

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра електромеханіки та мехатроніки



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
на тему «Дослідження та вдосконалення електроприводу відцентрової  
дробарки виноградної мезги»**

Збувач Афонічкін Олег Михайлович  
Студент групи АЕМм-20

Керівник : Штепа Євген Павлович , к.т.н., доцент

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 9.06. 2023 р., протокол №12.

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

Одеса - 2023 рік

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**Факультет: *Автоматизації та робототехніки*Кафедра: *Електромеханіки та мехатроніки*Ступінь вищої освіти: *магістр*Спеціальність: *141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*Освітня програма: *Електромеханічні системи з інтелектуальним керуванням*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри ЕтаМ

\_\_\_\_\_Осадчук П.І.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**здобувача СВО «Магістр» Афонічкін Олег  
Михайлович гр. АЕМм-20

1.Тема роботи: « Дослідження та вдосконалення електроприводу відцентрової дробарки виноградної мезги»

Керівник роботи: Штепа Євген Павлович к.т.н., доцент

Затверджено наказом ОНАХТ від 5-11-22 р. наказ №841-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 15.12.23

3. Вихідні дані роботи: Продуктивність по винограду 30 т/год; частота обертання лопатного вала до модернізації 250, 350, 425 об/хв; частота обертання лопатного вала після модернізації 250...500 об/хв.

4. Перелік питань, які потрібно розробити : **Розділ 1. Аналіз літературних джерел**  
**Розділ 3. Розрахункова частина** Конструкція і технічні характеристики дробарки.

Розрахунок кінематичної схеми і потужності двигуна. Вибір двигуна і перетворювача частоти д

**Розділ 4. Дослідження електроприводу на електронній моделі :** . Схема моделі прямого пуску і пуску з перетворювачем частоти електроприводу дробарки та результати моделювання прямого пуску дробарки .**Розділ 5. Економічна частина**

5. Перелік демонстраційного матеріалу. Слайди презентації:

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

3. Конструкція і технічні характеристики дробарки. 4. Розрахунок кінематичної схеми електроприводу дробарки. 5. Розрахунок потужності і вибір двигуна електроприводу дробарки.

~~6. Перетворювач частоти. Схема підключення. 7. Модель та результати моделювання~~

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



## РЕФЕРАТ

Афонічкін О.М. «Дослідження та вдосконалення електроприводу відцентрової дробарки виноградної мезги». Кваліфікаційна робота магістра. – Одеса: ОНТУ, 2023. – 68 с. Бібліогр.: 11. Іл.: 28. Табл.: 11.

В роботі описана технологія переробки винограду для виготовлення виноматеріалів та описана конструкція виноградної відцентрової лопатної дробарки-гребневідділювача типу ЦДГ-30.

Розрахована потужність асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, вибрана його потужність і тип. Розроблений частотний електропривод дробарки си, що дозволило виключити з її кінематичної схеми коробку передач та повільно і дистанційно регулювати частоту обертання ротора в діапазоні 250...500 об./хв.

Приведена електрична принципова схема частотного електропривода.

Приведені результати моделювання прямого пуску двигуна дробарки і пуску з перетворювачем частоти

Економічний ефект від впровадження частотного електропривода виноградної дробарки за експлуатаційними витратами складає 16833 грн./рік, а строк окупності капітальних витрат 1,46 років.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** відцентрова виноградна дробарка, асинхронний двигун, електропривод, перетворювач частоти, модель частотного електроприводу.

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		





## ВСТУП

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.

В електричних мережах України витрати електричної електроенергії складають 11%. 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%.

Рівень кваліфікації фахівців визначає якість виконання поставлених перед галуззю завдань, тому підготовка магістрів електромеханіків є дуже актуальним завданням на тривалий період розвитку електроенергетики України.

**Актуальність теми теми:**Заміна прямого пуску двигуна регульованим з частотним перетворювачем для оптимізації режиму подріблення винограду .

**Об'єкт дослідження:**Електропривод відцентрової лопастної дробарки для винограду.**Задача модернізації:**Розробка частотного регульованого електроприводу дробарки замість механічної чотириступінчастої коробки передач

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



лення вин місцевим способом (Кахетія, Вірменія), а також деяких десертних вин, всюди при дробленні винограду прийнято гребенів відділяти.

Зазвичай гребені від ягід винограду відділяють на гребневідділювачах. Виключенням є відділення гребенів умускатов і сортів токаю. Сорти ці збирають пізно і зазвичай грона їх утримують зав'язані і зазіомленні ягоди, які важко відокремити від гребенів. Такий виноград протирають на терках. Це - дорога операція, проте вона дає повніше відділення ягід від гребенів, чим пропускання винограду через гребневідділювач.

Головну частину гребневідділювача складає горизонтально розташований циліндр або напівциліндр, зроблений з листової лудженої міді, з круглими отворами діаметром 3-4 см, які розташовані в нижній половині циліндра на близькій відстані одно від іншого.

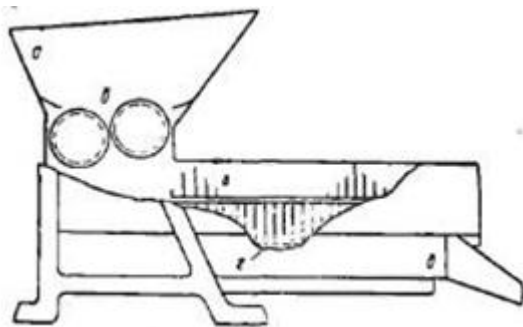


Рисунок 1.1-Дробарка з гребневідділювачами.

Уздовж циліндра, по його осі, проходить вал, що обертається, на якому гвинтоподібний насаджений металеві луджені лопатки.

Раніше гребневідділювачі як самостійні машини не застосовуються: вони сполучені з дробарками, які монтується над гребневідділювачами і складають з ними один агрегат, - дробилку-греб неотделитель (Рисунок 1.1).

Виноград, що подається у бункер а, роздавлюється валами дробарки б, після чого поступає в гребневідділювач. Лопаті гребневідділювача збивають ягоди з гребенів, просувають гребені уздовж циліндра і виводять їх назовні. Роздавлення ягоди і сік проходить

через отвори мідних ґрат г і падають в приймач д, що знаходиться внизу, з якого передаються прес або в чан.

Іноді розташування частин в агрегаті буває зворотне (Рисунок 1.2) буває таким: гребневідділювач розташований безпосередньо під бункером, в який подається виноград. Дробарка в знаходиться нижче гребневідділювача.

Гребневідділювач-дробарку застосовують при виготовленні вин, в які бажають

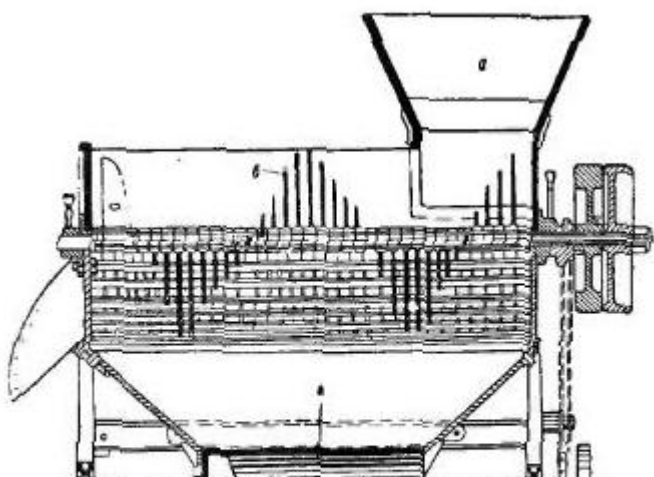


Рисунок 1.2- Дробарка на еграпомпах.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

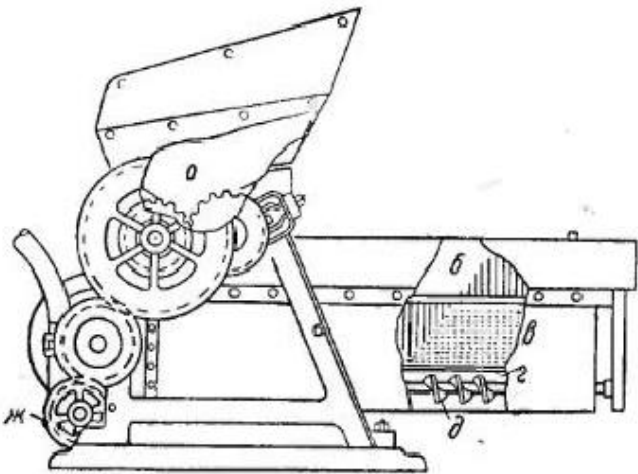


Рисунок 1.3-Дробарка-насос.

вінасоси,

які можуть перекачувати мезгу з гребенями або без них на значну відстань по шлангах (гумовим рукавам діаметром 10-12 см).

Ці насоси конструюються також в агрегаті з дробарками або з дробарками-гребневідділювачами і гребневідділювачами-дробарками. На рисунку 1.3 зображена дробарка з гребенями.

Насос, яка передає в прес або чан роздавлений виноград разом

**Мезга в дробарці**- насосі просувається за допомогою бронзових лопатей, які при обертанні навколо осі насоса, прийшовши нижнє положення, висуваються завдяки своїй тяжкості з циліндром, що обертається, і просувають мезгу до виходу, аперейшовши у верхнє положення, опускаються в тіло циліндра.



**Найбільш поширена** подрібнювальна і гребневідділювальна машина еграпомпа (Рисунок 1.3). Ця машина служить для розчавлювання винограду, відділення гребенів від ягід і транспортування маси подрібнених ягід до місця їх подальшої переробки. Вона складається з основних частин: дробарки з вальцями, гребневідділювача, відцентрового насоса.

Агрегат приводиться в дію від індивідуального мотора або від трансмісії.

Переробка винограду здійснюється по потоку.

Рисунок 1.4-Дробильна і гребневідділювана машина (еграпомпа).



