

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

Іщук Дмитро Миколайович

УДК 621.65:628.12

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування розробки варіанту схеми керування водонасосними  
установками з використанням мікроконтролерів

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Іщук Д. М.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Прядко Володимир Анатолійович  
старший викладач кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної  
екології

Консультант

Гончаренко Юрій Павлович  
к.т.н., доцент кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної  
екології

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

Іщук Д. М. Обґрунтування розробки варіанту схеми керування водонасосними установками з використанням мікроконтролерів. Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даній кваліфікаційній роботі представлені обґрунтовані розробки для модернізації заглибних електронасосних установок: пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині, варіанти схем діагностування та керування електронасосними установками з використанням мікроконтролера для покращення надійності роботи заглибних електронасосних установок.

*Ключові слова:* варіант, вибір, електропривод, керування, мікроконтролер, модернізація, насос, розробка, схема, установка.

## ABSTRACT

Ishchuk D. M. Rationale for the development of a variant of the control scheme for water pumping installations using microcontrollers. - Qualification work on manuscript rights. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 "Electroenergetics, electrical engineering and electromechanics". – Polesye national university, Zhytomyr, 2023.

This qualification paper presents reasonable developments for the modernization of submersible electric pumping units: a device for diagnosing a buried electric motor in a well, variants of schemes for diagnosing and controlling electric pumping units using a microcontroller to increase the operational reliability of submersible electric pumping units.

*Key words:* option, choice, electric drive, control, microcontroller, modernization, pump, development, scheme, installation.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВОК ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	7
1.1. Характеристики джерел водопостачання та водозабірних споруд.....	7
1.2. Дослідження технологічного обладнання установок водопостачання...	7
1.3. Дослідження та аналіз технічного стану заглибних електродвигунів....	9
1.4. Дослідження та аналіз схем керування установками водопостачання...	10
Висновки до першого розділу.....	12
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	14
2.1. Розробка пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині.....	14
2.2. Вибір електротехнологічного обладнання.....	18
Висновки до другого розділу.....	22
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ВАРІАНТУ СХЕМ КЕРУВАННЯ ВОДОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ.....	23
3.1. Вибір станції керування водонасосними установками.....	23
3.2. Автоматизація водонасосних установок з використанням мікроконтролерів "МПЗК-50".....	24
3.3. Дослідження роботи схеми підключень електронасосного агрегату з приладом "МПЗК-50".....	25
Висновки до третього розділу.....	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТКИ.....	32

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Дослідження та аналіз експлуатації електротехнологічного обладнання водопостачання в сільському господарстві показали високу аварійність заглибних електронасосних агрегатів, що пояснюється не ефективністю розробки діючих схем, відсутністю таких функцій які не передбачають: захист заглибного електродвигуна при експлуатації від роботи в режимі «сухого ходу», в неповнофазному режимі, при перекосі фаз, відсутністю діагностування заглибних електронасосних агрегатів під час роботи в свердловині.

Тому в роботі будуть розглянуті ці недоліки і вирішені питання проведенням обґрунтованими розробками варіантів схем керування, захисту, діагностування з виконанням модернізації електротехнологічного обладнання водопостачання на основі проведених розробок варіантів схем.

**Метою роботи** є підвищення надійності роботи заглибних електронасосних установок шляхом функціонального діагностування режимів їх роботи за рахунок розробки: пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині та варіантів схем для діагностування та керування електронасосними установками з використанням мікроконтролера.

### **Задачі дослідження:**

1. Провести аналіз шляхів підвищення надійності заглибних електродвигунів..
2. Розробити пристрій діагностування режимів роботи заглибного електродвигуна.
3. Розробити варіанти схем для діагностування та керування електронасосними установками з використанням мікроконтролера.

**Об'єкт дослідження** – Технічний стан ізоляції, що відбувається в електродвигуні в свердловині під час роботи.

**Предмет дослідження** – зміна стану ізоляції електродвигуна у функції параметрів експлуатаційних впливів.

**Методи дослідження.** Технічний стан ізоляції визначається вимірюванням струмів витікання. Допустиме спрацювання підшипників контролюють за асиметрією положення ротора у статорі. При спрацюванні упорного підшипника вал з ротором під дією своєї маси переміщується вниз на величину спрацювання. Виконавчі контакти пристрою вмикаються безпосередньо в коло управління котушкою магнітного пускача заглибного електродвигуна. Сигнал від станції управління подається не на магнітний пускач, а на блок контролю пристрою КИ-6301. При задовільному стані електродвигуна пристрій подає команду на запуск двигуна [ 9 ].

При аварійній ситуації пристрій не дозволяє вмикати електродвигун заглибленого насоса, при цьому загоряється сигнальна лампа.

Крім того пристрій КИ-6301 можна встановлювати на електродвигуни без вмонтування датчика. Пристрій буде спрацьовувати тільки при пошкодженні ізоляції обмотки статора [ 9 ].

### ***Практичне значення та інженерні рішення.***

Розроблено пристрій функціонального діагностування роботи електродвигуна в свердловині, що забезпечить безаварійність роботи установки водопостачання.

Розробка варіантів схем для діагностування та керування електронасосними установками з використанням мікроконтролера забезпечить надійну роботу при модернізації електроприводів електротехнологічного обладнання установок водопостачання.

Основні положення досліджень доповідались, обговорювались і одержали позитивну оцінку на студентських наукових конференціях. За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано дві статті.

### ***Перелік публікацій автора за темою дослідження:***

1. Іщук Д. М., Пашинський Д. С., Дослідження та аналіз доцільності заміни водонапірних веж на більш ефективне електротехнологічне обладнання в системах водопостачання / Наукова робота / Збірник тез доповідей науково-

практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. – С. 69–73.

2. Іщук Д. М. Дослідження пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині. . Матеріали науково – практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Наукові читання – 2023» 19.04.2023 ПНУ м. Житомир. Житомир : Поліський національний університет, 2023.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВОК ВОДОПОСТАЧАННЯ**

#### **1.1. Характеристики джерел водопостачання та водозабірних споруд**

Джерелами водопостачання являються: відкриті водоймища, підземні води (міжпластові, ґрунтові).

Для водопостачання з джерел використовують спеціальні водозабірні споруди. З відкритих водойм воду забирають за допомогою берегових незатоплюваних водоприймачів, а з підземних джерел за допомогою шахтних і бурових (трубчатих) криниць і свердловин. Від джерел вода потрапляє до споживачів при допомозі мобільного транспорту або стаціонарних водопровідних систем водопостачання при допомозі електронасосних агрегатів. Вода може подаватися безпосередньо у водопровідну мережу до споживачів або з використанням водонапірного резерву [ 1, 16].

