**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**Факультет інженерно-технологічний**
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до *кваліфікаційної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Розробка системи автоматизації електропривода для насосних установок»

КРБ.141ЕЕбд_21[2].03.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
спеціальності *141 «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *141ЕЕбд_21[2]*
ЯСИНОК Юрій

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БИЧКОВ Ярослав

**Полтава – 2025 року**

Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет

# ВСТУП

Безперебійне забезпечення сільськогосподарських виробництв водою має першочергове та вирішальне значення. Джерелами води для сільськогосподарських виробництв можуть бути річки, озера, водосховища (поверхневі) та свердловини, джерела (підземні). Вода використовується для зрошення, поливу, забезпечення питною водою для худоби та персоналу, а також у процесах переробки сільськогосподарської продукції.

Сучасні насосні станції включають в себе широкий спектр різних насосів, що виконують різні функції, починаючи від подачі води і закінчуючи вакуумною подачею в технологічних системах. Однак не менш важливо, щоб насосна станція була оснащена ефективною системою управління її експлуатацією, яка б дозволяла операторам контролювати і управляти роботою системи.

Автоматизація асинхронного двигуна передбачає управління його роботою за допомогою автоматичних пристроїв, таких як контактори, реле, датчики, контролери. Це оптимізує роботу двигуна, підвищує ефективність, захищає від перевантажень та аварійних ситуацій, спрощує експлуатацію та обслуговування.

В даний час контрольно-вимірювальні прилади та автоматика (КВПА) повсюдно використовуються в промисловості для підвищення проблем ефективності та безпеки виробничих процесів. Вони забезпечують точний контроль і вимірювання параметрів системи, що також може бути використано для визначення стану системи в цілому.

Найчастіше насосні станції розташовуються поблизу населених пунктів, через зручність у стеженні за процесом роботи. Тому будівництво насосних станцій далеко від населених пунктів розглядається дуже рідко.

У даній роботі розглядається автоматизація приводу для водонасосної станції підкачки та резервуару чистої води, як елементів системи господарсько-питного водопостачання для. відокремленого сільськогосподарського підприємства.

Завданням цієї роботи є проєктування системи управління

Полтавський державний аграрний університет

пусконалагоджувальними роботами насосної станції з використанням автономних контрольно-вимірювальних приладів.

Було поставлено задачу у проведенні наступних робіт:

- дослідити технологічний процес роботи електропривода насосних установок;
- визначити рівні та об'єми автоматизації;
- провести вибір елементів автоматизації електропривода насосних установок.

Розроблена система призначена для моніторингу, управління та збору даних насосної станції. Також використання сучасних датчиків дозволить підвищити достовірність вимірювань і знизити кількість аварій.

**Метою даної роботи** є розробка системи автоматизованого управління електроприводом насосної станції з використанням програмованих контрольно-вимірювальних приладів.

**Об'єкт розробки** – електропривід насосної установки сільськогосподарського підприємства агропромислового комплексу.

**Предмет розробки** – система автоматизованого управління електропривода.

**Методика досліджень** комплексний аналіз систем та засобів автоматизації електропривода насосної станції сільськогосподарського підприємства. Графічне відображення технологічних процесів, визначення параметрів електричних елементів, економічна оцінка та безпека технічного обслуговування електроустановок.

**Практичні результати роботи** – проведено підбір спеціалізованого обладнання контролю та керування електропривода для насосних установок, розраховано орієнтовну вартість технічних засобів для реалізації проєкту, сформовано основні положення безпекової діяльності підприємства.

Полтавський державний аграрний університет

# 1 ОСНОВНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Об’єктом для розробки системи управління є електричний асинхронний двигун. Розглянемо конструкцію асинхронного електричного двигуна.

Залежно від способу намотування ротора асинхронного двигуна останні поділяються на дві великі групи: короткозамкнені двигуни на роторі і фазні двигуни на роторі або двигуни з контактними кільцями. Двигуни з короткозамкненою обмоткою на роторі дешевші у виробництві, надійні в експлуатації, мають жорстку механічну характеристику. При зміні навантаження з нуля на номінальну швидкість обертання машини знижується всього на 2-5%.

До недоліків цих двигунів можна віднести складність плавного регулювання частоти обертання в широкому діапазоні, порівняно невеликий пусковий момент, а також високі пускові струми, в 5-7 разів перевищують номінальний. Двигуни з контактними кільцями не мають цих недоліків, але конструкція ротора у них набагато складніше, що призводить до збільшення вартості двигуна в цілому. Тому їх використовують в разі важких умов старту і коли необхідно плавно регулювати швидкість в широкому діапазоні.

Асинхронний електродвигун має нерухому частину – статор, на якому розташована обмотка, що створює обертове магнітне поле, і рухому частину – ротор, в якому створюється електромагнітний момент, який обертає сам ротор і виконавчий механізм. Сердечники статора і ротора збираються з ізольованих листів електротехнічної сталі, як правило, товщиною 0,5 мм. Листи статора і ротора мають пази, в яких розміщуються статор і обмотки ротора. Обмотка короткозамкненого ротора зазвичай виготовляється з литого алюмінієвого сплаву. В процесі заливки утворюються як стрижні (провідники) обмотки, що знаходяться в канавках, і так замикають їх кільця, розташовані поза сердечником ротора. Кільця можуть бути оснащені вентиляційними лопатками для поліпшення вентиляції

Полтавський державний аграрний університет

двигуна і відведення тепла від обмотки ротора. Відсутність ізоляції обмотки ротора забезпечує хороше відведення тепла від обмотки до сердечника.

Двигуни з короткозамкненою обмоткою на роторі мають ряд конструкцій у формі канавок. Форма канавок ротора підбирається в залежності від вимог до пускових характеристик двигуна. Найбільш раціональними для пазів ротора з однією обоймою є трапецієподібні овальні пази. Ротор називається глибокорифленим, якщо висота канавки ротора перевищує глибину проникнення магнітного поля (для алюмінієвих обмоток двигунів з промисловою частотою 50 Гц ця глибина становить 15 мм). У тих випадках, коли потрібні високі значення пускового моменту, використовується ротор з подвійною обоймою, причому пази в цьому випадку можна чергувати. Пази можуть бути закритими або напівзакритими. Короткозамкнені кільця в разі литих подвійних осередків робляться загальними для обох осередків.

У деяких випадках обмотка двоелементного двигуна виготовляється з кольорових металів на основі міді. При цьому зовнішня обмотка виготовляється з латуні або спеціальної бронзи, що забезпечує її відносно високий активний опір. Ця обмотка виконує роль пускової обмотки в асинхронному двигуні. Інша обмотка ротора – внутрішня – виконана з міді з мінімальним активним опором. Вона виконує функції основної робочої обмотки двигуна. Обидві обмотки можуть мати круглі канавки, але внутрішня обмотка в деяких випадках виготовляється прямокутної або овальної форми. Кінцеві кільця короткозамкнені, для обох обмоток зазвичай виготовляються з міді.