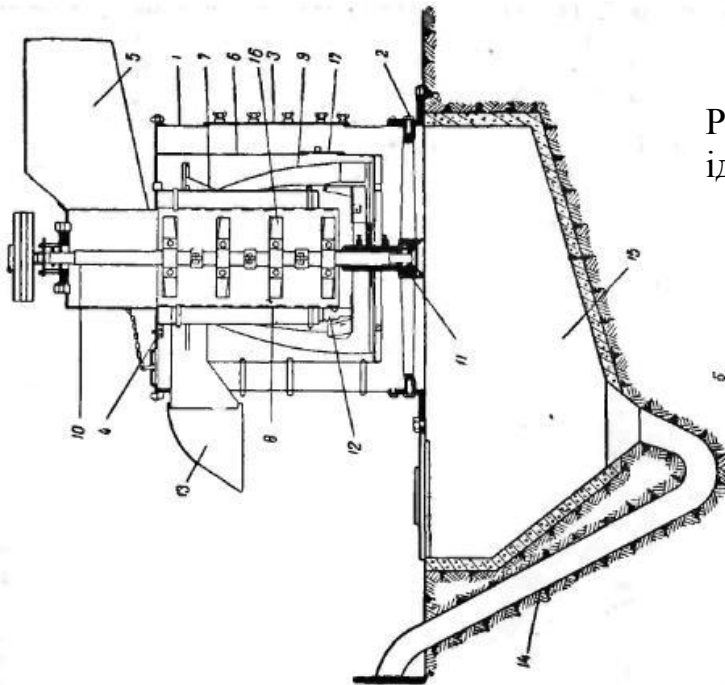


Рисунок 1.5-  
ідцентрова дробарка ЦДГ-20.

Робочий вал закритий нерухомим перфорованим циліндром 8, який, у свою чергу, оточений ще двома циліндрами: суцільним 7 і перфорованим 6. Між цими циліндрами рухаються спіральні лопаті турбіни 9, що спирається при обертанні на підп'ятник 11 (2-кріпильні болти). Виноград, завантажений у бункер 5, лопалями, розташованими на вертикальному валу, що обертається із швидкістю 450 об/хв, розбивається об стінки перфорованого циліндра 8, після чого через отвори в циліндрі і відкриту нижню його частину 12 спрямовується в центрифугу. Під дією відцентрових сил виноград роздавлюється об стінки другого перфорованого циліндра 6. Гребені підхоплюються спіральними лопатями 9 центрифуг, піднімаються вгору і через відвідне вікно 13 виходять назовні. Мезга отрапляє в резервуар 15, розташований під апаратом, звідки перекачується по каналу 14 в прес для віджимання або в чан на бродіння. Для огляду і очищення апарату в ній є люки 3, 17. У блоці з відцентровою дробаркою - гребневідділювачем може успішно працювати мезгосос ПМН-28.

Для перекачування мезги застосовуються асоси великої продуктивності. На мал. 16 зображений поршневий насос Мабиля, сконструйований спеціально для цієї мети. Насос наводиться в дію мотором, вмонтованим в його корпус. Перевагою цього насоса є те, що, розташований в низу, він може подавати мезгу вгору, а поміщений вгорі, може піднімати (всмоктувати) її на значну висоту. Продуктивність насоса від 40 до 70 т/години.

Як у провіні з самопливу, так і в суслі 1-го і 2-го пресування, отриманих з відцентровою дробаркою-гребневідділювача, вміст алкоголю був менше на 0,2-0,4, а зміст таніну було більше.

Грунтуючись на цьому, рекомендувати цей апарат нарівні з пресом безперервної дії можна тільки для застосування при виробництві ординарних масових вин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист



### 1.3. Дробарка гребневідлювач ВДГ-20

Міцність ягід винограду при ударній дії бича дробильно-гребневідделяючої машини може бути охарактеризована величиною відносної швидкості зіткнення, зухвалої руйнування ягоди. Її значення залежно від міри зрілості винограду коливається в межах 4.9 м/с.

В результаті удару з такою швидкістю усі ягоди руйнуються настільки, що забезпечується вільний вихід з них соку.

Встановлено, що найбільш ефективний спосіб гребневідділення полягає в поєднанні ударної дії на продукт з

протиранням його по сепаруючій поверхні робочих органів.

Ефективність роботи гребневідділювача багато в чому залежить від конструкції гребневідделяючого пристрою. Застосування двозахідних бичів підвищує їх захоплюючу здатність і лінійну швидкість продукту.

Подальше збільшення продуктивності обмежується умовами захоплення продукту на вхіді гребневідделяючого

пристрою, які погіршуються підвищенням частоти обертання ротора.

Міцність ягід винограду при ударній дії бича дробильно-гребневідделяючої машини може бути охарактеризована величиною відносної швидкості зіткнення, зухвалої руйнування ягоди. Її значення залежно від міри зрілості винограду

коливається в межах 4.9 м/с.

В результаті удару з такою швидкістю усі ягоди руйнуються настільки, що забезпечується вільний вихід з них соку.

Встановлено, що найбільш ефективний спосіб гребневідділення полягає в поєднанні ударної дії на продукт з протиранням його по сепару

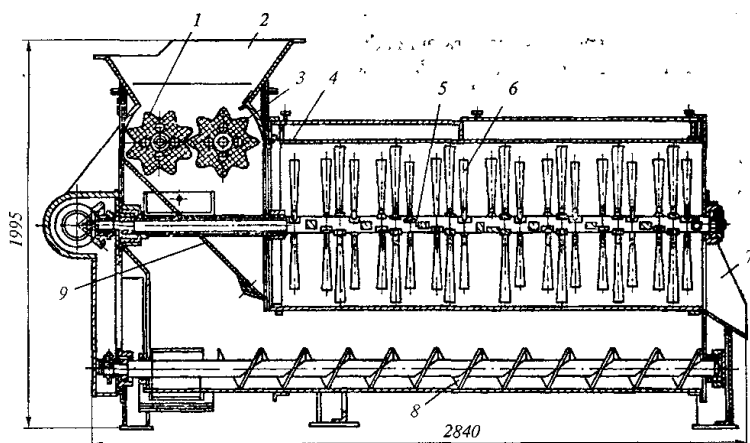


Рисунок 1-б-Дробарка-гребневідділювач ВДГ-20.

ючій поверхні робочих органів.

Ефективність роботи гребневідділювача багато в чому залежить від конструкції гребнеотделяючого пристрою. Застосування двозахідних бичів підвищує їх захоплюючу здатність і лінійну швидкість продукту.

					KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подальше збільшення продуктивності обмежується умовами захоплення продукту на вході гребневідделяючі пристрої, які погіршуються з підвищенням частоти обертання ротора.

Ударноцентробіжна дробаркагребневідділювач ЦДГ- 30 (Рисунок 1-7)призначена для дроблення винограду за рахунок удару по

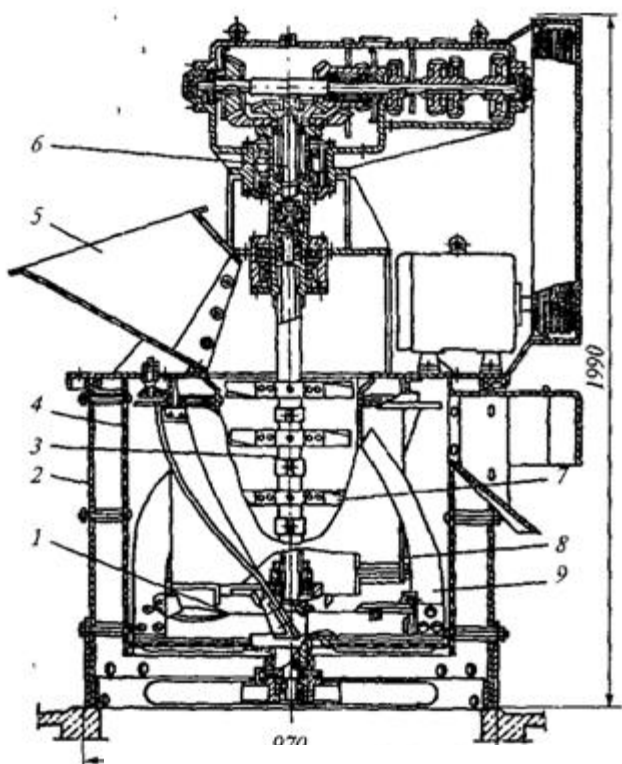


Рисунок 1-7- Ударно-центробежная дробарка-гребневідділювач ЦДГ- 30

ньому бичі вгребневідділяючого пристрою і стираннійого об стінки цього пристрою.

Колва швидкість обертання лопатей повинна забезпечити руйнування ягід у момент удару. Особливістю поєднання дроблення і гребневідділення в дробарок-гребневідділювачів такого типу є в одному робочому органі і використання незалежних приводів валу з бичами і гребневиносних лопатей.

Основний робочий орган машини є ротор вертикальним валом 6 з подрібнювальними бичами 7, на нижньому кінці якого закріплена хрестовина 1. Кожна па-

ра бичів, змонтованих на вертикальному валу 6, розташована під прямим кутом до сусідньої. На хрестовині 1 встановлені вертикальні гребневиносні лопаті 9, зігнуті по спіралі. Ці лопаті кріпляться до циліндра 8.

Призначення цих лопатей – ретельне відділення залишків шкірки і ягід від гребенів, що поступили в кільцевий простір між перфорованою склянкою 4 і малим суцільним циліндром 5, транспортування гребенів до вихідної горловини і видалення їх з машини. Внутрішня поверхня циліндра 5 виконана гладкою. До складу дробарки-гребневідділювача входять також корпус 2, труба 3 і бункер 5.

Після удару бича гроно придбає значну швидкість і виходить з подрібнювальної камери, минувши інші бичі.

Основна робота по руйнуванню ягід і гребневідділення здійснюється в процесі транспортування грон спіральними лопатями до вихідного отвору для ребенів, який супроводжується інтенсивним стиранням грон по поверхні перфорованого барабана.

