

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи містить 81 сторінку, 18 рисунків, 9 таблиць, 23 найменування літературних джерел.

У магістерській роботі приведена загальна характеристика системи електропостачання цеху переробки зерна загальною потужністю 1100 кВА. Розглянуто основні принципи побудови схем електропостачання агропромислових підприємств та схеми внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 та 10 кВ. Наведено технологію виробничих процесів, опис процесу помелу зерна в борошно та систему електропостачання агропромислового підприємства.

Спроековано внутрішнє освітлення агропромислового комплексу.

Визначене основне обладнання вальцьової лінії агропромислового підприємства. Вибрано силове електрообладнання за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Розраховано індивідуальний захист групи електродвигунів лінії вальцьових верстатів.

**Ключові слова:** електропостачання, електрична мережа, підстанція, трансформатор, головна схема, релейний захист, струмовий захист, роз'єднувач, коротке замикання, універсальний мікропроцесорний блок захисту двошвидкісних асинхронних двигунів.

## ABSTRACT

Пояснювальна записка до магістерської роботи містить 81 сторінку, 18 рисунків, 9 таблиць, 23 найменування літературних джерел.

У магістерській роботі приведена загальна характеристика системи електропостачання цеху переробки зерна загальною потужністю 1100 кВА. Розглянуто основні принципи побудови схем електропостачання агропромислових підприємств та схеми внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 та 10 кВ. Наведено технологію виробничих процесів, опис процесу помелу зерна в борошно та систему електропостачання агропромислового підприємства.

Спроековано внутрішнє освітлення агропромислового комплексу.

Визначене основне обладнання вальцьової лінії агропромислового підприємства. Вибрано силове електрообладнання за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Розраховано індивідуальний захист групи електродвигунів лінії вальцьових верстатів.

**Ключові слова:** електропостачання, електрична мережа, підстанція, трансформатор, головна схема, релейний захист, струмовий захист, роз'єднувач, коротке замикання, універсальний мікропроцесорний блок захисту двошвидкісних асинхронних двигунів.

## ЗМІСТ

|  | Стор. |
|--|-------|
| ВСТУП.....   | 8     |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ. ЗАГАЛЬНА<br>ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ<br>ПІДПРИЄМСТВА..... | 11    |
| 1.1 Загальна характеристика системи електропостачання<br>підприємства.....                               | 11    |
| 1.2 Основні принципи побудови схем електропостачання<br>агропромислових підприємств.....                 | 13    |
| 1.3 Схеми внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 та<br>10 кВ.....                            | 14    |
| 1.4 Технологія виробничих процесів.....  | 21    |
| 1.5 Опис процесу помелу зерна в борошно.....   | 25    |
| 1.6 Система електропостачання агропромислового підприємства.....   | 27    |
| РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ<br>АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....                         | 36    |
| 2.1 Вибір системи і виду освітлення.....   | 36    |
| 2.2 Розрахунок освітлювальної мережі.....  | 43    |
| 2.3 План розташування освітлювального електрообладнання.....   | 44    |
| РОЗДІЛ 3 ВИБІР ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ<br>ВАЛЬЦЬОВОЇ ЛІНІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА..... | 46    |
| 3.1 Особливості вибору електрообладнання для стандартного<br>технологічного устаткування.....            | 46    |
| 3.2 Вибір силового електрообладнання за кліматичним виконанням і<br>категорією розміщення.....           | 47    |
| 3.3 Вибір і перевірка електроприводів лінії вальцових верстатів.....                                     | 49    |
| 3.4 Визначення розрахункових навантажень.....  | 51    |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 3.5   | Вибір і перевірка приводного електродвигуна вальцьового верстату..... | 55 |
| 3.6   | Вибір марки і перерізу дротів та кабелів.....                         | 58 |
| 3.7   | Вибір та перевірка пускозахисної апаратури.....                       | 59 |
| РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ГРУПИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЛІНІЇ ВАЛЬЦЬОВИХ ВЕРСТАТІВ..... |   | 64 |
| 4.1   | Захист енергетичних систем підприємства.....                          | 64 |
| 4.2   | Вимоги до релейного захисту.....                                      | 70 |
|   | ВИСНОВКИ.....   | 78 |
|   | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                       | 79 |

## ВСТУП

Питання вдосконалення системи технічного сервісу і підвищення експлуатаційної надійності електроустаткування в сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу країни набувають виключно важливого значення.

Проблема стійкого енергетичного забезпечення сільського господарства включає низку невідкладних заходів із вдосконалення організації системи технічного сервісу електроустаткування (електрообладнання) для сільськогосподарського виробництва і побуту сільського населення. Надійна і економічна робота електроустаткування (електрообладнання) в сільському господарстві залежить від комплексу організаційних і технічних заходів, здійснюваних при розробці, виготовленні, монтажі і експлуатації електротехнічних виробів. Зростаючі вимоги сільськогосподарського виробництва до надійності роботи електроустаткування (електрообладнання) і підвищення питомої ваги витрат, пов'язаних з його обслуговуванням і ремонтом, вимагають впровадження системи експлуатації, при якій забезпечуються мінімальні витрати на проведення техобслуговування і усунення аварійних відмов устаткування з врахуванням можливих технологічних збитків, що завдають у разі виходу з ладу електроустаткування.

Багатоукладність сільськогосподарського виробництва і неоднорідність форм організації сільських товаровиробників за нестачі матеріальних коштів на придбання нового електротехнічного устаткування і матеріалів, високих тарифів на електроенергію і недостатнього |нестачі| забезпечення кваліфікованим електротехнічним персоналом вимагає розробки і впровадження нових методів і форм організації технічного обслуговування і ремонту електроустаткування.

Проведення наукових досліджень і розробка науково-обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення системи технічного сервісу електроустаткування|електрообладнання|в умовах розвитку сільськогосподарського виробництва, що змінюються, забезпечує підвищення експлуатаційної

надійності і ефективності роботи сільських електроустановок для збільшення випуску сільськогосподарської продукції, і є актуальним завданням, результати вирішення якого необхідні вітчизняному сільгосптоваровиробникові.

На протязі багатьох років агропромисловий комплекс є основною експортною галуззю нашої держави. У 2017 році агропромисловий комплекс України ледве забезпечив 14% ВВП. Державна підтримка аграрного сектора, порівняно з країнами Європейського Союзу, США та Канади, майже відсутня.

Темпи зростання енергоспоживання перевищують темпи росту валового внутрішнього продукту України. Це означає зростання енергоемності національного продукту, що не відповідає тенденціям, характерним для високо розвинутих країн. Щорічні втрати економіки України від не ефективного енергоспоживання, за оцінками експертів, становлять 15-17 мільярдів доларів. Причин є декілька, а найважливіші з них – це значне зростання попиту на енергоресурси та динаміка їх подорожчання.

Одним з варіантів збереження конкурентоспроможності підприємств агропромислового комплексу на зовнішньому та внутрішньому ринках є пошук шляхів зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси, що призведе до зниження собівартості продукції. Вдосконалення систем енергопостачання підприємств агропромислового комплексу та заходи енергозбереження, які тісно пов'язані, набувають актуальності у наш час - час новітніх технологій.

**Актуальність** і важливість питань комплексного підходу до вдосконалення систем енергозабезпечення агропромислових підприємств в цілому обумовили вибір теми.

*Об'єктом дослідження* є вдосконалення електромагнітних процесів в системах електропостачання агропромислового підприємства та планування вдосконаленої системи електропостачання цеху помелу зерна.

*Предметом дослідження* – є система електропостачання цеху переробки зерна агропромислового комплексу, аналіз наявного стану електропостачання, електрообладнання лінії переробки зерна – вальцьової лінії, розрахунок оптимізованого варіанту системи електропостачання цеху.

Серед обладнання цеху наявне застаріле та не енергоефективне технологічне, а разом з тим і електроустаткування, що потребує вдосконалення або повної модернізації. Крім того в системі електропостачання наявні значні втрати активної, а також спостерігається значне споживання реактивної енергії. Отже можна зробити висновок, що питання зниження споживання електричної енергії за рахунок вдосконалювання системи електропостачання є актуальним.

**Мета дослідження** передбачає розв'язання таких завдань:

1. Провести аналіз системи електропостачання системи агропромислового підприємства.
2. Розробити оптимізований проект та провести розрахунки електричних навантажень освітлення, активної та реактивної енергії підприємства.
3. Провести вибір та визначення основного обладнання вальцьової лінії агропромислового підприємства.
4. Провести розрахунок індивідуального захисту групи електродвигунів лінії вальцьових верстатів.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

#### 1.1 Загальна характеристика системи електропостачання підприємства

Під *системою електропостачання (СЕП)* розуміють сукупність електроустановок для забезпечення споживачів електроенергією. *Електроустановками (ЕУ)* називають сукупність електричних машин, апаратів, ЛЕП та допоміжного обладнання (разом із будівлями та приміщеннями, у яких вони розміщені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії.

СЕП мають велику кількість різноманітних сільськогосподарських споживачів, об'єднаних в три основні групи: з виробничим навантаженням – сільськогосподарські підприємства (тваринницькі ферми, теплиці, ремонтні майстерні, котельні), підприємства, що відносяться до агропромислового комплексу (м'ясокомбінати), великі підприємства по виробництву сільськогосподарської продукції на промисловій основі (птахофабрики, борошномельні заводи потужністю понад 100 тон продукції на добу), з комунально-побутовим навантаженням та зі змішаним навантаженням (поєднання виробничих та комунально-побутових об'єктів).

СЕП промислових підприємств призначені для забезпечення роботи електроприймачів (ЕП) цих підприємств: електродвигунів (ЕД), освітлення та інших технологічних установок промислового призначення. СЕП повинна відповідати таким вимогам: безпеки та зручності експлуатації; належної надійності роботи; забезпечення необхідної якості електроенергії (ЯЕ); економічності передачі та розподілу електроенергії; можливості подальшого



розвитку. СЕП як складна та високо відповідальна система суворо регламентується правилами техніки експлуатації (ПТЕ) і техніки безпеки (ТБ) з додержанням усіх норм.

З погляду *зручності експлуатації* на всіх ступенях СЕП слід забезпечити можливість здійснення ремонтних та експлуатаційних робіт на окремих елементах схеми без вимкнення сусідніх приєднань з мінімальною кількістю операцій комутаційної апаратури.

*Надійність* СЕП повинна відповідати характеру ЕП, які від неї живляться. За надійністю електропостачання всі ЕП поділяються на три категорії - першу, другу та третю. Із першої категорії виділяють особливу групу ЕП.

*Економічність* електропостачання досягається шляхом розробки досконалих систем розподілу електроенергії, використання раціональних конструкцій комплектних розподільних пристроїв (КРП) та підстанцій (ПС), а також вирішення основних проблем оптимізації СЕП.

При проектуванні та експлуатації СЕП слід враховувати *перспективу розвитку* (можливість зростання споживання електроенергії без корінної реконструкції), передбачати можливість поетапного розвитку. Реалізація цих вимог забезпечує зниження електричних втрат та витрат грошових при спорудженні та експлуатації усіх елементів СЕП, високу якість електропостачання.

*Електроенергетична система* - це електрична частина енергосистеми разом з приймачами електроенергії, що живляться від неї. Однак фахівці з електропостачання використовують термін «енергосистема», розуміючи під ним електроенергетичну систему. Залежно від рівня розгляду в електроенергетичній системі можна виділити підсистеми, як і складаються з джерела електроенергії, електропередачі та приймального пункту (ПП). СЕП агропромислового підприємства є підсистемою електроенергетичної системи. Вона являє собою поєднання окремих елементів і може умовно бути поділена на *зовнішню та внутрішню*.

У внутрішній частині СЕП розрізняють внутрішньозаводську і внутрішньо цехову. До зовнішньої частини СЕП агропромислового підприємства належать живильні мережі напругою 6-330 кВ (повітряні, кабельні лінії), які забезпечують передачу електроенергії від місця приєднання в електроенергетичній системі, яка є джерелом живлення (ДЖ), до ПП споживача.

У системі *внутрішньозаводського електропостачання* відбувається розподіл електроенергії при напрузі 6-10 кВ між окремими цехами або ділянками великих цехів.

## **1.2 Основні принципи побудови схем електропостачання агропромислових підприємств**

*Перший принцип* – максимальне наближення ДЖ високої напруги до ЕУ споживачів, що приводить до мінімуму кількості мережних ланок і кількості проміжних трансформацій та комутацій.

*Другий принцип* – резервування живлення для різних категорій надійності має бути передбачене в схемі електропостачання (відмова від “холодного” резерву). Для цього всі елементи (лінії, трансформатори) повинні нести постійне навантаження в нормальному режимі, а в після аварійному режимі при вимиканні пошкоджених елементів приймати на себе живлення залишених у роботі споживачів з урахуванням допустимих правилами для цих елементів перевантажень.

*Третій принцип* – наскрізне секціонування усіх ланок СЕП (шини ГПП, ПГВ, РП, вторинної напруги цехових ТП) з установленням на секційних апаратах пристроїв АВР.

*Четвертий принцип* – вибір режиму роботи елементів СЕП. Основним є роздільна робота елементів (ліній, трансформаторів), що призводить до зниження струмів короткого замикання (КЗ), застосування більш “легкої” та дешевої комутаційної апаратури, спрощеного КЗ.

### 1.3 Схеми внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 та 10 кВ

Внутрішньозаводський розподіл електричної енергії при напрузі 6 або 10 кВ може бути виконаний за *радіальною, магістральною* або *змішаною* схемами. Кожна з цих схем відрізняється за ступенем надійності та техніко-економічними показниками залежно від конкретних вимог об'єкта.

У сучасній практиці проектування та експлуатації агропромислових підприємств здійснюється ступеневий принцип побудови схем. Під *ступенем електропостачання* розуміють вузли схеми електропостачання, між якими електроенергія, одержувана від ДЖ, передається визначеній кількості споживачів. Схеми бувають *одноступеневі* та *багатоступеневі*. У багатоступеневих схемах застосовуються РП однієї напруги, від яких живляться окремі потужні ЕП або група ЕП. Це дозволяє зменшити кількість вимикачів у розподільному пристрої 6-10 кВ ГПП від великої кількості відгалужених ліній малої потужності.

При виборі схем слід прагнути до зниження кількості ступенів (більше двох ступенів, як правило, не рекомендується), бо це спрощує комутацію, захист та автоматику, знижує втрати електроенергії.

*Радіальні схеми розподільних мереж напругою 6-10 кВ.*

*Радіальні схеми* – це такі схеми, в яких електроенергія від ДЖ (ГПП, ПГВ, ЦРП, РП) передається до цехових; ТП або до окремих ЕП напругою понад 1 кВ окремою лінією без відгалуження для живлення інших споживачів.

Радіальні схеми слід застосовувати при навантаженнях, розташованих у різних напрямках від ДЖ. Найбільш поширеними є одно - та двоступеневі схеми.

*Одноступеневі радіальні схеми* (рис. 1.1) краще застосовувати на невеликих підприємствах і на великих підприємствах для живлення потужних зосереджених навантажень (компресорні та насосні станції, підстанції електричних печей та ін.).

Перевагою радіальних схем є висока надійність електропостачання. Так, вихід із ладу однієї лінії (точка КЗ - К1 на рисунку 1.1) не впливає на роботу споживачів, що живляться від інших ліній.

Основним недоліком радіального живлення одно трансформаторних ПС є втрата живлення всіма ЕП у разі відсутності резервування, наприклад, при КЗ в живильній лінії ТП1 (точка К2) чи в самому трансформаторі ТП1 (точка К3). Тому радіальне живлення цехових одно трансформаторних ПС залежно від конкретних вимог (категорії всіх ЕП, необхідного відсотка резервування, розташування ПС, схем та виконання цехових мереж та ін.) потребує резервування, яке здійснюється за такими схемами [4]:

- з резервною перемичкою на боці ВН між сусідніми ТП;
- з резервною магістраллю ВН;
- з резервним радіусом ВН;
- з резервною кабельною перемичкою на боці НН між сусідніми ТП;
- з резервною шинною перемичкою між кінцями двох магістралей НН одного цеху в разі застосування схеми БТМ.

Живлення ТП, що взаємно резервуються, слід здійснювати від різних секцій ГПП, ПГВ, ЦРП, РП. Радіальне живлення цехових двох трансформаторних ПС необхідно здійснювати від різних секцій РП, як правило, окремими лініями для кожного трансформатора ( ТП2 на рис. 1.1). Кожна лінія і трансформатор мають бути розраховані на покриття усіх навантажень 1-ї та основних навантажень 2-ї категорій даної ПС у після аварійному режимі (наприклад, при КЗ у точках К4 і К5).

