою пуску об'єкту або усього технологічного комплексу, у результаті чого їх ізоляція зволожується та не відповідає нормативним вимогам. У таких випадках ізоляцію електричних машин просушують перед їх пуском.

Призначення сушіння - видалення вологи із ізоляції обмоток і інших струмопровідних частин з метою підвищення опору до значень, які дозволяють поставити машини під напругу.

Сушіння ізоляції виконують: зовнішнім нагріванням, нагріванням від струму стороннього джерела, індукційним методом, струмом короткого

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

замикання у генераторному режимі, на «повзучій швидкості» (для двигунів постійного струму) та вентиляційними втратами.

В тому випадку, якщо один із перелічених способів не створює необхідної для сушіння температури або обігрівання відбувається нерівномірно, застосовують комбіноване сушіння. При цьому одночасно використовують не один, а будь-які два способи.

Для зовнішнього нагрівання машин застосовують чавунні опори або ящики опорів, а також спеціально виготовлені нагрівачі, котрі розташовують під машиною таким чином, щоб виключити можливість місцевих перегрівань від прямого вилучення тепла або дуже близького розміщення нагрівача.

Під час сушіння спостерігають за тим, щоб температура гарячого повітря, яке поступає у машину, не перевищувала  $90^{\circ}\text{C}$ , а температура обмоток у найбільш нагрітій частині -  $70^{\circ}\text{C}$ . Температуру заміряють термометрами, встановленими на патрубку повітрорудвки і у найбільш нагрітій частині обмотки, а у крупних електричних машинах - вбудованими температурними індикаторами (термопарами). Цей спосіб застосовують для сушіння дуже відвологлих машин.

Для сушіння машин цим способом застосовують ряд схем. Нижче розглядаються тільки найбільше розповсюджені з них.

Асинхронні двигуни сушать трифазним струмом у режимі КЗ. Для цього ротор загальмовують, а його обмотку закорочують на кільцях спеціальною перемичкою (для уникнення підгоряння кілець). Струм сушіння підтримують не більше  $0,7I_{\text{ном}}$ , таким чином, підведена напруга повинна бути не більше  $0,7$  напруги КЗ. Може бути рекомендована для всіх електричних машин. При даному способі застосовують одну із двох різновидів сушіння: втратами в активній сталі статора або втратами у корпусі статора. Нагрівання проводять за рахунок створення змінного магнітного потоку шляхом накладання на статор намагніченої обмотки, що живиться однофазним струмом.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Організація та технологія ремонту електропривода відцентрової дробарки

Об'єм і норми післяремонтних випробувань електрообладнання викладені у ПУЕ.

У електродвигунів виміряють опір ізоляції, перевіряють роботу на холостому ході або із ненавантаженим механізмом і також роботу під навантаженням.

Опір ізоляції статора виміряють мегомметром напругою 1,0 кВ, а ротора мегомметром напругою 0,5 кВ. При температурі 10...30°C опір ізоляції статора повинен бути не менше 0,5 МОм. Опір ізоляції ротора не нормується. Опір реостатів і пускорегулювальних опорів повинен відрізнятися від паспортних даних не більше ніж на 10%. При цьому також перевіряють цілісність відпайок.

Тривалість перевірки роботи на холостому ході не менше 1 години. Перевірку роботи під навантаженням проводять при потужності, яка забезпечується технологічним обладнанням до моменту здавання апаратури в експлуатацію. При цьому для електродвигунів з регулюючою частотою обертання визначають межі регулювання.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти проводять на повністю зібраному двигуні. Випробування обмотки статора проводять для кожної фази окремо відносно корпусу при двох інших з'єднаних з корпусом. Тривалість випробування напругою 1 хвилина.

Опір обмоток статора і ротора постійному струму виміряють при потужності електродвигуна 300 кВт і більше. Опори обмоток різних фаз повинні відрізнятися одна від одної або від заводських даних не більше ніж на 2%. Випробування повітроохолоджувача проводять надмірним гідравлічним тиском 0,20...0,25 МПа на протязі 10 хв. При цьому не повинно спостерігатися зниження тиску або витоку.