Схеми водозабірні споруд наводяться в додатку А.

#### **1.2. Дослідження технологічного обладнання установок водопостачання.**

Воду використовують у побуті сільськогосподарському та промислового виробництві, пожежники, в басейнах та для інших потреб..

Водопостачання від джерел до споживачів здійснюється при допомозі електронасосного агрегату. Вибір електродвигуна та насосу вибирають в залежності від джерела водопостачання, необхідної продуктивності подачі води, яка подається по системах водопостачання.

До складу систем водопостачання можуть входити водонапірні башти, гідропневматичні установки або без них вода подається від джерела водопостачання (відкрите водоймище, криниця, артезіанська свердловина) по трубах водопровідних мереж до споживачів.

В основному використовують водонапірні установки з датчиками рівня та тиску.

Крім того для споживачів, які споживають не велику кількість води, наприклад для приватних будинків, можна використовувати гідропневматичні установки.

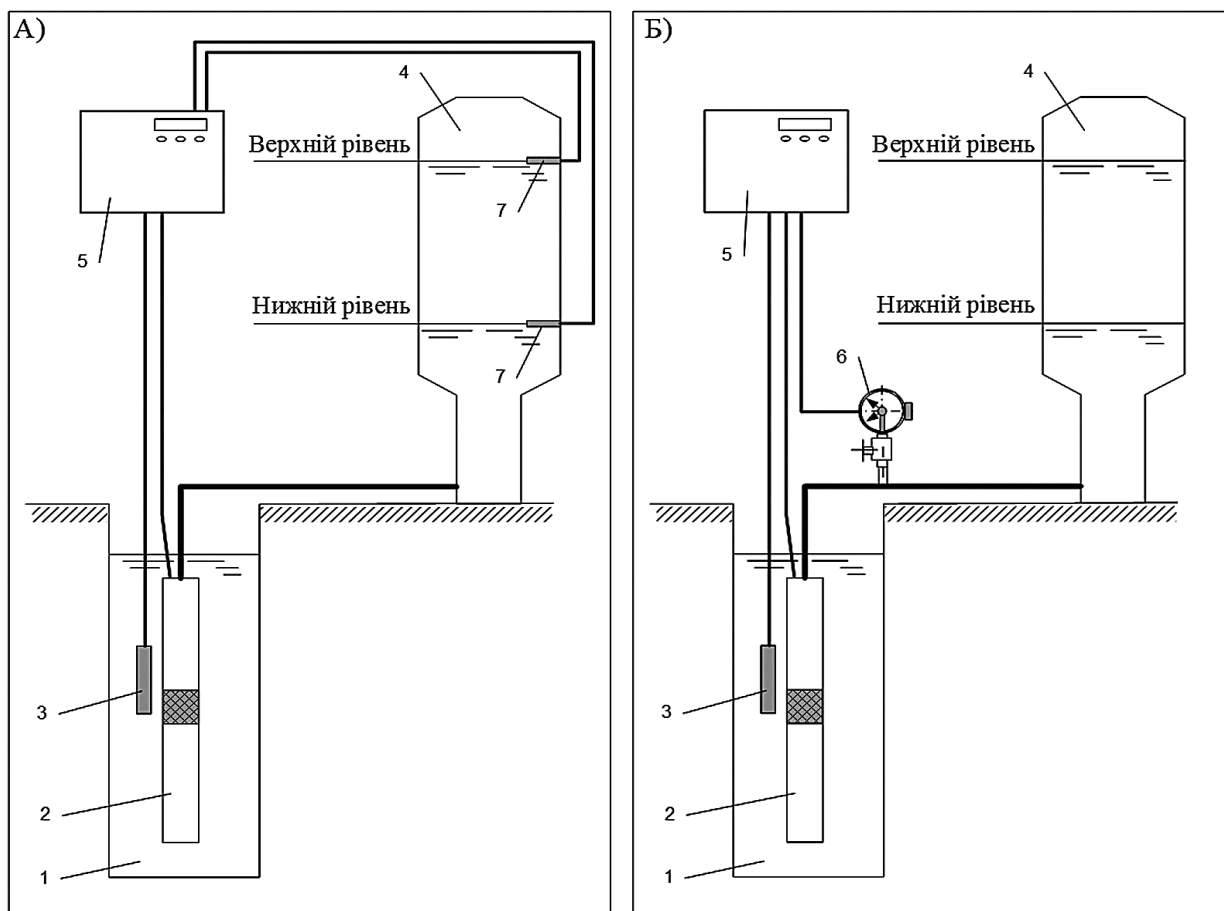


Рис. 1.1. Технологічні схеми керування водонапірними установками з датчиками рівня та тиску: 1- джерело водопостачання; 2 – електронасосний агрегат; 3-датчик «сухого ходу»; 4 водонапірна вежа; 5-шафа керування; 6- манометричний датчик тиску; 7-датчики нижнього та верхнього рівнів.

Таблиця 1.1

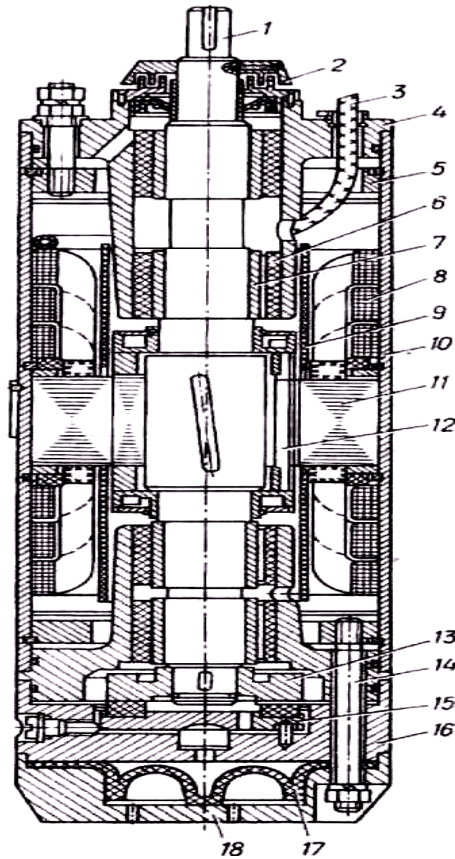
Збірно-блочна водонапірна башта БР-15А:

Найменування	Показники
Місткість баку, м <sup>3</sup>	15
Діаметр опори, мм	1220
Висота до дна баку, м	12
Резервна місткість води в колоні, м <sup>3</sup>	14
Маса, кг	3160



### 1.3. Дослідження та аналіз технічного стану заглибних електродвигунів

В останні десятиліття в народному господарстві для водопостачання, водозниження та інших цілей широко застосовують електронасоси, що



приводяться в обертання зануреними електродвигунами. Внутрішня порожнина цих електродвигунів заповнена водою, що дозволяє поліпшити умови охолодження обмоток і використовувати її як засіб для змащення підшипників.