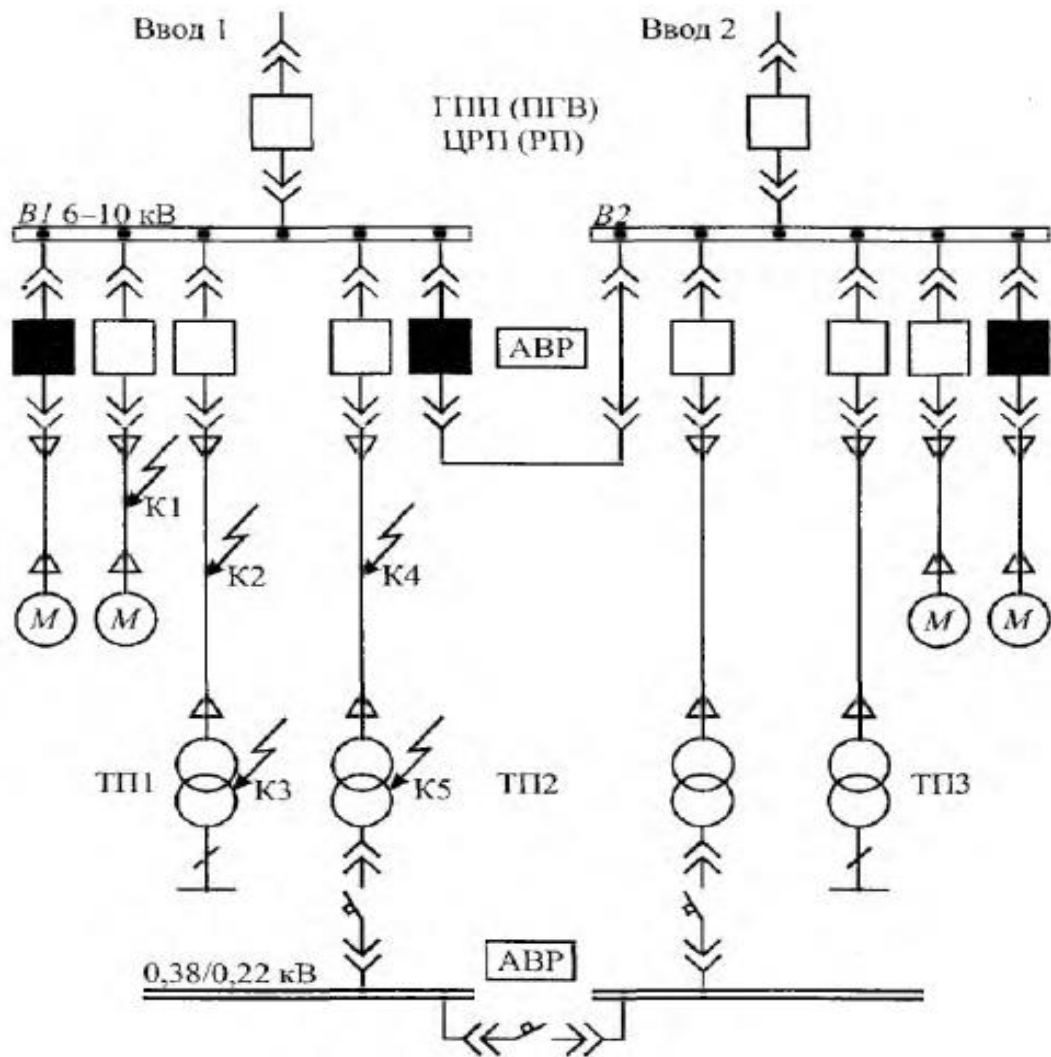


Рисунок 1.1 – Одноступеневі радіальні схеми

*Двоступеневі радіальні схеми* застосовують на великих і середніх підприємствах з цехами (групами цехів), які розташовані на великій території. Живлення розташованих поруч одно-та двох трансформаторних ПС без шин ВН та ЕП з напругою понад 1 кВ здійснюється від проміжних РП (РП1 – РП3), що живляться від ГПП радіальними лініями першого ступеня (рисунок 1.2). При цьому всі комутаційні та захисні апарати розміщуються на РП (рисунок 1.2). На цехових ТП передбачається глухе приєднання трансформаторів до радіальних ліній другого ступеня. Це дуже спрощує конструкцію та зменшує габарити ТП, що має велике значення при застосуванні внутрішньо цехових ТП. Питання про спорудження РП розглядають при кількості радіальних ліній, що перевищує вісім. Сумарна потужність секцій РП повинна забезпечувати

повне використання пропускної здатності головних вимикачів і ліній, які живлять ці секції. При використанні радіальних схем здійснюється глибоке секціонування всієї СЕП - від основних ДЖ і до шин напругою до 1кВ, а іноді навіть цеховими СРШ.

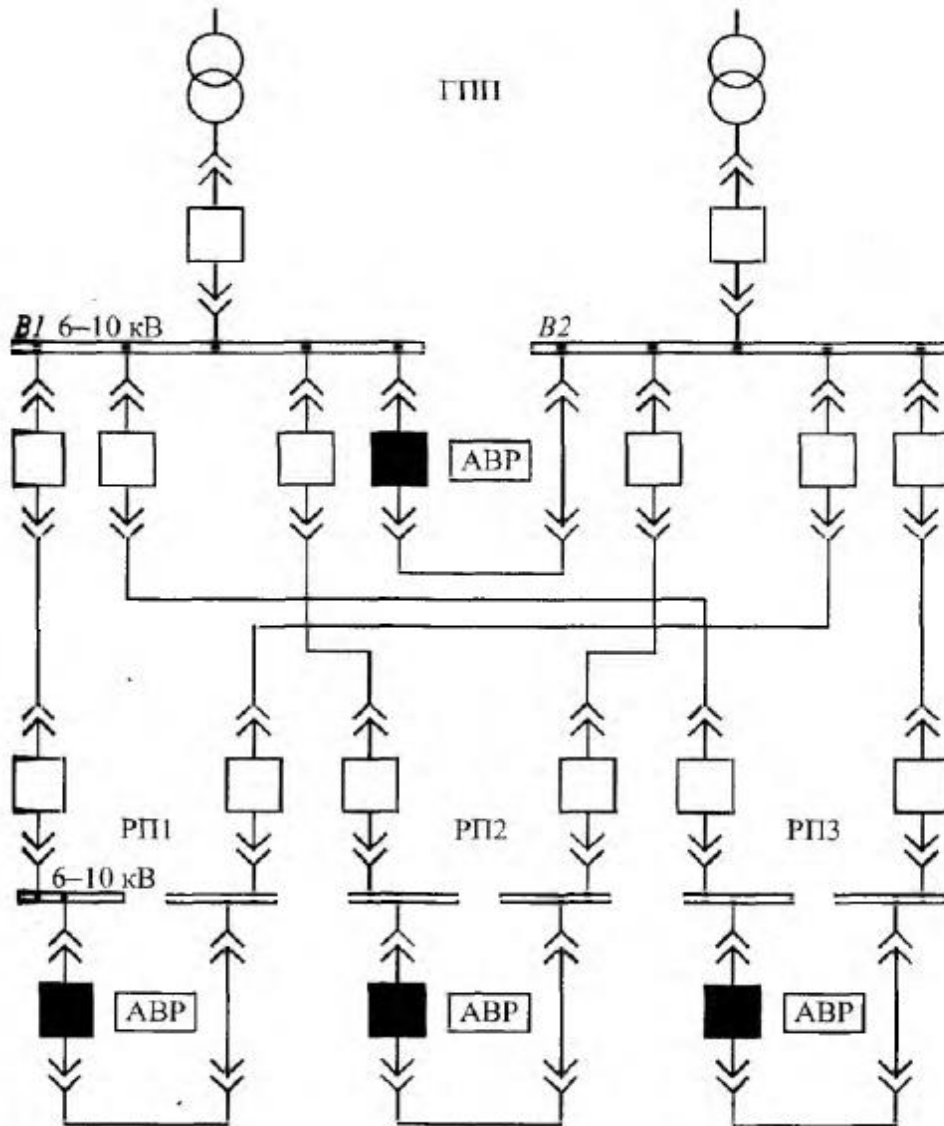


Рисунок 1.2 – Двоступенева радіальна схема

*Магістральні схеми розподільних мереж напругою 6-10 кВ.*

У магістральних схемах цехові ТП приєднують до магістралі, що забезпечує найкоротший шлях передачі електроенергії від ДЖ, завдяки чому зменшуються втрати електроенергії, а також зменшується кількість ланок

розподілу та комутації електроенергії. Це є основною і суттєвою перевагою таких схем.

Конструктивно магістральні схеми виконуються кабелями, повітряними ЛЕП. Магістральні схеми при кабельній прокладці застосовують:

- у разі прямолінійного розміщення цехових ТП на території підприємства;
- у разі необхідності (з вимог надійності електропостачання) резервування живлення цехових ТП від іншого ДЖ при аварії основного;
- для групи технологічно пов'язаних агрегатів, якщо магістральні схеми мають техніко-економічні переваги порівняно з іншими схемами.

При струмах понад 1,5-2 А застосовують магістральні струмопроводи. Повітряні ЛЕП застосовуються нечасто їх використовують для специфічних підприємств (кар'єри, торфорозробки та ін.).

*Одиночні магістралі без резервування* (рисунки 1.3) застосовуються для живлення ЕП 3-ї категорії лише в нормальному режимі. У разі аварії на кожній ділянці магістралі (точки КЗ К1, К2 чи К3) під дією РЗ вимикається вимикач  $Q1$  і усі ТП припиняють електропостачання споживачів на час пошуку та поладження пошкодженої ланки магістралі. Кількість трансформаторів, що приєднуються до однієї магістралі, може бути орієнтовно прийнята в межах двох при номінальній потужності 2500-1600 кВА, двох-трьох - при номінальній потужності 1000 кВА і чотирьох-п'яти - при номінальній потужності 630-250 кВА.

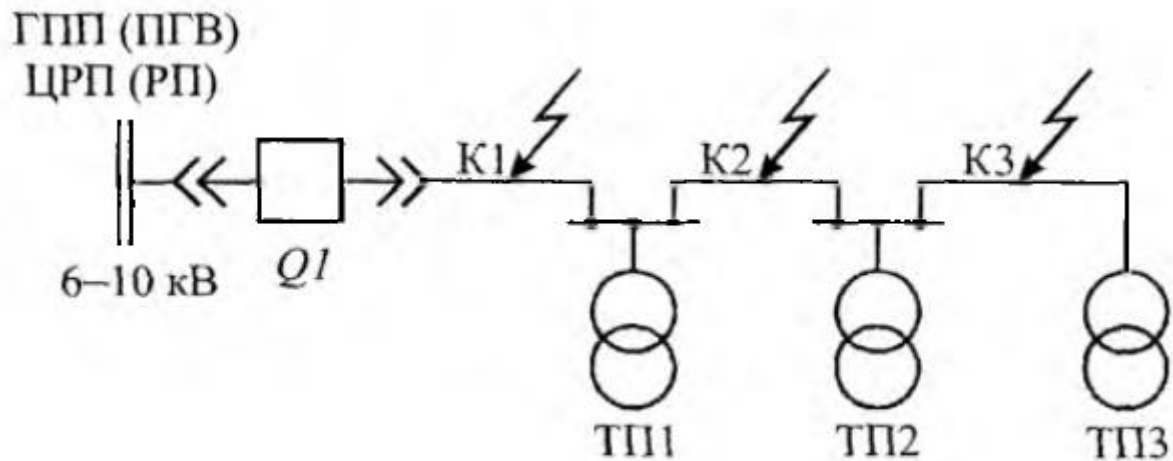


Рисунок 1.3 – Одиначні магістралі без резервування

Основні схеми приєднання одно трансформаторних ПС в магістральних схемах наведені на рисунку 1.4. Варіант “б” найбільш поширений, бо в ньому застосовують КТП, що сприяє максимальному спрощенню порівняно зі схемою “а” при збереженні високої надійності та зручностей експлуатації. На ввіді до трансформатора встановлюють вимикач навантаження  $QW$  у комплекті з високовольтними запобіжниками  $F$ , що необхідно для селективного вимикання трансформатора при його пошкодженні. При варіанті “в” дуже спрощується конструкція ТП, хоча відсутність апаратів ВН ускладнює умови експлуатації. Крім того, схема за варіантом “в” може застосовуватися в тих випадках, коли установлення апаратів ВН ускладнюється специфічними умовами.

Для підвищення надійності електропостачання одиначних магістралей (можливості часткового живлення споживачів II-ї категорії, які допускають перерву живлення на час пошуку і від’єднання пошкодженої ланки магістралі та приєднання споживачів до резервного ДЖ у після аварійних режимах) застосовують такі схеми:

- одиначні магістралі з загальною резервною магістраллю ВН;
- одиначні магістралі з частковим резервуванням з боку НН;
- одиначні наскрізні магістралі з двостороннім живленням;
- кільцеві магістралі.



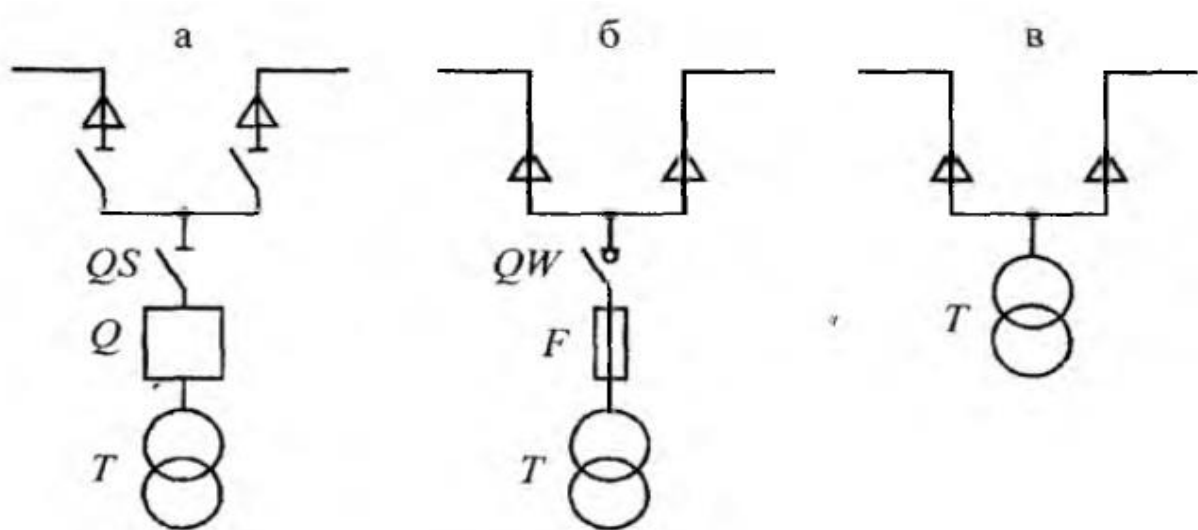


Рисунок 1.4 – Схеми приєднання однострансформаторних підстанцій у магістральних схемах

*Одиночні магістралі із загальною резервною магістраллю ВН застосовують для живлення ЕП III-ї та частково II-ї категорій, які допускають перерву живлення на час пошуку і від'єднання пошкодженої ланки магістралі та приєднання споживачів до резервної магістралі, у разі необхідності живлення від незалежного ДЖ в після аварійних режимах.*

*Одиночні магістралі з частковим резервуванням з боку НН застосовують для близько розташованих ПС, що живляться від різних магістралей, які приєднані до різних секцій ДЖ.*

*Одиночні наскрізні магістралі з двостороннім живленням застосовують, якщо група ПС розташована між двома живильними пунктами [4].*

*Кільцеві магістралі допускається застосовувати для живлення ЕП III-ї та частково II-ї категорій при відповідному розміщенні груп ПС, які вони живлять. Не рекомендується приєднувати більше 4-6 ПС до одного кільця при потужності одного трансформатора до 630 кВА. У нормальному режимі експлуатації кільцева магістраль розімкнута вимикачем на дві частини, кожна з яких є одиночною магістраллю і приєднується до різних секцій збірних шин ГПП, ПГВ, ЦРП, РП.*

*Змішані схеми розподільних мереж напругою 6-10 кВ*

У практиці проектування та експлуатації не часто зустрічаються схеми внутрішньозаводського електропостачання, які виконані тільки за радіальним чи тільки за магістральним принципом. Залежно від розташування цехових ТП і ЕП напругою понад 1 кВ та вимог надійності їх електропостачання розподільні мережі напругою 6-10 кВ виконують здебільшого за *змішаною схемою*, яка складається з радіальних і магістральних схем. Частина цехових ТП та високовольтних ЕП одержує живлення за *радіальною схемою*, а інша частина - за *магістральною*. Таке поєднання дозволяє більш повно використовувати переваги обох схем.

Кінцеве рішення за вибором загальної схеми внутрішньозаводського електропостачання приймається на основі ТЕП різних варіантів схем розподільних мереж напругою 6-10 кВ.

#### **1.4 Технологія виробничих процесів**

Технологія і техніка переробки зерна від їх зародження і до створення сучасних борошномельних заводів пройшли довгий і складний шлях розвитку. Спочатку зерно мололи на зернотерках. Поява млинів, що приводилися в дію за допомогою потоку води, характеризує якісно новий етап розвитку продуктивних сил суспільства — етап створення першої машини з механічним приводом.

Виробничій процес переробки зерна в борошно на борошномельних заводах залежить від наступних основних факторів: якості зерна, яке потрапляє на переробку, ступені досконалості технологічного процесу, якості та стану технологічного обладнання. Вирішальне значення для оцінки якості зерна як сировини для борошномельної промисловості мають його технологічні - борошномельні та хлібопекарські властивості. Технологічні якості зерна характеризуються кількісними та якісними показниками та визначають ефективність його переробки.

Борошномельні якості виявляються в процесі переробки зерна в борошно та визначаються наступними показниками: загальним виходом борошна та його середньо ваговим ґатунком, виходом та якістю борошна високих ґатунків, кількістю витягнутих крупок та дунстів, ступеню вимелювання оболонки, витратою енергії на вироблення 1 тони борошна. Ці показники знаходяться в прямій залежності від властивостей самого зерна – скловидності, вологості, зольності, міцності, твердості, натури тощо.

На борошномельні заводи везуть партії зерна з різних районів вирощування, різних сортів, якості та технологічні властивості (вологість, міцність тощо) яких можуть значно коливатися. Розрізнена переробка кожної партії пшениці призвела б до виготовлення борошна з різною якістю, що не дозволило б забезпечити стабільну працю підприємств та випускати однакову по якості продукцію. Цьому найважливішою задачею є створення стабільних помольних сумішей по зразковому складу, якості та кількості клейковини, скловидності та іншим показникам.

В якості сировини відкрите акціонерне товариство комплексу хлібопродуктів «Айдар-борошно» використовує продовольче та фуражне зерно.

Основні стадії виробничого процесу:

– Приймання зерна із транспорту (залізничний, автомобільний). Після проходження автомобільних ваг, продовольче зерно розвантажують на проїзним автомобільним вантажником ГУАР-15Л силосного складу зерна.

– Із зерноскладу продовольче зерно по галереї транспортується на норію І-50 виробничого корпусу для загрузки двох оперативних силосів цією ж норією.

– Зберігання зерна в елеваторі, яке включає попередню очистку зерна від домішок, сушіння зерна підвищеної вологості, оздоровлення зерна шляхом аерації, попередню підготовку помелених партій.

– Підготовка зерна до помела в зерноочисному цеху, яка включає очистку поверхні зерна, водно-теплову обробку, остаточне формування помелених партій.

– Переробка зерна в розмельному цеху, яка складається з первинного здрібнювання зерна з сортуванням проміжних продуктів, збагачення проміжних продуктів, розмелу збагачених проміжних продуктів з сортування продуктів і одержанням борошна.

– Пакування борошна у вибійному цеху в мішки або пакети, або його складування безтарне у бункери або в мішках і зберігання деякий час для дозрівання.

– Відвантаження борошна і висівок на різні види транспорту.

Схема транспортування зерна та готової продукції у комплексі хлібопродуктів представлена на рисунку 1.5.