Вимірювання вібрації проводять на кожному підшипнику; її граничне значення не повинно перевищувати приведені нижче результати:

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вторинні кола управління, захисту та сигналізації у релейно-контактних схемах установок до 1 кВ випробують підвищеною напругою 1 кВ на протязі 1 хв. і вимірюють опір ізоляції мегомметром 0,5...1 кВ. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм; опір ізоляції кіл управління, захисту і збудження машин постійного струму - не менше 1,0 МОм.

Повністю зібрані схеми перевіряють на можливість функціонування при різних значеннях оперативного струму. Автомати і контактори випробують багатократними включеннями та відключеннями при зниженій і номінальній напругах оперативного струму.

Всі випробування та вимірювання оформлюють актами і протоколами. Про виконання текучого ремонту роблять запис у відповідному журналі і на бланках, в яких вказані типові роботи по ремонту електрообладнання (електродвигуна, силового трансформатора, масляного вимикача). Така система спрощує оформлення документації по ремонту, так як персоналу залишається тільки вказати у журналі і на бланку основні дані, які відносяться до відремонтованого обладнання, відзначити перелік виконаних робіт і прізвища виконавців.

Виконання капітальних ремонтів оформлюється спеціальними актами приймально-здавальних ремонтних робіт. Акт містить перелік типових і обов'язкових робіт при цьому виді ремонту. Правильне оформлення документації сприяє покращанню організації ремонтних робіт, дозволяє отримати необхідне уявлення про стан електрообладнання і на цій основі правильно встановити строки і об'єми чергових ремонтів.

Випробувальне відділення крім випробування відремонтованого електрообладнання проводить ремонт і перевірку електровимірювальних приладів, а також профілактичні випробування заводського електрообладнання і електромереж за допомогою пересувних і стаціонарних випробувальних апаратів. Випробувальне відділення розташовують поблизу збірної площадки, де проводять всебічні випробування і вимірювання відремонтованого електрообладнання у відповідності з діючими нормами перед здаванням його експлуатаційній службі.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

### 4.3 Організація та технологія обслуговування електропривода відцентрової дробарки

При технічному обслуговуванні електрообладнання його огляд і контроль за роботою проводять у строки, які запропоновані ППТОР. Електроприводи оглядають тим частіше, чим більш тяжкі умови роботи, наприклад велика тривалість розгону електродвигуна, часті пуски, висока температура навколишнього середовища. Конструкція електродвигунів також може впливати на необхідну періодичність їх оглядів. Крім того, при встановленні періодичності оглядів треба враховувати і технічний стан електродвигунів, наприклад степінь їх зношеності.

При огляді під час обходів електроприводів перевіряють температуру нагрівання двигунів; слідкують за утримуванням їх у чистоті. Поблизу них не повинно бути сторонніх предметів, особливо небезпечних у пожежному відношенні. Спостерігають, щоб пуск і зупинка електродвигунів проводилися виробничим персоналом за інструкцією та електродвигуни не працювали порожньо. Контролюють напругу електромережі, котра повинна бути в межах 95...110% від номінальної. Перевіряють у підшипниках, реостатах та пусковій апаратурі рівень масла. Звертають увагу на справність огорожень, які заважають випадковим доторканням до обертаючих частин електропривода; усувають дрібні несправності (наприклад, замінюють перегорілі запобіжники, регулюють натискання щіток) і проводять зовнішнє очищення електродвигунів. Контроль за температурою електродвигуна є суттєвим елементом його експлуатації, так як найбільш пошкоджені частини електродвигуна зв'язані із нагріванням вище гранично допустимої температури. Розрізняють гранично допустиму температуру нагрівання і гранично допустиме перевищення температури нагрівання окремих частин електричної машини.

При експлуатації від'єднувати машину від мережі та виміряти опір обмоток для визначення температури їх нагрівання не завжди можливо. Тому

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

контроль нагрівання проводять, вимірюючи температуру доступних частин - корпусу електродвигуна, кришок підшипників, колектора, контактних кілець.

Основною причиною, яка викликає перевищення гранично допустимої температури електродвигунів, є їх перевантаження. Тому при роботі електродвигунів, а також регулюванні технологічного процесу слід контролювати показники амперметрів, котрі встановлюють у коло статора. При нагріваннях двигунів вище допустимої межі слід знизити навантаження.