Порівняльні випробування валкових і ударно-центробіжних дробарок-гребневідділювачів показали, що останні забезпечують більш високий вихід сусл-

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

самопливу, оскільки міра подрібнення винограду в них значно вища, проте інтенсивніша механічна дія на виноград супроводжується утворенням найдрібніших часток шкірки і гребенів, які переходять в сусло, утворюючи трудноосаждасмі суспензії. Це знижує якість виноматеріалів і є недоліком ударно-центробіжних машин.

До недоліків цих машин слід віднести також підвищений вміст дубильних речовин в суслі, що особливо небажано привиробленні високоякісних виноматеріалів, і велике окислення сусла.

Ці машини слід застосовувати для переробки винограду червоних сортів з недостатнім вмістом фарбувальних і дубильних речовин, а також при переробці винограду для приготування ординарних вин.

**Таблиця 1-1. Технічна характеристика дробарки-гребневідділювача Вдг- 20**

Продуктивність, т/год	20
Діаметр валків, мм	317
Довжина валків, мм	500
Частота обертання валків, хв <sup>-1</sup>	62,5
Діаметр розвантажувального шнека, мм	200
Крок шнека, мм	190
Частота обертання шнека, хв <sup>-1</sup>	147
Встановлена потужність, кВт	4,0
Габаритні розміри, мм	2840x 1870x1 995
Маса, кг	1425

Ударно-центробіжна дробарка-гребневідділювач ЦДГ- 30 призначена для дроблення винограду зарахунок удару по ньому бичів гребнеотделяю щого пристрою і стирання його об стінки цього пристрою.

Окружна швидкість обертання лопатей повинна заб

езпечити руйнування ягоди у момент удару. Особливістю дробарок-гребневідділювачів такого типу є

подняття дроблення і гребнеділення в одному робочому органі і використання незалежних приводів валу з бичами і гребневиносних лопатей.

Основний робочий орган машини - є ротор з вертикальним валом б з подрібню-



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.

Перший спосіб - сусло - самоплив отримують 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.

## 2.2 Поточні лінії переробки винограду

Величезний промисловий та економічний потенціал представляють виноробні заводи України. Встановлені на них потокові лінії ВПЛ-20/30 змушують звернутися до оцінки існуючих поточкових ліній з позицій сучасного стану виноробства і переходу його на технології, які можуть забезпечити отримання продукції високої якості (Рисунок 2.1 ).

						КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			



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 суслу першого відбору. На всіх ділянках лінії на роздроблені ягоди і мезгу діє кисень повітря, метал робочих органів і активно відбуваються дифузні процеси.

Створення поточкових 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. 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 поточковим лініям нові зразки технологічного обладнання.

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

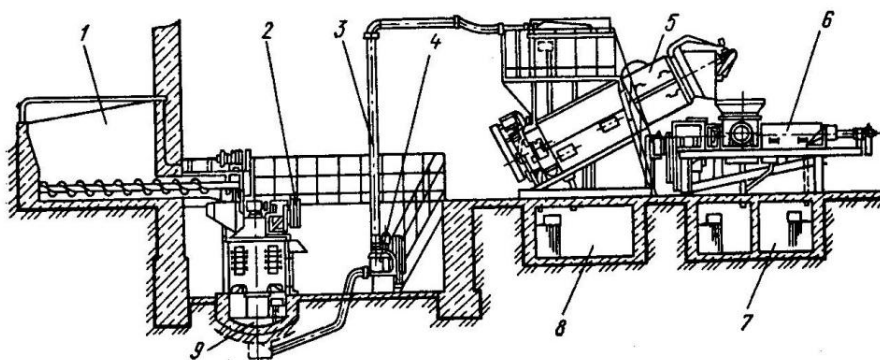


Рисунок 2.2 – Схема поточної лінії переробки винограду типу ВПЛ-20/30:

1 - приймальний бункер; 2 - відцентрова дробарка – гребеневідділювач;

				Лист	
				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

3 - мезгопроводи; 4 - мезговий насос; 5 - шнековий стікач; 6 - дотискний шнековий прес; 7 - збірник пресового сусла; 8 - збірник сусла зі стікача;  
9 – мезго-збірник

Поточні лінії типу ВПЛ-20/30 (Рисунок 2.2) яка тісно пов'язані з будівельними конструкціями цехів і складають з ними єдине ціле. На рис. 1.2 приведено схематичне креслення потокової лінії ВПЛ-20/30. Лінія містить в себе: приймальний бункер - дозатор 1, в який виноград подають з транспортних контейнерів, 2 - подрібнювально-гребеневідділюючу машину ЦДГ-20/30 або валкову подрібнювально-гребеневідділюючу машину ВДГ-20/30, 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 потоковій 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 потокових лініях мезгу збирають в мезго-приймачах, з яких її перекачують за допомогою мезгових насосів. Найбільш поширені поршневі мезго-насоси. На наших заводах в основному застосовують насоси типу ПМН-28.

Далі мезгу під натиском через мезгопроводи подають у шнековий стікач.

Шнекові стікачі потокових ліній постійно вдосконалюють, прагнуть 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 г/дм<sup>3</sup> зважених часток, а при переробці мезги, отриманої на ВДГ 20/30, масова

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

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 потокової лінії служить для отримання сусла, яке призначене для отримання основної частини вин (до 80% від отриманого 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  $110 \text{ г/дм}^3$ . Загальний вихід сусла з 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 поточкові 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.

### 2.3 Пристрій і технічні характеристики відцентрових дробарок

Відцентрові дробарки із гребеневідділювачем типу ЦДГ-20 та ЦДГ-30 є машинами ударно-відцентрової дії і часто застосовуються в Україні на заводах первинного виробництва (Рисунок 2.3).

У цій машині відбувається дроблення сировини шляхом ударних впливів

лопатей і ударів трон об поверхню внутрішнього циліндра. Роздроблену масу

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5



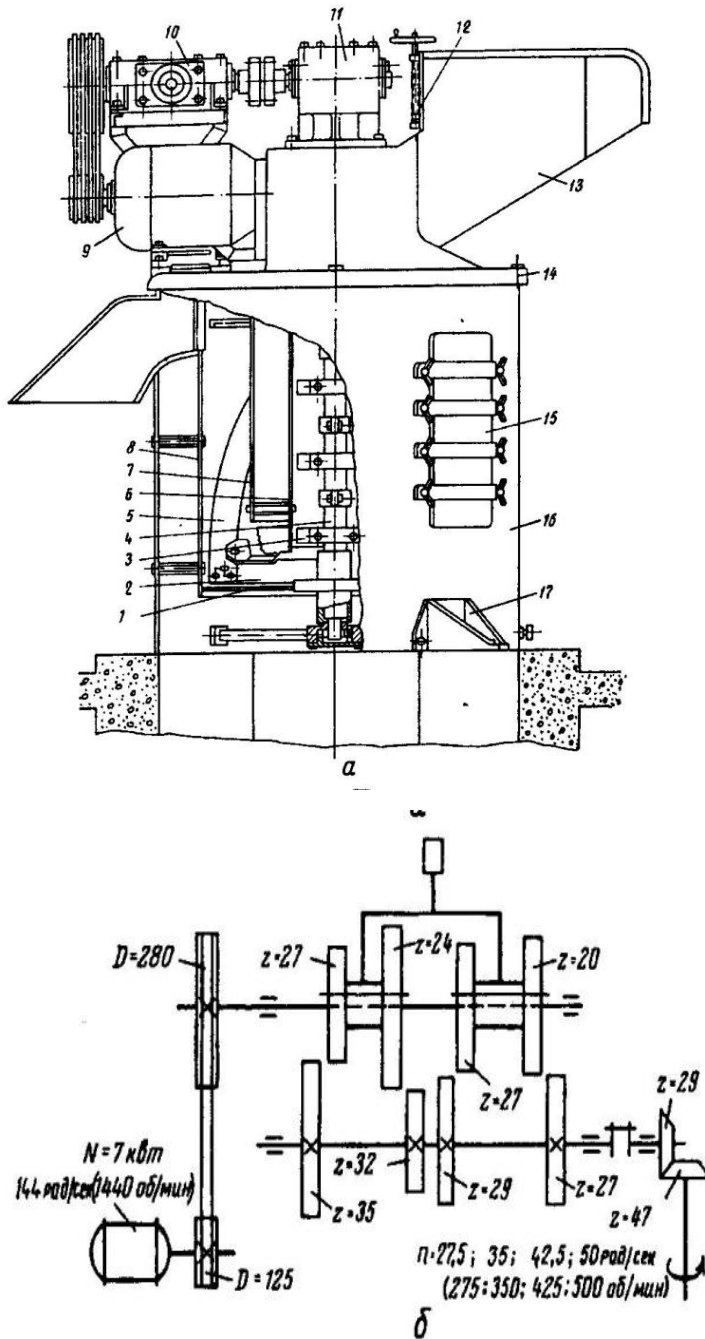


Рисунок 2.3 – Відцентрова дробарка – гребеневідділювач ЦДГ-30:

а - загальний вигляд:

1 - перфороване дно великого циліндра, 2 - хрестовина, до якої прикріплені гвинтові лопаті, 3 - лопаті, 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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

Таблиця 2.1 – 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

#### 2.4 Загальна характеристика електропривода відцентрових дробарок

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

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:  $I_{II} / I_H = 5...8$ .

Двигуни більшої потужності треба включати при з'єднанні з обмоткою статора зіркою і подальшим перемиканням на з'єднання їх трикутником. Це дозволяє зменшити пусковий струм двигуна в 1,7 рази, але при цьому знижується пусковий момент двигуна в 3,0 рази. Така схема пуску двигунів допустима для відцентрових машин до яких належить і дробарка.

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## РОЗІЛ 3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 3.1 Вимоги до електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30

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 – гребеневідділювача 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 12.1.005-88. Категорія приміщень згідно ПУЕ відповідає правилам влаштування електроустановок за СНіП-ом 11-90-81 з температурою повітря від + 10<sup>0</sup>С до + 40<sup>0</sup>С і вологістю більше 80%.

Рівні звукового тиску і шуму не повинні перевищувати норм, регламентованих ГОСТ 12.1.003 «Шум. Загальні вимоги безпеки». Граничне значення вібраційних характеристик не повинно перевищувати норм, встановлених ГОСТ 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 ланцюгах управління машини необхідно використовувати безпечну від ураження електричним струмом напругу.