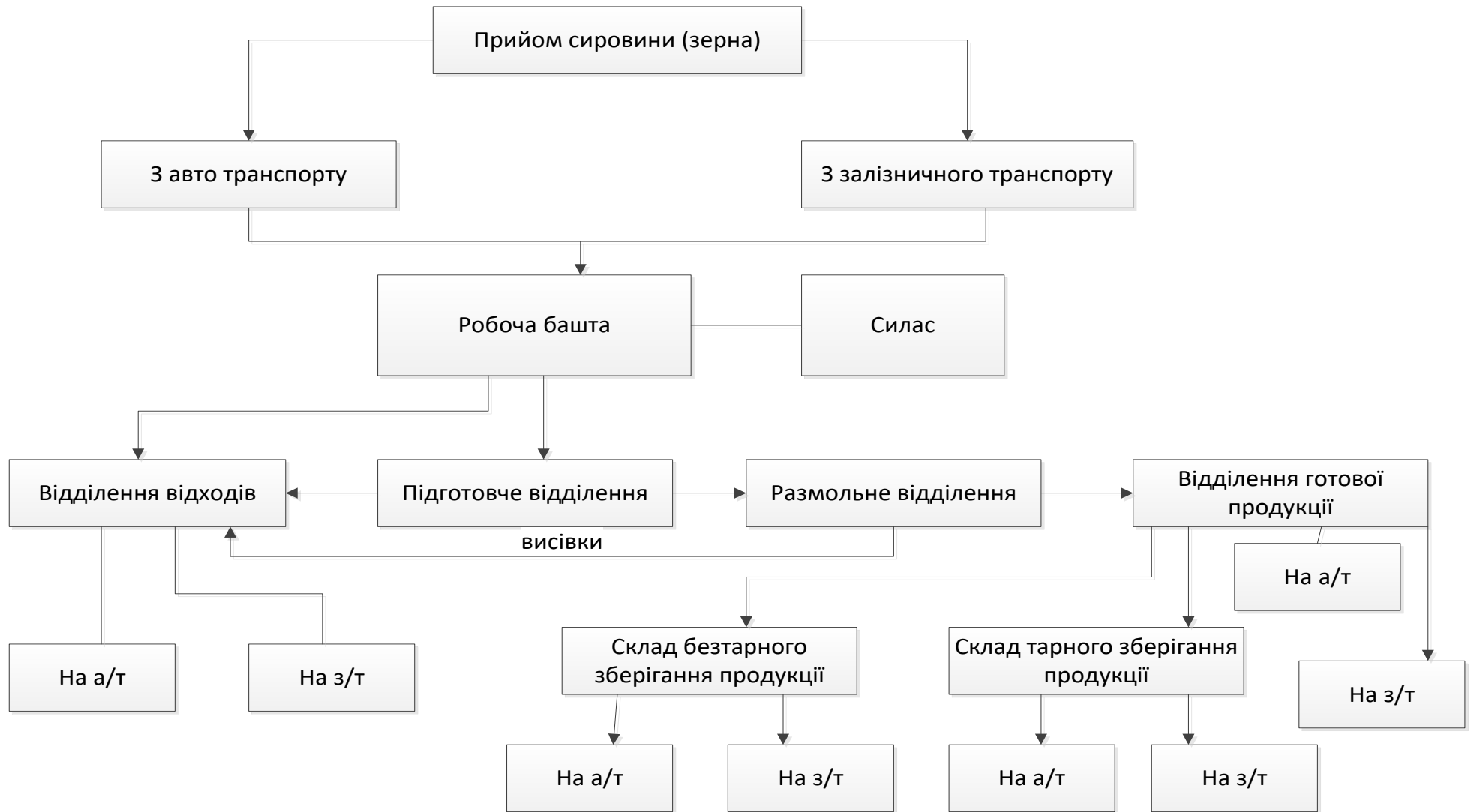


Рисунок 1.5 – Схема транспортування зерна та готової продукції

## 1.5 Опис процесу помелу зерна в борошно

Продовольче зерно, поставлене за завод автотранспортом, після проходження автомобільних ваг, розвантажують на проїзному автомобілерозвантажувачі ГУАР-15П силосного складу зерна. Продуктивність лінії прийому та загрузки силосові – 100 тон на годину.

Для зберігання продовольчого зерна виділені 5 рядів силосів ємністю 59\*136 тон.

Зі зерноскладу продовольче зерно по галереї подається на норію І-50 виробничого корпусу для завантаження двох оперативних силосів загальною ємністю 6 тон.

Із оперативних бункерів цією ж норією зерно періодично подається на норію І-50, після, через ваги ДН-500, у видатковий бункер ємністю 9,4 м<sup>3</sup> (5,6 тон).

Із бункера зерно живильником-дозатором подається на лінію зважування та зволоження зерна перед помелом, продуктивністю 8 тон на годину.

Після підйому вертикальним елеватором (норією) Е-1 зерно ретельно очищується в зерноочисному пневмосепараторі, горизонтальній оббивній машині з пневмосепаратором, каміння відбійнику та шнековому дисковому триєрі. Триєр очищує зерно послідовно від коротких домішок (куколь) та від довгих домішок (овсьог, вівса). Після очищення зерно елеватором подається до машини зволоження зерна, а після гвинтовим конвеєром до трьох бункерів для першого відволожування зерна.

Після першого етапу відволожування зерно повторно обробляється на оббивній горизонтальній машині та подається гвинтовим конвеєром до трьох бункерів для другого відволожування зерна. До конвеєру подається вода для до зволожування зерна. Ємність кожного з шести бункерів для відволожування дорівнює 24 тони. Кількість бункерів визначено з варіанту, коли відволожування проходить два різних сортів зерна з різною ступеню скловидності та тривалістю відволожування. Змішування двох сортів зерна

здійснюється після закінчення процесу відволожування під бункерними живильниками-дозаторами, які видають на конвеєр, елеватор та остаточне очищення на третій оббивній машині. Потім зерно конвеєром, в якому можливо остаточне доведення зерна до заданої вологості, шляхом подачі води, подається до бункеру 3 тони над першою драною системою.

Перед входом до зерносепаратору, каміння відбійник та оббивні машини встановлені магнітні сепаратори для очищення зерна від металевих домішок.

Розмельне відділення комплексу млина включає 8 вальцевих верстатів, 2 само балансуєчих розсіву шафного виду з 8 секціями кожний, 3 вимойних машини для додаткового розділення борошна та висівок, а також гвинтові конвеєри та пневмотранспорт для продуктів помелу. Вальцеві верстати мають нижнє (під підлогою другого поверху) розташування приводу продукту розмелу та обладнані пневмосистемою автоматичного регулювання зазору проходження валків. Розмір валка 250\*1000 мм.

Отримане на лінії борошно вищого та першого ґатунків здвоєним гвинтовим конвеєром І-25 подається на 2 автоматичних вагових дозатора 6148АД-50 РКЗ для сумарного обліку виробленої продукції. Після зважування борошно поступає на шлюзові живильники аерозольного транспорту муки. Із кожного бункера передбачено відвантаження борошна на автомобілі-борошно вози або подача її гвинтовим конвеєром на автоматичні вагові дозатори 6148 АД-50РКЗ, які встановлені під ваговим бункером для фасування борошна до поліетиленових мішків. Для кожного ґатунку борошна передбачений окремий дозатор та мішко зашивна машина. У тарі стрічковим транспортером борошно подається до складу борошна. Існуючий склад має неопалювальний ангарний вид. Зберігання борошна відбувається в штабелях на піддонах. Транспортування по складу здійснюється автовантажником або пересувними стрічковими транспортерами. Лінії фасування мають продуктивність, яка забезпечить фасування борошна, виробленої за добу, в продовж однієї зміни. Склад площею 540 м<sup>3</sup> забезпечить зберігання 370 тон борошна. Висівки великі

та дрібні після вимойних машин поступають на загальний гвинтовий конвеєр, а після на автоматичний ваговий дозатор 6 142-АД-503Е.

Схема технологічного процесу виготовлення борошна представлена на рисунку 1.7.

## **1.6 Система електропостачання агропромислового підприємства**

### **1.6.1 Загальна характеристика господарства. Природно-кліматичні умови**

Новоайдарський район розташований в географічному центрі Луганської області на сході України, за 80 км від російського кордону. Районом протікає одна з найчистіших річок України – Айдар, водна перлина Східної Слобожанщини. Район багатий на підземні водні запаси, озера, річки, має великі запаси мергелю, глини, крейди і піску. Клімат регіону – помірно континентальний. У таблиці 1.1 наведені данні про максимальні температури повітря та інтенсивність сонячної радіації у Луганській області.

Таблиця 1.1 – Максимальна температура повітря та інтенсивність сонячної радіації у Луганській області

| Область   | Максимальна температура, С |       | Інтенсивність радіації, Вт/м <sup>2</sup> |
|-----------|----------------------------|-------|---|
|           | літом                      | зимою |   |
| Луганська | 41                         | 18    | 779                                       |

Адміністративно-територіально район поділяється на 1 міську (Щастинська), 1 селищну (Новоайдарську) та 16 сільські рад, які об'єднують 47 населених пунктів і підпорядковані Новоайдарській районній раді. Адміністративний центр – селище міського типу Новоайдар.

Має залізничну сортувальну станцію Новий Айдар.



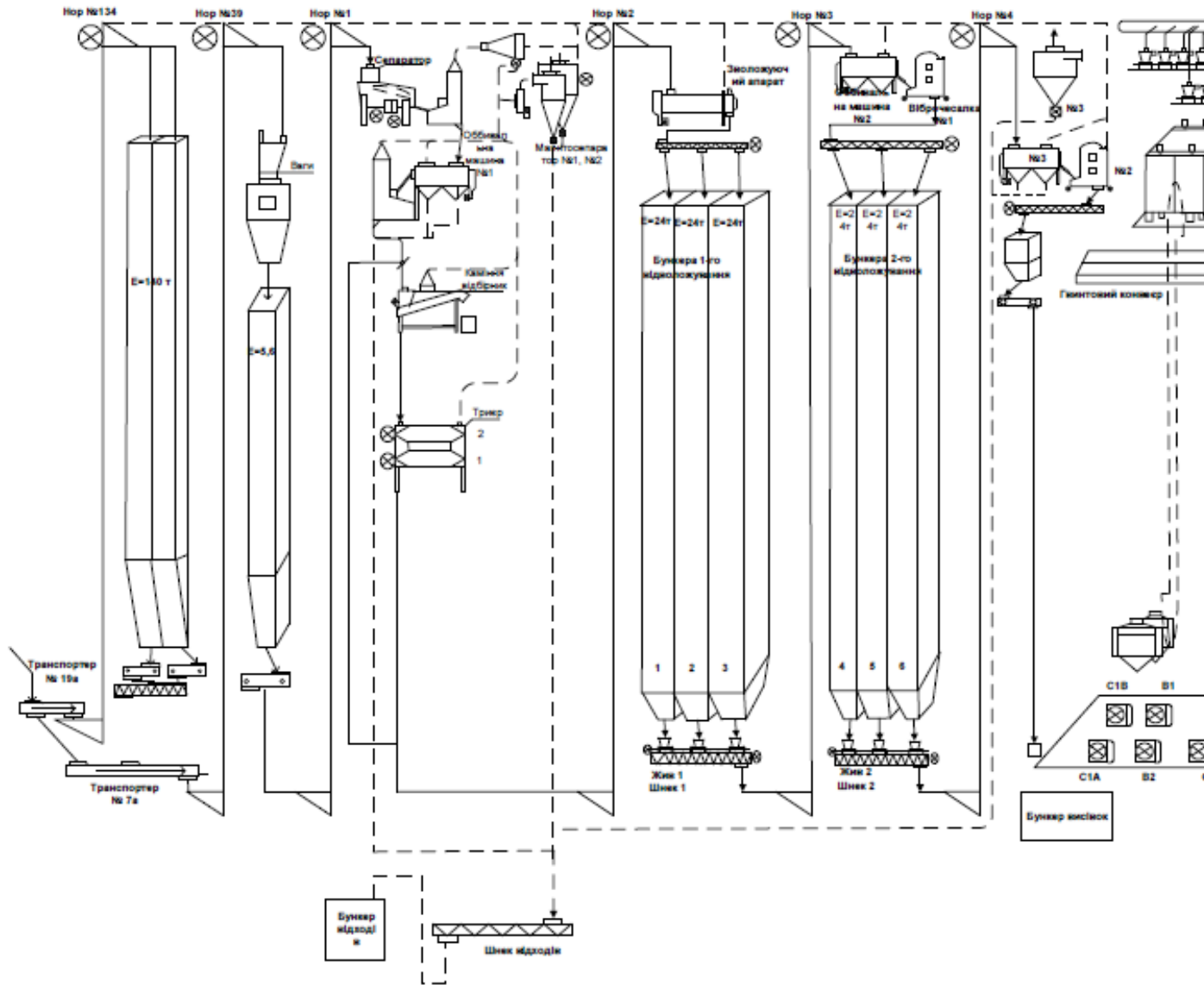


Рисунок 1.6 – Схема технологічного процесу виготовлення борошна

## 1.6.2 Відомості про агропромислове підприємство

Юридична адреса: 93500, Луганська обл. Новоайдарський район, селище міського типу Новоайдар, вул. Жовтнева, 42а.

Площа об'єкта становить 5 га.

Всі будівлі та споруди, що входили до складу агропромислового комплексу, умовно розділені на дві групи:

- 1) основні виробничі будівлі - елеватор з зерносушарками, та склади для зерна, борошномельний завод та склади готової продукції;
- 2) будівлі підсобно-виробничого і обслуговуючого призначення - цех відходів, приймальні пристрої зерна з залізничної колії та автотранспорту, зерносушарка, майстерні(слюсарно-токарно-механічна, електрозварювальна, столярна, та інші), матеріальний склад, паливний майданчик, склад ПММ, депо, надземні та підземні транспортерні галереї, вагонні і автомобільні ваги, насосна станція і водойма, зернова і борошномельна лабораторії.

На території розташовані залізничний тупик з пунктом розгрузки та зважування зерна, автомобільні дороги, мережі водопостачання, каналізація, опалювальні лінії, силові і повітряні лінії електропередачі, лінії освітлення території.

Проектування та будова комплексу хлібопродуктів «Айдар-борошно» було обумовлено стандартами та нормами будівництва та враховувало найбільш раціональне розташування виробничих будівель з прив'язкою до них залізничних та автомобільних комунікацій.

Агропромислове підприємство має у своєму складі:

- Залізничний тупик довжиною 350 метрів та майданчиком для вивантаження залізничних вагонів ємністю 48 тон на добу.
- Силосний склад зерна ємністю 10000 тон.
- Вагова на 2 автомобільних проїзда.
- Прохідна 16 м<sup>2</sup>.
- Основний виробничий корпус 980 м<sup>2</sup> із адміністративно-побутовими приміщеннями.

- Дільниця фасування муки, потужністю 60 тон на добу.
- Ємність безтарного зберігання муки на 150 тон.
- Склад зберігання фасованої муки на 150 тон, площею 432 м<sup>2</sup>.
- Водонапірна вежа.
- 2 власні трансформаторні підстанції.
- Автоматизована насосна станція протипожежного водозабезпечення.

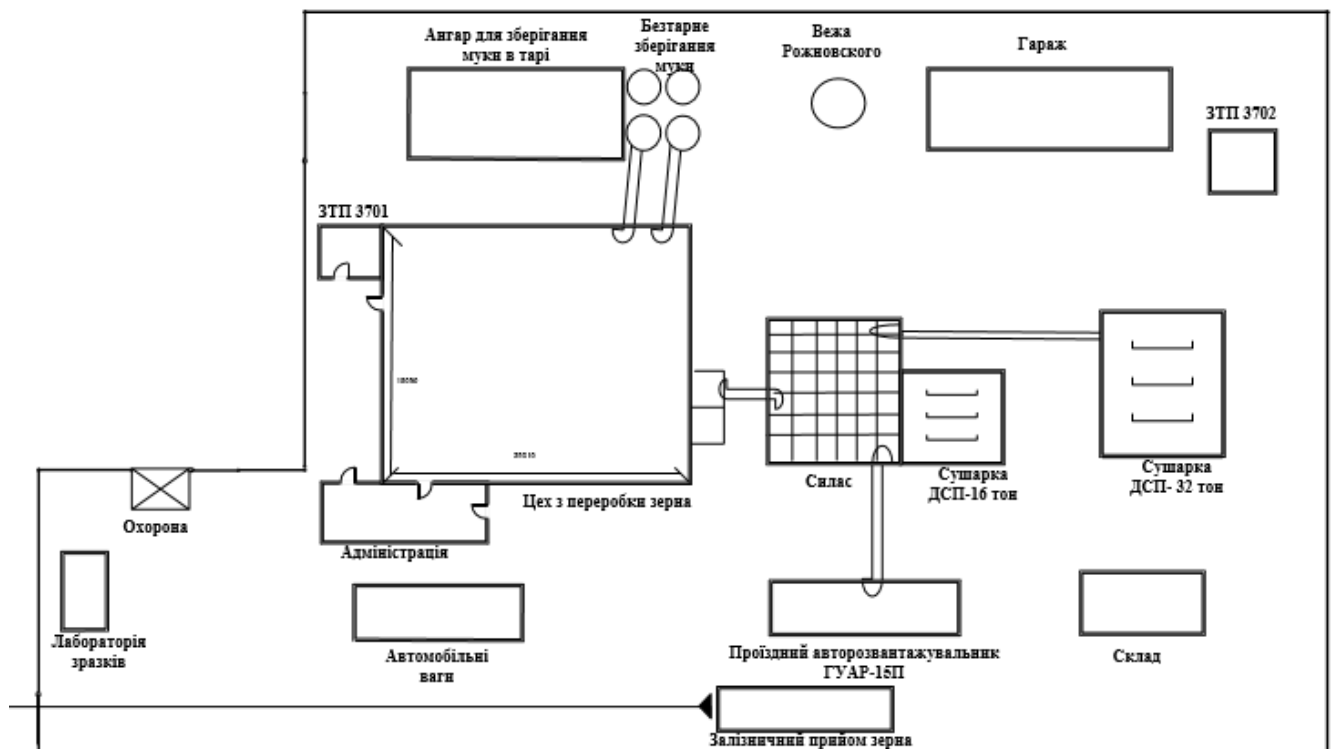


Рисунок 1.7 – Генеральний план ВАТ КХП «Айдар-борошно»

Забезпечення агропромислового підприємства електроенергією здійснюється на основі «Договору про постачання електричної енергії». Форма договору визначається «Правилами користування електричною енергією», затвердженими Національною комісією з питань регулювання електроенергетики України (НКРЕ).

Договір передбачає, що постачальник зобов'язаний здійснювати постачання електроенергії «згідно із категорією струмоприймачів споживача відповідно до «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ) та гарантованого рівня надійності електропостачання схем електропостачання,

визначених «Актом розмежування балансової належності електромереж та експлуатаційної відповідальності сторін».

Згідно з ПУЕ відкрите акціонерне товариство комбінату хлібопродуктів «Айдар-борошно» відноситься до споживачів I категорії надійності електроенергії.