Рис. 1. 2. Конструктивний розріз заглибного електродвигуна ПЭДВ-2,8-140

- 1 — вал; 2 - пристрій скидання піску; 3 вивідний привід; 4 — верхній підшипникови щит;  
 5 — фіксуюче кільце; 6 — гумові металічна втулка підшипника; 7 — стальна втулка підшипника; 8 — обмотка статор, 9 — захисний циліндр; 10 — корпус; 11 пакет сталі статора;  
 12 — обмотка ротори 13 — підшипникова п'ята; 14 — шпилька ріплення;  
 15 — підп'ятник; 16 — корпус підп'ятника; 17 — діафрагма; 18 — днище.

Діагностику електродвигунів без підйому з свердловини не можливо було зробити.

Практичні обстеження показали, що електродвигун до аварійного стану роботи в свердловині працює від 1200 до 10000 годин.

При таких широких межах строків служби встановлення середнього міжремонтного строку для електронасосів призводить до підйому на поверхню частини електронасосів, які не потребують ремонту, і не гарантує безаварійну роботу певної частини електронасосів до настання термінів ремонту.

З огляду на велику трудомісткість на підйом з свердловин і опускання електронасосів і витрати, за величиною досягають вартості ремонту. Доцільно піднімати електронасосний агрегат коли знос їх деталей і вузлів досягли граничних значень, що приведе до аварії.

Тому необхідно здійснювати періодичний або постійний контроль технічного стану електронасосів.

Аналіз статистичних даних показує, що 85-90% всіх відмов електронасосів відбувається з вини електродвигунів. При експлуатації встановлено, що час роботи агрегату до капітального ремонту можна продовжити вдвічі, якщо своєчасно проводити поточні ремонти. Підшипники в значній мірі обмежують ресурс роботи заглибних двигунів за рахунок тертя об обмотки статора.

Якщо перед тим, як знос підшипників досягне граничної величини, електродвигун підняти на поверхню і відремонтувати підшипники, то він зможе пропрацювати ще один міжремонтний період без капітального ремонту, що різко зменшить витрати на експлуатацію електронасосів.

Дослідження показали проблему необхідності покращення надійності їх роботи за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування.

#### **1.4. Дослідження та аналіз схем керування установками водопостачання**

**Розглянемо перший варіант.** Проведемо дослідження та аналіз роботи принципних електричних схем керування баштовими установками з заглибними водонасосними агрегатами.

В додатку А на рис. 1.4 розміщена схема керування ПЭТ.

При дослідженні та аналізі роботи схеми виявлено ряд недоліків: заглибний електродвигун не захищений при експлуатації від роботи в режимі «сухого ходу», від роботи в неповнофазному режимі роботи, від роботи при перекосі фаз.

**Розглянемо другий варіант** - схему керування погрузним електронасосним агрегатом по рівню води датчиками.

Вмикання, вимикання електроустановки, а також захист від перевантаження та струмів короткого замикання буде здійснюватися при допомозі ввідного вимикача QF.

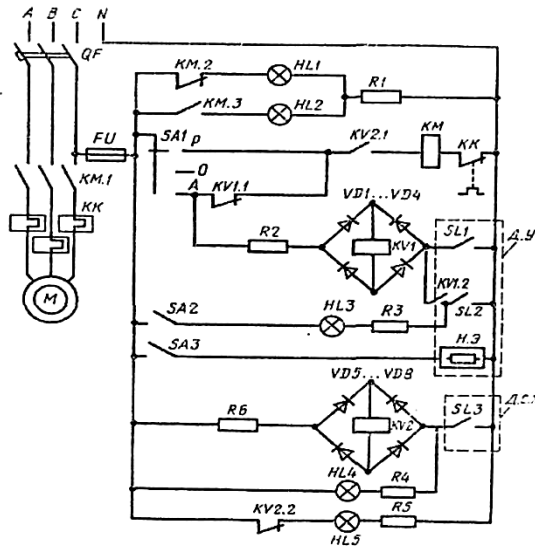


Рис. 1.3. Схема керування погрузним електронасосним агрегатом по рівню води

Для роботи заглибленого насоса розглядаємо заглиблений електродвигун, який буде захищатися від перевантаження тепловим реле КК. Для дистанційного та автоматичного керування використовую електромагнітний пускач КМ. Запобіжник FU захистить кола керування від струмів короткого замикання, а перемикач SA1 буде задавати режим роботи: ручний або автоматичний

Для регулювання води в башті будуть використовуватися датчики рівнів SL1, SL2, проміжне реле постійного струму KV1 з діодами VD1...VD4 та опором R2. Захист електродвигуна від “сухого ходу” будуть здійснювати: датчик SL3 проміжне реле KV2 діоди VD5...VD8 опір R6. Інформувати про роботу електропривода будуть сигнальні лампи HL1...HL5.

У положенні перемикача SA1 “P” (ручне) електронасосний агрегат вмикається оператором незалежно від кількості води в башті [ 1, 19 ]..

**Проаналізуємо третій варіант** - керування електродвигуном по тиску води в напірному трубопроводі при допомозі датчика тиску.