Існують і інші модифікації канавок ротора (пляшкового і трапецієподібного профілю), але описані вище є найбільш характерними для асинхронних двигунів (рис 1.1). Асинхронні двигуни з фазним ротором зазвичай мають на роторі напівзакриті пази, в яких розміщується трифазна обмотка з такою ж кількістю полюсів, як і обмотка статора. Попередньо ізольовані стрижні цієї обмотки намотуються з торцевого боку ротора. Фази обмотки ротора зазвичай з'єднані в зірку і підведені до трьох контактних кілець, розташованих на валу двигуна і ізольованих один від одного. Додаткові опори можуть бути підключені до ланцюга

Полтавський державний аграрний університет

обмотки фазного ротора за допомогою контактних кілець і щіток або вводитися додаткова ЕРС [1-4].

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд асинхронного двигуна: підшипники - 1 і 11, вал - 2, підшипникові щити - 3 і 9, ротор - 5, статор - 6, вентилятор - 10, витяжка - 12, ребра жорсткості - 13, ніжки – 14.

Це використовується в тому випадку, коли необхідно змінити робочі або пускові характеристики двигунів. Крім того, для короткого замикання обмотки ротора можуть використовуватися контактні кільця і щітки.

Для зменшення зносу щіток в ряді конструкцій роторів двигунів передбачені спеціальні щіткопідйомні пристрої. За допомогою цих пристроїв після закінчення запуску двигуна відбувається коротке замикання контактних кілець, а щітки піднімаються і не беруть участі в роботі. Між ротором і статором асинхронного двигуна є повітряний зазор. При виборі повітряного прошарку стикаються суперечливі тенденції. Мінімальний (механічно підібраний) повітряний зазор призводить до зниження струму холостого ходу двигуна і збільшення коефіцієнта потужності. Однак при малому повітряному прошарку збільшуються додаткові втрати в поверхневому шарі статора і ротора, додаткові крутні моменти і шум двигуна. В результаті збільшення втрат знижується ККД. Тому в сучасних серіях асинхронних двигунів повітряний зазор вибирають трохи більше, ніж потрібно з механічних міркувань (щоб ротор не торкався статора під час роботи).

## 1.1 Вимоги до технічної підтримки

Запуск і зупинка. Автоматика дозволяє реалізувати різні схеми пуску (наприклад, «зірка-трикутник», плавний пуск з використанням частотних перетворювачів) для зниження пускових струмів і плавного розгону. Зупинка може бути як звичайною, так і реверсивною, з використанням гальмівних резисторів.

Полтавський державний аграрний університет

Регулювання швидкості. Частотні перетворювачі (ПЧ) забезпечують плавну зміну частоти обертання асинхронного двигуна, що дозволяє адаптувати його роботу до різних технологічних процесів і навантажень.

Захист. Автоматичні системи захисту контролюють параметри двигуна (струм, напруга, температура) і відключають його в разі виникнення аварійних ситуацій, таких як перевантаження, коротке замикання, перегрів, обрив фази.

Управління. Системи автоматизації дозволяють реалізувати різні режими управління двигуном, включаючи дистанційне керування, автоматичне управління за заданими програмами та алгоритмами, а також інтеграцію з системами управління вищого рівня (SCADA, PLC).

Діагностика та моніторинг. Датчики і контролери дозволяють збирати інформацію про параметри двигуна, що дозволяє проводити діагностику і стежити за його станом, виявляти потенційні проблеми і планувати профілактичне обслуговування.

Проєктування технічних приміщень встановлення асинхронних двигунів повинно відповідати умовам експлуатації, вимогам безпеки на об'єктах і забезпечувати: безпеку обслуговуючого персоналу при проведенні технічного і регламентного обслуговування; надійність інтерфейсу та фіксації знімних модулів; взаємозамінність модулів; працездатність.

Устаткування повинно бути розраховане на експлуатацію в кліматичних зонах з умовами експлуатації:

- температура навколишнього середовища - від мінус 30 °С до плюс 40 °С;
- максимальна швидкість зміни температури - 1 °С/хв;
- Верхня межа відносної вологості повітря становить 100% з можливістю конденсації вологи і утворення інею;
- атмосферний тиск - від 70 кПа до 106 кПа.

### 1.2 Вимоги до метрологічного забезпечення

Полтавський державний аграрний університет

Метрологічне забезпечення встановлює обґрунтований вибір методів і засобів вимірювань, використання апаратних і програмних засобів, існуючих правил і стандартів, спрямованих на досягнення єдності і заданої точності вимірювань технологічних параметрів [5,6].

Метрологічне забезпечення повинно здійснюватися на всіх етапах розробки, створення та експлуатації.

У процесі проєктування повинні використовуватися засоби вимірювальної техніки вітчизняного або зарубіжного виробництва, які пройшли державні випробування з метою затвердження типу засобів вимірювальної техніки, внесених до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки.

У конструкторській документації повинні використовуватися тільки одиниці величин, допущені до застосування по ДСТУ ISO 80000-11:2016 [6].

Основна зведена похибка вимірювальних каналів (без урахування похибки датчика) не повинна перевищувати 0,3%.

Програмне забезпечення обчислювальних пристроїв повинно бути засноване на діючій на території України нормативній документації і відповідати ДСТУ 7363:2013 «Метрологія. Програмне забезпечення засобів вимірювальної техніки. Загальні технічні вимоги» [7].

### 1.3 Вимоги до надійності

Показники надійності повинні відповідати вимогам ДСТУ 3486-96 [7]:

- термін служби системи – не менше 15 років;
- середнє напрацювання на відмову системи в цілому має становити не менше 10 000 годин;
- коефіцієнт готовності (ймовірність знаходження автоматизованої системи

Полтавський державний аграрний університет

управління технологічними процесами об'єкта в робочому стані в будь-який момент часу певного періоду) – не менше 0,98.

**Висновок до розділу 1**

У розділі розглянуто основні конструкційні особливості електричних асинхронних двигунів вимоги до автоматизованої системи управління технологічними процесами. Зокрема, визначено технічні умови експлуатації обладнання, включаючи електричні межі, вимоги до безпеки та надійності. Детально описано метрологічне забезпечення, яке передбачає точність вимірювань, відповідність нормативній базі та використання сертифікованих засобів вимірювальної техніки. Також встановлено показники надійності системи: тривалість служби, напрацювання на відмову та коефіцієнт готовності. Усі вимоги базуються на чинних державних стандартах України.