Перша категорія – об’єднує такі споживачі, перерва в електропостачанні яких пов’язана з небезпекою для життя людей, нанесенням значних збитків народному господарству, розладом складного технологічного процесу, пошкодженням устаткуванням, масовим браком продукції виробництва. Перерва в електропостачанні споживачів першої категорії допускається тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

Таблиця 1.2 – Встановлена потужність борошномельного комплексу розроблена по типовому проекту Держпромстандарт

| Потужність агропромислового підприємства по помелу, тон на добу | Встановлена потужність ЕП $P_{уст}$ , кВт |
|---|---|
| 150   | 1100                                      |

Агропромислове підприємство отримує живлення від двох незалежних джерел електроенергії: від фідера № 1 ПЛ 10 кВ № 37 1 секції шин підстанції 110/35/10 Новоайдарська – кабелем АВВГ 3\*120 (довжиною 70 метрів) і від фідера № 2 ПЛ 10 кВ № 05 2 секції шин підстанції 110/35/10 Новоайдарська – кабелем АВВГ 3\*120 (довжиною 70 метрів), причому остання використовується в якості резерву.

На території агропромислового підприємства розмішені дві власних ТП типу ЗТП: ЗТП 3701 – 2 трансформатори напругою по 400 кВА марки ТМЗ-400/6-10/0,4, один з них у резерві.

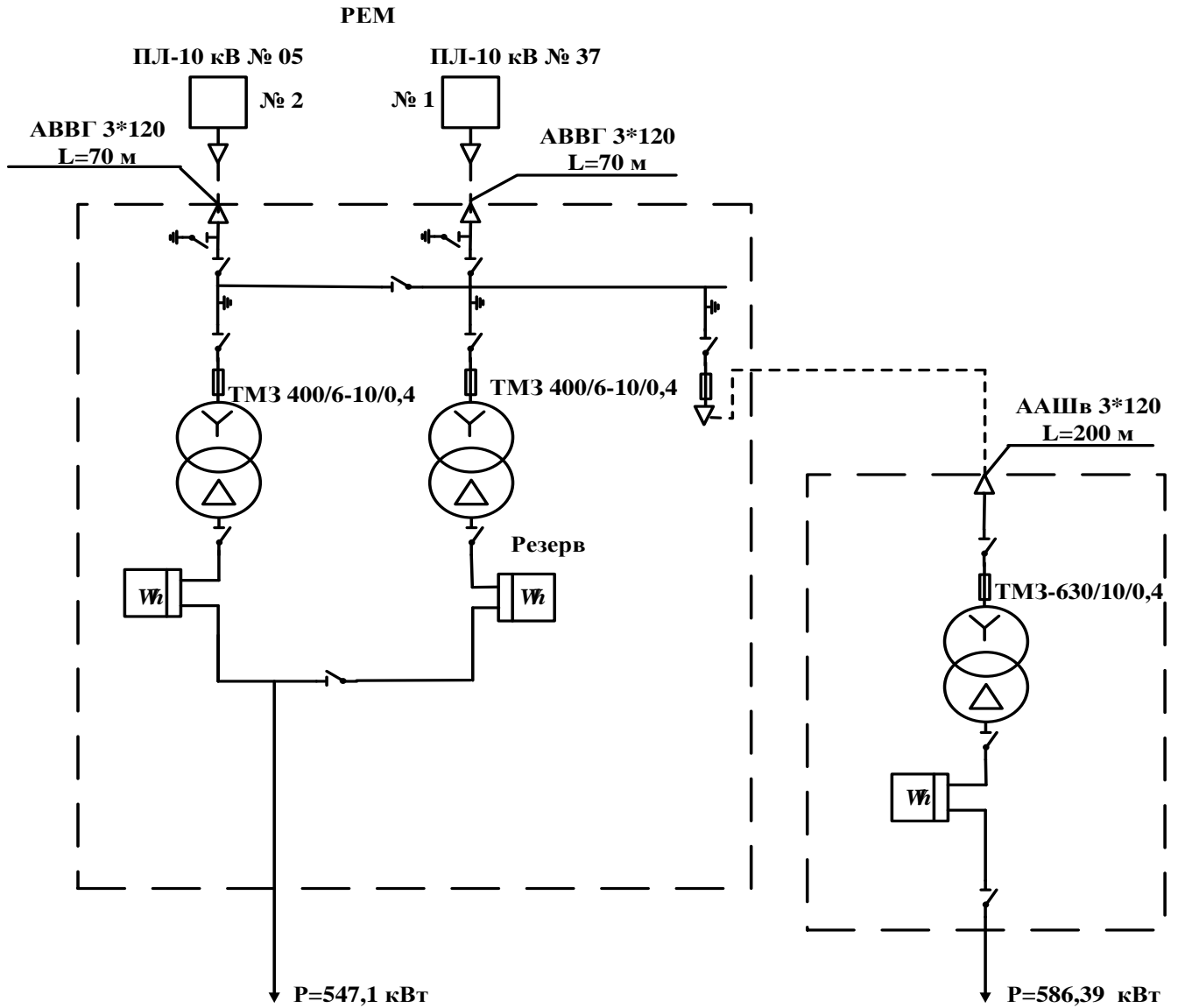


Рисунок 1.8 – Схема електропостачання ВАТ КХП «Айдар-борошно»

Для внутрішнього електропостачання застосовують чотирьохпровідну систему трифазного змінного струму з глухо заземленою нейтраллю.

Схема електропостачання наведена на рисунку 1.10.

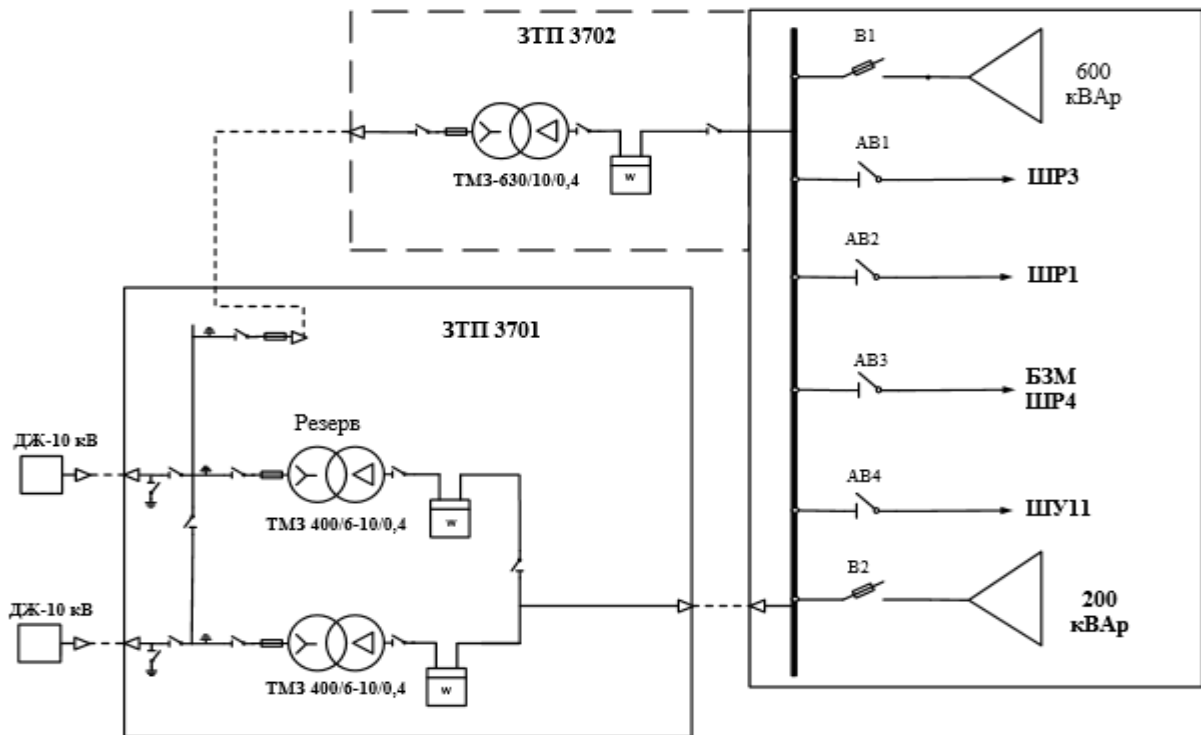


Рисунок 1.9 – Схема електропостачання ВАТ КХП «Айдар-борошно»

Таблиця 1.3 – паспортні дані електроспоживачів 72%-ного зернового помелу для мукомельного заводу продуктивністю 150 тон на добу

| Найменування                    | $P_H$ | $n$ | $P_{\text{Нобц}}$ | $K_B$ | КПД  | ПВ% | $\cos\varphi$ |
|---------------------------------|-------|-----|-------------------|-------|------|-----|---------------|
| 1 поверх                        |       |     |                   |       |      |     |               |
| Лінія<br>вальцевих<br>верстатів | 30    | 4   | 120               | 0,7   | 90   | 60  | 0,83          |
|                                 | 22    | 4   | 88                | 0,7   | 90   | 60  | 0,83          |
|                                 | 18    | 4   | 72                | 0,7   | 89,5 | 60  | 0,85          |
|                                 | 15    | 2   | 30                | 0,7   | 89   | 60  | 0,82          |
|                                 | 11    | 2   | 22                | 0,7   | 88,5 | 60  | 0,85          |
| Транспортер<br>ланцюговий       | 7,5   | 1   | 7,5               | 0,65  | 87,5 | 40  | 0,86          |
|                                 | 5,5   | 1   | 5,5               | 0,5   | 85   | 40  | 0,8           |

|                      |     |   |      |      |      |    |      |
|----------------------|-----|---|------|------|------|----|------|
| Компресор на БЗБ     | 7,5 | 2 | 15   | 0,7  | 87,5 | 50 | 0,86 |
| <b>2 поверх</b>      |     |   |      |      |      |    |      |
| Шнек                 | 1,5 | 2 | 3    | 0,4  | 78   | 40 | 0,83 |
| Шлюз збірки          | 1,1 | 2 | 2,2  | 0,55 | 74   | 40 | 0,74 |
| Транспортер півни    | 2,2 | 1 | 2,2  | 0,6  | 81   | 50 | 0,83 |
| Ваги на БЗМ          | 2,2 | 2 | 4,4  | 0,3  | 81   | 55 | 0,83 |
| <b>3 поверх</b>      |     |   |      |      |      |    |      |
| Вимойні агрегати     | 7,5 | 3 | 22,5 | 0,6  | 87,5 | 40 | 0,86 |
| Великий шнек муки    | 4   | 1 | 4    | 0,4  | 85   | 50 | 0,84 |
| Малий шнек муки      | 3   | 1 | 3    | 0,4  | 82   | 50 | 0,83 |
| Фільтр               | 4   | 1 | 4    | 0,6  | 85   | 40 | 0,84 |
| Лінія очищення зерна | 1,5 | 2 | 3    | 0,7  | 78   | 40 | 0,83 |
| <b>4 поверх</b>      |     |   |      |      |      |    |      |
| Розсів               | 4   | 2 | 8    | 0,7  | 82   | 70 | 0,81 |
| Фільтр               | 1,1 | 1 | 1,1  | 0,6  | 74   | 40 | 0,74 |
| Очищення зерна       | 11  | 1 | 11   | 0,75 | 88,5 | 40 | 0,85 |
| Шлюз збірки          | 1,5 | 1 | 1,5  | 0,65 | 76   | 40 | 0,72 |

|                                 |     |   |     |     |      |    |           |
|---------------------------------|-----|---|-----|-----|------|----|-----------|
| Аспірація<br>(комплектація)     | 18  | 1 | 18  | 0,7 | 89,5 | 70 | 0,85      |
| <b>5 поверх</b>                 |     |   |     |     |      |    |           |
| Вентилятор<br>високого<br>тиску | 7,5 | 1 | 7,5 | 0,7 | 87,5 | 70 | 0,88      |
| Компрес для<br>фільтру          | 7,5 | 1 | 7,5 | 0,7 | 87,5 | 60 | 0,86      |
| Відволожувач                    | 7,5 | 1 | 7,5 | 0,7 | 87,5 | 55 | 0,86      |
| Норія                           | 2,2 | 2 | 4,4 | 0,4 | 81   | 40 | 0,83      |
| Норія                           | 3   | 2 | 6   | 0,4 | 82   | 40 | 0,83      |
| Перекачка                       | 5,5 | 1 | 5,5 | 0,4 | 85   | 40 | 0,8       |
| Шнеки                           | 1,5 | 2 | 3   | 0,4 | 78   | 40 | 0,83      |
| Аспірація                       | 18  | 1 | 16  | 0,7 | 89,5 | 60 | 0,85      |
| Очищення<br>зерна               | 11  | 1 | 11  | 0,7 | 88,5 | 60 | 0,85      |
| Загальна кількість ЕП           |     |   |     |     |      |    | 53        |
| Загальна потужність             |     |   |     |     |      |    | 516,3 кВт |



## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

#### 2.1 Вибір системи і виду освітлення

Згідно технологічного процесу в приміщеннях цеху з переробки зерна агропромислового підприємства для живлення освітлювальних приладів загального внутрішнього, незалежно від висоти їх встановлення, та зовнішнього освітлення, як правило, повинна застосовуватися напруга не вище ніж 220 В.

Система освітлення для промислового приміщення повинна відповідати вимогам: створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми, забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості тощо.

Потрібна освітленість у приміщеннях створюється за допомогою світильників з лампами розжарювання, люмінесцентними лампами або газорозрядними лампами високого тиску.

Норми освітленості виробничих приміщень в Україні.

Освітленість виробничих приміщень в Україні регулюється низкою законів і нормативних актів. Перекладаючи їх зміст з повчальної мови на зрозумілішу, вони зводяться до двох завдань:

1. підвищити обсяги виробництва (чим краще освітлення, тим вища продуктивність);
2. забезпечити комфортні умови праці (чим комфортнішою є праця, тим вища продуктивність).

Для виконання цих завдань потрібно:

- використовувати хороші світильники;

- подбати про правильне їх розміщення;
- створити досить яскраве, однорідне, збалансоване основне й робоче штучне освітлення без шкідливих ефектів (відблиски, осліплення, пульсація).

Реалізація вимог – непросте завдання. Одні підприємства хочуть заощадити на шкоду комфорту співробітників, інші не вважають питання настільки важливим, щоб витратити час на попередні розрахунки, підбір правильних світильників, заглиблюватися в нюанси, без яких виробництво не зупиниться.

Рівень освітленості виробничих приміщень (значення норми ДБН В.2.5-28:2018) враховує фізіологічні особливості людини (зорова напруга) та галузеві відмінності:

1. сферу діяльності (наприклад, хімічному сектору потрібні спеціальні захищені прожектори);
2. наявність ручної або автоматизованої праці;
3. розмір деталей, точність зорової роботи (одні з найвищих норм встановлені для електронної промисловості);
4. контрастність між поверхнею, інструментами, деталями (менша контрастність – більше світла);
5. швидкість виконання робіт, пересування об'єктів по території (вища швидкість пересування – більша яскравість).

Норми для області зорових робіт за сферами діяльності показані в таблицях 2.1 - .

Таблиця 2.1 – Норми освітленості для підприємств

| <b>Сфера діяльності підприємства</b>                | <b>Норма освітленості, люкс</b> |
|---|---------------------------------|
| Харчова промисловість                               | 200                             |
| Ручна праця на установках (хімічна промисловість)   | 300                             |
| Лабораторії (точне вимірювання)                     | 500                             |
| Фармацевтика  | 500                             |
| Текстильна промисловість (шиття, точне в'язання)    | 750                             |
| Типографія (друк)                                   | 1000                            |
| Електротехніка (виробництво, дослідження, контроль) | 1500                            |

Таблиця 2.2 – Основні вимоги до джерел освітлення підприємств

| <b>Тип джерела світла</b> | <b>Температура свічення, К</b> | <b>Світловіддача (Лм/Вт) при індексі кольоропередавання</b> |                   |                   |
|---------------------------|--------------------------------|---|-------------------|-------------------|
|                           |                                | <b>≥ 90 Ra</b>  | <b>90 – 80 Ra</b> | <b>80 – 60 Ra</b> |
| Люмінесцентний            | 2700 – 6500                    | -   | 70                | 75                |
| Металогалогенний          | 2700 – 6500                    | -   | 70                | 90                |
| LED                       | 2700 – 3500                    | 75  | 98 – 75           | 144 – 98          |
| LED                       | 4000 – 5700                    | 75  | 98 – 75           | 144 – 98          |
| LED                       | 5700 – 6500                    | 75  | 98 – 75           | 144 – 98          |

Яскравість світла (світловий потік) повинен бути не менше 200 люксів при газорозрядних, 100 люксів – при LED лампах. З метою зниження енерговитратності на освітлення потрібно користуватися джерелами:

- економічними;
- що випромінюють більше світла при меншій потужності;
- термін служби яких вищий.

Акцентується увага на необхідності регулярного чищення джерел освітлення.

Таблиця 2.3 – Періодичність чищення світильників на підприємствах

| <b>Періодичність чистки світильників, років</b> | <b>Клас виробничого приміщення</b> | <b>Приклад приміщення</b>                       |
|---|------------------------------------|---|
| 3   | Чисті                              | Цехи електропромисловості, обчислювальні центри |
| 2   | Нормальні                          | Лабораторії, склади, майстерні                  |
| 1   | Забруднені                         | Заводи  |

Виконання вимог забезпечує якісне світло, досить яскраве для продуктивної роботи персоналу, і одночасно – економічне.

Стельові моделі для виробництва повинні відповідати середовищу, в якому знаходяться. Щоб уникнути нагрівання агресивних реагентів, хімічні заводи вкрай обережні з газорозрядними лампами – вони сильно нагрівають корпус світильника та простір навколо нього. Приміщенню з високим ступенем забруднення необхідний прилад з підвищеним значенням ІР (захист від пилу, вологи, корозії). Для ангарів з підлоговим зберіганням вантажів оптимальний вибір – LED прожектори з довгим терміном служби, безшумною роботою, без мерехтінь.



Рисунок 2.1 – Стельові моделі світильників

Приміщенням з підвищеними вимогами до якості світла потрібне підсвічування високого кольоро- та світлопередавання. Кращими з таких є галогенні світильники. Останнім часом їх замінюють світлодіодним підсвічуванням теплого відтінку свічення, завдяки його слабкому нагріванню. Підсвічування стелажів забезпечується лінійними, а також точковими моделями накладного, врізного, підвісного монтажу.



Рисунок 2.2 – Світильники настінного, настільного та стельового підсвічування

Люмінесцентні лампи мають низку недоліків шум дроселів, складність схеми підключення, пульсація світлового потоку, що може зумовити виникнення стробоскопічного ефекту, який полягає у спотворенні зорового сприйняття об'єктів, що рухаються і обертаються. Висновком є використання для проекту освітлення для приміщень заводу ламп розжарювання.

### 2.1.1 Вибір типу і схеми розташування світильників

Світильники вибираються в залежності від показників нормованої освітленості, коефіцієнта запасу, розрахункової висоти, характеру навколишнього середовища, ступеня захисту.