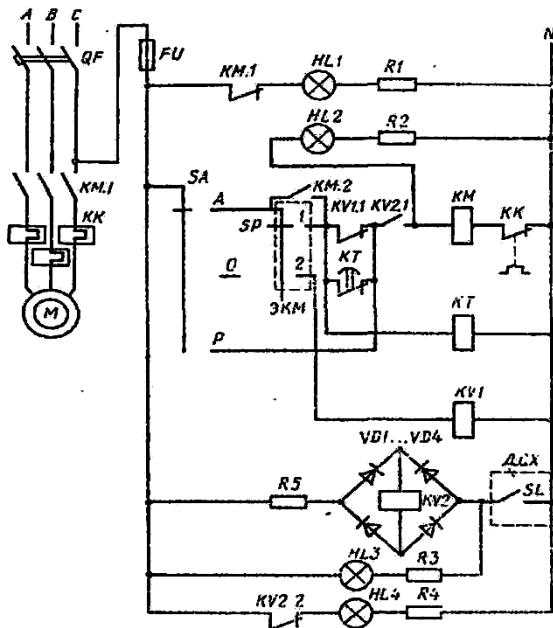


Рис. 1.4. Електрична принципова схема керування погрузним електронасосним агрегатом по тиску при роботі з водонапірною баштою.

Вмикання, вимикання електроустановки, а також захист від перевантаження та струмів короткого замикання буде здійснюватися при допомозі автоматичного вимикача QF.

Для роботи заглибленого насоса проектуємо заглиблений електродвигун, який буде захищатися від перевантаження тепловим реле КК.

Для дистанційного та автоматичного керування використовуємо електромагнітний пускач КМ. Запобіжник FU захистить кола керування від струмів короткого замикання, а перемикач SA буде задавати відповідно ручний або автоматичний режим роботи. Для регулювання води в баку водонапірної башти будуть використовуватися датчик тиску SP. Захист електродвигуна від “сухого ходу” будуть здійснювати: датчик SL проміжне реле KV2 діоди VD1...VD4 опір R5. Інформувати про роботу електропривода будуть сигнальні лампи HL1...HL4 [ 1, 19 ].

Дослідження, показали проблему необхідності покращення надійності їх роботи за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування.

### **Висновки до першого розділу**

Спрямовані дослідження та їх аналіз були проведені для виявлення проблем та шляхів покращення надійності роботи водо- насосних установок.

Виявлено ряд недоліків. При дослідженні виявлено, що схема керування установкою по рівню води в башті (станція керування ПЕТ) не передбачає: захист заглибного електродвигуна при експлуатації від роботи в режимі «сухого ходу», від роботи в неповно фазному режимі роботи, від роботи при перекосі фаз.

Експлуатація датчиків рівнів, встановлених у баках водонапірних башт, не зручна особливо в зимовий період коли потрібний їхній ремонт чи налаштування.

Існує проблема необхідності покращення надійності роботи водонасосних установок за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

#### **2.1. Розробка пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині.**

Дослідження показали, що існує проблема необхідності підвищення експлуатаційної надійності роботи водо насосних установок за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглиблених електродвигунів та функціонального діагностування.

Для забезпечення безперебійної роботи заглибленого електронасосного агрегату в водонапірній установці пропоную використовуватися розроблений пристрій для автоматичного контролю стану заглибленого електродвигуна.

Заглиблений електронасос працює на значній глибині. Оцінити технічний стан електродвигуна, без підйому двигун на поверхню не маючи засобів діагностування неможливо. Тому для автоматичного контролю стану заглибленого електродвигуна будемо використовувати пристрій КИ-6301, який призначений для визначення технічного стану ізоляції обмотки статора, деформації вала, спрацювання радіальних і упорних підшипників перед кожним пуском електродвигуна. Пристрій приєднується до станції керування заглибленим насосом п'ятижильним кабелем.

Для цього спочатку електродвигун готуємо до діагностування. При установці у статорі електродвигуна з двох боків пакета сталі зроблено по 3 пази на однаковій відстані. Опір 2 (рис. 2.1.) припаєємо до діода 3, а до них з двох боків—з'єднувальний провід 1. Потім ізоляційною стрічкою 4 ізолюємо місця паяння. З'єднані між собою діод, резистор і провідник являються датчиком контролю.

Датчик вмонтуємо в двигун слідуючим чином: короткий провідник датчика приєднали до місця з'єднання обмотки статора у зірку, яке ізолюють. Другу частину провідника заправили у тримач 6 в 1; 9; 17 пази, а кінець—у

тримач нижнього підшипникового щита 16, який виконаний з хомути 14 та двох гвинтів. Кінець провідника розмістили безпосередньо під нижньою частиною пакета ротора на відстані 1,5 мм.

Тримачі 6 з провідником датчика встановили так, щоб їх поверхня виступала над розточкою статора не більше 0,5 мм і не менше 0,45 мм.