Пост керування розташовують у шафі керування, а шафу управління встановлюють на відстані 5...10 метрів від машини. Живлення привода здійснюється

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 прокласти 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.

Передбачити блокування включення машини при відсутності загороджень привода і її аварійну зупинку.

Передбачити роботу машини у складі лінії.

### 3.2. Кінематичний розрахунок привода відцентрової дробарки ЦДГ-30

Завдання розрахунку: визначити кінематичні параметри привода ротора відцентрової дробарки ЦДГ-30 до і після її модернізації.

Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30 до її модернізації приведена на рис. 3.1.

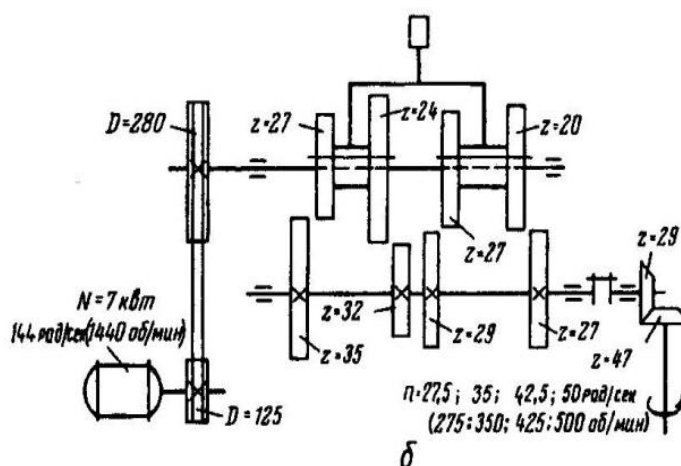


Рисунок 3.1 – Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30 до її модернізації

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



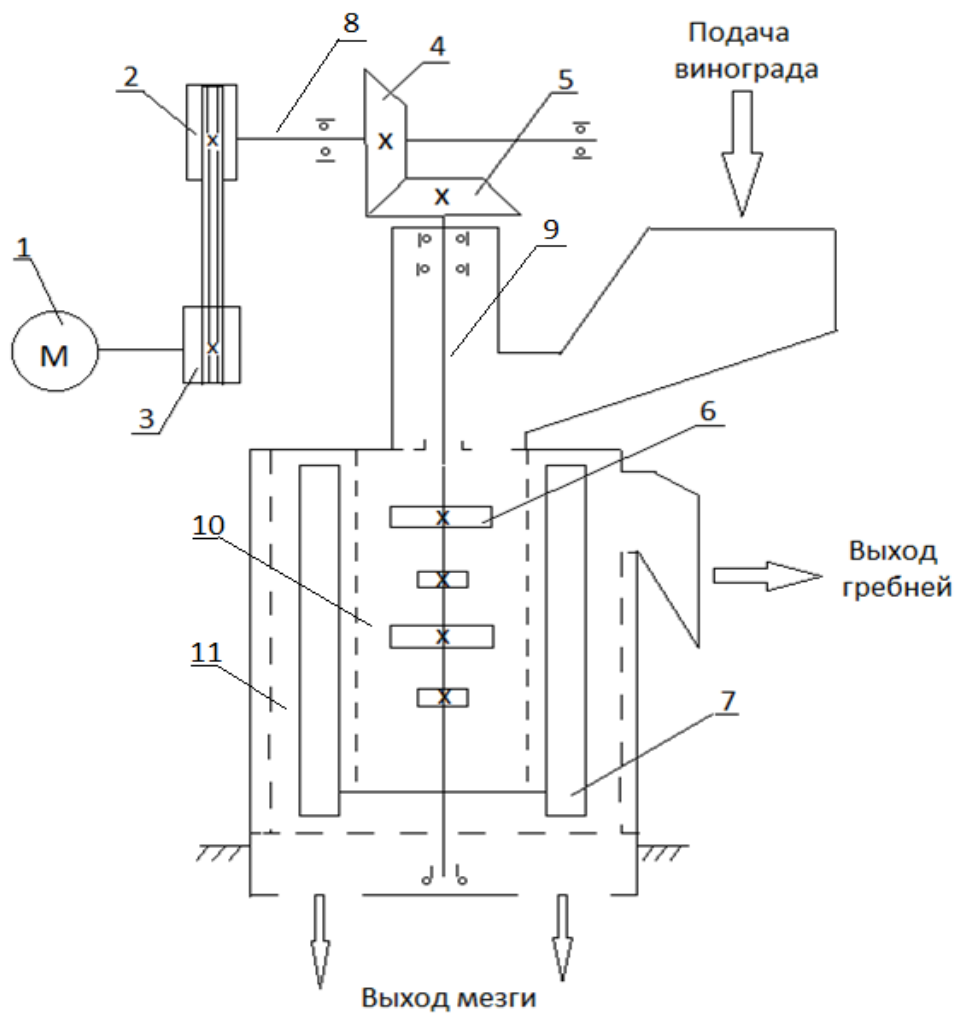


Рисунок 3.2 – Кінематична схема відцентрової дробарки ЦДГ-30М після її модернізації:

**1** – електродвигун; **2, 3** – шківів 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 передатне число механізму привода дробарки при найбільшій частоті обертання ротора після модернізації:

$$i_3 = \frac{n_{ДВ}}{n_{P2}} = \frac{1440}{500} = 2,88. \quad (2.5)$$

Визначимо передатне число зубчастої конічної передачі:

$$i_{ЗК} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{47}{39} = 1,21.$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5				

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

Визначимо передатне число клинопасової передачі:

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

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 передатного механізму дробарки  $\eta_{30}$  після її модернізації:

$$\eta_3 = \eta_K \cdot \eta_{3K}^n \cdot \eta_{\Pi}^m, \quad (2.9)$$

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

$\eta_{3K}$  – ККД зубчастої конічної передачі,  $\eta_{3K} = 0,97$ ;

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

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

Тоді:

$$\eta_{30} = \eta_K \cdot \eta_{3K}^n \cdot \eta_{\Pi}^m = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,99^4 = 0,90.$$

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

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

Отже, загальний ККД передатного 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.

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

### 3.3 Розрахунок потужності і вибір двигуна відцентрової дробарки ЦДГ-30

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 з мало змінним навантаженням, що відповідає режиму роботи S1, потужність двигуна вибирають за результатами енергетичних розрахунків:

$$P_{НОМ} \geq P_{РОЗРАХ},$$

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 з мало змінним навантаженням (режим роботи S1), визначають за потужністю на валу робочого органу машини з урахуванням втрат 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 будемо визначати за витратами кінетичної енергії для надання необхідної швидкості руху ягодам, при якій вони повністю розбиваються:

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

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:

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

Потужність витрат на відділення гребенів визначимо за залежністю:

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

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Тоді:

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

Вибираємо трифазний асинхронний двигун із короткозамкненим ротором серії АІР, технічні дані якого наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика двигуна АІР132М4У3

Р <sub>НОМ</sub> , кВт	n <sub>НОМ</sub> , об/хв.	η <sub>НОМ</sub> , %	cosφ <sub>НОМ</sub>	К <sub>П</sub>	К <sub>М</sub>	К <sub>Г</sub>	J <sub>ДВ</sub> , 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 осі 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.

Даний двигун має ступінь захисту ІР44 (розшифровується: ІР - захищений, 44 - закритого виконання).

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

### 3.4 Розрахунок і вибір кабелю живлення двигуна 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;

									Лист
КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

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

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

Тоді:

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

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  $2,5 \text{ мм}^2$  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  $2,5 \text{ мм}^2$ .

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:

					KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

тут  $\gamma$  - питома активна провідність металу, для алюмінію  $\gamma = 32 \text{ Ом/км}$ ;

$S$  – площа перерізу жили кабелю,  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ ;

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

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

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

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

Тоді:

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

Тоді:

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

Так як:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5,0\% > \Delta U_p = 2,1\%,$$

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

### **Висновок.**

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

### **3.5. Принципова схема контакторного управління двигуном дробарки**

Електрична принципова схема релейно-контакторного управління електропривода відцентрової дробарки представлена на рисунку 3.3.

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

Включення і відключення 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 гальмування привода, здійснюється кінцевим вимикачем SQ1.