На роботу електродвигунів суттєво впливає напруга живлячої мережі: підвищення напруги мережі приводить до збільшення намагнічуючого струму, що викликає перевищення гранично допустимої температури; зниження напруги мережі зменшує момент обертання, що також викликає збільшення струму та підвищення температури. Враховуючи це, при експлуатації електродвигунів контролюють напругу живлячої мережі.

Погіршення ізоляції обмоток при експлуатації електродвигуна з часом може привести до КЗ між обмотками, а також до замикання обмоток на корпус електродвигунів. Для запобігання вказаних явищ і зв'язаного с ними виходу електродвигунів із ладу опір ізоляції обмоток періодично вимірюють мегомметрами. Строки таких перевірок залежать від місцевих умов (вологості навколишнього середовища, запиленості приміщення), технічного стану електродвигуна і встановлюються графіком.

Крім періодичних проводять і позачергові перевірки, які влаштовують після довготривалих переривів у роботі електродвигунів, після попадання на них води і в тих випадках, коли виникає небезпека у погіршенні стану ізоляції обмоток. При оцінюванні стану ізоляції обмоток електродвигуна доцільно порівняти дані отриманих вимірювань із попередніми.

Дуже велике розходження у результатах проведених вимірювань повинно послужити основою для докладного дослідження. В тому випадку, коли контрольне вимірювання опору ізоляції обмоток електродвигунів незадовільне, виникає необхідність сушіння електродвигуна або його ремонту.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі експлуатації електроприводів можуть виникати ситуації, при котрих електродвигун слід відключити від мережі. До них відносяться: поява диму чи вогню з електродвигуна або його апаратури; нещасний випадок з людиною, що вимагає зупинки електродвигуна; виникнення вібрації, яка загрожує цілісності електродвигуна; поломка приводного механізму; перегрівання підшипників зверх допустимого значення; зниження обертів електродвигуна, що супроводжується швидким його нагріванням.

При оглядах електроприводів при необхідності вимірюють вібрацію. В цих цілях найбільш простий і зручний в експлуатації віброметр типу ВР. Віброметр допускає вимірювання вібрацій від 0,05 до 6 мм у машин з частотою обертання двигуна більше 750 об/хв. і має записуючий пристрій.

Стан електродвигунів, їх пускорегулювальних пристроїв та захисту повинен забезпечувати їх надійну роботу при пуску і у робочих режимах.

Відхилення напруги від номінального значення, вказаного на заводській таблиці електродвигуна, тягне за собою зміну його обертаючого моменту, струмів, температур нагрівання обмоток і активної сталі, енергоекономічних показників - коефіцієнта потужності та ККД.

#### **4.4 Організація охорони праці і техніки безпеки при обслуговуванні відцентрової дробарки**

При технічному обслуговуванні електрообладнання його огляд і контроль за роботою проводять у строки, що запропоновані ППТОР. Електроприводи оглядають тим частіше, чим більш тяжкі умови роботи, наприклад велика тривалість розгону електродвигуна, часті пуски, висока температура навколишнього середовища. Конструкція електродвигунів також може впливати на необхідну періодичність їх оглядів. Крім того, при встановленні періодичності оглядів треба враховувати і технічний стан електродвигунів, наприклад степінь їх зношеності.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

При огляді під час обходів електроприводів перевіряють температуру нагрівання двигунів; слідкують за утримуванням їх у чистоті. Поблизу них не повинно бути сторонніх предметів, особливо небезпечних у пожежному відношенні. Спостерігають, щоб пуск і зупинка електродвигунів проводилися виробничим персоналом за інструкцією та електродвигуни не працювали порожньо. Контролюють напругу електромережі, котра повинна бути в межах 95...110% від номінальної. Перевіряють у підшипниках, реостатах та пусковій апаратурі рівень масла. Звертають увагу на справність огорожень, які заважають випадковим доторканням до обертаючих частин електропривода; усувають дрібні несправності (наприклад, замінюють перегорілі запобіжники, регулюють натискання щіток) і проводять зовнішнє очищення електродвигунів. Контроль за температурою електродвигуна є суттєвим елементом його експлуатації, так як найбільш частіші пошкодження електродвигуна зв'язані з нагріванням вище гранично допустимої температури. Розрізняють гранично допустиму температуру нагрівання і гранично допустиме перевищення температури нагрівання окремих частин електричної машини.