Полтавський державний аграрний університет

# 2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Розроблення системи контролю та управляння електродвигуном (СКУД) водонасосної станції варто почати з технологічних задач, які повинен виконувати електропривід компресора.

Спочатку вода надходить по трубопроводу і проходить через ділянку, де розташовані датчик тиску і датчик контролю витрати. Ці датчики посилають сигнал про те, що вода пройшла повз них і надходить в бак. Якщо вода не проходить цю ділянку, датчики також подають сигнал і направляються фахівці для усунення причини, якщо це необхідно. При цьому насосна станція не працює.

Як тільки вода потрапило в бак, він повинен заповнити його до певного рівня. У баку є датчик рівня, за допомогою якого можна зрозуміти, наскільки заповнений бак. Як тільки вода заповнило бак до потрібного рівня, спрацьовує датчик рівня і закривається клапан, який знаходиться у верхній частині бака. Цей клапан потрібен для проходу навколишнього повітря, знижуючи при цьому ймовірність зминання баку.

Далі вода надходить по трубопроводу до запірної арматури насосних агрегатів. Клапани насосних агрегатів відкриваються тільки тоді, коли електродвигун досяг необхідної кількості обертів. Датчик положення засувки стежить за відкриттям засувок. Після того, як електродвигун набрав необхідну кількість оборотів, спрацьовує датчик положення клапанів і клапани повільно починають відкриватися. Такі датчики встановлюються перед насосним агрегатом і після насосного агрегату. Самі насосні агрегати мають датчики вібрації і температури. Розташування датчиків показано на рис. 1.

Рисунок 2.1 – Розташування датчиків на двигуні (зліва) та насосному агрегаті (справа).

Полтавський державний аграрний університет

Після проходження насосного агрегату вода відправляється по трубопроводу на наступну станцію, проходячи ділянку з датчиком тиску і контролем витрати. Якщо вода подається на насосний агрегат, але не пройшла останню ділянку з датчиками, то датчики подають сигнал про те, що вода не тече, робота електродвигуна припиняється і клапани закриваються, а потім відправляється аварійний сигнал фахівцям для усунення несправностей. Якщо є додатковий насосний агрегат, то сигнал на вмикання подається до нього і робота триває.

Інформація з усіх датчиків надходить на блок управління, а з блоку управління на об'єкт управління. Для забезпечення електродвигунів струмом використовується розподільний щит з високовольтним і низьковольтним обладнанням. Струм на розподільний щит подається від трансформаторної підстанції. Трансформаторна підстанція підключається до зарядного пристрою, який підключається до акумуляторних батарей, а акумулятори підключаються до інвертора, який підключається до блоку управління. Інвертор, акумулятор, зарядний пристрій використовуються на випадок відключення електроенергії, тобто якщо відбулось відключення електроенергії, то датчик струму, встановлений на трансформаторній підстанції, покаже струм, що дорівнює нулю, після чого зарядний пристрій почне подавати струм з акумуляторів, від акумуляторів до інвертора, від інвертора до блоку управління. Тому блок управління не буде відключатися. З блоку управління сигнал буде надходити на блок управління резервної генераторної установки, який підключається до іншого розподільного щита з високовольтним і низьковольтним обладнанням. Від щита струм піде на трансформатор, від трансформатора до першого розподільного щита. Отже, процес роботи буде продовжуватися.

Електрощитове обладнання – це комплекс різного обладнання, що містить спеціалізовані прилади і пристрої, які збираються на основі однієї установки, дана установка призначена для вирішення конкретних завдань, які пов'язані з електропостачанням об'єкта.

Високовольтне обладнання – це сукупність технічних засобів, що складається з електромагнітних пристроїв, а також пристроїв, які призначені для

Полтавський державний аграрний університет

роботи з напругою (яка більше або дорівнює 1 кВ). Дане обладнання також приймає, передає і перетворює електричну енергію змінного струму високої напруги.

Низьковольтний комплектний пристрій – це пристрій, який використовується для прийому і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц і напругою 0,4 кВ в мережах з глухозаземленою або ізольованою нейтраллю.

## 2.1 Розробка системи автоматичного управління

Автоматизована система управління електродвигуном насосу побудована за принципом відкритої трирівневої ієрархії, яка включає в себе польовий рівень (нижній), рівень контролера (середній) і верхній рівень.

Нижній (польовий) рівень системи складається з розподілених пристроїв первинної автоматизації:

- датчики тиску; датчики температури; датчики рівня і витрати, датчики вібрації;
- електродвигуни.

На цьому рівні повинні виконуватися такі функції АС:

- вимірювання параметрів процесу (температура, тиск, рівень рідини);
- збір і передача сигналів тривоги, стану і положення запірної арматури.

Середній (контролерний) рівень представлений інтерфейсами зв'язку та локальним контролером (ПЛК). ПЛК повинен виконувати такі функції:

- збір, первинна обробка та зберігання інформації про параметри технологічного процесу;
- автоматичний контроль і регулювання, а також обмін інформацією з контрольними пунктами автоматизованих робочих місць операторів.

Верхній рівень складається з автоматизованого робочого місця оператора (АРМ), комп'ютера з операційною системою та оснащеного пакетом SCADA,

Полтавський державний аграрний університет

основного та резервного серверів баз даних. На вищому рівні виконуються такі завдання:

- збір та обробка (включаючи масштабування) даних від локальних контролерів;
- синхронізація всіх підсистем шляхом підтримання єдиного часу в системі;
- формування технологічної бази даних (БД);
- формування звітної документації, журналів подій тощо;
- надання інтерфейсу для безпосередньої взаємодії з оператором СКУД.

У таблиці 2.1 показані основні процеси для автоматизації.

Таблиця 2.1 – Процеси та об'єкти автоматизації

| № | Назва | Параметри процесу | Функції автоматизованої системи управління технологічними процесами |
|---|---|---|---|
| 1 | Рівень води в баку | – | Вимірювання, індикація |
| 2 | Тиск води в трубопроводі і резервуарі | 1,5…6 бар | Регулювання, індикація |
| 3 | Температура на обмотках статора двигуна | 120 °С | Вимірювання, індикація |
| 4 | Вібрація | 160 мкм | Вимірювання, індикація |

Узагальнена структура схеми управління автоматичною системою наведена на рис. 2.2.

Рисунок 2.2 – Структурна схема автоматизованої системи управління

Полтавський державний аграрний університет

## 2.2 Підбір технічних засобів для контролю та управління двигуном

### 2.2.1 Підбір засобів контролю неелектричних параметрів електродвигуна

Система управління двигуном передбачає контроль ряду електричних параметрів обмоток двигуна та контроль неелектричних параметрів статора, корпусу, валів ротора та ін.