Вид освітлення – робоче.

Система освітлення – загальне рівномірне.

Тип світильника – НСП-21.

Крива сили світла –Г-2.

Нормована освітленість –  $E_n = 100$  лк.

Площина нормування – горизонтальна.

Рівень розрахункової поверхні – Г-0.

Коефіцієнт запасу  $K_z = 1,7$ .

### 2.1.2 Визначення потужності освітлювальних ламп

Розрахунок освітлення може виконуватися наступними методами:

- метод коефіцієнта використання світлового потоку,
- метод питомої потужності,
- крапковий метод,
- метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Для розрахунку загального рівномірного освітлення закритих приміщень зручніше користатися останнім із перерахованих методів.

Рекомендована висота підвішування світильників над рівнем підлоги, м:

$h_{п} = 2,5 \dots 3$  м, приймаємо  $h_{п} = 3,0$  м

Розрахункова висота:

$$h_{розр} = H - h_3 - h_{р.п.} \quad (2.1)$$

де  $H$  – висота приміщення, м,  $H = 6$  м ;

$h_3$  – висота звісу світильника, м,

$h_3 = (0,5 \dots 1,0)$ , приймаємо  $h_3 = 1,0$  м

$h_{р.п.}$  – висота робочої поверхні, м,  $h_{р.п.} = 0$  м

$$h_{розр} = 6 - 1,0 - 0 = 5,0 \text{ м,}$$

Рекомендована відстань між світильниками:

$$L_{AB} = \lambda \cdot h_{\text{розр}} \quad (2.2)$$

де  $\lambda$ - найвигідніша відносна відстань між світильниками,  $\lambda=0,8 \div 1,4$

$$L_{AB} = (0,8 \div 1,4) \cdot 5,0 \quad (2.3)$$

$L_{AB}=(4,0 \div 7,0)$  м, приймаємо

$L_A$ – відстань між світильниками в ряду, м, приймаємо  $L_A = 2$  м,

$L_B$  – відстань між рядами світильників, м,  $L_B = 3,0$  м

Відстань від стіни до крайнього світильника, м.

$$l_{AB} = (0,25 \div 0,5) \cdot L_{AB} \quad (2.4)$$

$$l_B=(0,25 \div 0,5) \cdot (4,0 \div 7,0) = 2,0 \div 3,5$$

приймаємо  $l_B=1$  м та  $l_A=1,75$  м

Кількість рядів світильників

$$N_B = \frac{B-2l_B}{L_B} + 1, \quad (2.5)$$

де  $l_B$  – відстань від стіни до крайнього світильника, м, приймаємо  $l_B=1$ м;

$$N_B = \frac{18,09-2 \cdot 1}{3,0} + 1 = 5,36$$

Приймаємо 2 ряди

Кількість світильників в ряду

$$N_A = \frac{A-2l_A}{L_A} + 1, \quad (2.6)$$

де  $l_A$  – відстань від стіни до крайнього світильника, м, приймаємо  $l_A=1,75$  м;

$$N_A = \frac{9,75-2 \cdot 1,75}{4,0} + 1 = 2,56$$

Приймаємо 3 світильника.

Загальна кількість світильників

$$N = N_A \times N_B \quad (2.7)$$

$$N = 3 \times 2 = 6 \text{ шт.}$$

Індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{розр} \cdot (A + B)} \quad (2.8)$$

$$i = \frac{9,75 \cdot 18,09}{3 \cdot (9,75 + 18,09)} = \frac{176,4}{83,52} = 2,11 \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт відображення стін, стелі і робочої поверхні:

$$\rho_{ст} = 30\%, \rho_{н.ом} = 50\%, \rho_{рп} = 10\% .$$

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається в залежності від типу світильника, коефіцієнтів відображення й індексу приміщення.

## 2.2 Розрахунок освітлювальної мережі

Розрахунок освітлювальних мереж зводиться до визначення перерізу проводів, що прокладаються. Переріз проводів вибирається за умовою припустимої втрати напруги. Згідно ПУЕ, припустима втрата напруги у внутрішніх освітлювальних мережах складає  $\Delta U_{дон} = 2,5\%$  для світильників робочого освітлення виробничих приміщень.

Розрахункова схема освітлювальної мережі представлена на рисунку 2.3.

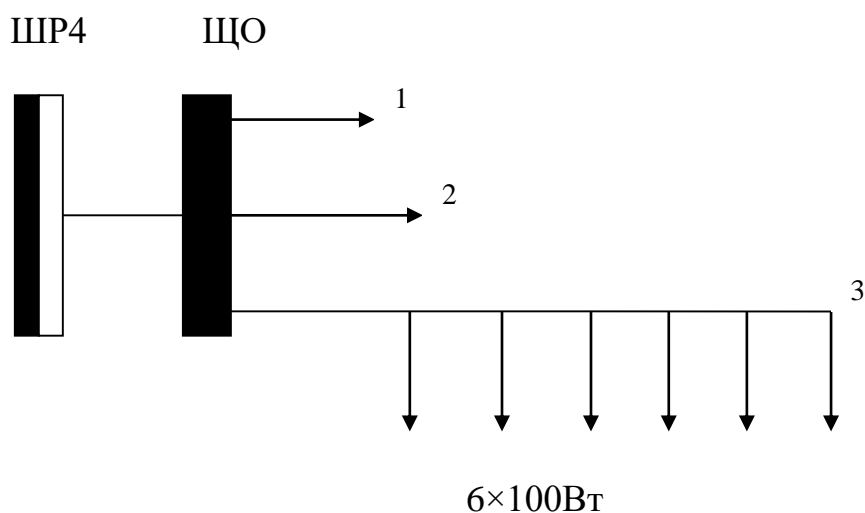


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема освітлювальної мережі

Лінія освітлення від ЩО до виробничого приміщення виконана дротом АВВГ, де встановлені 6 світильників НСП21, з лампами  $P_{л} = 100$  Вт.



Розрахунковий струм визначається по формулі

$$I = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.9)$$

де  $P$  – потужність на групу, Вт;

$U_{\phi}$  – фазна напруга мережі, В;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

$$I_{розр} = \frac{1000}{220 \cdot 1} = 4,5 \text{ А.}$$

Розрахунок перетину дротів беремо з довідкових даних, головний критерій:

$$I_{ТР.ЛПР} \geq I_{розр}. \quad (2.10)$$

де  $I_{ТР.ЛПР}$  – тривало припустимий струм кабелю за умовою нагріву, А

$I_{розр}$  – розрахунковий струм частини мережі, А.

Приймаємо стандартний перетин проводу  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ ,  $I_{ТР.ЛПР} = 19 \text{ А}$ .

$$I_{ТР.ЛПР} = 19 \text{ А} \geq I_{розр} = 4,5 \text{ А},$$

Отже перетин обраний правильно.

### 2.3 План розташування освітлювального електрообладнання

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається в залежності від типу світильника, коефіцієнтів відображення й індексу приміщення. Для світильників типу НСП 21 він дорівнює  $\eta = 45\%$ .

Необхідний світловий потік світильника

$$F_{л} = \frac{E_{н} \cdot K_{з} \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \quad (2.11)$$

де  $E_{н}$  - нормована освітленість, лк;

$Z$  - коефіцієнт лінійної освітленості;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

$$F_{л} = \frac{50 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 176,38}{6 \cdot 0,45} = 1170 \text{ лм.}$$

По необхідному світловому потоку для напруги 220 В вибираємо тип і потужність лампи SA CL100E27,  $P_l = 100$  Вт,  $F_l = 1360$  лм.

Визначаємо відношення стандартного світлового потоку лампи від розрахункового.

$$-10\% \leq \frac{F_{л.ст} - F_{л.р}}{F_{л.ст}} \leq 20\% \quad (2.12)$$

$$\Delta F = \frac{1360 - 1170}{1360} \cdot 100\% = 14\%$$

Умова виконується.

Встановлена потужність.

$$P_{уст} = P_l \cdot N;$$

$$P_{уст} = 100 \cdot 6 = 600 \text{ Вт}.$$

Питома потужність

$$P_{уд} = \frac{P_{уст}}{S} \quad (2.13)$$

$$P_{уд} = \frac{600}{176,38} = 3,4 \text{ Вт/м}^2.$$

## РОЗДІЛ 3

### **ВИБІР ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ВАЛЬЦОВОЇ ЛІНІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Модернізація типових борошномельних заводів продуктивністю 500, 245, 150 т/добу розробляється на базі проектів, розроблених для будування цих заводів. Проекти модернізації можуть включати повну заміну обладнання з максимальним приближенням до технологічної схеми нових борошномельних заводів. При цьому враховуються конкретні умови діючого підприємства. Варіант повної реконструкції дозволяє збільшити випуск борошна вищого гатунку до 75% та в 1,5 рази повисіти продуктивність праці. Реконструкція з повною заміною обладнання потребує зупинки заводу на 6-8 місяців, затрати повертаються за 6-7 років.

Найбільш застосований варіантом технічної модернізації діючих борошномельних заводів – це частково змінити обладнання. У зерноочисному відділенні заводу встановлюють практично усі нові агрегати, а у розмельному – вальцеві верстати. Як встановлено із практики, у результаті такої модернізації вихід борошна вищого гатунку підвищується до 40%. Строки реконструкції – 2-3 місяці, а витрати повертаються за 1 – 2 роки.

#### **3.1 Особливості вибору електрообладнання для стандартного технологічного устаткування**

Вибір електродвигунів потребує особливої уваги, оскільки від цього залежить керованість електроприводом, його регулюючі властивості, надійна його робота з робочою машиною, енергетичні показники та експлуатаційні характеристики. Вибір проводиться за багатьма показникам та умовам, основними з яких є:

- відповідність кліматичного виконання та категорії розміщення електродвигуна умовам навколишнього середовища;
- відповідність електродвигуна параметрам мережі;
- високі енергетичні показники при роботі з технологічним обладнанням;
- відповідність електродвигуна умовам пуску, перевантажувальній здатності та інші показники.

Електродвигун, при виборі його за умовами навколишнього середовища, характеризується наступними показниками:

- кліматичне виконання;
- ступінь захисту;
- категорія розташування.

В проекті, електрообладнанням, яке поставлялося комплектно з технологічним обладнанням, потребує модернізації та переоснащення. Необхідність вибору виникає і в процесі експлуатації при заміні електродвигунів, які вийшли з ладу чи в випадку невідповідності параметрів встановленого електродвигуна вимогам привідного в рух механізму.

### **3.2 Вибір силового електрообладнання за кліматичними виконанням і категорією розміщення**

При проектуванні, виготовленні і експлуатації машин для переробки зерна необхідно, щоб крім загальних вимог (міцність, жорсткість і вібраційна стійкість), вони відповідали наступним вимогам:

- машини і апарати при повній їх продуктивності повинні технологічно оптимально впливати на продукт, що обробляється, з мінімальними втратами;
- мати високу техніко-економічну ефективність (при максимальній продуктивності мати мінімум розміру площі, яку вони займають; витрат енергії, води, пари, вартості виготовлення, монтажу і ремонту);
- мати високу зносостійкість робочих органів (потрапляння металу в продукт виключається);

- мати надійну герметизацію і вентиляцію машин (пил не повинен потрапляти у виробниче приміщення, це вибухонебезпечно);
- відповідати вимогам охорони праці і виробничої санітарії;
- мати автоматизацію контролю робочих процесів (вимикати машину, якщо немає продукту, вимикати лінію, якщо одна з машин лінії вимкнулась);
- мати надійне статичне і динамічне врівноваження частин, що обертаються або поступально рухаються, знижуючи шум і передчасний знос підшипників та інших частин машини;
- відповідати вимогам технологічності (кожна машина повинна з мінімальними витратами і максимальною продуктивністю та надійністю відповідати показникам технологічної лінії обробки продукту).

Електроустановки повинні відповідати вимогам ПУЕ для електроустановок, розташовуваних у вибухонебезпечних зонах класу В-Па (можливість пиле-повітряного вибуху при аварійній ситуації).

Надійність електродвигунів в значній мірі залежить від того, наскільки в їх конструкції та виконанні передбачена здібність протистояти впливу кліматичних факторів оточуючого середовища в умовах експлуатації, зберігання та транспортування.

Електродвигуни за умовами оточуючого середовища характеризуються наступними показниками:

- кліматичним виконанням;
- ступенем захисту – IP;
- способом охолодження – IC;
- модифікацією виконання за умовами оточуючого середовища.

Під час вибору електродвигунів за умовами захисту від дії кліматичних факторів оточуючого середовища слід приймати до уваги категорію приміщення та місце розташування технологічного обладнання з електроприводом. Згідно з ГОСТ 19348-82, в сільському господарстві повинно використовуватись електрообладнання кліматичного виконання У, яке використовується для районів з помірним кліматом.

Категорія розміщення 2.

Ступінь захисту – IP44.

### **3.3 Вибір і перевірка електроприводів лінії вальцових верстатів**

Помел – найважливіша стадія технологічного процесу виробництва борошна – являє собою сукупність процесів і операцій, проведених із зерном.

Процес одержання борошна можна розглядати як послідовний багаторазовий процес відокремлення центральної частини – ендосперму від оболонки.

Спочатку зернину роздрібнюють на кілька частинок і отримують так звані добротні крупки, тобто крупки, одержані з центральної частини – ендосперму, і так звані строкаті крупки, тобто такі, що мають з одного боку залишки оболонки. На наступних етапах технологічного процесу добротні крупки відокремлюють від строкатих, а останні шліфують, тобто відокремлюють від них частинки оболонки. Після цього строкаті крупки стають добротними, але менших розмірів. Оболонки, в яких на внутрішній поверхні залишилась деяка частка ендосперму, вимелюють на спеціальних вимелювальних системах. Оболонки, від яких відокремлена майже всі частки ендосперму, називають висівками.

Периферійні частки пшениці містять значну кількість природних вітамінів групи В, що позитивно впливають на якість борошна. Нині є багато пропозицій щодо використання периферійних частинок (висівок) для збагачення борошна білками, вітамінами, мінеральними добавками.

З однієї і тієї ж партії зерна при помелі можна одержувати різні сорти борошна, що відрізняються хімічним складом, харчовою цінністю, органолептичними і технологічними властивостями. Однією із задач помелу є одержання борошна з однорідним гранулометричним складом.

При виробництві оббивного борошна помел використовують для здрібнення усіх анатомічних часток зерна до частин однакового розміру.

При виробництві сортового борошна значному здрібнюванню підлягає лише ендосперм, а зародок, оболонки і алеїроновий шар виділяють у вигляді висівок.

Разовий помел застосовують лише для здрібнення зерна, яке призначається для годівлі сільськогосподарських тварин.

На сучасних млинах борошно отримують шляхом багатократного і поступового здрібнення зерна на вальцевих станках з подальшим просіюванням отриманих продуктів.

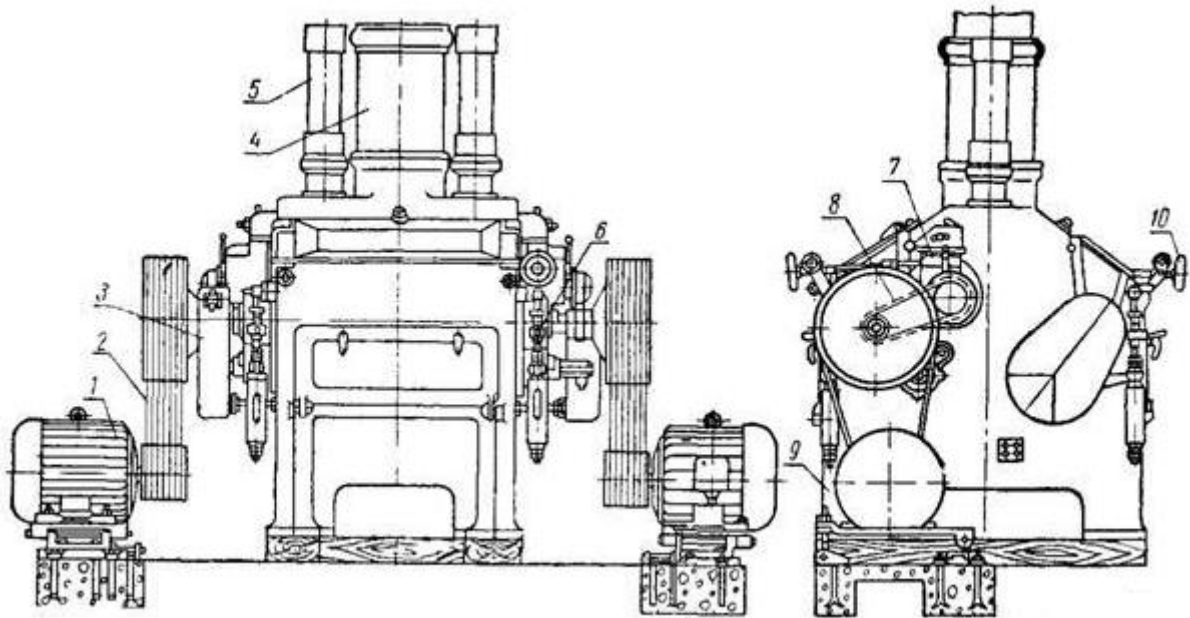


Рисунок 3.1 – Вальцевий верстат:

1 – електродвигун, 2 – передача клиноремenna, 3 – коробка шестерної передачі,  
4 – труба приймальна, 5 – пневмопровід, 6 – механізм налаштування паралельності вальців, 7 – автомат привально-відвальний, 8 – ремінна передача, 9 – станина, 10 – механізм точного налаштування зазору між вальцями

Вальцеві верстати призначені для подрібнення зерна і проміжних продуктів злакових культур на борошномельних і круп'яних підприємствах. Подрібнення здійснюється у клиновидному просторі, утвореному поверхнями

двох циліндричних паралельних вальців, що обертаються з різними швидкостями назустріч один одному. Зерно руйнується в результаті деформації стиснення і зсуву.

Верстат має одну пару вальців, розташованих горизонтально. У якості опор вальців застосовуються підшипникові вузли.

Станина верстата має горизонтальне рознімання для демонтажу вальців.

Верстат обладнаний механізмом привалу вальців, що мелють, і включення механізму живлення.

Вальці з нарізними та гладенькими поверхнями, що обертаються з різними швидкостями, піддають зерно дії складної деформації — стиску і зсуву. Продукти подрібнення характеризуються високою рівномірністю з мінімальною кількістю пилової фракції.

Алгоритмом керування вальцьовими машинами передбачають запуск вальців без навантаження, а після їх розгону до усталеної швидкості — подачу зерна. Момент статичних опорів вальців, що обертаються вхолосту, зумовлюється в основному силами тертя, практично не залежить від швидкості обертання і знаходиться в межах 4 - 7 % від моменту при номінальному завантаженні.