При експлуатації від'єднувати машину від мережі та виміряти опір обмоток для визначення температури їх нагрівання не завжди можливо. Тому контроль нагрівання проводять, вимірюючи температуру доступних частин - корпусу електродвигуна, кришок підшипників, колектора, контактних кілець.

Основною причиною, яка викликає перевищення гранично допустимої температури електродвигунів, є їх перевантаження. Тому при роботі електродвигунів, а також регулюванні технологічного процесу слід контролювати показники амперметрів, котрі встановлюють у коло статора. При нагріваннях двигунів вище допустимої межі слід знизити навантаження.

На роботу електродвигунів суттєво впливає напруга живлячої мережі: підвищення напруги мережі приводить до збільшення намагнічуючого струму, що викликає перевищення гранично допустимої температури; зниження напруги мережі зменшує момент обертання, це також викликає збільшення

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму та підвищення температури. Враховуючи це, при експлуатації електродвигунів контролюють напругу живлячої мережі.

Погіршення ізоляції обмоток при експлуатації електродвигуна з часом може привести до КЗ між обмотками, а також до замиканням обмоток на корпус електродвигунів. Для запобігання вказаних явищ і зв'язаного з ними виходу електродвигунів із ладу опір ізоляції обмоток періодично вимірюють мегомметрами. Строки таких перевірок залежать від місцевих умов (вологості навколишнього середовища, запиленості приміщення), технічного стану електродвигуна і встановлюються за графіком.

Крім періодичних проводять і позачергові перевірки, які влаштовують після довготривалих переривів у роботі електродвигунів, після попадання на них води і в тих випадках, коли виникає небезпека у погіршенні стану ізоляції обмоток. При оцінюванні стану ізоляції обмоток електродвигуна доцільно порівняти дані отриманих вимірювань із попередніми.

Дуже велике розходження у результатах проведених вимірювань повинно послужити основою для докладного дослідження. В тому випадку, коли контрольне вимірювання опору ізоляції обмоток електродвигунів незадовільне, виникає необхідність сушіння електродвигуна або його ремонту.

У процесі експлуатації електроприводів можуть виникати ситуації, при котрих електродвигун слід відключити від мережі. До них відносяться: поява диму чи вогню з електродвигуна або його апаратури; нещасний випадок з людиною, що вимагає зупинки електродвигуна; виникнення вібрації, яка загрожує цілісності електродвигуна; поломка приводного механізму; перегрівання підшипників зверх допустимого значення; зниження обертів електродвигуна, що супроводжується швидким його нагріванням.

При оглядах електроприводів при необхідності вимірюють вібрацію. В цих цілях найбільш простий і зручний в експлуатації віброметр типу ВР. Віброметр допускає вимірювання вібрацій від 0,05 до 6 мм у машин з частотою обертання двигуна більше 750 об/хв. і має записуючий пристрій.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Стан електродвигунів, їх пускорегулювальних пристроїв та захисту повинен забезпечувати їх надійну роботу при пуску і у робочих режимах.

Відхилення напруги від номінального значення, вказаного на заводській таблиці електродвигуна, тягне за собою зміну його обертаючого моменту, струмів, температур нагрівання обмоток і активної сталі, енергоекономічних показників - коефіцієнта потужності та ККД.

Категорично забороняється:

- проводити роботи при включеному в мережу електроприводі преса;
- експлуатувати прес з пошкодженою ізоляцією дротів;
- експлуатувати прес із сторонніми звуками або шумами;
- включати прес без заземлення.

При проведенні огляду преса без його виключення забороняється наближення до струмоведучих частин ближче 0,6 м.

Всі роботи на пресі, які пов'язані з наближенням до струмоведучих частин ближче, ніж 0,6 м, повинні проводитися з його відключенням і заземленням.

Інструкція по охороні праці розроблена відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» і встановлює правила виконання работ і поведінки електрика на території підприємства, у виробничих приміщеннях і на робочому місці відповідно до державних, міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці.

Дія інструкції поширюється на всі підрозділи підприємства.