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

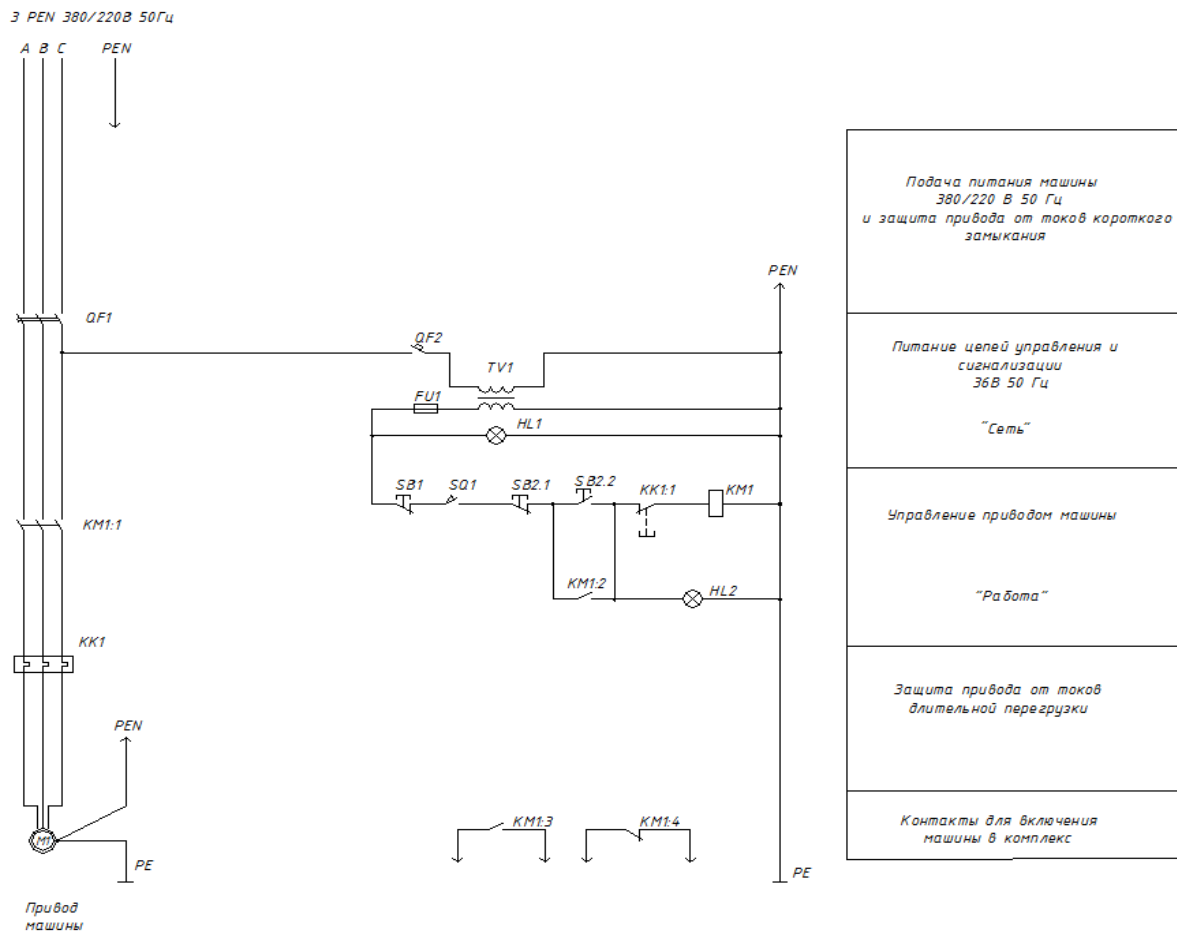


Рисунок 3.3 – Электрична принципова схема релейно-контакторного управління електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30М

Для аварійної зупинки застосований пост SB1 «Стоп».

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

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

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

Повторне мимовільне включення машини після короточасного зникнення електроенергії блокується магнітним пускачем KM1 шляхом розмикання його головних KM1:1 і додаткових KM1:2 замикаючих контактів. Для роботи машини у складі лінії використовують додаткові замикаючі контакти KM1:3 і розмикальні

KM1:4

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.6. Обґрунтування застосування перетворювача частоти 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, 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 витоку, тобто при зниженні опору ізоляції обмоток двигуна та інше, крім того, ПЧ має внутрішній ПД-регулятор і

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

внутрішні датчики контролю частоти обертання ротора, струму, потужності, моменту двигуна.

### 3.7. Вибір перетворювача частоти.

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. 3.2.

Таблиця 3.2 - Паспортні дані ПЧ типу ACS350-03E-12

Тип, виконання	ACS350-03E-12
Номінальна повна потужність, кВ·А	12
Номінальна потужність, кВт	11
Номінальний струм $I_{\text{НОМ}}$ , А	25,0
Мережа живлення:	3x380 В, +10%, -15%, 50 (60) Гц $\pm$ 2% (з заземленою або ізольованою нейтралю)
Вихідна напруга	3x (0 ... 380 В) $\pm$ 2%
Коефіцієнт корисної дії	не менше 0,95 (без двигуна)
Коефіцієнт потужності	не менше 0,95
Умови навколишнього середовища:	робоча температура + 1 <sup>0</sup> С... + 40 <sup>0</sup> С, 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	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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

Ступінь захисту

IP21

Таблиця 3.3 - Функціональні можливості ПЧ типу ACS350-03E-12

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 ПІД-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
Додаткові	Сигналізація, відображення і дистанційна передача інформації про параметри і режими роботи



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти типу ACS350-03E-12

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

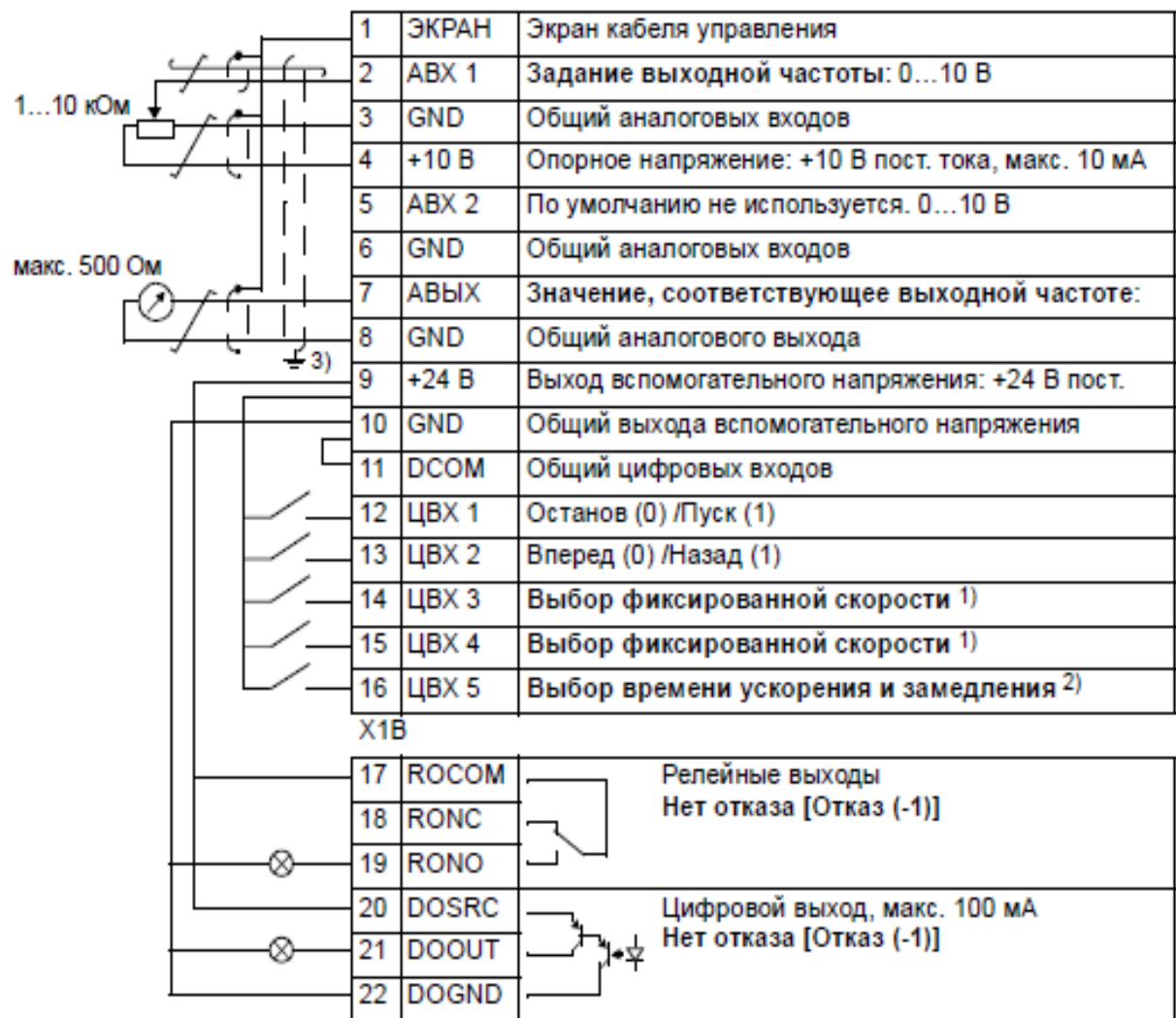


Рисунок 3.6 – Схема підключення ланцюгів управління до перетворювача частоти типу ACS350-03E-12

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблиця 3.5 – Призначення клемників ланцюгів управління

ХТ1	призначений для підключення зовнішніх дискретних сигналів (6 дискретних входів $R_{вх} = 2 \text{ кОм}$ , $I_{вих} = 10...20 \text{ мА}$ ).
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: - субблоків 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;
ХТ9	Нейтраль;
ХТ10	Вихід U;
ХТ11	Вихід V;
ХТ12	Вихід W;
ХТ13	Rd +;
ХТ14	Rd – .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист

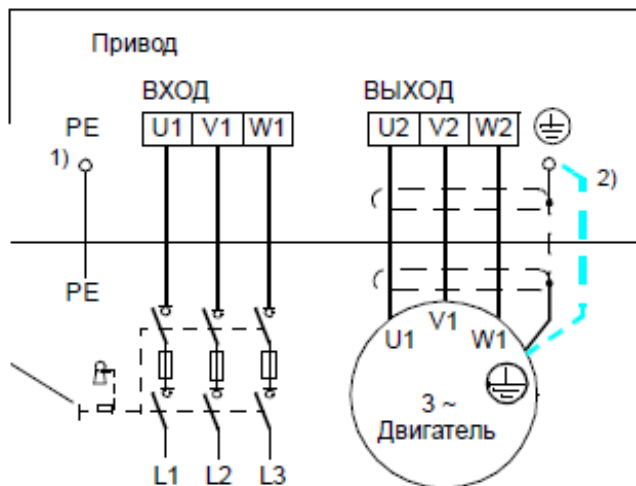


Рисунок 3. 7 – Схема підключення силового ланцюга ПЧ ACS350-03E-12

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

### 3.8. Схема частотного електропривода відцентрової дробарки

Для автоматичного управління приводом машини приймаємо до установки частотний перетворювач типу ACS350-03E-12. Ці перетворювачі частоти працюють від промислової трифазної мережі змінного струму з заземленою або ізольованою нейтралю.

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 по таймеру.

Перетворювачі типу ACS350-03E-12 забезпечують захист привода машини від струмів короткого замикання і тривалих струмів перевантаження, при обриві одної з фаз або при не симетрії фазних напруг.