Режим роботи електроприводів вальців тривалий із змінним навантаженням. Навантажувальна діаграма  $P = f(t)$  має випадковий характер. Причому через неоднорідність подрібнюваного матеріалу та нерівномірність подачі можливі значні коливання навантаження, в тому числі і перевантаження

### 3.4 Визначення розрахункових навантажень

В якості розрахункових струмів відгалуження до окремих ЕП приймають їх номінальні струми, які визначаються за формулами:

- для однофазних споживачів

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{U_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (3.1)$$



- для трьохфазних споживачів

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (3.2)$$

- для трьохфазних асинхронних електродвигунів

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (3.3)$$

де  $P_H$  – номінальна потужність двигуна, кВт;

$U_H$  – номінальна напруга, В;

$\eta_H$  – номінальний ККД, в. о;

$\cos \varphi_H$  – номінальний коефіцієнт потужності, в.о.

Розрахунковий струм групової або магістральної мережі розраховується по формулі

$$I_p = K_0 \cdot \sum I_H, \quad (3.4)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт одночасності роботи електрообладнання;

$\sum I_H$  – сума номінальних або розрахункових струмів електрообладнання, А.

В якості прикладу приведемо розрахунок струмів для електроприводу М1.

Данні ЕП зібрані в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані ЕП

| $P_H$ , кВт | $n_H$ , об/хв | $\eta_H$ , в.о. | $\cos \varphi_H$ | $K_i$ |
|-------------|---------------|-----------------|------------------|-------|
| 30          | 1000          | 0,9             | 0,85             | 2,2   |

Розрахунковий струм електродвигуна:

$$I_H = \frac{30 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 59,65 \text{ А}$$

Аналогічно проводимо визначення розрахункових навантажень для інших ЕП та зводимо данні в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахункові навантаження для ЕП

| №        | Назва верстату          | $P_H$ ,<br>кВт | n | $U_H$ | $n_H$ ,<br>об/хв | $\eta_H$ ,<br>в.о. | $\cos\varphi_H$ | $I_H$ |
|----------|-------------------------|----------------|---|-------|------------------|--------------------|-----------------|-------|
| 1 поверх |                         |                |   |       |                  |                    |                 |       |
| 1        | Вальцьові<br>верстати   | 30             | 4 | 380   | 1000             | 0,9                | 0,85            | 59,65 |
| 2        |                         | 22             | 4 |       | 1000             | 0,9                | 0,83            | 44,8  |
| 3        |                         | 18             | 4 |       | 1000             | 0,895              | 0,85            | 36    |
| 4        |                         | 15             | 2 |       | 1000             | 0,89               | 0,82            | 31,26 |
| 5        |                         | 11             | 2 |       | 1000             | 0,885              | 0,85            | 22,24 |
| 6        | Транспортер             | 7,5            | 1 |       | 1500             | 0,875              | 0,86            | 15,16 |
| 7        |                         | 5,5            | 1 |       | 1000             | 0,85               | 0,8             | 12,3  |
| 8        | Компресс на БЗБ         | 7,5            | 2 |       | 1000             | 0,875              | 0,86            | 15,16 |
| 2 поверх |                         |                |   |       |                  |                    |                 |       |
| 9        | Шнек                    | 1,5            | 2 | 380   | 1500             | 0,78               | 0,83            | 3,52  |
| 10       | Шлюз збірки             | 1,1            | 2 |       | 1000             | 0,74               | 0,74            | 3,06  |
| 11       | Транспортер<br>пліви    | 2,2            | 1 |       | 1500             | 0,81               | 0,83            | 4,98  |
| 12       | Ваги на БЗМ             | 2,2            | 2 |       | 1500             | 0,81               | 0,83            | 4,98  |
| 3 поверх |                         |                |   |       |                  |                    |                 |       |
| 13       | Вимойні агрегати        | 7,5            | 3 | 380   | 1500             | 0,875              | 0,86            | 15,16 |
| 14       | Великий шнек            | 4              | 1 |       | 1500             | 0,85               | 0,84            | 8,52  |
| 15       | Малий шнек              | 3              | 1 |       | 1500             | 0,82               | 0,83            | 6,7   |
| 16       | Фільтр                  | 4              | 1 |       | 1500             | 0,85               | 0,84            | 8,52  |
| 17       | Лінія очищення<br>зерна | 1,5            | 2 |       | 1500             | 0,78               | 0,83            | 3,52  |
| 4 поверх |                         |                |   |       |                  |                    |                 |       |
| 18       | Розсів                  | 4              | 2 | 380   | 1000             | 0,82               | 0,81            | 9,16  |
| 19       | Фільтр                  | 1,1            | 2 |       | 1500             | 0,74               | 0,74            | 3,52  |
| 20       | Очищення зерна          | 11             | 2 |       | 1500             | 0,885              | 0,85            | 22,24 |

|          |              |     |   |     |      |       |      |       |
|----------|--------------|-----|---|-----|------|-------|------|-------|
| 21       | Шлюз збірки  | 1,5 | 2 |     | 1500 | 0,76  | 0,72 | 4,17  |
| 22       | Аспірація    | 18  | 2 |     | 1000 | 0,895 | 0,85 | 35,9  |
| 5 поверх |              |     |   |     |      |       |      |       |
| 23       | ВВТ          | 7,5 | 1 | 380 | 3000 | 0,875 | 0,88 | 14,82 |
| 24       | Компрес      | 7,5 | 1 |     | 1500 | 0,875 | 0,86 | 15,16 |
| 25       | Відволожувач | 7,5 | 1 |     | 1500 | 0,875 | 0,86 | 15,16 |
| 26       | Норія        | 2,2 | 2 |     | 1500 | 0,81  | 0,83 | 4,98  |
| 27       | Норія        | 3   | 2 |     | 1500 | 0,82  | 0,83 | 6,7   |
| 28       | Перекачка    | 5,5 | 1 |     | 1000 | 0,85  | 0,8  | 12,3  |
| 29       | Шнеки        | 1,5 | 2 |     | 1500 | 0,78  | 0,83 | 3,52  |
| 30       | Аспірація    | 18  | 1 |     | 1000 | 0,895 | 0,85 | 35,9  |
| 31       | Очищення     | 11  | 1 |     | 1000 | 0,885 | 0,85 | 22,24 |

*Розрахунок потужності приводу електроприводу вальцьового верстату ЗМ1 250x1000*

Для розрахунку потужності і вибору двигуна необхідно мати всі початкові дані. Правильний вибір потужності двигуна, на підставі одержаного розрахунку, має велике значення, оскільки від цього залежить продуктивність, надійність і економічність робочого механізму.

Для прикладу наведемо розрахунки для приводу вальцьового верстату марки ЗМ1 250x1000 - М1.

Розрахункова потужність ЕП вальцьового верстату

$$P_{\text{кат}} \geq P_{\text{дв.расч}} \quad (3.5)$$

Де продуктивність однієї пари вальців  $Q, \text{кг/с}$ , визначається за пропускною здатністю робочого зазору

$$Q = \Delta L v_3 \gamma \epsilon, \quad (3.6)$$

де  $\Delta$  — робочий зазор між вальцями, м;

$L$  — довжина вальців, м;

$v_3$  — середня швидкість зерна в зоні подрібнення, м/с;

$\gamma$  — об'ємна маса продукту,  $\text{кг/м}^3$  ;

$\varepsilon$  — коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення зерном робочого зазору. При переробці зерна  $\varepsilon = 0,1 - 0,3$ .

Середня швидкість зерна  $v_3$  визначається з виразу

$$v_3 = \frac{v_{ш} + v_{т}}{2} * \cos \alpha, \quad (3.7)$$

де  $v_{ш}$ ,  $v_{т}$  — колові швидкості обертання відповідно швидко- і тихохідного вальців, м/с.

$\alpha$  — угол захвату частини вальцями.

Середня швидкість зерна  $v_3$

$$v_3 = \frac{5 + 4,5}{2} * 0,99 = 5 \text{ м/с}$$

При відомій продуктивності пари вальців  $Q$ , т/год, потужність  $P_{одн.в}$ , кВт, необхідну для привода одного вальця, можна знайти також через питому енергоємність процесу  $q$ , кВт • год/т

$$P_{одн.в} = Qq \quad (3.8)$$

Продуктивність однієї пари вальців  $Q$

$$Q = 0,7 \cdot 0,555 \cdot 5 \cdot 4,057 \cdot 0,3 = 2,3642 \text{ кг/с}$$

Потужність необхідна для привода одного вальця  $P_{одн.в}$

$$P_{одн.в} = 2,3642 \cdot 6 = 14,185 \text{ кВт}$$

Отже для пари вальців необхідна потужність  $2 P_{одн.в}$

$$P_{дв.расч} = 2 \cdot 14,185 = 28,37 \text{ кВт.}$$

### 3.5 Вибір і перевірка приводного електродвигуна вальцевого верстату

Згідно з розрахунків приймаємо електродвигун М1 типу 5А200L6. У таблиці 3.3 наведені дані електродвигуна.

Таблиця 3.3 – Дані електродвигуна М1 типу 5А200L6

| $P_H$ , кВт | $n_H$ , об/хв | $\eta_H$ , в.о. | $\cos \varphi_H$ | $\mu_P$ | $\mu_{min}$ | $\mu_{max}$ |
|-------------|---------------|-----------------|------------------|---------|-------------|-------------|
| 30          | 960           | 0,9             | 0,85             | 2,0     | 1,6         | 2,2         |

Перевірка електродвигуна для приводу вальцьового верстату  
- за умовою пускового моменту

$$M'_{\Pi} \geq M_{ЗР} \quad (3.9)$$

де  $M'_{\Pi}$  - пусковий момент електродвигуна при зниженій напрузі, Н·м;

$M_{ЗР}$  – момент зрушення робочої машини, Н·м.

$$M'_{\Pi} = M_H \cdot \mu_{\Pi} \cdot K_U^2, \quad (3.10)$$

де  $\mu_{\Pi}$  – кратність пускового моменту електродвигуна;

$K_U$  – коефіцієнт, який враховує зниження напруги в мережі;

$M_H$  – номінальний момент електродвигуна, Н·м.

$$K_U = \frac{U_{\Phi}}{U_H}, \quad (3.11)$$

де  $U_{\Phi}$  – фактична напруга мережі, В;

$U_H$  – номінальна напруга мережі, В.

Приймаємо  $K_U=0,9$ .

Номінальний момент розраховується за формулою

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_H}, \quad (3.12)$$

$P_H$  – номінальна потужність двигуна, кВт;

$\omega_H$  – номінальна кутова швидкість, рад/с.

$$\omega_H = \frac{2\pi \cdot n_H}{60}, \quad (3.13)$$

де  $n_H$  – номінальна частота обертання, об/хв.

$$\omega_H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100}{60} = 100,5 \text{ рад/с}$$

Номінальний момент електродвигуна

$$M_H = \frac{7,5 \cdot 10^3}{100,5} = 74,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За виразом (3.12) знайдемо  $M'_{\Pi}$

$$M'_{\Pi} = 74,6 \cdot 2,0 \cdot 0,9^2 = 120,85 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $M_{OH}$  – момент опору при номінальній кутовій швидкості, Н·м.

$$M_{OH} = \frac{6340}{100,5} = 63,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент зрушення дробарок орієнтовно можна прийняти

$$M_{3P} = (0,2 \dots 0,3) M_{OH} \quad (3.14)$$

$$M_{3P} = 0,3 \cdot M_{OH},$$

$$M_{3P} = 0,3 \cdot 63,08 = 18,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

З виразу

$$M'_{II} = 120,85 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq M_{3P} = 18,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

умова виконується, тобто двигун задовольняє умові за пусковим моментом.

- за умовою мінімального моменту

$$M'_{\min} \geq M_{O\min}, \quad (3.15)$$

де  $M_{O\min}$  – момент опору при мінімальній кутовій швидкості,;

$M'_{\min}$  – мінімальний момент електродвигуна при зниженій напрузі, Н·м.

При цьому

$$M_{O\min} = M_{3P} + (M_{OH} - M_{3P}) \cdot \left( \frac{\omega_{\min}}{\omega_H} \right)^X, \quad (3.16)$$

де  $M_{3P}$  – момент зрушення робочої машини, Н·м.

$M_{OH}$  – момент опору при номінальній кутовій швидкості, Н·м.

Приймаємо  $M_{OH} = 63,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$\omega_H$  – номінальна кутова швидкість, рад/с,  $\omega_H = 100,5 \text{ рад/с}$ ;

$X$  – показник ступеню, який характеризує залежність зміни моменту від швидкості,  $X = 1,7$ ;

$\omega_{\min}$  – мінімальна кутова швидкість, рад/с.

$$\omega_{\min} = 0,15 \cdot \omega_1, \quad (3.17)$$

де  $\omega_1$  – синхронна кутова швидкість, рад/с.

При цьому

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n_1}{60}, \quad (3.18)$$

$$n = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad (3.19)$$

де  $f_I$  – частота мережі, Гц,  $f_I=50$  Гц;

$p$  – число пар полюсів,  $p=3$ .

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ рад/с},$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об/хв.}$$

Мінімальна частота обертання

$$\omega_{min}=0,15 \cdot 104,7=15,7 \text{ рад/с}$$

За виразом (3.16)

$$M_{Omin} = 18,9 + (63,08 - 18,9) \cdot \left( \frac{15,7}{100,5} \right)^{1,7} = 20,78 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мінімальний момент, який розвиває двигун при зниженій напрузі, знайдемо за виразом

$$M'_{min} = M_H \cdot \mu_{min} \cdot K_U^2, \quad (3.20)$$

де  $\mu_{min}$  – кратність мінімального моменту електродвигуна,  $\mu_{min}=1,6$ ;

$K_U$  – коефіцієнт, який враховує зниження напруги в мережі,  $K_U=0,9$ ;

$M_H$  – номінальний момент електродвигуна,  $M_H=74,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

$$M'_{min} = 74,6 \cdot 1,6 \cdot 0,9^2 = 96,68 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

З виразу

$$M'_{min} = 96,68 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq M_{Omin} = 20,78 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

умова виконується.

### 3.6 Вибір марки і перерізу дротів та кабелів

Перерізи дротів та кабелів вибираються за тривало припустимим струмом, виходячи з умови

$$I_{ТР.ПР} \geq I_{розр}. \quad (3.21)$$

де  $I_{ТР.ПР}$  – тривало припустимий струм дроту (кабелю) за умовою нагріву, А;

$I_{розр}$  – розрахунковий струм частини мережі, А.

Проведемо вибір марки та перетину дротів, які живлять ЕП приводу розмельного верстату, який ми обрали.

Для живлення електродвигуна М1 вибираємо кабель АВВГ (3x16+1x10)  $I_{ТР.ПР} = 77A$ . За виразом (3.21) маємо:

$$I_{ТР.ПР} = 77 A \geq I_{розр.} = 59,65 A,$$

умова виконується, значить вибір марки та перерізу проводу виконано правильно.

Вибір марки та перерізу проводів і кабелів для інших струмоприймачів виконуємо аналогічно.

### 3.7 Вибір та перевірка пускозахисної апаратури

#### *Вибір автоматичних вимикачів*

Для прикладу розрахуємо та виберемо автоматичний вимикач, який захищає електродвигун однієї половини приводу вальцьового верстату М1. Вибір вимикача проводиться за наступними показниками та умовами:

- за типом: ВА-63.
- за номінальною напругою:

$$U_{нАВ} \geq U_m, \quad (3.22)$$

де  $U_m$  – напруга мережі живлення,  $U_m = 380 V$ ;

$$380 \geq 380 V.$$

- за виконанням:

кількість головних полюсів – триполюсний;

тип розчіплювачів – комбінований;

наявність вільних контактів – вільні контакти відсутні;

вид допоміжних розчіплювачів – без допоміжних розчіплювачів.

- за номінальним струмом теплового розчіплювача:

$$I_{нТР} \geq I_{розр}, \quad (3.23)$$

- за струмом відсічки електромагнітного розчіплювача:



$$I_{\text{від.EMP}} \geq I_{\text{пуск.розр.}}, \quad (3.24)$$

де  $I_{\text{пуск.розр}}$  – пусковий розрахунковий струм в мережі, А;

$$I_{\text{пуск.розр}} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{н.АД}}, \quad (3.25)$$

де  $I_{\text{н.АД}}$  – пусковий струм електродвигуна, А;

$$I_{\text{н.АД}} = \kappa_i \cdot I_{\text{н.АД}}, \quad (3.26)$$

де  $\kappa_i$  – кратність пускового струму електродвигуна;

Струм відсічки електромагнітного розчіплювача розраховується

$$I_{\text{від.EMP}} = \kappa \cdot I_{\text{н.ТР}}, \quad (3.27)$$

де  $\kappa$  – кратність відсічки автоматичного вимикача,  $\kappa = 10$ ;

$$I_{\text{від.EMP}} = 10 \cdot 20 = 200 \text{ А},$$

$$200 \geq 136,2 \text{ А}.$$

- за ступенем захисту: IP 40;
- за кліматичним виконанням і категорією розміщення: УХЛ 3;

*Вибір магнітних пускачів і теплових реле*

Вибір магнітного пускача для двигуна М1 проводимо за наступними показниками та умовами:

- за типом та серією: ПМЛ;
- за номінальною напругою мережі живлення:

$$U_{\text{н.МП}} \geq U_{\text{м}}, \quad (3.29)$$

$$380 \geq 380 \text{ В}.$$

- за номінальним струмом магнітного пускача:

$$I_{\text{н.МП}} \geq I_{\text{розр.}}, \quad (3.30)$$

$$25 \geq 16,5 \text{ А}.$$

- за виконанням: нереверсивний, з тепловим реле РТЛ, без електромеханічного блокування.

- за номінальним струмом неспрацьовування теплового реле серії РТЛ:

$$I_{\text{н.НТР}} \geq I_{\text{н.АД}}, \quad (3.31)$$

$$25 \geq 16,5 \text{ A.}$$

З наступним його регулюванням до виконання умови:

$$I_{ННТР} = I_{НАД}, \quad (3.32)$$

$$16,5 = 16,5 \text{ A.}$$

- за ступенем захисту та наявністю кнопок “Пуск” та “Стоп”: IP40, без кнопок.
- за родом струму та напруги: змінний.
- за кліматичним виконанням та категорією розміщення: УХЛЗ.

#### *Перевірка автоматичних вимикачів*

Перевірка автоматичних вимикачів проводиться за наступними показниками:

1. На неспрацьовування автоматичних вимикачів при пуску електродвигуна в мережах, які захищаються автоматичними вимикачами. В якості прикладу проведемо перевірку вибраного автоматичного вимикача ( $I_{ОТС.РМ}=200 \text{ A}$ ).

$$I_{ПУСК.РОЗР} = 136 \text{ A}$$

Так як,  $I_{ОТС.РМ}=200\text{A} \geq I_{ПУСК.РОЗР}=136\text{A}$ , то умова перевірки виконується.