Почнемо підбір засобів із периферійних датчиків контролю неелектричних параметрів електродвигуна, які відповідають метрологічним вимогам [6-8].

Підбір датчика температури**.** Перегрів асинхронного двигуна може бути викликаний різними причинами, як електричними, так і механічними. До основних причин перегріву відносяться: перевантаження, несправності в електричній мережі, механічні пошкодження (наприклад, знос підшипників), проблеми з охолодженням (засмічення вентиляційних каналів, несправність вентилятора) і порушення правил експлуатації.

Температура асинхронного електродвигуна залежить від декількох факторів, включаючи клас ізоляції обмоток, температуру навколишнього середовища та умови роботи. Максимальна робоча температура зазвичай не повинна перевищувати 120-130°C, враховуючи температуру навколишнього середовища 40°C. Підшипники також чутливі до температурних умов, і їх температура не повинна перевищувати 95-100°C для підшипників кочення і 80-85°C для підшипників ковзання.

Електричні причини перегріву:

- перевантаження, двигун працює при навантаженні, яке перевищує його номінальне навантаження, що призводить до збільшення струму і, отже, нагрівання;
- несправності в мережі: неправильна проводка, обрив фази, перекіс фаз, висока або низька напруга можуть спричинити перегрів;
- коротке замикання обмотки: призводить до раптового збільшення струму та нагрівання, часто спричиняючи вихід двигуна з ладу.

Полтавський державний аграрний університет

Механічні причини перегріву:

- зношення підшипників: призводить до підвищення тертя, підвищеного навантаження та перегріву.
- пошкодження валу або корпусу: перекіс, заклинювання механізмів.
- недостатнє охолодження: Несправність вентилятора, засмічення вентиляційних каналів, висока температура навколишнього середовища.

У зв'язку з технологічним процесом в якості датчика температури доцільно використовувати термічний опір, так як він дешевше термопари. Однак діапазон вимірювань в кілька разів менше, ніж у термопар, що не суттєво, так як корпус і обмотки електродвигуна не повинні нагріватися до таких високих температур і діапазону вимірювання термічних опорів міді чи платини буде достатньо.

Для порівняльної характеристики наступні термічні опори (рис. 2.3, 2.4): термоперетворювач ТСМ-1088 та РТ100.

Перетворювачі температури опору ТСМ з мідним чутливим елементом з кінцевою головкою призначені для безперервного вимірювання температури різних середовищ. У датчиках температури використовується клемна головка діаметром 45 або 58 мм з гвинтовою герметичною кришкою, що загвинчується, без кільця ущільнювача. Всі металеві частини термометрів виготовлені з харчової нержавіючої сталі 12х18хН10Т. Допускається виготовлення рухомої арматури з чорного металу з цинковим або нікелевим напиленням. Датчик (рисунок 2.3) забезпечує безперервне перетворення виміряної температури в єдиний постійний струм сигналом 4…20 мА [9].

Рисунок 2.3 – Перетворювачі температури опору серії ТСМ

Перетворювачі опору РТ100 призначені для вимірювання температури різних середовищ, а також агресивних середовищ, що не руйнують матеріал захисних клапанів.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 2.4 – Термометр опору РТ100

Порівняння характеристик обраних датчиків представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика датчиків температури

| Характеристики | Значення | |
|---|---|---|
| | ТСМ | РТ100 |
| Довжина монтажної частини, мм | 100 | 24 |
| Ціна, грн | 300 | 90 |
| Діапазон вимірювань | Від мінус 50 до 180 | Від мінус 50 до 150 |
| Вихід | (4 – 20) мА | (4 – 20) мА, ХАРТ |
| Ступінь захисту корпусу датчика | ІП 54 | IP 65 |
| Середній термін служби при номінальній температурі застосування, років, не менше | 6 | 5 |
| Тип залежності «струм-температура» | Лінійно | Лінійно |

Після аналізу в якості датчика температури був обраний РТ100, тому що він має оптимальну продуктивність , значно менші геометричні розміри, що спрощує монтажні роботи і нижчу вартість. ТСМ не підходить, так як має значні габаритні розміри.

Вибираємо датчик тиску. Компресор водонасосної станції повинен забезпечувати стабільний тиск у системі та зупинятися при припиненні розбору води і наповненні резервуару.

У зв’язку з цим, постає необхідність контролювати роботу електродвигуна компресора за параметрами тиску у гідравлічній системі станції.

При підборі датчика тиску вибір робився з двох можливих варіантів: інтелектуальний перетворювачі тиску ПД310 [10] і Elemer AIR-30 [11].

Полтавський державний аграрний університет

Порівняльна характеристика датчиків наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння датчиків тиску

| Показник | ELT36S | Elemer AIP-30M |
|---|---|---|
| Діапазон вимірювання | 0,4 кПа – 16 МПа | 1 кПа – 16 МПа |
| Температура навколишнього середовища | Від мінус 40 до 70 °С | Від мінус 40 до 70 °С |
| Вихід | (4 – 20) мА, HART | (4 – 20) мА, HART |
| Ступінь захисту від зовнішніх впливів | Ступінь захисту IP65 | Ступінь захисту IP65 |
| Вибухозахищена конструкція | є | є |
| Гарантійний термін | 5 років | 5 років |
| Приведена похибка | ± 0,075 % | ± 0,075 % |
| Потужність, постійного струму | (12 – 42) Б | (12 – 42) Б |
| Енергоспоживання | 0,8 Вт | 0,7 Вт |

Згідно з цією таблицею порівняння характеристик був зроблений вибір на користь використання датчика тиску ПД310 (рис. 2,5).

Рисунок 2.5 – Інтелектуальний перетворювачі тиску ПД310

Датчики призначені для безперервного перетворення вхідних виміряних значень у єдиний струмовий вихідний сигнал та/або цифровий сигнал у стандарті протоколу HART.

Прилад має не тільки дуже широкі діапазони вимірювань (наприклад, для надлишкового тиску від 0,04 кПа до 60 МПа), але і можливість перенастроювання діапазонів з співвідношенням до 1:100. Це дозволяє проводити високоточні

Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет

вимірювання з основною похибкою 0,1% і більше. Вихідним сигналом перетворювача є єдиний струм 4... 20 мА або змішаний 4... 20/0… 5 мА. У версії HART передавач також генерує відповідний частотно-модульований сигнал.