Основні технічні дані перетворювача частоти ACS350-03E-12 з номінальною потужністю  $S_{ном} = 12,0$  кВ·А приведені в табл. 2.9.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики перетворювача частоти ACS350-03E-12

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	



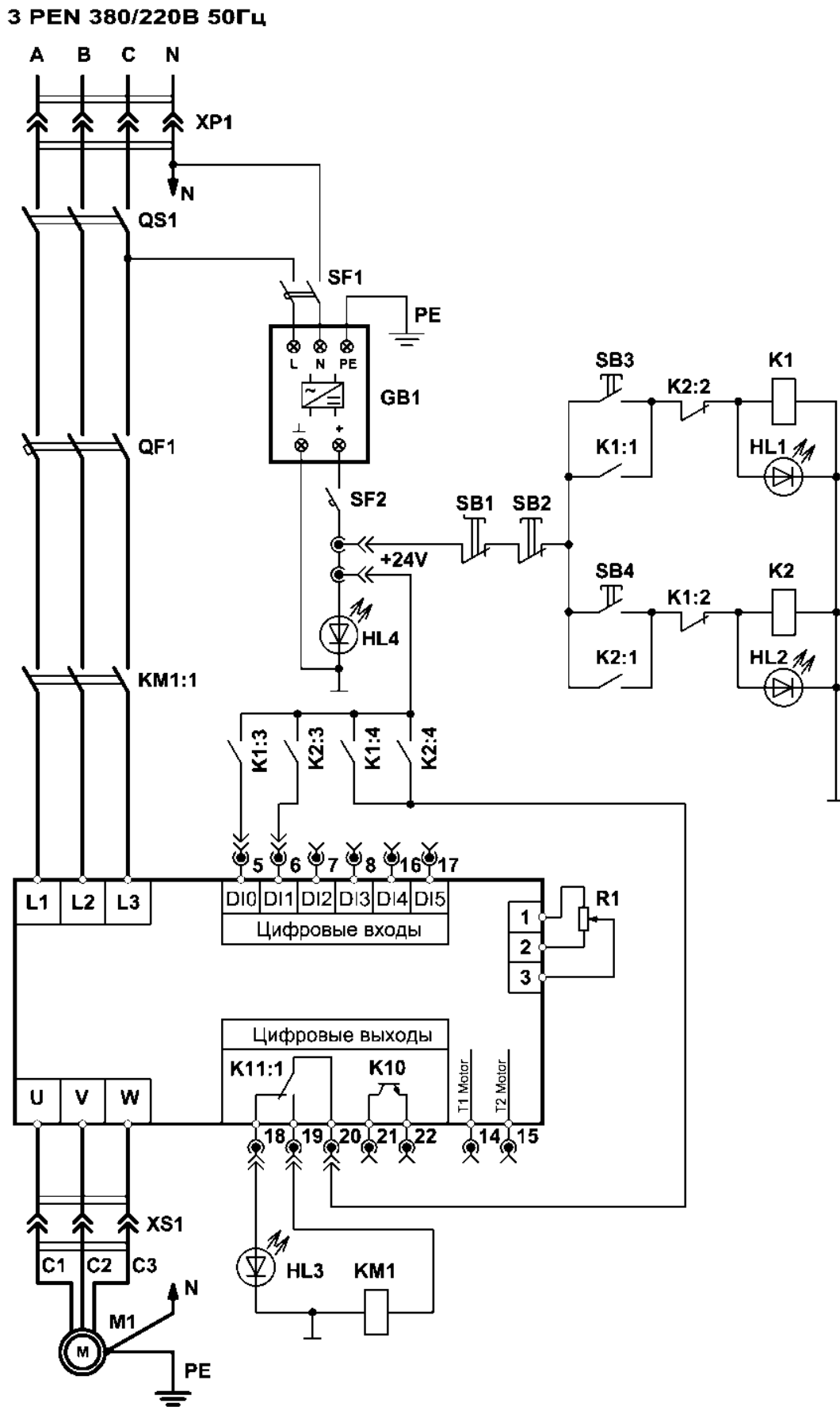


Рисунок 3.8 - Электрична принципова схема частотного управління електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30 з ПЧ ACS350-03E-12

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист



## РОЗІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОННІЙ МОДЕЛІНА

### 4.1 Постановка задачі моделювання роботи електропривода.

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 же принципами, що і системи управління з двигуном постійного струму. При цьому характеристики асинхронного двигуна становляться близькими до характеристик двигуна постійного струму, це дозволяє суттєво підвищити економічну ефективність електропривода з АД.

Моделювання роботи асинхронної машини у режимах двигуна або генератора можна провести за допомогою блоку Asynchronous Machine у пакеті програм MATLAB. Піктограми машини приведені на рисунку 4.1.

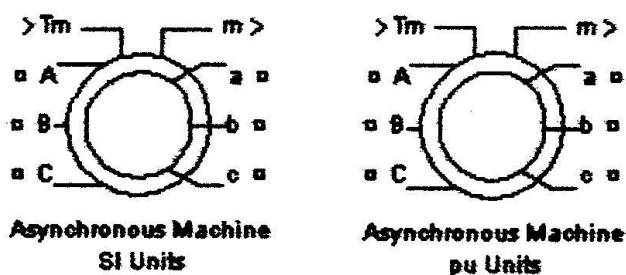


Рисунок 4.1 – Піктограми асинхронної машини.

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 руху. На вихідному порту  $m$  формується векторний сигнал, що складається із 21 елемента:

					KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 себе модель електричної частини, яка представлена моделлю простору стану четвертого порядку, і модель механічної частини у вигляді системи другого порядку. Всі електричні змінні і параметри машини приведені до статора. Вихідні рівняння електричної частини машини записані для двофазної ( $dq$ -вісі) системи координат. На рисунку 4.2 приведена схема заміщення машини.

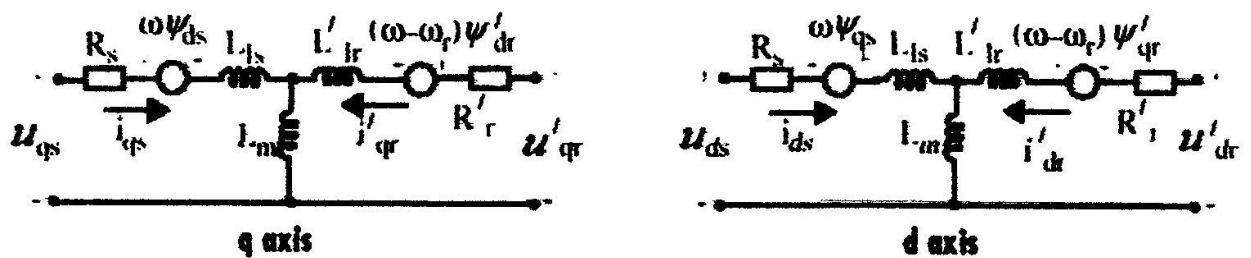


Рисунок 4.2 – Схема заміщення асинхронної машини:

Режим роботи визначається знаком електромагнітного моменту машини.

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

Рівняння електричної частини машини мають вигляд:

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

				KPM.EM та M.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

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

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

де:

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

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

Індекси в системі рівнянь машини мають наступні значення:

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

Механічна частина машини описується двома рівняннями:

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

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

Змінні в рівняннях машини мають такі значення:

- $R_s, L_{ls}$  – активний опір і індуктивність розсіювання статора;
- $R'_r, L_{lr}$  – активний опір і індуктивність розсіювання ротора;
- $L_m$  – індуктивність кола намагнічування;
- $L_s, L'_r$  – повні індуктивності статора і ротора;
- $U_{qs}, i_{qs}$  – проекції напруги і струму статора на вісь  $q$ ;
- $u'_{qr}, i'_{qr}$  – проекції напруги і струму ротора на вісь  $q$ ;
- $u_{ds}, i_{ds}$  – проекції напруги і струму статора на вісь  $d$ ;
- $u'_{dr}, i'_{dr}$  – проекції напруги і струму ротора на вісь  $d$ ;
- $Y_{ds}, Y_{qs}$  – проекції потокозчеплення статора на осі  $d$  і  $q$ ;
- $\psi'_{dr}, \psi'_{qr}$  – проекції потокозчеплення ротора на осі  $d$  і  $q$ ;
- $\omega_m$  – кутова частота обертання ротора;
- $\theta_m$  – кутове положення ротора;

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

3.2 Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна електропривода відцентрової дробарки ЦДГ-30

#### 4.2. Розрахунок параметрів схеми заміщення двигуна дробарки.

Для моделювання роботи АД з КЗ ротором у пакеті програм MATLAB потрібно розрахувати параметри схеми заміщення двигуна (рисунок 4.3). Параметри схеми заміщення двигуна в технічних довідниках приведені у відносних одиницях.

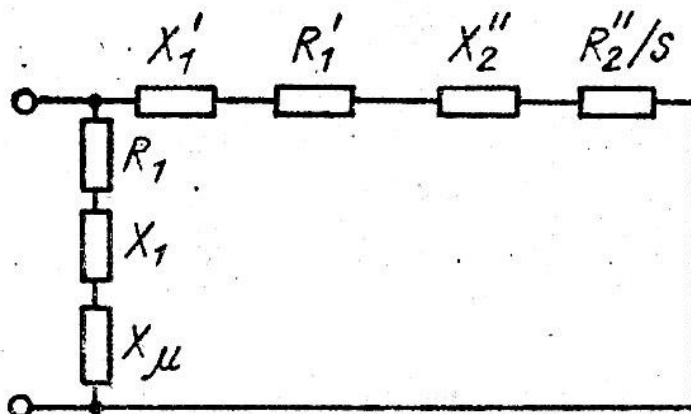


Рисунок 4.3 – Схема заміщення фази асинхронного двигуна.

Таблиця 4.1 – 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
КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



$$L_2 = \frac{X_2^{II}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{2,25}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (4.8)$$

Індуктивність гілки намагнічування в схемі заміщення АД з КЗ ротором:

$$L_\mu = \frac{X_\mu}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{55,26}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,18 \text{ Гн.} \quad (4.9)$$

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.

Таблиця 4.2-Технічні дані двигуна і параметри схеми заміщення

Двигун відцентрової дробарки АІР132М4У3							
$P_{НОМ}$ , 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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Динамічний момент ротора відцентрової дробарки враховується моделюю електропривода під час розгону дробарки автоматично.