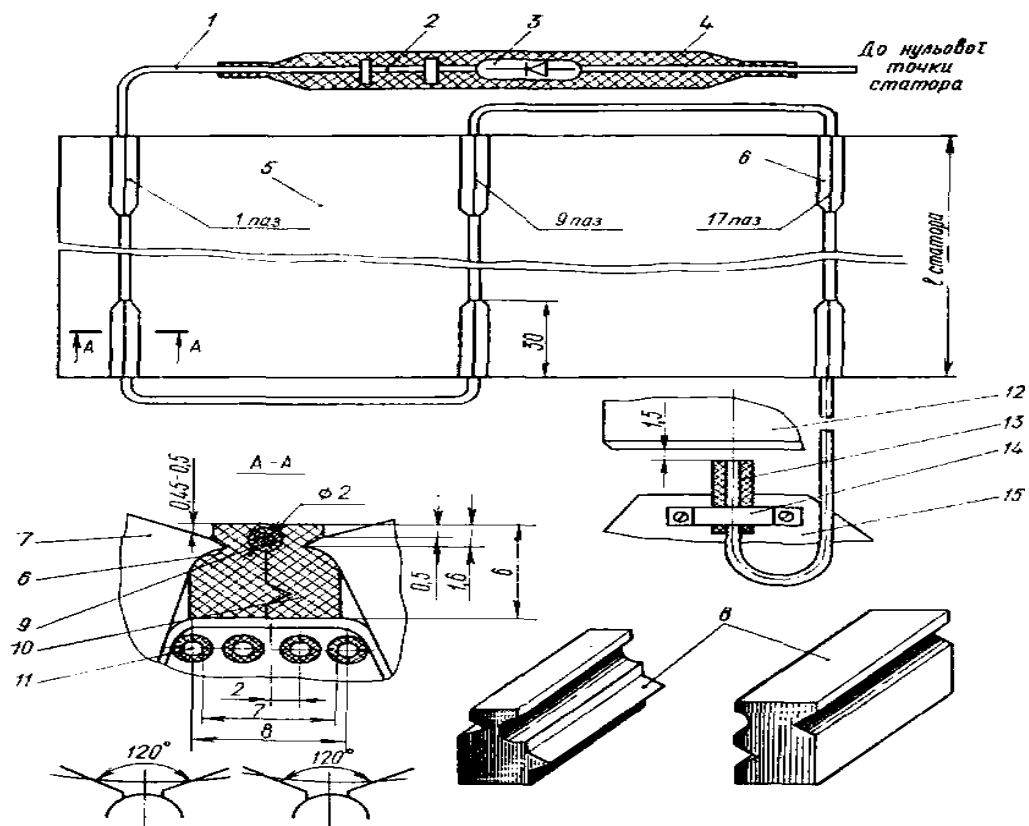


Рис. 2.1. Датчик контролю технічного стану заглибних електродвигунів:  
 1—з'єднувальний провід; 2—опір; 3—діод; 4—ізоляційна стрічка;  
 5—поверхня статора; 6 і 10—тримачі; 7—зубець статора; 8—паз статора;  
 9—провід датчика для визначення граничного спрацювання; 11—провідники обмотки статора; 12—ротор; 13—ізоляційна трубка; 14—хомутик; 15—щит упорного підшипника.



Рис. 2.2. Датчик контролю технічного стану заглибних електродвигунів

Технічний стан ізоляції визначається вимірюванням струмів витікання. Допустиме спрацювання підшипників контролюють за асиметрією положення ротора у статорі. При спрацюванні упорного підшипника вал з ротором під дією своєї маси переміщується вниз на величину спрацювання. Виконавчі контакти пристрою вмикаються безпосередньо в коло управління котушкоюмагнітного пускача заглибного електродвигуна. Сигнал від станції управління подається не на магнітний пускач, а на блок контролю пристрою КИ-6301. При задовільному стані електродвигуна пристрій подає команду на запуск двигуна [9].

При аварійній ситуації пристрій не дозволяє вмикати електродвигун заглибленого насоса, при цьому загоряється сигнальна лампа.

Крім того пристрій КИ-6301 можна встановлювати на електродвигуни без вмонтування датчика. Пристрій буде спрацьовувати тільки при пошкодженні ізоляції обмотки статора.

Проаналізуємо роботу схеми діагностичного пристрою КИ-6301 при її підключенні до станцій керування типу ПЕТ, при роботі заглибленого електронасосного агрегату, яка показана на рис. 2.3.

Пристрій працює наступним чином. При подачі автоматично або вручну сигналу на увімкнення електродвигуна насоса напруга надходить на ввід.

1. При задовільному стані ізоляції або механічної частини електродвигуна спрацьовує контрольне реле Р1 і своїми контактами Р1-1 замикає ланцюг котушки проміжного реле Р2. Реле Р2 спрацьовує, при цьому його контакт Р2-2 в ланцюзі, що йде до електродвигуна розмикається. Одночасно розмикається контакт Р2-5 в ланцюзі сигнальної лампи Л. Замикає контакт Р2-4 включає пускач станції управління і електродвигун починає працювати.

При пошкодженні ізоляції обмотки статора електродвигуна в ланцюзі: ввід 1, кнопка «Контроль», діод Д1, резистори R1 і R2, контакт Р2-1, резистор R4, контакт Р2-2, місце пошкодження обмотки піде струм і напруга на затискачах реле Р1 буде недостатнім для його спрацьовування. Чи не спрацює також реле Р2 і не замкне свої контакти Р2-4 в ланцюзі магнітного пускача.





Для визначення виду пошкодження (дефекти в ізоляції обмотки або знос підшипників) натискають кнопку «Контроль». Згасання сигнальної лампи при натисканні кнопки свідчить про знос радіальних або наполегливої підшипників, а якщо лампа продовжує горіти - про пошкодження ізоляції обмотки статора електродвигуна.

Висотою установки власників датчика і регулюванням опору R3 налаштовують схему пристрою таким чином, що пристрій сигналізує про виникнення пошкодження ізоляції обмотки статора або зносі підшипників, коли до виходу електродвигуна з ладу залишається певна кількість годин роботи (150, 200 і більше). За цей час обслуговуючий персонал може підготуватися до підйому електродвигуна на поверхню і завчасно забезпечити споживачів водою на період ремонту або заміни електродвигуна.

Особливістю схеми діагностичного пристрою КІ-6301 для контролю технічного стану заглибних електродвигунів без підйому з свердловин є те, що при виникненні відмови елементів схеми пристрою станція управління електронасосом включити електродвигун в мережу не зможе, в зв'язку з чим обслуговуючий персонал визначить і усуне неполадки в роботі пристрою. Це виключить можливість виходу електродвигуна з ладу, якщо буде відсутній контроль при відмові елементів схеми пристрою.

Застосування пристрою КІ-6301 дозволяє завчасно отримувати сигнали про настання аварійного стану електродвигунів і проводити поточний та капітальний ремонт тільки при необхідності. [9].

Пристрій КІ-6301 можна застосовувати при розробці інших варіантів схем керування установками водопостачання. Приклад дивитися в додатку Б.

## **2.2. Вибір електротехнологічного обладнання.**

Розглянемо вибір електротехнологічного обладнання на прикладі водопостачання МТФ на 300 корів фермерського господарства.

До складу технологічного обладнання входять електронасосний агрегат, водонапірна башта, водопровідна система. Для розрахунків та вибору

технологічного обладнання визначаю середньодобове  $Q_{\text{ср.д.}}$  та максимально добове  $Q_{\text{макс.д.}}$  споживання води на фермі:

$$Q_{\text{ср.д.}} = n q \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість корів, голів ( $n = 300$ );

$q$  – добова норма споживання води однією коровою,  $\text{м}^3$  ( $q = 0,1 \text{ м}^3$ )

$$Q_{\text{ср.д.}} = 300 \cdot 0,1 = 30 \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{макс.д.}} = Q_{\text{ср.д.}} K_{\text{д.}}; \quad (2.2)$$

де  $K_{\text{д.}}$  – коефіцієнт добової нерівномірності споживання води ( $K_{\text{д.}} = 1,3$ ).

$$Q_{\text{макс.д.}} = 30 \cdot 1,3 = 39 \text{ м}^3$$

Визначаю максимальне годинне та секундне споживання води:

$$Q_{\text{макс.г.}} = Q_{\text{ср.д.}} K_{\text{д.}} K_{\text{г.}} / 24 \eta; \quad (2.3)$$

де  $K_{\text{г.}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води ( $K_{\text{г.}} = 2,5$ );

$\eta$  – ккд водонапірної установки, який враховує втрати води ( $\eta = 0,9$ )

$$Q_{\text{макс.г.}} = 30 \cdot 1,3 \cdot 2,5 / 24 \cdot 0,9 = 4,5 \text{ м}^3 \cdot \text{г}^{-1}$$

$$Q_{\text{макс.с.}} = Q_{\text{макс.г.}} / 3600 = 4,5 / 3600 = 0,001 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$$

Згідно завдання розраховую та вибираю обладнання для водопостачання ферми.