Датчики оснащені багатофункціональним 4-розрядним рідкокристалічним індикатором з підсвічуванням і графічною шкалою. Датчики мають модульну структуру: сенсорний модуль і модуль електроніки. Всі модулі одного типу взаємозамінні. Це забезпечує високу ремонтопридатність датчика. Всі датчики захищені дворівневим паролем від несанкціонованого доступу. Параметри датчика можна налаштувати за допомогою зовнішньої або внутрішньої клавіатури, або за протоколом HART.

Перетворювач має вбудовані пристрої сигналізації та управління (2 електромеханічні або оптопари), що значно спрощує використання пристрою в системах АСУ ТП.

Джерело живлення ПД310 в умовах експлуатування повинно відповідати наступним вимогам:

- опір ізоляції не менше 20 МОм;
- витримувати випробувальну напругу під час перевірки електричної міцності ізоляції 1,5 кВ;
- пульсація вихідної напруги на частоті гармонічних складових, що не перевищує 500 Гц, не повинна перевищувати 0,5 % номінального значення вихідної напруги;
- для перетворювача з цифровим вихідним сигналом стандарту HART пульсації вихідної напруги в смузі частот від 500 Гц до 10 кГц не повинні перевищувати ±2,2 мВ.

Розрахунок необхідної мінімальної напруги живлення перетворювача з HART-інтерфейсом визначається за формулою:

$$\boldsymbol{U}_{\text{жив}} = \mathbf{16,5} + (\boldsymbol{R}_{\text{н}} + \boldsymbol{I}_{\boldsymbol{max}}) \qquad (2.1)$$

де $\boldsymbol{U}_{\text{жив}}$ – мінімальна напруга живлення перетворювача, В;

$\boldsymbol{R}_{\text{н}}$ – опір навантаження, Ом;

$\boldsymbol{I}_{\boldsymbol{max}}$ = 0,021 А.

Полтавський державний аграрний університет

Схему підключення перетворювача з вихідним сигналом 4-20 мА + HART наведено на рисунку 2.6

Рисунок 2.6 – Схема підключення перетворювача з вихідним сигналом 4–20 мА + HART.

Вибір датчика рівня. В процесі прийому і випуску води з бака необхідно стежити за рівнем води. Висота резервуара становить 1,0 м. В якості передавача рівня ми будемо використовувати датчик NivoTrack MBK-5A-B (рис. 2.7).

Прилад відноситься до типу магнітострикційних поплавкових рівнемірів. Магнітострикція – це зміна геометрії феромагнітного тіла при зміні його магнітного поля. Рівень рідини в баку розраховується через відстань від електронного сенсорного блоку до плаваючого в рідині поплавця з вбудованими постійними магнітами. Поплавок з магнітним диском переміщається по направляючій трубці, в якій знаходиться спеціальний магнітострикційний дріт. Імпульс, що генерується електронними пристроями, проходить по магнітострикційному дроту. Коли імпульс доходить до магнітного поля поплавця, виникає крутний момент обертання. Відбиваючись від точки обертання, імпульс створює акустичну хвилю, яка повертається назад по дроту. Вихід перетворювача становить 4... 20 мА пропорційно часу, що минув з моменту збудження до моменту визначення [11].

Рисунок 2.7 – Датчик NivoTrack MBK-5A-B.

Датчики рівня цього типу використовуються для безперервного визначення рівня рідини, тому що мають високу швидкість відгуку. Як показує практика, ступінь помилок і відмов поплавкових передавачів рівня в 2-3 рази менше в порівнянні, наприклад, з ультразвуковими і радіолокаційними вимірювальними приладами. Використання ефекту магнітострикції дозволяє NIVOTRACK досягати роздільної здатності 0,1 мм, а різні варіанти виконання дають можливість

Полтавський державний аграрний університет

використовувати у вибухонебезпечних і агресивних середовищах.

Технічні характеристики передавача рівня NivoTrack МБК-5А0–Б наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики датчика рівня NivoTrack МВК–5А0–В

| Технічні характеристики | Значення |
|---|---|
| Напруга електроживлення (постійний струм) | (12.5 – 36) В |
| Температура навколишнього середовища | Від мінус 40 °С до 70 °С |
| Діапазон вимірювання | (0,5 – 10) м |
| Вихід | (4 – 20) мА, HART |
| Ступінь захисту від зовнішніх впливів | ІП 67 |
| Вибухозахищена конструкція | + |
| Електричний захист | ІІІ клас |

У цій роботі обраний датчик рівня підключається до контролера через аналоговий вхід, тобто на контролер буде подаватися сигнал уніфікованого струму (4 – 20) мА.

Передавачі рівня NivoTrack МБК-5А0-Б забезпечують можливість працювати в автономному режимі і в складі автоматизованої системи управління технологічними процесами. Під час роботи датчика рівня інформація про рівень заповнення бака передається у вигляді аналогового сигналу (4 – 20) мА з накладеним цифровим сигналом HART. Аналогові виходи можуть бути пасивними – для підключення до активного ланцюга, або активними, що забезпечують струмовий сигнал (4 – 20) мА. Ступінь захисту від пилу і вологи - IP 67.

Датчик вібрації HS-420T призначений для контролю коливань вентиляторів, двигунів, насосів, компресорів, центрифуг, редукторів та ін. (рис.2.8), застосовується у складі систем ПЛК/РСУ [12].

Полтавський Державний аграрний університет

Рисунок 2.8 – Датчик вібрації HS-420T.

Технічні дані HS-420T наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики датчика вібрації HS-420T

| Технічні характеристики | Значення |
|---|---|
| Діапазон робочих температур | від -25 до 90°C |
| Герметизація | IP67 |
| EMC | EN61326-1:2013 |
| Матеріал корпусу | Нержавіюча сталь |
| Верхній/бічний вхід | Верхній вхід |
| Чутливий елемент/конструкція | PZT/Стиснення |

### 2.2.2 Підбір засобів контролю електричних параметрів електродвигуна

Після вибору засобів автоматизації неелектричних характеристик приводу насосної станції перейдемо до вибору електричних засобів управління електродвигуном.

Вибираємо контролерне обладнання вітчизняного виробництва. Вибір контролера здійснювався з наступних варіантів: ОВЕН ПЛК 110, ОВЕН PLC 308 [14, 15].

Рисунок 2.9 – ОВЕН PLC110

Рисунок 2.10 – ОВЕН PLC 308

Порівняльні характеристики індустріальних ПЛК проаналізовано та узагальнено в таблиці 2.6 (рис. 2.9, 2.10).