Відповідно до статті 18 Закону України «Про охорону праці» працівник зобов'язаний знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням і іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного і індивідуального захисту, проходити в установленому порядку попередні і періодичні медичні огляди.

Залежно від конкретних умов організації виробничого процесу, а також у зв'язку із допущеними аваріями і нещасними випадками до інструкції

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

можуть вноситися зміни і доповнення, які викладаються на окремому аркуші з підписом керівника відповідного структурного підрозділу.

До самостійної роботи по монтажу систем вентиляції, кондиціонування повітря допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань, також пройшли навчання безпечним методам і прийомам роботи, склали іспит і отримали посвідчення.

Повторна перевірка знань монтажниками безпеки праці проводиться щорік. Особи, які експлуатують ручні електричні машини класів II і III, повинні мати I групу по електробезпеці.

Монтажники повинні проходити наступні інструктажі по охороні праці:

- а) увідний - при прийомі на роботу;
- б) первинний - на робочому місці;
- в) повторний - не рідше одного разу в три 3 місяці;

г) позаплановий - при порушенні вимог безпеки праці, які привели або могли привести до аварії або до нещасного випадку; при зміні технологічного процесу, конструкції електролебідки або чинних нормативних актів по охороні праці; при перерві в роботі за фахом більше 60 календарних днів;

д) цільовий - при виконанні разових робіт, безпосередньо не пов'язаних з обов'язками за фахом, ліквідації аварії, стихійного лиха, проведенні робіт, на які оформляється вбрання-допуск, дозвіл і інші документи.

Для зниження рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників монтажник має бути забезпечений наступними засобами індивідуального захисту:

- комбінезон бавовняний - термін служби 12 місяців;
- черевики шкіряні із твердою під шкарпеткою - термін служби 12 місяців;
- рукавиці комбіновані - термін служби 1 місяць.
- куртка бавовняна на прокладці, що утеплює, - термін служби 36 місяців.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода відцентрової дробарки

Машина, відцентрова дробарка – гребеневідділювач марки ЦДГ-30 продуктивністю 30 т/год. за виноградом призначена для дроблення винограду та відділення гребенів.

Після модернізації електропривода відцентрової дробарки швидкість обертання лопатного вала машини плавно регулюється електричним методом у діапазоні 250...500 об/хв. за допомогою додатково встановленого перетворювача частоти. Регулювання частоти обертання вала розширює область застосування дробарки для різних сортів винограду та з різною технічною зрілістю, зменшує питому витрату енергії для подрібнення продукту, при цьому підвищується ККД електродвигуна, зменшується витрата електроенергії і зростає надійність роботи машини, а електропривод не створює значних пускових струмів.

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

- забезпечення оптимізації процесу подрібнення винограду шляхом регулювання швидкості обертання вала ротора дробарки;
- покращення показників економії електроенергії;
- підвищення ефективності та надійності системи;
- збільшення строку служби дробарки;
- можливість автоматизації та дистанційного управління дробаркою.

Визначимо ефективність застосування нової системи управління електропривода дробарки шляхом зіставлення показників базового та нового варіантів.

При зіставленні варіантів технічних рішень по впровадженню нових видів обладнання і технологічних процесів використовують метод порівняльної економічної ефективності. При цьому методі основними показниками є

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

мінімум приведених витрат, котрий є сумою річних експлуатаційних витрат та капітальних вкладень, приведених до одної розмірності у відповідності із нормативним коефіцієнтом ефективності.

Капітальні вкладення містять 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:

$$Z_{BB} = Z_{EB} + Z_{PB} + Z_{AB} + Z_{MB}, \quad (5.2)$$

$$Z_{BH} = Z_{EH} + Z_{PH} + Z_{AH} + Z_{MH}, \quad (5.3)$$

де  $Z_{EB}$ ,  $Z_{EH}$  – витрати на електроенергію базового і нового варіантів;

$Z_{PB}$ ,  $Z_{PH}$  – витрати на ремонт електропривода базового і нового варіантів;

$Z_{AB}$ ,  $Z_{AH}$  – витрати на амортизацію електропривода базового і нового варіантів;

$Z_{MB}$ ,  $Z_{MH}$  – витрати на допоміжні матеріали для ремонту електропривода базового і нового варіантів;