### **Вибір водонапірної башти.**

Розрахунковий об'єм бака водонапірної башти  $V_{\text{б.р.}}$ ,  $\text{м}^3$  визначаємо за формулою:

$$V_{\text{б.р.}} = V_{\text{рег.}} + V_{\text{пож.}} + V_{\text{а}} \quad (2.4)$$

де  $V_{\text{рег}}$  - регульований об'єм води в баку,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{пож}}$  - запаси води для гасіння пожеж,  $\text{м}^3$

$V_{\text{ав}}$  - аварійний запас води,  $\text{м}^3$

$$V_{\text{рег}} = Q_{\text{макс.д.}} \cdot K_{\epsilon}; \quad (2.5)$$

де  $K_{\epsilon}$  - коефіцієнт ємкості, приймається 15 - 20 % від  $Q_{\text{макс.д.}}$  ( $K_{\epsilon} = 0,15 \dots 0,2$ ).

$$V_{\text{рег}} = 39 \times 0,18 = 7 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пож}} = Q_{\text{пож.}} \cdot t_{\text{пож.}} \cdot n. \quad (2.6)$$

де  $Q_{\text{пож}}$  - витрата води на гасіння однієї пожежі, л / с або  $\text{м}^3 / \text{с}$ ,

$$Q_{\text{пож}} = 5 \text{ л / с} = 0,005 \text{ м}^3 / \text{с},$$

$t_{\text{пож.}}$  - тривалість гасіння пожежі, хв, сек,

$$t_{\text{пож}} = 10 \text{ хв} = 600 \text{ сек.}$$

$n$  - розрахункова кількість одночасних пожеж.

$$V_{\text{пож}} = 0,005 \cdot 600 \cdot 1 = 3 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ав}} = Q_{\text{макс.г.}} \cdot t_{\text{ав}}, \quad (2.7)$$

де  $t_{\text{ав}}$  - час потрібний для усунення можливої, аварії, год ;  $t_{\text{ав}} = 1 \dots 2$  год.).

$$V_{\text{ав}} = 4,5 \cdot 1 = 4,5 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{б.р.}} = 7 + 3 + 4,5 = 14,5 \text{ м}^3$$

Визначивши потрібний розрахунковий об'єм бака  $V_{\text{б.р.}} = 14,5 \text{ м}^3$  вибираємо збірно -блочну водонапірну башту БР - 15У, виходячи із умов, що об'єм бака вибраної водонапірної башти  $V_{\text{б}} \geq V_{\text{б.р.}}$  і висота колони  $H_{\text{к}}$  (висота до дна баку)  $\geq H_{\text{к.р.}}$

Таблиця 2.1

## Технічні характеристики водонапірної башти БР – 15У

Найменування	Примітка
Місткість баку, м <sup>3</sup>	15
Діаметр опори, мм	1220
Висота до дна баку, м	12
Резервна місткість води в колоні, м <sup>3</sup>	14
Маса, кг	3160

**Розрахунок та вибір насоса до електронасосного агрегату.**

Електронасосний агрегат складається з водяного насосу і електродвигуна. Насос вибираємо виходячи із умови:

$$Q_{\text{н. нам}} \geq Q_{\text{макс.г.}} \text{ і } H_{\text{н. нам}} \geq H_{\text{р}},$$

Тобто мінімальна подача насоса  $Q_{\text{н. нам}}$  повинна бути не меншою від максимальних годинних витрат води  $Q_{\text{макс.г.}}$ , а номінальний напір  $H_{\text{н. ном.}}$  повинен бути не меншим від розрахункового напору  $H_{\text{р}}$ , потрібного для подачі води в бак водонапірної башти.

Враховуючи, що при розрахунках отримано  $Q_{\text{макс.г.}} = 4,5 \text{ м}^3 \cdot \text{г}^{-1}$ , а розрахунковий напір  $H_{\text{р}} = 1200 \text{ кПа}$  (згідно геодезичним даним) вибираю заглиблений насос ЭЦВ6 – 6,3 – 85 із подачею  $Q_{\text{н. ном}} = 6,3 \text{ м}^3 \cdot \text{г}^{-1}$ , напором  $H_{\text{н. ном}} = 850 \text{ кПа}$ , що забезпечує умови експлуатації.

**Вибір електродвигуна**

Розрахункову потужність двигуна визначаю за формулою:

$$P_{\text{р}} = Q_{\text{н}} \cdot H_{\text{н}} / \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}} \text{ кВт}; \quad (2.8)$$

де  $Q_{\text{н}}$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с

$$Q_H = 6,3 / 3600 = 0,0017 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1};$$

$H_H$  – напір насоса, кПа

$\eta_H$  – ккд насоса ( $\eta_H = 0,6$ );

$\eta_{\text{п}}$  – ккд передачі ( $\eta_{\text{п}} = 1$ );

$$P_p = 0,0017 \cdot 850 / 0,6 \cdot 1 = 2,4 \text{ кВт}$$

Вибираю електродвигун враховуючи коефіцієнт запасу  $K_3$ , який для електродвигунів з потужністю до 10 кВт становить 1,15.

$$P_{\text{р.д.}} = P_p \cdot K_3 = 2,4 \cdot 1,15 = 2,77 \text{ кВт}$$

За каталогом вибираю електродвигун виходячи з умов  $P_H \geq P_{\text{р.д.}}$ . ПЭДВ – 2,8 = 140, який має слідуючі електромеханічні характеристики:  $P_H = 2,8$  кВт,  $I_H = 6,9$  А,  $K_i = 5,7$ ,  $n_H = 2850$  об · хв<sup>-1</sup>,  $U_H = 380$  В.

Згідно вибраних технологічної, електричної схем і проведених розрахунків вибираємо станцію керування з відповідними апаратами керування, захисту та приладами автоматики.

### **Висновки до другого розділу**

Вирішена проблема необхідності підвищення експлуатаційної надійності роботи водонасосних установок за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування за рахунок розробки пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині пристрою КІ-6301.