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 2.6 – Порівняння технічних характеристик контролерів

| Технічна характеристика | Значення | |
|---|---|---|
| | ОВЕН ПЛК 308 | ОВЕН PLC110 |
| Енергоспоживання, W | 28 | 28 |
| Середовище програмування | DESYS | МайстерScada4D |
| Ступінь захисту передньої панелі | IP20 | IP20 |
| Час реакції на зміни, мс | 1,5 | 1 |
| Час циклу ПЛК, мс | 1 | 10 |
| Рівень захисту задньої панелі | IP00 | IP00 |
| Дискретні входи | 6 | 18 |
| Дискретні виходи | 4 | 12 |
| Інтерфейси | RS-232, RS-485, Ethernet | RS-232, RS-485, Ethernet, USB B |
| Габаритні розміри, мм (ДхВхШ) | 105х65х90 | 140õ114õ83 |
| Температура навколишнього | Від мінус 15 до 50 | Від мінус 40 до 55 |
| Гарантійний термін, років | 2 | 2 |
| Термін служби, років | 8 | 8 |
| Ціна | 17 000 | 15 300 |

Після проведеного аналізу було прийнято рішення використовувати в якості ПЛК ОВЕН PLC110 у зв'язку з відповідними технічними характеристиками та специфікацією від завода-виробника саме для використання у водопровідних системах.

Більша увага була приділена характеристикам середовища програмування. Логіка роботи PLC110 визначається користувачем у процесі програмування

Полтавський державний аграрний університет

контролера. Програмування здійснюється з використанням програмного забезпечення MasterScada4D. Підтримуються всі мови програмування, зазначені в ДСТУ 7363:2013 [7].

Переваги використання MasterSCADA 4D для програмування контролерів: веб-візуалізація; спеціалізовані бібліотеки; набір алгоритмів бібліотеки; елементи візуалізації, які раніше були доступні для малювання, мімічні діаграми, тепер доступні для створення веб-візуалізації контролера; тривимірні елементи мнемосхем; графічний редактор; редактори FBD/SFC/LD/ST; OPC UA на інтегровані з контролером.

Крім промислового ПЛК, необхідно придбати модуль аналогового входу з універсальними входами МВ110-8А [16].

У таблиці 2.7 наведені характеристики модуля аналогового входу з універсальними входи МВ110–224.8А та модуль аналогового виходу МУ110–220.8І.

Таблиця 2.7 –Характеристики модуля аналогового входу

| Технічні характеристики | Значення |
|---|---|
| Кількість входів, шт. | 8 |
| Час опитування на одному вході, сек. | 0,9 |
| Габаритні розміри, мм | 63×110×75 |
| Ступінь захисту | IP20 |
| Гарантійний термін, років | 2 |
| Термін служби, років | 10 |
| Ціна, грн | 6500 |

Підбір виконавчих механізмів. Виконавчий механізм – це пристрій системи автоматичного управління або регулювання, що впливає на процес відповідно до отриманої командною інформацією. У теорії автоматичного управління під виконавчим механізмом розуміють пристрій, який передає дію від керуючого пристрою на об'єкт управління.

Полтавський Державний аграрний університет

Для здійснення повного захисту електродвигуна, вимикання його від мережі у випадку аварійного режиму чи блокування запуску при невідповідних параметрах мережі використовують універсальні блоки захисту (УБЗ) електродвигунів [13].

УБЗ здійснює комплексний та ефективний захист електродвигунів шляхом відключення від мережі або блокування запуску в таких випадках:

- при неналежній якості мережі (недопустимі стрибки напруги, обрив фаз, порушені чергування чи злипання фаз, дисбаланс фазної/лінійної напруги);
- при механічних перевантаженнях (симетричне навантаження по фазних/лінійних струмах);
- у разі максимального струму з часовою залежною витримкою — тепловий захист на основі моделі двигуна;
- при максимальному струмі з незалежною витримкою часу (МСЗ);
- при несиметричних перевантаженнях по фазних/лінійних струмах, що можуть виникнути через внутрішні пошкодження двигуна — захист від дисбалансу фазних струмів з подальшою забороною автоматичного повторного включення;
- при дисбалансі фазних струмів без перевантаження, що свідчить про порушення ізоляції в двигуні або кабелі;
- якщо зникнув момент на валу (захист за мінімальним робочим струмом);
- при недостатньому рівні ізоляції корпусу — перед запуском проводиться перевірка і пуск блокується за низького значення;
- при замиканні обмотки статора на «землю» в процесі роботи — захист від струму витоку на землю.

Керує роботою котушкою магнітного пускача (контактора), забезпечуючи надійний захист електрообладнання.

UBZ-301-01 підтримує два режими за заданим номінальним струмом:

- по струму першої обмотки (висока швидкість);
- по струму другої обмотки (низька швидкість).

Електрична принципова схема підключення УБЗ наведена на рис. 2.11.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 2.11 – Схема підключення УБЗ до двигуна. МП - магнітний пускач; КМП - котушка МП; дто - датчик диференційного струму (диференційний трансформатор струму); ТС1-фазний вимірювальний струмовий трансформаторі; ТС2 - фазний вимірювальний струмовий трансформатор 2; у випадку відсутності МП рекомендується клеми 3-4 підключити до схеми керування (подасться 230 В до схеми керування).

Схема підключення електричного двигуна до УБЗ показана на рис. 2.11.

Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет

**Висновки до розділу 2**

У запропонованій системі автоматизації здійснюється повний контроль і управління технологічним процесом роботи електропривода насоса. На вході і виході трубопроводу встановлені датчики тиску води, що дозволяє запобігти роботі насосів "насухо" — у такому разі насос автоматично вимикається, і система видає сигнал аварії. Додатково здійснюється моніторинг вібрації і температури електродвигуна. Для контролю рівня води в баку використовується спеціальний датчик, що унеможливлює його переповнення або утворення вакууму.

Передбачено резервне електроживлення — при зникненні основного джерела система автоматично перемикається на інвертор з акумуляторними батареями або на резервний генератор, що забезпечує безперервну роботу обладнання. Вся система автоматизації побудована на використанні контролера ОВЕН PLC110, який здійснює збір і обробку сигналів з польових датчиків (тиску, рівня, температури, вібрації тощо) та керує виконавчими механізмами. Для підключення аналогових датчиків з інтерфейсом 4–20 мА використовується модуль МВ110-8А. Для захисту двигунів від аварійних режимів застосовується модуль УБЗ-301-01, який забезпечує захист від перенавантаження, перекосу фаз, перегріву та витоку струму.

У верхньому рівні автоматизації використовується SCADA-система MasterSCADA 4D, яка забезпечує візуалізацію процесів, реєстрацію подій, формування звітності та взаємодію з оператором. Уся архітектура побудована за багаторівневою структурою: польовий рівень — сенсори та виконавчі механізми, контролерний — PLC та модулі, верхній — SCADA. Такий підхід гарантує надійність, масштабованість і зручність обслуговування системи, а підібране обладнання — точність, оперативність і безпечність роботи.