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

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

$$Z_{EF} = Z_{EB} - Z_{EH}, \quad (5.4)$$

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

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

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 електропривода

Назва електрообладнання	N, шт.	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		за шт., грн.	Всього, грн.	за шт., грн.	Всього, грн.
Перетворювач частоти ACS350-03E-12	1	-	-	14 847	14 847
Релейно-контакторна система електропривода	-	2000	2000	-	-
Двигун $P_{НОМ} = 11,0$ кВт	1	4740	4740	4740	4740
Всього			6740		19587
Транспортні витрати (13%)			876		2546
Всього, ціна обладнання			7616		22133
Монтажні роботи (10%)			674		1960
Капітальні вкладення, всього			8290		24093

Кошторис капітальних витрат для нового та базового варіантів складає:

$$K_B = 8290 \text{ грн.}, K_H = 24093 \text{ грн.}$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

### 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  $n = 8$  лопатних дробарок.

Тарифна ставка 1-го розряду  $T_{C1}$  складає 42,0 грн./год., а тарифна ставка робочого 4-го розряду  $T_{C4}$ :

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

Тоді:

$$T_{C4} = 1,27 \cdot T_{C1} = 1,27 \cdot 42,0 = 53,34 \frac{\text{грн.}}{\text{год.}}$$

Розрахуємо місячну заробітну плату двох робочих за існуючим тарифом:

$$З_T = 2 \cdot T_{C4} \cdot m = 2 \cdot 53,34 \cdot 25 \cdot 8 = 21336 \text{ грн.}$$

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:

$$П_{ПМ} = \frac{З_T \cdot Н_{ПМ}}{100} = \frac{21336 \cdot 10}{100} = 2133 \text{ грн.}$$

Оплата праці за шкідливі умови праці:

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

Тоді:

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{уП} = \frac{(Z_T + P_{ПМ}) \cdot H_{уП}}{100} = \frac{(21336 + 2133) \cdot 17}{100} = 3989 \text{ грн.}$$

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

Всього постійна заробітна плата складає:

$$Z_{пост} = Z_T + P_{ПМ} + P_{уП}. \quad (5.9)$$

Тоді:

$$Z_{пост} = Z_T + P_{ПМ} + P_{уП} = 21336 + 2133 + 3989 = 27458 \text{ грн.}$$

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

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

Тоді:

$$P_{ПР} = \frac{Z_{пост} \cdot P}{100} = \frac{27458 \cdot 18}{100} = 4949 \text{ грн.}$$

Всього основна заробітна плата двох робочих за місяць складає:

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

Тоді:

$$Z_{осн} = Z_{пост} + P_{ПР} = 27458 + 4949 = 32400 \text{ грн.}$$

Розрахуємо додаткову місячну заробітну плату:

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

Тоді:

$$Z_{доп} = Z_{пост} \cdot 0,1 = 324 \text{ грн.}$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

$$Z_{CC} = \frac{37,18 \cdot (Z_{ОСН} + Z_{ДОП})}{100} . \quad (5.13)$$

Тоді:

$$Z_{CC} = \frac{37,18 \cdot (Z_{ОСН} + Z_{ДОП})}{100} = \frac{37,18 \cdot (32724)}{100} = 12107 \text{ грн.}$$

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

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

де  $n$  – кількість дробарок,  $n = 8$ .

Тоді:

$$\Phi = \frac{(Z_{ОСН} + Z_{ДОП} + Z_{ПФ}) \cdot 12}{n} = \frac{(32724 + 12107) \cdot 12}{8} = 67245 \text{ грн.}$$

#### 5.4 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів

5.4.1 Витрати на електроенергію для базового варіанту складають:

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

де  $P$  - потужність двигуна,  $P = 11,0$  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,  $T = 7$  грн./кВт·год.