2. На узгодження тривало припустимого струму дроту ( $I_{ТР.ЛР}$ ) та струму розчіплювачів автоматичного вимикача.

Перевірка проводиться по нормованому в ПУЕ відношенню приведених струмів.

В мережах, які захищаються тільки від струмів к.з.:

для автоматичних вимикачів, які мають тільки електромагнітний розчіплювач по співвідношенню

$$\frac{I_{ТР.ЛР}}{I_{ОТС.РМ}} \geq 0,22;$$

для автоматичних вимикачів, які мають не регулюємий тепловий розчіплювач по співвідношенню

$$\frac{I_{ТР.ЛР}}{I_{Н.ТР}} \geq 1,0;$$

для автоматичних вимикачів, які мають регулюємий тепловий розчіплювач по співвідношенню

$$\frac{I_{TP.ПР}}{I_{H.ТР}} \geq 0,66;$$

де  $I_{H.ТР}$  – номінальний струм теплового розчіплювача, А

В мережах, які захищаються від струмів к.з. та перевантаження, незалежно від типу приміщення:

для автоматичних вимикачів, які мають тільки електромагнітний розчіплювач по співвідношенню

$$\frac{I_{TP.ПР}}{I_{ОТС.РМ}} \geq 1,25;$$

для автоматичних вимикачів, які мають нерегулюємий або регулюємий тепловий розчіплювач по співвідношенню

$$\frac{I_{TP.ПР}}{I_{H.ТР}} \geq 1,0; \quad (3.24)$$

В якості прикладу проведемо перевірку на узгодження  $I_{TP.ПР}$  зі струмами розчіплювачів автоматичного вимикача (тип ВМ63-3ХС20-УХЛЗ  $I_{H.AB}=63$  А,  $I_{H.ТР}=20$  А) з комбінованим розчіплювачем в мережі електродвигуна М1.

Кабель АВВГ (3×16+1×10),  $I_{TP.ПР}=77$  А.

$$\frac{I_{TP.ПР}}{I_{H.ТР}} = \frac{77}{59,65} = 1,29 \geq 1,0$$

Тобто, нормоване в ПУЕ співвідношення (3.24) виконується.

3. На чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного короткого замикання.

Для автоматичних вимикачів, які мають тільки електромагнітний розчіплювач якщо  $I_{H.AB} \leq 100$  А за умовою

$$I_K^{(1)} \geq 1,4 \cdot I_{ОТС.РМ}; \quad (3.25)$$

якщо  $I_{H.AB} \geq 100$  А за умовою

$$I_K^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{ОТС.РМ}, \quad (3.26)$$

Для автоматичних вимикачів, які мають тепловий розчіплювач, та мереж, які розташовані в приміщеннях з нормальним середовищем за умовою

$$I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{H.TP}; \quad (3.27)$$

Для автоматичних вимикачів, які мають тепловий розчіплювач, та мереж, які розташовані в вибухо- та пожежонебезпечному середовищі за умовою

$$I_K^{(1)} \geq 6 \cdot I_{H.TP} \quad (3.28)$$

Перевірка на чутливість або на надійність спрацьовування при струмах однофазного короткого замикання виконується для автоматичних вимикачів найбільш віддалених від джерела живлення (ТП).

4. На селективність роботи розчіплювачів автоматичних вимикачів, які вмикаються в мережу послідовно.

Для послідовно встановлених автоматичних вимикачів селективність захисту забезпечується, якщо для вимикачів з комбінованим розчіплювачем  $I_{H.TP}$  наступних автоматичних вимикачів від джерела живлення на 2 – 3 ступеня нижче струмів розчіплювачів попередніх автоматичних вимикачів.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРАХУНОК ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ГРУПИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЛІНІЇ ВАЛЬЦЬОВИХ ВЕРСТАТІВ

#### 4.1 Захист енергетичних систем підприємства

В енергетичних системах можуть виникати пошкодження і ненормальні режими роботи електрообладнання електростанцій і підстанцій, їх розподільних пристроїв, ліній електропередачі і електроустановок споживачів електричної енергії.

Пошкодження в більшості випадків супроводжуються значним збільшенням струму і глибоким зниженням напруження в елементах енергосистеми.

Підвищений струм виділяє велику кількість тепла, яке призводить до руйнування в місці пошкодження і небезпечний нагрів непошкоджених ліній і обладнання, по яким цей струм проходить.

Зниження напруги порушує нормальну роботу споживачів електроенергії і стійкість паралельної роботи генераторів і енергосистеми в цілому. Ненормальні режими зазвичай призводять до відхилення величин напруги, струму і частоти від допустимих значень. При зниженні частоти і напруги створюється небезпека порушення нормальної роботи споживачів і стійкості енергосистеми, а підвищення напруги і струму загрожує пошкодженням обладнання та ліній електропередачі.

Таким чином, пошкодження порушують роботу енергосистеми і споживачів електроенергії, а ненормальні режими створюють можливість виникнення пошкодження або розлади роботи енергосистеми.

Для забезпечення нормальної роботи енергетичної системи і споживачів електроенергії необхідно можливо швидше виявляти і відокремлювати місце

пошкодження від неушкодженої мережі, відновлюючи таким шляхом нормальні умови їх роботи і припиняючи руйнування в місці пошкодження.

Небезпечні наслідки ненормальних режимів також можна запобігти, якщо вчасно виявити відхилення від нормального режиму і вжити заходів до його усунення (наприклад, знизити струм при його зростанні, знизити напругу при його збільшенні тощо).

У зв'язку з цим виникає необхідність в створенні і застосуванні автоматичних пристроїв, що виконують вказані операції і захищають систему та її елементи від небезпечних наслідків пошкоджень і ненормальних режимів.

Спочатку в якості такого захисту застосовувалися плавкі запобіжники. Однак у міру зростання потужності і напруги електричних установок і ускладнення їх схем комутації такий спосіб захисту став недостатнім, в силу чого були створені захисні пристрої, що виконуються за допомогою спеціальних автоматів - реле, отримавши назву релейного захисту.

Релейний захист є основним видом електричної автоматики, без якої неможлива нормальна і надійна робота сучасних енергетичних систем. Вона здійснює безперебійний контроль за станом і режимом роботи всіх елементів енергосистеми і реагує на виникнення пошкоджень і ненормальних режимів.

При виникненні пошкоджень захист виявляє та вимикає від системи пошкоджену ділянку, впливаючи на спеціальні силові вимикачі, призначені для розмикання струмів пошкодження.

При виникненні ненормальних режимів захист виявляє їх і в залежності від характеру порушення здійснює операції, необхідні для відновлення нормального режиму, або подає сигнал черговому персоналу.

У сучасних електричних системах релейний захист тісно пов'язан з електричною автоматикою, призначеною для швидкого автоматичного відновлення нормального режиму та живлення споживачів.

#### *Причини та види пошкоджень*

Більшість пошкоджень в електричних системах призводить до короткого замикання фаз між собою або на землю (рисунок 4.1). В обмотках електричних

машин і трансформаторів, крім коротких замикань бувають замикання між витками однієї фази.

Основними причинами пошкоджень є:

- 1) порушення ізоляції струмоведучих частин, викликане її старінням, незадовільним станом, перенапруженнями, механічними пошкодженнями;
- 2) пошкодження проводів і опор ліній електропередачі, викликане їх незадовільним станом, ожеледдю, ураганим вітром, танцем проводів і іншими причинами;
- 3) помилки персоналу при операціях (відключення роз'єднувач під навантаженням, включення їх на помилково залишене заземлення тощо).

Всі пошкодження є наслідком конструктивних недоліків або недосконалість обладнання, неякісного його виготовлення, дефектів монтажу, помилок при проектуванні, незадовільного або неправильного догляду за обладнанням, ненормальних режимів роботи обладнання, роботи обладнання в умовах, на які воно не розраховане. Тому пошкодження не можна вважати неминучими, але в той же час не можна і не враховувати можливість їх виникнення.

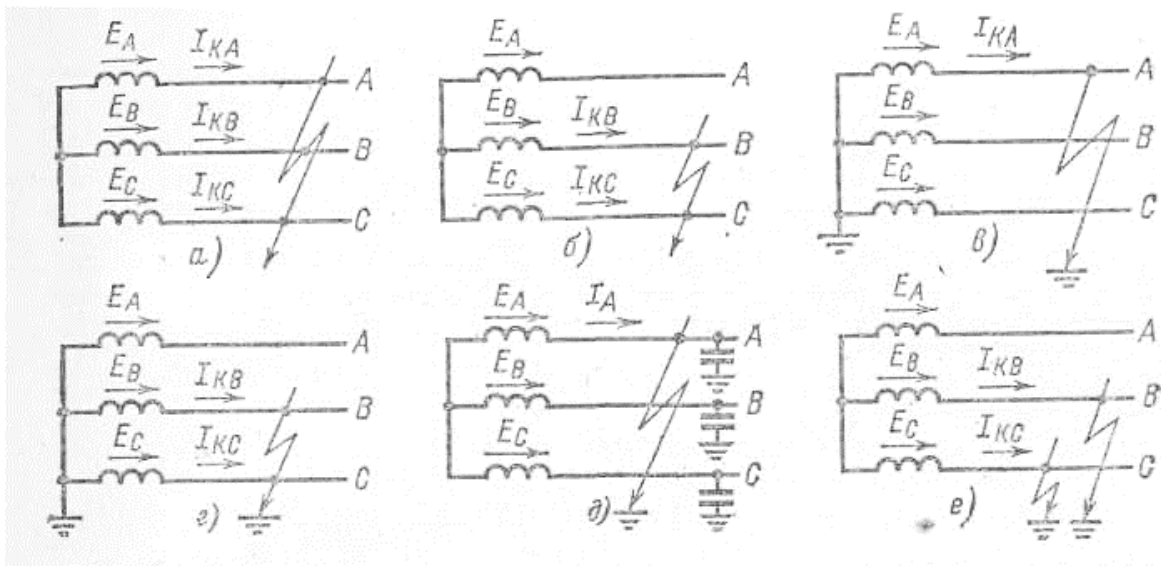


Рисунок 4.1 – Види пошкоджень в ЕП

Короткі замикання (к.з.) є найбільш небезпечним і важким видом пошкодження. При к.з. е.д.с.  $E$  джерела живлення (генератора) замикається «накоротко» через щодо малий опір генераторів, трансформаторів і ліній (рисунок 4.1, а–г, е).

Тому в контурі замкнутої накоротко е.д.с. виникає великий струм  $I_k$ , названий током короткого замикання.

Короткі замикання підрозділяються на трифазні, двухфазні і однофазні в залежності від числа замкнених фаз; на замикання з землею і без землі; замикання в одній і двох точках мережі (рисунок 4.1).

При к.з. внаслідок збільшення струму зростає падіння напруги в елементах системи, що призводить до зниження напруги у всіх точках мережі, так як напруга в будь-якій точці  $M$  (Рисунок 4.2, а)

$$U_M = E - I_k Z_M, \quad (4.1)$$

$E$  - е.д.с. джерела живлення,

$Z_M$  - опір від джерела живлення до точки  $M$ .

Найбільше зниження напруги відбувається в місці к.з. (Точка  $K$ ) і в безпосередній близькості від нього (рисунок 4.2, а). В точках мережі, віддалених від місця пошкодження, напруга знижується в меншій мірі.

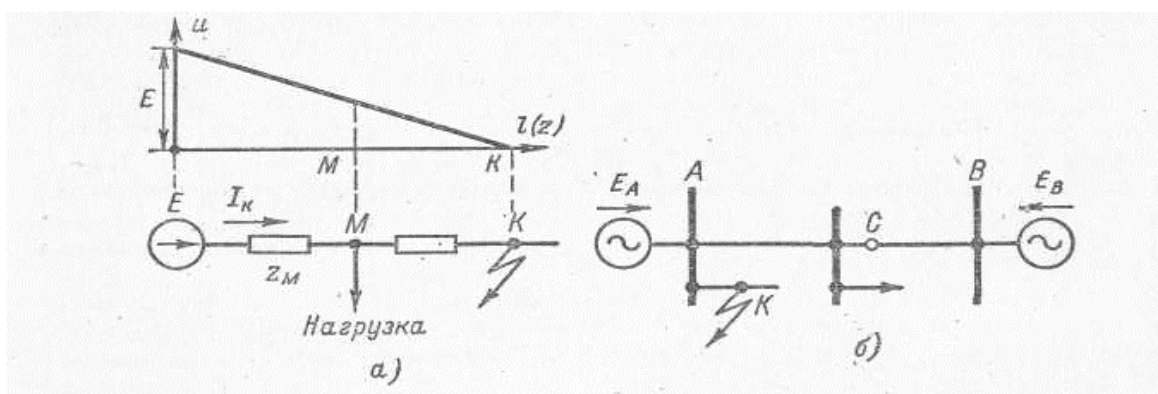


Рисунок 4.2 – Вплив зниження напруги при к.з.

Відбуваються в результаті к.з. збільшення струму і зниження напруги призводять до ряду небезпечних наслідків:



а) Струм к. з.  $I_k$  відповідно до закону Джоуля-Ленца виділяє в активному опорі  $r$  ланцюга, по якій він проходить протягом часу  $t$ , тепло

$$Q = kI_k^2 r t \quad (4.2)$$

У місці пошкодження це тепло і полум'я електричної дуги виробляють великі порушення, розміри якого тим більше, чим більше струм  $I_k$  і час  $t$ .

Проходячи по непошкодженому обладнанню і лініях електропередачі, токи к.з.  $I_k$  нагрівають їх вище за допустиму межу, що може викликати пошкодження ізоляції і струмоведучих частин.

б) Зниження напруги при к. з. порушує роботу споживачів.

Основним споживачем електроенергії є асинхронні електродвигуни. Момент обертання двигунів МД пропорційний квадрату напруги  $U$  на їх зажимах:

$$M_d = kU^2. \quad (4.3)$$

Тому при глибокому зниженні напруги момент обертання електродвигунів може виявитися менше моменту опору механізмів, що призводить до їх зупинки.

Нормальна робота освітлювальних установок, що становлять другу значну частину споживачів електроенергії, при зниженні напруги також порушується.

Особливо чутливі до знижень напруги обчислювальні і керуючі машини, широко впроваджуються останнім часом.

с) Другим, найбільш тяжким наслідком зниження напруги - є порушення стійкості паралельної роботи генераторів. Це може привести до розпаду системи і припинення живлення всіх її споживачів.

#### *Ненормовані режими*

До ненормальним відносяться режими, пов'язані з відхиленнями від допустимих значень величин струму, напруги і частоти, небезпечні для обладнання або стійкої роботи енергосистеми.

Розглянемо найбільш характерні ненормальні режими.

а) Перевантаження обладнання, викликана збільшенням струму понад номінального значення. Номінальним називається максимальний струм, що допускається для даного обладнання протягом неограненого часу.

Якщо струм, що проходить по обладнанню, перевищує номінальне значення, то за рахунок виділяється їм додаткового тепла температура струмоведучих частин та ізоляції через деякий час перевершує дозволена величину, що призводить до прискореному зносу ізоляції і її пошкодження. Час, допустимий для проходження підвищених струмів, залежить від їх величини. Характер цієї залежності показаний на рисунку 4.3 і визначається конструкцією обладнання і типом ізоляційних матеріалів. Для попередження пошкодження обладнання при його перевантаженні необхідно вжити заходів до розвантаження або відключення обладнання.

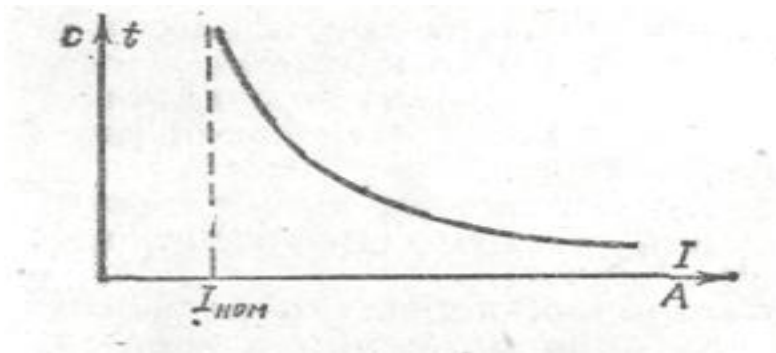


Рисунок 4.3 – Залежність допустимого граничного навантаження від величини струму  $t=f(I)$ .

б) Коливання в системах виникають при виході з синхронізму працюючих паралельно генераторів (або електростанцій) А і В (рис. 4.2, б). При коливаннях в кожній точці системи відбувається періодична зміна («хитання») струму і напруги. Струм у всіх елементах мережі, що зв'язують вийшли із синхронізму генератори А і В, коливається від нуля до максимального значення, у багато разів перевищує нормальну величину. Напруга падає від нормального до деякого мінімального значення, маючого різну величину в кожній точці мережі. У точці С, званої електричним центром хитань, воно

знижується до нуля, в інших точках мережі напруга падає, але залишається більше нуля, наростаючий від центру гойдання З до джерела живлення А і В. За характером зміни струму і напруги коливання схожі на к. з. Зростання струму викликає нагрівання обладнання, а зменшення напруги порушує роботу всіх споживачів системи. коливання - дуже небезпечний ненормальний режим, що відбивається на роботі всієї енергосистеми.

в) Підвищення напруги понад допустимого значення виникає зазвичай на гідрогенераторах при раптовому відключенні їх навантаження. Розвантажити гідрогенератор збільшує частоту обертання, що викликає зростання е. д. с. статора до небезпечних для його ізоляції значень. Захист в таких випадках повинна знизити струм збудження генератора або відключити його.

Небезпечне для ізоляції обладнання підвищення напруги може виникнути також при односторонньому відключенні або ввімкненні довгих ліній електропередачі з великою ємнісний провідністю.

Крім зазначених ненормальних режимів, є й інші, ліквідація яких можлива за допомогою релейного захисту.

## **4.2 Вимоги до релейного захисту**

### *Селективність*

Селективність або вибірковість захисту називається здатність захисту вимикати при к.з. тільки пошкоджену ділянку мережі.

На рисунку 4.4. показані приклади селективного відключення пошкодження. Так, при к.з. в точці К1 захист повинен відключити пошкоджену лінію вимикачем Вв, тобто вимикачем, найближчим до місця пошкодження. При цьому всі споживачі, крім живлячих від пошкодженої лінії, залишаються в роботі.