Полтавський державний аграрний університет

# 3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У даному випадку модернізація водонасосної станції для забезпечення водою сільськогосподарських підприємств з артезіанських свердловин чи водойм не має чітко окресленої фінансової ефективності. Вирішальне значення має безперебійність постачання та стабільні показники тиску у магістралі трубопроводу. Взагалі дозвіл на спеціальне водокористування потрібен, якщо обсяг забору води перевищує 5 куб. м на добу, або якщо вода використовується для отримання доходу. Платниками рентної плати є сільськогосподарські підприємства, які використовують воду для отримання доходу або якщо обсяг видобутої води перевищує 300 куб. м на добу, крім випадків, коли вони є платниками єдиного податку четвертої групи.

Тому економічний ефект від впровадження системи автоматизації електропривода для насосних установок буде скоріше виражатись у подовженні терміну експлуатації обладнання, безаварійній роботі та вивільненні робочих годин персоналу обслуговування.

Для реалізації проєкту було підраховано вартість основних технічних засобів автоматизації та управління (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – орієнтовна вартість основних технічних засобів автоматизації та управління

| № | Найменування | Вартість, грн. |
|---|---|---|
| 1. | Датчик температури PT100 | 1 679 |
| 2. | Інтелектуальний перетворювачі тиску ПД310 | 24000 |
| 3. | Датчик NivoTrack МВК-5А-В | 25000 |
| 4. | Датчик вібрації HS-420T | 11500 |
| 5. | Контролер ОВЕН ПЛК110 | 15300 |
| 6. | МВ110-8А. Модуль вводу аналогових сигналів | 6500 |
| 7. | Модуль аналогового входу з універсальними входами МВ110-8А | 6500 |
| Разом | | 90479 |

Полтавський державний аграрний університет

З метою виявлення слабких та сильних сторін проєкту було проведено SWOT-аналіз. За допомогою SWOT-аналізу були виявлені та структуровані сильні та слабкі сторони, а також потенційні можливості та загрози. Результати SWOT-аналізу наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Представлення результатів SWOT-аналізу у вигляді SWOT-матриці

| | **Сильні сторони:**<br>С1. Сучасні датчики та виконавчі механізми.<br>С2. Передача інформації на великі відстані<br>С3. Універсальність.<br>С4. Можливість модифікації. | **Слабкі сторони:**<br>Сл1. Відсутність експериментальної та налагоджувальної роботи.<br>Сл2. Відсутність досвіду роботи з новою технологією.<br>Сл3. Складність конструкції. |
|---|---|---|
| **Можливості:**<br>М1. Модернізація с/г виробництва.<br>М 2. Подовження терміну служби обладнання.<br>М3. Зростає роль автоматизації технологічних систем. | М1С4. Можливість проводити безперервну модифікацію виробництва без заміни автоматизованої системи управління.<br>М3С4. Збільшення функціональних можливостей і поліпшення технічних характеристик автоматизованої системи управління. | В1Сл1. Проведення випробувань і тестів на підприємствах, які зацікавлені в інноваціях.<br>М3Сл3. Розширення штату кваліфікованих працівників на виробництві.<br>В4Сл2.Стимулювання випускників ЗВО до працевлаштування. |

Полтавський державний аграрний університет

Продовження таблиці 3.2

| | | |
|---|---|---|
| **Загрози:**<br>З1. Ризик відключення електроенергії.<br>З2. Зростання цін на обладнання. | З2С1. Використання продукції вітчизняного виробництва.<br>З2С4. Модифікація виробництва, що дозволить знизити собівартість. | З1Сл3. Створити систему АВР |

- Щоб зменшити вплив Сл1, розроблена система детально опрацьовується та налагоджується на етапах реалізації проєкту.
- Малий досвід у персоналу на початковому етапі неминучий, але пізніше це буде предметом змін, в зв'язку з накопиченням досвіду і постійним навчанням.

**Висновок до розділу 3**

У розділі розглянуто економічні аспекти модернізації водонасосної станції для сільськогосподарських потреб. Хоча пряма фінансова ефективність не є визначальною, проєкт має важливе значення для забезпечення стабільного водопостачання та надійної роботи обладнання. Основний економічний ефект очікується від підвищення надійності, продовження ресурсу насосних установок і зменшення витрат на обслуговування.

Наведено кошторис на ключові елементи автоматизації, загальною вартістю близько 90 тис. грн. Проведено SWOT-аналіз, який дозволив виявити сильні сторони системи (сучасні компоненти, універсальність, можливість модернізації), слабкі місця (відсутність досвіду, складність), потенційні можливості (розвиток автоматизації, оновлення виробництва) та загрози (електропостачання, вартість обладнання). Запропоновані заходи з мінімізації ризиків і адаптації системи в умовах виробництва.

Полтавський державний аграрний університет

# 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Підвищений рівень шуму. Одним з ключових факторів, який впливає на ефективність роботи, є рівень шуму. Шум негативно впливає на умови праці і може завдати шкоди організму людини. У людей, які працюють в умовах тривалого впливу шуму, може спостерігатися дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищена стомлюваність, зниження апетиту, вушні болі і т.д.

Джерелом шуму є працююче обладнання (запірна арматура, електроприводи, насоси і т. п.). Щоб запобігти впливу цього фактору на технічний персонал, рекомендується робити перерву за межами галасливого приміщення, а також використовувати навушники з шумопоглинанням.

Допустимі значення звукового тиску за санітарними нормами виробничого шуму [17] представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі рівні звукового тиску

| Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середніми геометричними частотами, Гц | | | | | | | | | Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, ДБА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 99 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Підвищена загальна вібрація. Аналіз норм вібрації визначається відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 [18].

Згідно з ДСН 3.3.6.039-99 існує загальновиробнича вібрація на робочому місці оператора технологічних агрегатів (технологічна вібрація на стаціонарних робочих місцях). Для зниження впливу цього фактору використовують віброізоляційні рукавички і віброізоляційне взуття.

Максимально допустимі значення вібрації для робочого місця автоматизованого оператора представлені в таблиці 4.2.