Тоді:  $Z_{ЕБ} = P \cdot t \cdot m_0 \cdot T = 11,0 \cdot 16 \cdot 305 \cdot 7 = 375760$  грн.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Витрати на електроенергію при встановленні частотного перетворювача зменшуються на 10%:

$$Z_{EH} = Z_{EB} - 0,10 \cdot Z_{EB} . \quad (5.16)$$

Тоді:

$$Z_{EH} = Z_{EB} - 0,10 \cdot Z_{EB} = 375760 - 0,10 \cdot 375760 = 338184 \text{ грн.}$$

#### 5.4.2 Витрати на поточний ремонт обладнання електропривода дробарки.

При використанні ПЧ зменшуються пускові струми, втрати енергії в кабелях, збільшується надійність всієї установки, таким чином кількість пошкоджень зменшується, а надійність системи електропривода зростає. Плануючі витрати на поточний ремонт та обслуговування при базовому варіанті складають 7%, а при новому 1% від капіталовкладень для базового і нового варіантів.

Розмір капіталовкладень для базового і нового варіантів складає:

$$K_B = 8290., K_H = 24093 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$Z_{PB} = 0,07 \cdot K_B , \quad (5.17)$$

тоді:

$$Z_{PB} = 0,07 \cdot 8290 = 580 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$Z_{PH} = 0,01 \cdot K_H , \quad (5.18)$$

тоді:

$$Z_{PH} = 0,01 \cdot K_H = 0,01 \cdot 24093 = 241 \text{ грн.}$$

#### 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:

$$Z_{AB} = E_{HB} \cdot K_B = 0,20 \cdot 8290 = 1658 \text{ грн.}$$

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{AH} = E_{HH} \cdot K_H = 0,20 \cdot 24093 = 4818 \text{ грн.}$$

5.4.4 Витрати на допоміжні матеріали для ремонту при базовому варіанті складають  $k_B = 5,0\%$ , а при новому  $k_H = 2,0\%$  від фонду оплати праці:

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

Тоді:

$$Z_{MB} = k_B \cdot \Phi = 0,05 \cdot 67245 = 3362 \text{ грн.},$$

$$Z_{MH} = k_H \cdot \Phi = 0,03 \cdot 67245 = 1344 \text{ грн.}$$

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

$$Z_{BB} = Z_{EB} + Z_{PB} + Z_{AB} + Z_{MB} = 375760 + 580 + 1658 + 3362 = 381360 \text{ грн.},$$

$$Z_{BH} = Z_{EH} + Z_{PH} + Z_{AH} + Z_{MH} = 338184 + 241 + 4818 + 1344 = 344587 \text{ грн.}$$

## 5.5 Розрахунок річної економічної ефективності та строку окупності

5.5.1 Розрахуємо річний економічний ефект від модернізації електропривода дробарки за експлуатаційними витратами згідно формули (5.4):

$$Z_{E\Phi} = Z_{EB} - Z_{EH} = 381360 - 344587 = 36773 \text{ грн.}$$

5.5.2 Строк окупності капітальних витрат на модернізацію електропривода дробарки згідно формули (5.5) складає:

$$T_{OK} = \frac{K_H}{Z_{BB} - Z_{BH}} = \frac{24093 \cdot 4}{381360 - 344587} = \frac{24600 \cdot 4}{36773} = 2,6 \text{ років.}$$

**Висновок.** Річний економічний ефект від модернізації електропривода дробарки за експлуатаційними витратами складає  $Z_{E\Phi} = 36773$  грн./рік, а строк окупності капітальних витрат дорівнює  $T_{OK} = 2,6$  років.

Модернізація електропривода відцентрової дробарки типу ЦДГ-30 є економічно доцільною.

Модернізація електроприводу за рахунок підключення перетворювача частоти є економічно доцільною

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## 6 РЕЗУЛЬТАТИВНА ЧАСТИНА

### 6.1 Висновки і рекомендації за прийнятими в проекті рішеннями

В розділі «Вступ» показано, що на цей час більш ніж 90% енергії, яка виробляється, споживається системами електропривода, електротехнологічними і освітлювальними установками. Великі резерви енергозбереження закладені у удосконалюванні електропривода, на частину котрого приходиться приблизно 60% всієї потужності електроенергії. У деяких галузях промисловості споживання електроенергії електроприводом досягає 80%. Зниження швидкості двигуна до швидкості робочого механізму допомагає економити енергію і поліпшувати управління технологічним процесом.

В розділі «Загальна частина» описані технологічний процес переробки винограду, поточні лінії переробки винограду та конструкція і технічні характеристики дробарки марки ЦДГ-30М для подрібнювання винограду, описане електрообладнання дробарки.