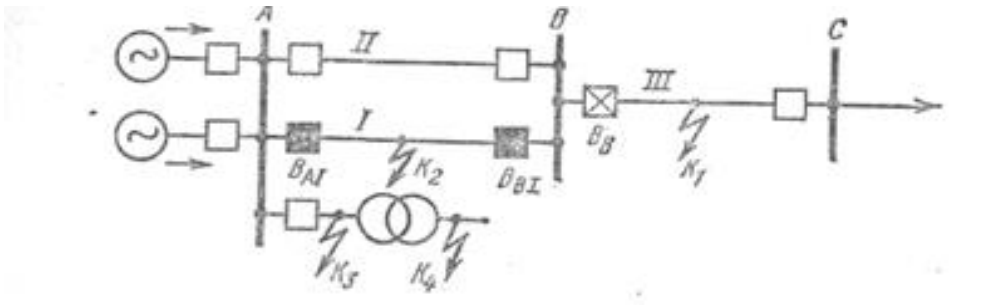


Рисунок 4.4 – Селективне відключення пошкодженої ділянки при к.з. в мережі

У разі к.з. в точці  $K_2$  при селективній дії захисту повинна вимикатися пошкоджена лінія I, лінія II залишається в роботі. При такому відключенні всі споживачі мережі зберігають живлення. Цей приклад показує, що якщо підстанція пов'язана з мережею декількома лініями, то селективне відключення к. з. на одній з ліній дозволяє зберегти зв'язок цієї підстанції з мережею, забезпечивши тим самим безперебійне живлення споживачів.

Таким чином, селективне відключення пошкодження є основною умовою для забезпечення надійного електропостачання споживачів.

#### *Швидкість дії*

Відключення к.з. повинно проводитися з якомога більшою швидкістю для обмеження розмірів руйнування обладнання, підвищення ефективності автоматичного повторного включення ліній і збірних шин, зменшення тривалості зниження напруги у споживачів і збереження стійкості паралельної роботи генераторів, електростанцій і енергосистеми в цілому. Останнє з перерахованих умов є головним.

#### *Чутливість*

Для того щоб захист реагував на відхилення від нормального режиму, які виникають при к.з. (Збільшення струму, зниження напруги тощо), він повинен мати певну чутливість в межах встановленої зони його дії. Кожен захист (наприклад, I на рисунку 5.2) повинен вимикати пошкодження на тій ділянці АВ, для захисту якого він встановлено (перша ділянка захисту I), і, крім того, повинен діяти при к.з. на наступній, другій ділянці ВС, яку захищає захист II.

Дія захисту на другій ділянці називається далеким резервуванням. Воно необхідно для відключення к.з. в тому випадку, якщо захист II або вимикач ділянки ВС не спрацює через несправність. Резервування наступної ділянки є важливою вимогою. Якщо воно не буде виконуватися, то при к.з. на ділянці ВС і відмову його захисту або вимикача пошкодження залишиться невідключеним, що призведе до порушення роботи споживачів всієї мережі.

Дія захисту I при к.з. на третій ділянці не потрібна, так як при відмові захисту третьої ділянки або його вимикача повинен подіяти захист II. Одночасну відмову захисту на двох ділянках (третьому і другому) малоімовірний, і тому з таким, бува, не вважаються. Деякі типи захистів за принципом свого дії не працюють за межами першої ділянки. Чутливість таких захистів повинна забезпечити їх надійну роботу в межах першої ділянки. Для забезпечення резервування другої ділянки в цьому випадку встановлюється додатковий захист, яка називається резервним.

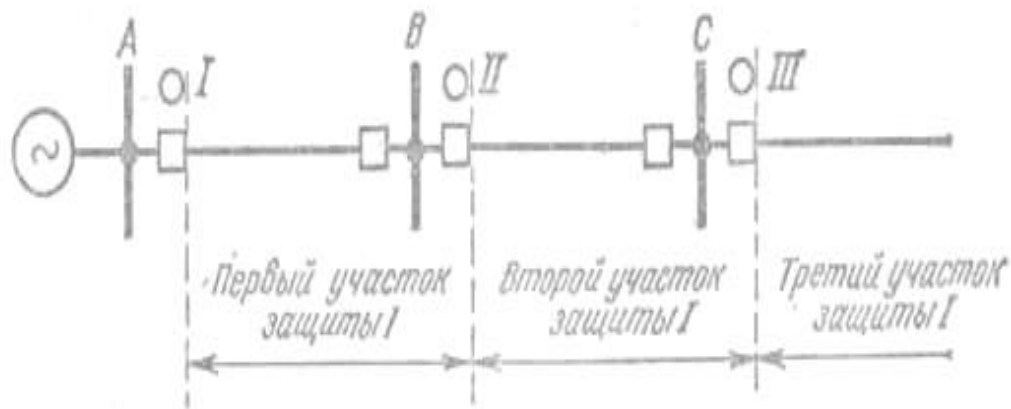


Рисунок 4.5 – Зони дії захисту

Кожен захист повинен діяти не тільки при металевому к.з., але і при замиканнях через перехідний опір, що обумовлюється електричною дугою. Чутливість захисту повинна бути такою, щоб вона могла подіяти при к.з. в мінімальних режимах системи, тобто в таких режимах, коли зміна величини, на яку реагує захист (струм, напруга і т. п.), буде найменшою. Наприклад, якщо на

станції А (рисунок 4.5) буде відключений один або кілька генераторів, то струм к.з. зменшиться, але чутливість захистів повинна бути достатньою для дії і в цьому мінімальному режимі.

Таким чином, чутливість захисту повинна бути такою, щоб вона діяла при к.з. в кінці встановленої для неї зони в мінімальному режимі системи і при замиканнях через електричну дугу.

#### *Надійність*

Вимога надійності полягає в тому, що захист повинен безвідмовно працювати при к.з. в межах встановленої для неї зони і не повинна працювати неправильно в режимах, при яких її робота не передбачається.

Вимога надійності є досить важливим. Відмова в роботі або неправильна дія якого-небудь захисту завжди призводить до додаткових відключень, а іноді до аварій системного значення.

#### *Захист нормального режиму мережі*

Ці засоби захисту, так само як і захист від к. з., повинні володіти селективністю, достатньою чутливістю і надійністю. Але швидкості дії від цих захистів, як правило, не потрібно.

Час дії захисту від ненормальних режимів залежить від характеру режиму та його наслідків. Часто ненормальні режими носять короткочасний характер і ліквідуються самі, наприклад короткочасне перевантаження при пуску асинхронного електродвигуна. У таких випадках швидке відключення не тільки не є за необхідне, але може завдати шкоди споживачам.

#### *Елементи захисту, реле та їх різновиди*

Зазвичай пристрої релейного захисту складаються з декількох реле, з'єднаних один з одним за певною схемою. Реле являє собою автоматичний пристрій, який приходить в дію (спрацьовує) при певному значенні впливає на нього вхідної величини.

Кожен комплект захисту і його схема підрозділяються на дві частини: реагуючу і логічну.

*Реагуюча* (або вимірювальна) частина є головною, вона складається з основних реле, які безперервно отримують інформацію про стан захисту елемента і реагують на пошкодження або ненормальні режими, подаючи відповідні команди на логічну частину захисту.

*Логічна частина* (або оперативна) є допоміжною, вона сприймає команди реагуючої частини і, якщо їх значення, послідовність і поєднання відповідають заданій програмі, виробляє заздалегідь передбачені операції і подає керуючий імпульс на відключення вимикачів.

#### *Універсальний блок захисту УБЗ-302-1*

Універсальний блок захисту електродвигунів **УБЗ-302-1** (УБЗ) призначений для постійного контролю параметрів напруги мережі, чинних значень фазних/лінійних струмів трифазного електроустановки 380 В, 50 Гц і перевірки значення опору ізоляції електродвигунів.

УБЗ забезпечує захист асинхронних електродвигунів потужністю від 2,5 кВт до 30 кВт при використанні вбудованих струмових трансформаторів і до 315 кВт при використанні зовнішніх струмових трансформаторів, у тому числі у мережах із ізольованою нейтраллю.

УБЗ забезпечує захист електродвигунів при:

- неякісній напрузі мережі (неприпустимі стрибки напруги, обрив фаз, порушення чергування та злипання фаз, перекид фазних/лінійних напруг);
  - механічних перевантаженнях (симетричне перевантаження по фазним/лінійним струмам);
  - перевищенні порога струму зворотної послідовності;
  - не симетрії фазних струмів без перевантаження, пов'язаних з порушенням ізоляції усередині двигуна й/або підвідного кабелю (порівняння коефіцієнта не симетрії струму зворотною послідовністю з коефіцієнтом не симетрії напруги зворотною послідовністю);
  - зникненні моменту на валу електродвигуна («сухий хід» – для насосів)
- захист по мінімальному пусковому і/або робочому струму;
- затягнутому пуску двигуна або блокуванні ротора;

- неприпустимо низькому рівні ізоляції між статором і корпусом двигуна (перевірка перед включенням);
- замиканні на «землю» обмотки статора під час роботи – захист по струмах спливу на «землю»;
- тепловому перевантаженні двигуна;
- перегріві обмоток (визначається температура обмоток при використанні вбудованих у двигун температурних датчиків або температура корпусу при використанні зовнішніх температурних датчиків).

З кожного типу захисту можлива заборона та дозвіл АПВ навантаження. Блок забезпечує захист електроустаткування шляхом керування котушкою магнітного пускача (контактора).

Блок визначає наявність струмів двигуна при вимкненому реле навантаження (при вимкненому реле навантаження та функціональному реле в режимі зірка-трикутник). У цьому випадку блок індукує аварію зовнішнього магнітного пускача (МП), який вмикає двигун, доти, доки блок не буде вимкнено або відключено контроль струмів двигуна з вимкненим реле навантаження.



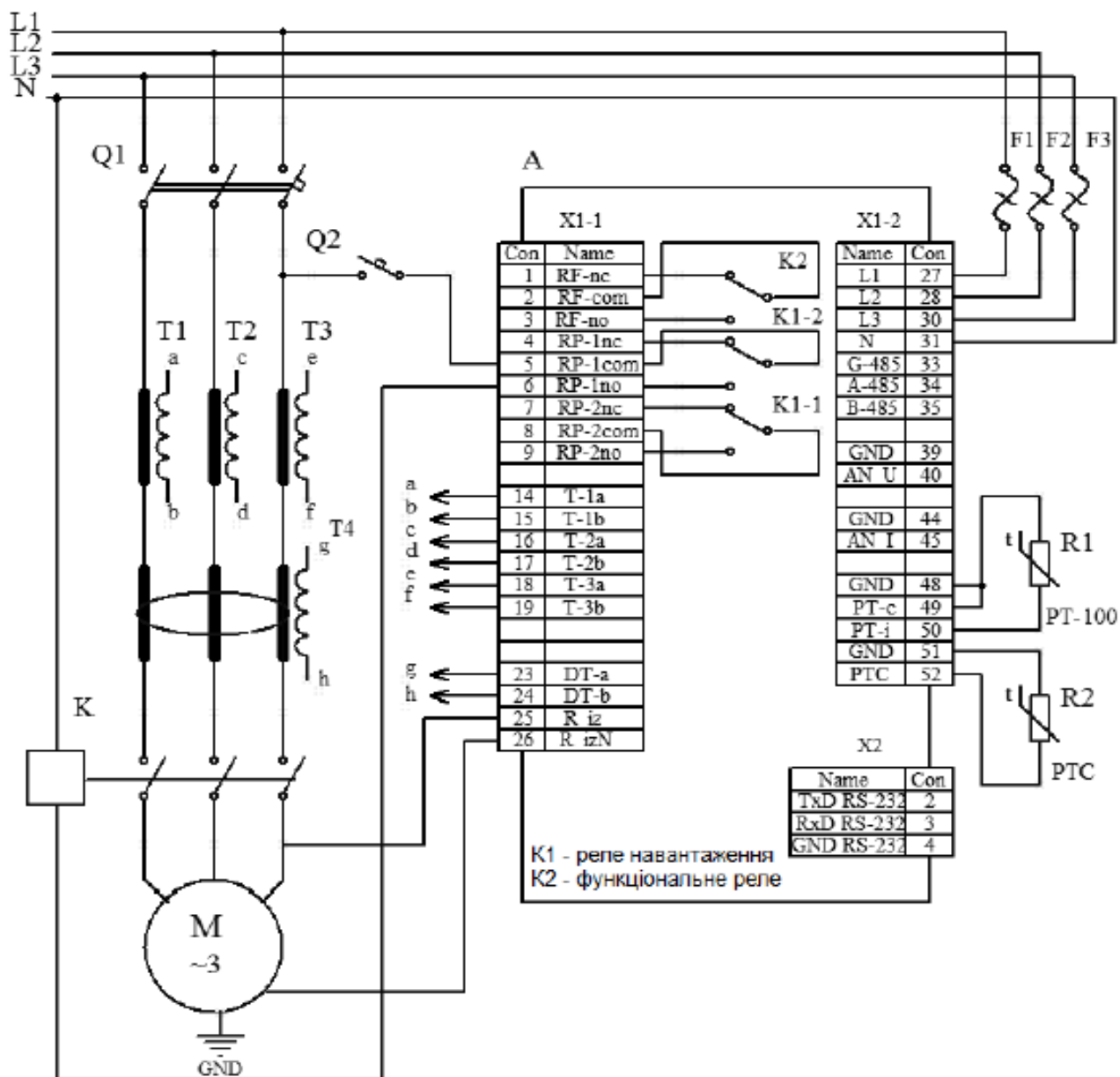


Рисунок 4.6 – Універсальний блок захисту УБЗ-302:

A – УБЗ- 302; F1-F3 – вставка плавка (автоматичний вимикач); K – магнітний пускач; M – асинхронний двигун; Q1, Q2 – автоматичний вимикач; R1, R2 – терморезистор; T1-T3 – трансформатори струму; T4 – диференційний трансформатор

### Види захистів

УБЗ виконує наступні види захистів електродвигунів:

- максимальний струмовий у фазах;
- від замикань на землю (по струму нульової послідовності);

- по струму зворотної послідовності;
- по перевищенню кратності коефіцієнта зворотної послідовності по струму до коефіцієнта зворотної послідовності по напрузі;
- по тепловому перевантаженню;
- мінімальна струмова у фазах;
- затягнутий пуск (блокування ротора);
- через перегрів обмоток;
- по мінімальній лінійній напрузі;
- по максимальній лінійній напрузі;
- по перекосу лінійних напруг (зворотної послідовності по напрузі);
- по порушенню порядку чергування фаз;
- по мініимальному опорі ізоляції обмоток двигуна;
- контроль справності зовнішнього МП.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи було проведено дослідження, на основі якого вдосконалено систему електропостачання цеху переробки зерна загальною потужністю 1100 кВА.

У роботі приведена загальна характеристика системи електропостачання цеху переробки зерна загальною потужністю 1100 кВА. Розглянуто основні принципи побудови схем електропостачання агропромислових підприємств та схеми внутрішньозаводського електропостачання напругою 6 та 10 кВ. Наведено технологію виробничих процесів, опис процесу помелу зерна в борошно та систему електропостачання агропромислового підприємства.

Спроековано внутрішнє освітлення агропромислового комплексу.

Визначене основне обладнання вальцьової лінії агропромислового підприємства. Вибрано силове електрообладнання за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Розраховано індивідуальний захист групи електродвигунів лінії вальцьових верстатів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, І.О. Гунько Оптимізація режимів електричних мереж з відновлювальними джерелами електроенергії. Вінниця: ВНТУ, 2018. – 171с.
2. Желєзко Ю.С. Застосування технологічних знижок (надбавок) – один із способів зниження тарифів на електроенергію. // Електрика. 2001.№6. С. 12-15.
3. Мінін Г.П. Реактивна потужність. М.: Енергія. 1978. 88с.
4. Reactive Power and Distortion Power // Intern. Electro technical Conunission, Technical Committee № 25. Working Group 7. 1979. Document 25. Rep. 113
5. Конспект лекцій з дисципліни "Електропостачання промислових підприємств" для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електротехнології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д.Хмельницький, О.О.Крупник — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2016, 126 с.(Частина 2)
6. Воропай Н.И. Глобальные тенденции в энергетике на рубеже столетий // Энергия: экономика, техника, экология. – 2000. – № 12.
7. Состояние и основные направления развития распределительных электрических сетей Украины / Н. Титов, В. Прохвятилов, Н. Черемисин, В. Зубко // ТЭК. – 2003. – № 5. – С. 47–49.
8. Тукенов А. Рынок электроэнергии: от монополии к конкуренции. – М.: Энергоатомиздат, 2005.
9. Черемисин Н., Зубко В. Автоматизация учета и управления электропотреблением: Пособие для вузов. – Харьков, 2005. – 192 с.
10. Основи енергозберігаючого керування електроенергетичними системами та комплексами / О.М. Сінчук, Н.Л. Федорченко, Л.Б. Литвинський, К.І. Федорченко, І.О. Сінчук, О.Є Мельник – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2010. – 340 с.

11. Краснянський М.Ю. Енергзбереження: навч. посіб. – К.: Кондор, 2018. – 136 с.
12. Жуйков В.Я., Денисюк С.П. Енергетичні процеси в електричних колах з ключовими елементами. – К.: НТУУ «КПІ». – 2010. – 264 с.
13. М. П. Кузнецов. Особливості короткотермінового прогнозування потужності ВЕС та СЕС, 2017.
14. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій: Навчальний посібник/ Укл.: Є.І. Бардик, П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв./ – К.: НТУУ «КПІ», 2011 – 105 с.
15. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Частина 2: Навчальний посібник/ Укл.: Є.І. Бардик, П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв./ – К.: НТУУ «КПІ», 2012 – 82 с.
16. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Частина 3: Навчальний посібник/ Укл.: П.Л. Денисюк, Ю.В. Безбереж'єв, О.Г. Філатов./ – К.: НТУУ «КПІ», 2014 – 103 с.
17. Правила улаштування електроустановок. Правила улаштування електроустановок.. Розділ 1.7. Заземлення і захисні заходи безпеки. (ПУЕ – 2006), введений з 1.01. 2007 р. – Харків: Форт, 2010. – 736 с.
18. ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2002. 38 с.
19. ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Київ: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервноінвестиційний фонд розвитку енергетики», 2009. 598 с.
20. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с. 32. ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів.
21. Бардик Є. І. Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання [Текст] / Є. І.

Бардик // Наукові праці Донецького національного технічного університету. — Серія «Електротехніка і енергетика», 2013. – Вип. 1. – С. 15–22.

22. Костерев М.В., Бардик Є.І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем. Київ: НТУУ КПІ, 2010. – 131 с.

23. Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина електричних станцій. Основне електрообладнання. – К. НТУУ "КПІ", 2011. – 220с. (учбовий посібник)