Полтавським державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі значення вібрації робочих місць для оператора технологічного агрегату по ДСН 3.3.6.039-99

| Тип вібрації | Категорія вібрації | Напрям дій | Частотний фільтр Корекції | Еквівалентні рівні віброприскорення | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | м/с2 | Дб |
| Загальна | Технологічна вібрація на стаціонарні робочі місця | Zo | Wk | 0,1 | 100 |
| | | Xo, Yo | Wd | 0,071 | 97 |

Електромагнітне поле частоти живлення (порядку (50…60) Гц). Робота оператора автоматизованих систем в основному пов'язана з роботою за персональним комп'ютером. В результаті він піддається впливу електромагнітного випромінювання, джерелами якого є системний блок і кабелі, що з'єднують електричні ланцюги. Електромагнітне випромінювання негативно впливає на серцево-судинну, нервову та ендокринну системи, а також може призвести до онкологічних захворювань. Щоб уникнути негативного впливу електромагнітного випромінювання, необхідно дотримуватися основних норм, описаних у Вимогах щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями [19].

Для зниження впливу цього виду випромінювання вживаються такі заходи:

- відстань від монітора до співробітника має бути не менше 50 см;
- застосування спеціалізованих окулярів від електромагнітних випромінювань.

Відсутність або недостатнвсть необхідного штучного освітлення.

Причиною цього фактора є відсутність можливості організувати природне освітлення в диспетчерських. Недостатнє освітлення робочої зони призводить до зниження працездатності, розвитку короткозорості, швидкої стомлюваності.

Полтавський державний аграрний університет

У диспетчерській в якості штучного освітлення використовуються лампи з люмінесцентними лампами. Норми освітленості наведені в ДБН В.2.5-28:2018 [20], освітленість робочого місця оператора повинна бути 300 – 500 Люкс при загальному освітленні.

Коефіцієнт пульсації освітленості (флікер) – це параметр, який відображає силу зміни світлового потоку, спрямованого на одиницю поверхні в певний інтервал часу.

Варто врахувати, що існуючі санітарні правила встановлюють верхню межу на параметр коефіцієнта пульсації. За місцем організації робочого місця вона не повинна бути вище 20%. При цьому, чим відповідальніший вид діяльності у працівника, тим нижчим має бути цей параметр.

Для офісних приміщень і адміністративних будівель, де мається на увазі напружена зорова робота, коефіцієнт пульсації не повинен бути більше 5%.

При цьому небезпека світла полягає саме в тому, що його неможливо розпізнати, а результатом дії можуть стати порушення сну, слабкість, депресія, серцеві збої, дискомфорт і так далі.

У зимовий час через скорочення світлового дня і недостатнє природне освітлення необхідно використовувати штучне освітлення. Освітленість робочого місця досягається періодичним миттям вікон, обрізанням гілок дерев.

Виробничі фактори, пов'язані з електричним струмом, викликаним різницею електричних потенціалів, яким піддається працівник. Джерелом фактору може бути електроенергія для живлення комп'ютерної техніки та дренажних насосів. Причиною може бути дотик до частин двигунів, стін і підлоги, які знаходяться під напругою. Також існує ризик короткого замикання. Електричний струм надає на людину термічний, електролітичний, біологічний і механічний вплив. Недотримання правил Захист від ураження електричним струмом. ДСТУ EN 61140:2019 [21] можуть привести до смерті. Гранично допустимі значення постійного і змінного струму і напруги представлені в таблиці 4.3.

Полтавський державний аграрний університет

Таблиця 4.31 – Допустимі значення струму

| | Змінний струм по частоті, Гц: | | Постійний струм |
|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | |
| Напруга, В | 2 | 2 | 8 |
| Сила струму, мА | 0,3 | 0,4 | 1 |

Захисними заходами є ізоляційні пристрої та покриття, пристрої захисного заземлення та пристрої автоматичного вимкнення живлення. Повинні бути розміщені попереджувальні знаки та плакати з техніки безпеки.

**Висновок до розділу 4**

У розділі розглянуто основні шкідливі виробничі фактори, що впливають на умови праці операторів технологічного обладнання та диспетчерів. Проаналізовано вплив підвищеного рівня шуму, вібрації, електромагнітного випромінювання, недостатнього освітлення та дії електричного струму. Для кожного з факторів наведено допустимі норми згідно з чинними стандартами (ДСН, ДБН, ДСТУ), а також запропоновано відповідні заходи захисту – використання засобів індивідуального захисту, технічні рішення, вимоги до організації робочого простору. Метою цих заходів є забезпечення безпечних і комфортних умов праці, попередження професійних захворювань і зниження ризиків травматизму.

Полтавський державний аграрний університет

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основні конструкційні особливості електричних асинхронних двигунів вимоги до автоматизованої системи управління технологічними процесами. Зокрема, визначено технічні умови експлуатації обладнання, включаючи електричні межі, вимоги до безпеки та надійності. Усі вимоги базуються на чинних державних стандартах України.

2. У запропонованій системі автоматизації здійснюється повний контроль і управління технологічним процесом роботи електропривода насоса.

3. Передбачено резервне електроживлення — при зникненні основного джерела система автоматично перемикається на інвертор з акумуляторними батареями або на резервний генератор, що забезпечує безперервну роботу обладнання.

4. Вся система автоматизації побудована на використанні контролера ОВЕН PLC110, який здійснює збір і обробку сигналів з польових датчиків (тиску, рівня, температури, вібрації тощо) та керує виконавчими механізмами. Для підключення аналогових датчиків з інтерфейсом 4–20 мА використовується модуль МВ110-8А. Для захисту двигунів від аварійних режимів застосовується модуль УБЗ-301-01, який забезпечує захист від перенавантаження, перекосу фаз, перегріву та витоку струму.

**5.** У верхньому рівні автоматизації використовується SCADA-система MasterSCADA 4D, яка забезпечує візуалізацію процесів, реєстрацію подій, формування звітності та взаємодію з оператором.

6. Розглянуто економічні аспекти модернізації водонасосної станції для сільськогосподарських потреб. Основний економічний ефект очікується від підвищення надійності, продовження ресурсу насосних установок і зменшення витрат на обслуговування. Наведено кошторис на ключові елементи автоматизації, загальною вартістю близько 90 тис. грн.

Полтавський державний аграрний університет

7. Проведено SWOT-аналіз, який дозволив виявити сильні сторони системи (сучасні компоненти, універсальність, можливість модернізації), слабкі місця (відсутність досвіду, складність), потенційні можливості (розвиток автоматизації, оновлення виробництва) та загрози (електропостачання, вартість обладнання). Запропоновані заходи з мінімізації ризиків і адаптації системи в умовах виробництва.

8. Розглянуто основні шкідливі виробничі фактори, що впливають на умови праці операторів технологічного обладнання та диспетчерів.

9. Наведено допустимі норми згідно з чинними стандартами (ДСН, ДБН, ДСТУ), а також запропоновано відповідні заходи захисту – використання засобів індивідуального захисту, технічні рішення, вимоги до організації робочого простору.

Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет
Полтавський державний аграрний університет