В розділі «Розрахунково-конструкторська частина» приведені вимоги до модернізації електропривода відцентрової дробарки. При модернізації електропривода дробарки марки ЦДГ-30М в систему автоматизованого управління для оптимізації режиму подрібнювання винограду та з метою підвищення виходу і якості сула використаний ПЧ для регулювання частоти обертання ротора відцентрової дробарки в діапазоні  $n_{III} = 250 \dots 500$  об/хв. з точністю підтримки частоти обертання  $\Delta n_{III} = 5,0\%$ .

В розділі «Розрахунково-конструкторська частина» дипломного проекту виконані розрахунки для визначення потужності привода і вибраний тип двигуна для привода відцентрової дробарки, проведені розрахунки по вибору перетину кабелю, а також для вибору комутуючих, захисних і управляючих апаратів: автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, теплових реле, а також перетворювача частоти.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Для електропривода відцентрової дробарки вибраний трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії АІР – Інтерелектро АІР132М4У3 потужністю 11,0 кВт з частотою обертання 1440 об/хв.

Описані конструкція і робота релейно-контакторної принципової електричної схеми управління електропривода відцентрової дробарки для винограду.

Для регулювання частоти обертання двигунів прийняли до установлення частотний перетворювач типу АС350-03Е-12 з номінальною потужністю 12 кВт А та розроблена схема автоматизованого управління електропривода відцентрової дробарки із застосуванням ПЧ.

В розділі «Моделювання роботи електропривода на ПЕОМ» приведені: постановка задачі моделювання роботи електропривода на ПЕОМ, розрахунок параметрів схеми заміщення електродвигуна відцентрової дробарки, схеми модулювання та результати моделювання електропривода з ПЧ-АД.

При прямому пуску асинхронного двигуна спостерігається самий великий пусковий момент, але при цьому дуже високий пусковий струм. Розгін швидкості обертання ротора двигуна відцентрової дробарки триває 0,6 с. Після розгону АД струм обмоток статора і обертаючий момент на валу двигуна значно знижуються. При пуску із перетворювачем частоти ПЧ імпульси струму відсутні; пусковий струм поступово досягає рівня струмів номінального навантаження; механічний удар при пуску преса з ПЧ буде менше, ніж при прямому пуску.

В розділі «Організаційна та технологічна частина» описані організація та технологія монтажу, ремонту та обслуговуванню електропривода відцентрової дробарки та організація охорони праці і техніки безпеки.

В розділі «Економічна частина» приведений розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода дробарки марки ЦДГ-30М. Річний економічний ефект від модернізації електропривода дробарки за експлуатаційними витратами складає  $Z_{E\Phi} = 16833$  грн./рік, а строк окупності капітальних витрат складає  $T_{OK} = 1,46$  років.

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Устаткування для промислового виноробства.  
Режим доступу <https://techno-t.net.ua/oborudovanie-dlia-vynodelia/>
2. Иваненко А.В., Тенюх К.М. Переробка винограду та іншої сировини. – Одеса, «Астропринт», 2002. – 312 с.
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія електроприводу" спец. 141 / Є. П. Штепа, К. А. Шейда Голбад ; Каф. електромеханіки та мехатроніки. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 43 с.
4. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спец.141 П. І. Осадчук, В. Ф. Бабіч, А. А. Галіулін, Є. П. Штепа.– Одеса: ОНТУ, 2021. — 47 с.
5. Допустимі довготривалі струми для проводів, шнурів, кабелів з гумовою або пластмасовою ізоляцією. Витяг з нормативних актів України  
Режим доступу:  
[http://norma.org.ua/document/legislation/PUE7/1\\_3\\_2.php#google\\_vignette](http://norma.org.ua/document/legislation/PUE7/1_3_2.php#google_vignette)
6. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовий О.В.– Кременчук, 2001.–410 с.
7. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник /О. І. Толочко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
8. Андриющенко О.А., Водичев В.В. Електронні програмовані реле серій EASY и MFD-Titan. Одеса: Вид. «Автограф», 2006. – 324 с.
9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 905 від 16.11.2012  
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#n20>

					<b>КРБ.ЕМтаМ.1.797-03.2.3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79