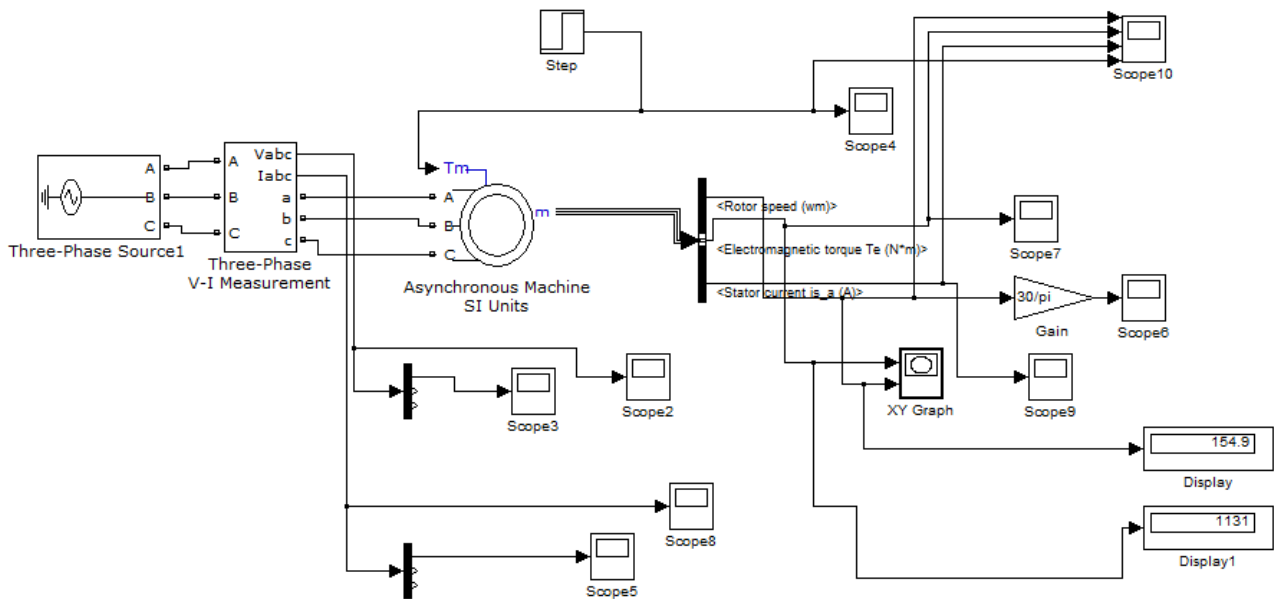


Рисунок 4.5 – Схема моделі електропривода дробарки з трифазним АД з КЗ ротором

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

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

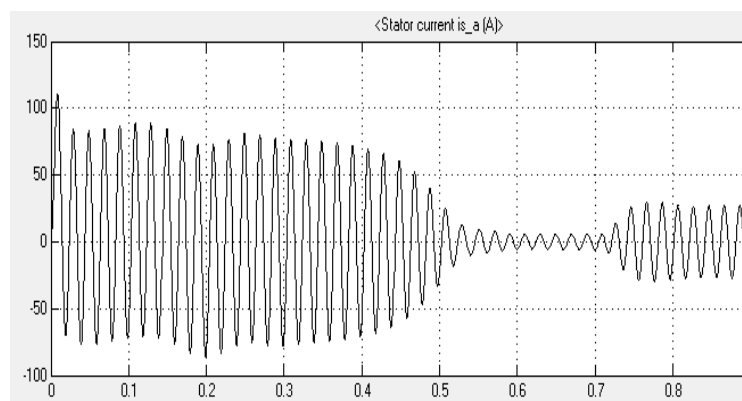


Рисунок 4.6 – Діаграма струму статора при пуску АД

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

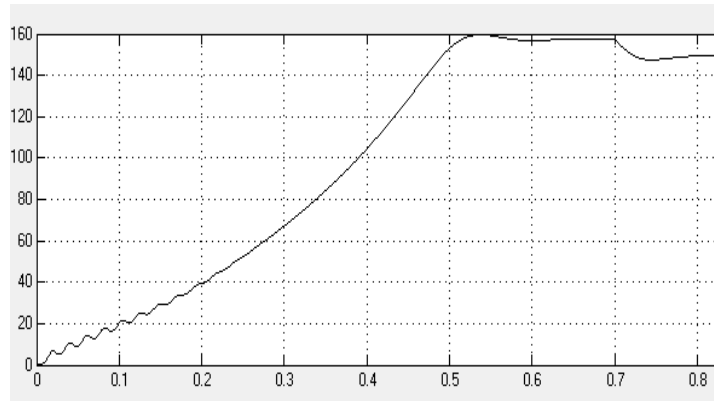


Рисунок 4.7 – Діаграма швидкості ротора при пуску АД

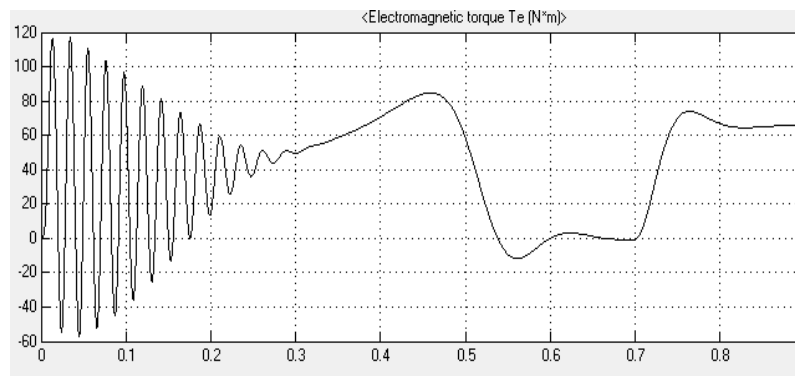


Рисунок 4.8 – Діаграма електромагнітного моменту ротора при пуску АД

#### 4.4 Моделювання пуску електропривода відцентрової дробарки з перетворювачем

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. Схема містить джерело трифазного живлення з ШІМ, трифазний вимірювач напруги і струму обмоток статора двигуна, осцилографи та вимірювальні прилади. Закон зміни частоти струму аперіодичний. Навантаження на валу двигуна ідентичне моделюванню при прямому пуску.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

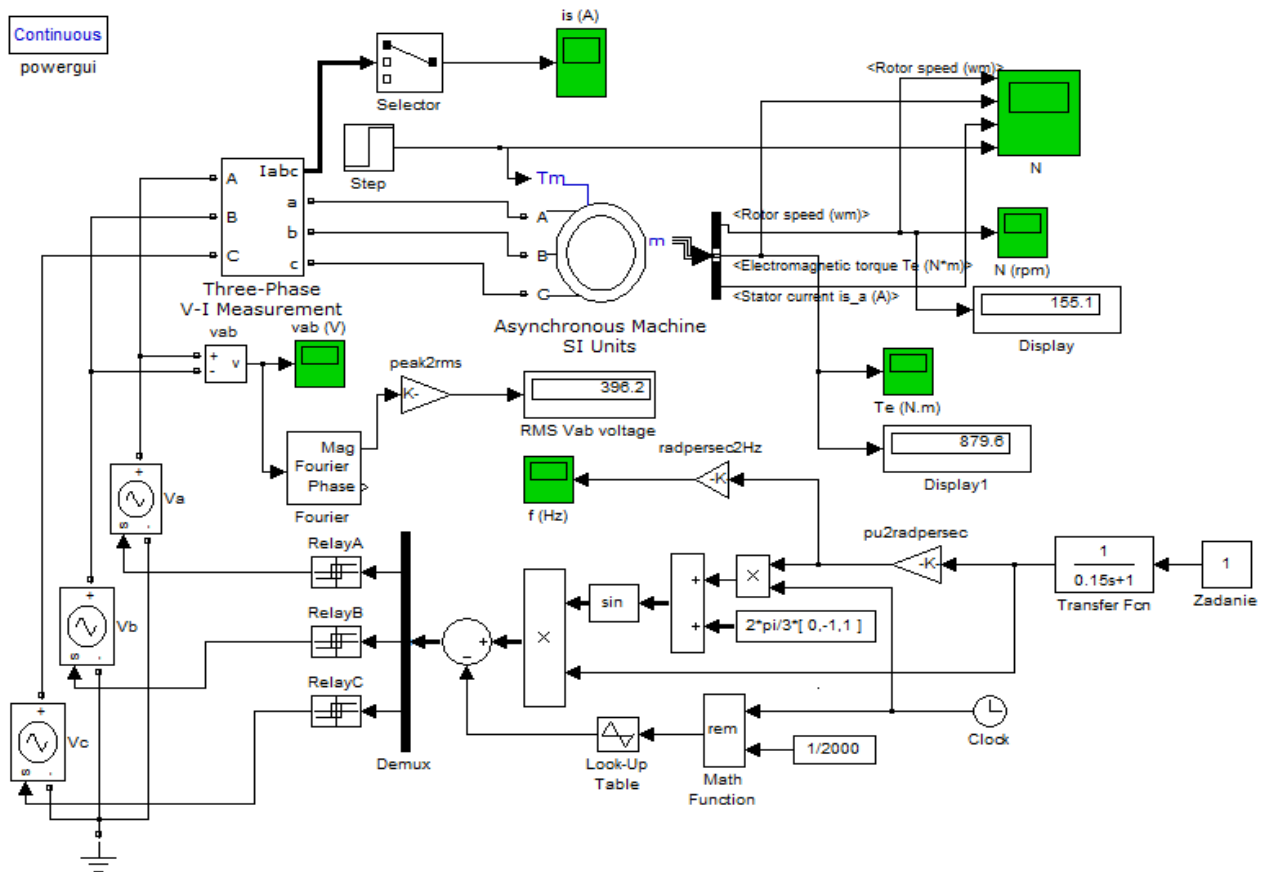


Рисунок 4.9 – Схема моделі електропривода дробарки з частотним регулюванням системи ПЧ-АД

Результати модулювання роботи електропривода системи ПЧ-АД.