Розроблена схема пристрою КІ-6301 і його підключення до станцій управління типу ПЕТ.

Наведений приклад розрахунків та вибору електротехнологічного обладнання для водопостачання ферми.

## РОЗДІЛ 3

### ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ВАРІАНТУ СХЕМ КЕРУВАННЯ ВОДОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

#### 3.1. Вибір станції керування водонасосними установками

Згідно вибраних технологічної, електричної схем і проведених розрахунків вибираємо станцію керування з відповідними апаратами керування, захисту та приладами автоматики.

Вибираємо станцію керування, яка виконує функції керування технологічним обладнанням водопостачання і водовідведення, а також захисту електродвигуна і забезпечувати наступні функції:

- ручне управління;
- автоматичне управління- датчиків тиску, рівня;
- індикацію і контроль робочого струму електродвигуна;
- індикацію і контроль і аварійного стану з відображенням коду аварії;
- оперативне налаштування захисту електродвигуна;
- автоматичний перезапуск насосного агрегату.
- оснащена приладом захисту і управління електродвигуна.

Вибираємо станцію «Каскад-К1М», до складу якого входить прилад-мікроконтролер «МПЗК-50».



Рис. 3.1. Станція управління насосом «Каскад-К1М»: 1 – кнопчний пост; 2 – сигнальна лампочка; 3 – перемикач; 4 – прилад МПЗК-50; 5 – автоматичний вимикач; 6 – магнітний пускач.

### 3.2. Автоматизація водонасосних установок з використанням мікроконтролерів "МПЗК-50"

"МПЗК-50" – прилад, який за сигналом від датчиків виконується автоматичне керування в режимах водопостачання або дренажу

Контроль і аварійне відключення електронасосного агрегату відбувається при виникненні: неприпустимо низького дебету води в свердловині; холостого ходу електродвигуна; неприпустимих перевантажень при пуску і роботі; короткого замикання в колі електродвигуна; асиметрії напруги мережі живлення; відсутності однієї або двох фаз.

Крім того прилад "МПЗК-50" виконує індикацію і контроль, істан аварійного і робочого струму [ 1 ]

#### Конструктивне виконання приладу "МПЗК-50"

Прилад (рис. 3.2) - виконаний в технополімерному корпусі, в середині якого розміщені елементи контролю, індикації й комутації.

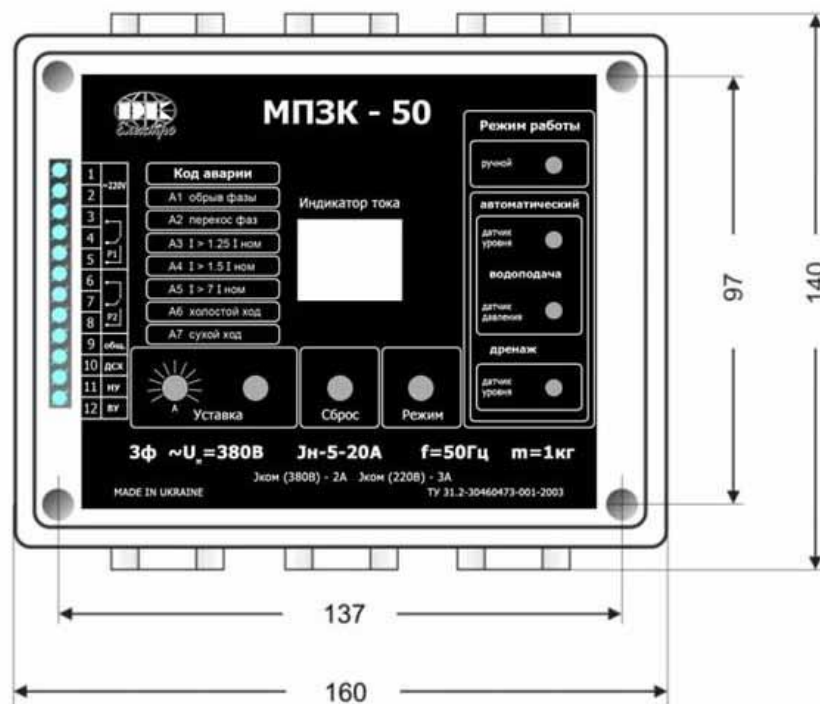


Рис. 3.2. Екран, лицьова панель приладу "МПЗК-50".

На лицьовій панелі розміщені цифровий індикатор струму, органи налаштування, кнопки керування, світлодіодні індикатори режимів роботи.



Індикатор струму відображає: струм налаштування або величину робочого струму, А; код аварійного режиму, при якому спрацював захист.

Індикатори режиму роботи показує стан обраного режиму: " водопідйом - Ручний";"Автоматичний" (датчик тиску/датчики рівня); "Автоматичне – осушення".

. При кожнім натисканні кнопки "Режим" відбувається зміна одного режиму на інший. Для кожного режиму є відповідний світлодіодний індикатор. Для швидкого аналізу причини появи аварії в "МПЗК-50" застосовується коди аварій. При цьому здійснюється вимкнення кола керування електронасосного агрегату і на індикаторі струму відповідно відображається в буквено-цифровому виді код аварії:

**A1**– обрив однієї з фаз живлення;

**A2**– перекіс фаз;

**A3**– значення споживаного струму електродвигуном перевищує номінальне значення в 1,25 рази;

**A4** – робота електродвигуна без навантаження "холостий хід" ;

**A5** – недопустимий низький дебет води в свердловині - "сухий хід" [1, 16].

### **3.3. Дослідження роботи схеми підключень електронасосного агрегату з приладом "МПЗК-50"**

Схема підключень електронасосного агрегату з приладом "МПЗК-50" зображена на **рисунку 3.3**.

#### **Робота схеми в ручному режимі:**

Встановлюємо ручний режим натисканням на кнопку "Режим". При допомозі кнопкового поста кнопками SB1 "Пуск", SB2 "Стоп" здійснюємо керування електронасосним агрегатом для подачі води.