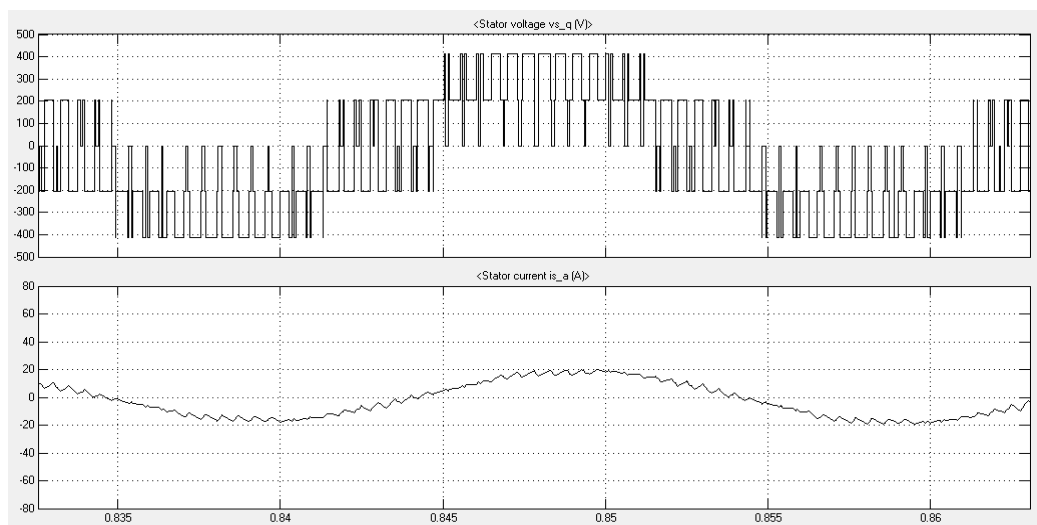


Рисунок 4.10 – Осцилограма ШІМ-модульованої квазісинусоїдальної напруги і струму на виході з ПЧ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

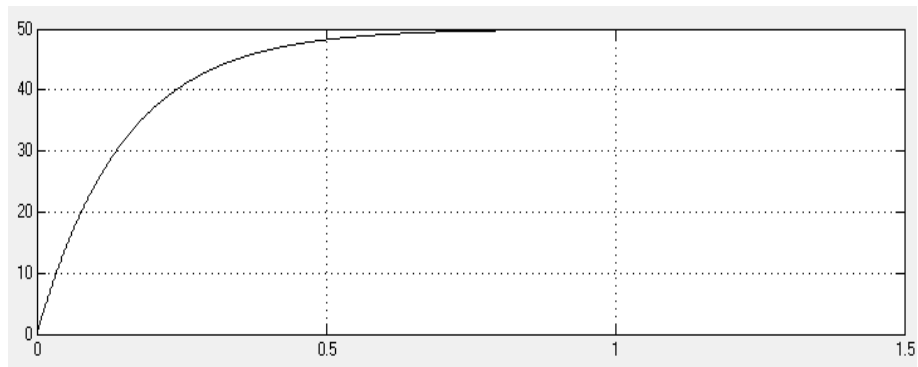


Рисунок 4.11 – Графік зміни частоти вихідної напруги ПЧ

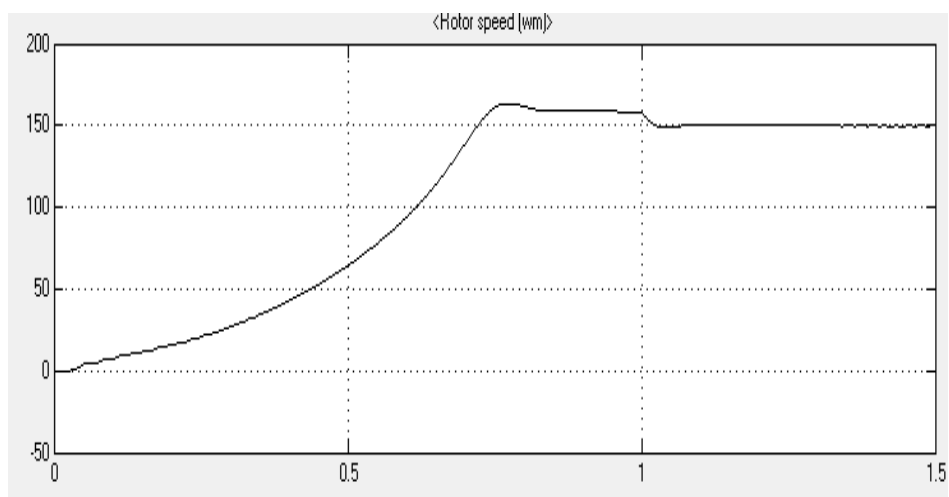


Рисунок 4.12 – Графік зміни кутової швидкості ротора АД

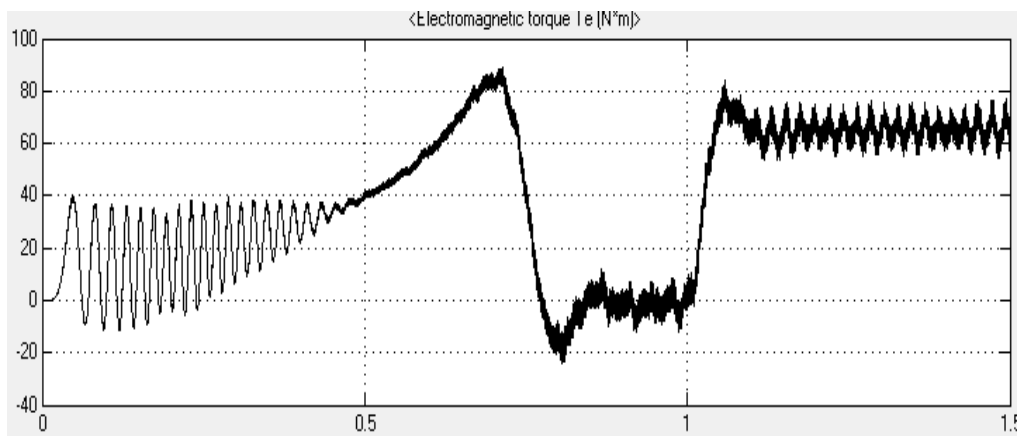


Рисунок 4.13 – Графік зміни електромагнітного моменту ротора АД

### 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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5

Лист



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 з 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 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:

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

				КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

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

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:

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

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

Строк окупності капітальних витрат розраховують за формулою:

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

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

$K_B$ ,  $K_H$  – капітальні вкладення базового і нового варіантів;

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

## 5.2 Визначення капітальних витрат для базового і нового варіантів

Кошториси на обладнання для базового і нового варіантів приведені у табл. 5.1.

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

Назва електрообладнання	N, шт.	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		за шт., грн.	Всього, грн.	за шт., грн.	Всього, грн.
КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	



$$P_{\text{ПМ}} = \frac{Z_T \cdot H_{\text{ПМ}}}{100}, \quad (5.7)$$

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

Тоді:

$$P_{\text{ПМ}} = \frac{Z_T \cdot H_{\text{ПМ}}}{100} = \frac{8128 \cdot 10}{100} = 813 \text{ грн.}$$

Оплата праці за шкідливі умови праці:

$$P_{\text{УП}} = \frac{(Z_T + P_{\text{ПМ}}) \cdot H_{\text{УП}}}{100}. \quad (5.8)$$

Тоді:

$$P_{\text{УП}} = \frac{(Z_T + P_{\text{ПМ}}) \cdot H_{\text{УП}}}{100} = \frac{(8128 + 813) \cdot 17}{100} = 1520 \text{ грн.}$$

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

Всього постійна заробітна плата складає:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_T + P_{\text{ПМ}} + P_{\text{УП}}. \quad (5.9)$$

Тоді:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_T + P_{\text{ПМ}} + P_{\text{УП}} = 8128 + 813 + 1520 = 10461 \text{ грн.}$$

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

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

Тоді:

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

Всього основна заробітна плата двох робочих за місяць складає:

$$Z_{\text{ОСН}} = Z_{\text{ПОСТ}} + P_{\text{ПР}}. \quad (5.11)$$

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		







$$T_{OK} = \frac{K_H - K_B}{З_{BB} - З_{BH}} = \frac{33210 - 8610}{119836 - 103003} = \frac{24600}{16833} = 1,46 \text{ років.}$$

**Висновок.** Річний економічний ефект від модернізації електропривода дробарки за експлуатаційними витратами складає  $З_{E\Phi} = 16833$  грн./рік, а строк окупності капітальних витрат дорівнює  $T_{OK} = 1,46$  років.

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

### Висновки і рекомендації по роботі

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Розділі 1. Аналіз літературних джерел

В розділі 2 «Загальна частина» описані технологічний процес переробки винограду, поточні лінії переробки винограду та конструкція і технічні характеристики дробарки ЦДГ-30М для подрібнювання винограду, описане електрообладнання дробарки.

В розділі 3 «Розрахункова частина» приведені вимоги до модернізації електропривода відцентрової дробарки. При модернізації електропривода дробарки ЦДГ-30М в систему управління для оптимізації режиму подрібнювання винограду та з метою підвищення виходу і якості суслу використаний перетворювач частоти для регулювання частоти обертання ротора відцентрової дробарки в діапазоні  $n_{III} = 250 \dots 500$  об/хв. з точністю підтримки частоти обертання  $\Delta n_{III} = 5,0\%$ .

Для електропривода вдробарки вибраний трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії А АР132М4У3 потужністю 11,0 кВт з частотою обертання 1440 об/хв.

Приведена схема принципова управління електропривода дробарки для вино.

Для регулювання частоти обертання двигунів прийняли до установлення частотний перетворювач типу ACS350-03E-12 з номінальною потужністю 12 кВт А.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА ЕЛЕКТРОННІЙ МОДЕЛІ

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

В розділі «Економічна частина» приведений розрахунок економічної ефективності від модернізації електропривода дробарки. Річний економічний ефект від модернізації електропривода дробарки складає 16833 грн./рік, а строк окупності капітальних витрат складає 1,46 років.

					КРМ.ЕМ та М.663-03.06.11.23.1.1.5	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