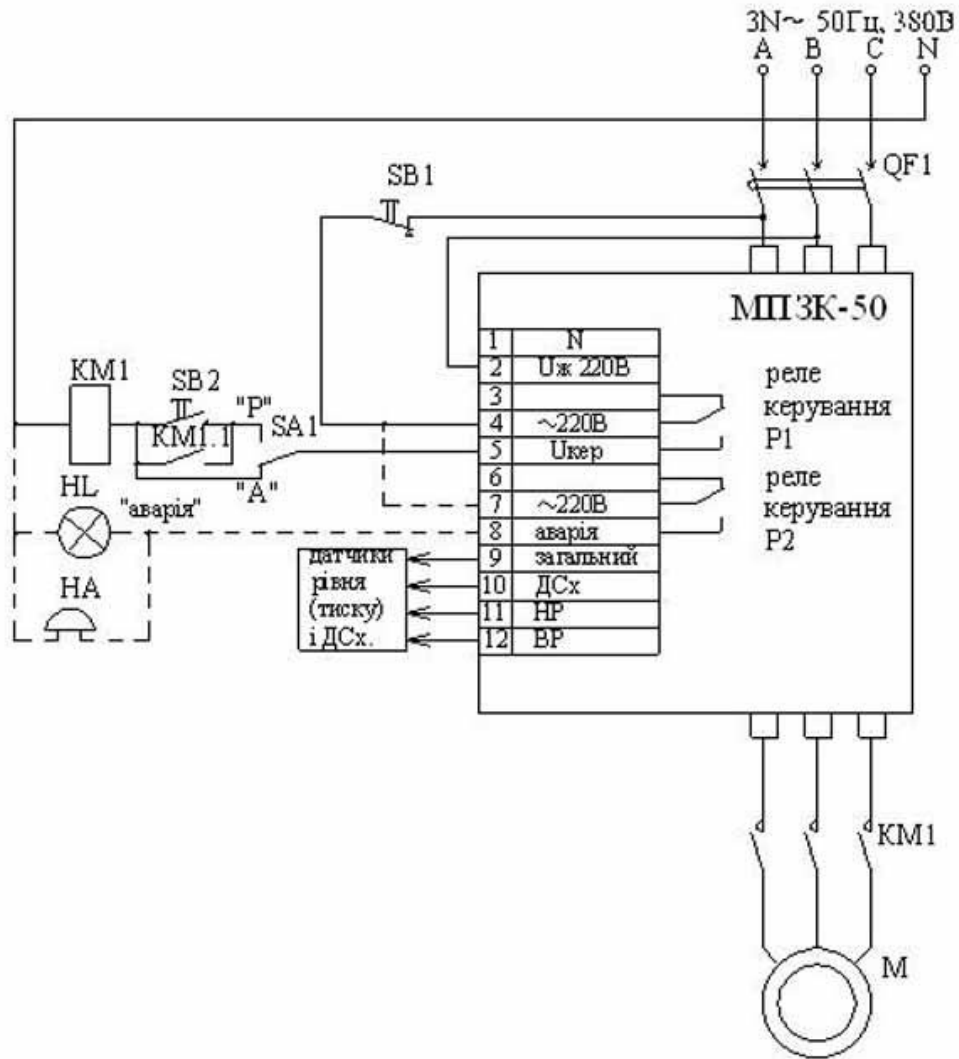


Рис. 3.3. Принципова електрична схема керування електронасосним агрегатом при допомозі станції «Каскад-К1М» з приладом "МПЗК-50".

### Робота схеми в автоматичному режимі:

При відключеному електродвигуні потрібно задати автоматичний режим на який реагують датчики рівнів при відсутності води в башті.

При включенні відбувається автоматичне включення електронасосного агрегату, при цьому контактів 4-5 реле керування Р1 замикаються. Коли вода в резервуарі досягне датчика верхнього рівня ВР відбувається автоматичне вимикання електронасосного агрегату за допомогою розмикання контактів 4-5 реле керування Р1. Датчики верхнього ВР і нижнього рівня НР встановлюються у відповідності від технічних характеристик резервуара.

При роботі установки водопостачання в автоматичному режимі з використанням датчика тиску яким являється електроконтактний манометр який має на корпусі дві пари нерухомих контактів ВР і НР а на поворотній стрілці рухомий контакт. Замикаючи і розмикаючи ці контакти подаються команди на реле керування Р1 і цикл повторюється.

Якщо при подачі живлення електродвигун насоса не вмикається то рухомий контакт "ЕКМ" перебуває між контактами "ВР" і "НР" у вихідному стані.

При замиканні рухливого контакту з контактом датчика "НР" відбувається включення електродвигуна насоса.

При дренажі робота в автоматичному режимі керування з датчиками рівня необхідно установити прилад "МПЗК-50" на режим роботи "Автоматичний – дренаж".

Коли рівень води досягнене в каналі до датчика "ВР" автоматично ввімкнеться електродвигун насоса.

Коли рівень води знизиться в каналі нижче датчика "НР" відбувається автоматичне виключення електродвигуна насоса.

Захист електродвигуна заглибного насоса від неприпустимо низького рівня води в свердловинні здійснюється датчиком "сухого ходу"-"ДСх", датчик "ДСх" перебуває у воді.

В аварійній ситуації датчик "ДСх" перебуває вище рівня води.

Коли датчика сухого ходу "ДСх" не використовується в керуванні, потрібно між виводами 9 і 10 встановити перемичку клемного гвинтового затискача "МПЗК-50"

При аварійній ситуації прилад "МПЗК-50" розімкне контакти 4-5, реле керування Р1, кола керування електродвигуна і на індикаторі струму зафіксує код аварії. [1, 16]..

### **Висновки до третього розділу**

Виконано обґрунтування розробки варіанту схем керування водонасосними установками.

Досліджено, проаналізовано та вибірано станцію керування, яка призначена для управління насосним агрегатом, а також захисту трифазного електродвигуна насоса і забезпечувати відповідні функції:

Згідно вимог вибрана станція керування для автоматизації водонасосних установок з використанням мікроконтролера "МПЗК-50", який за сигналом від датчиків виконує автоматичне керування в режимах водопостачання або дренажу. Крім того прилад "МПЗК-50" виконує індикацію і контроль, і стан аварійного і робочого струму

Проведено дослідження роботи схеми підключень електронасосного агрегату з приладом "МПЗК-50" в ручному та автоматичному режимах керування устаткуванням водопостачання та дренажу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Спрямовані дослідження та їх аналіз були проведені для виявлення проблем та шляхів покращення надійності роботи водо- насосних установок.

Виявлено, що схема керування баштовою водонасосною установкою по рівню води в башті (станція керування ПЕТ) не передбачає: захист заглибного електродвигуна при експлуатації від роботи в режимі «сухого ходу», від роботи в неповно фазному режимі роботи, від роботи при перекосі фаз.

Тому було розглянуто питання покращення надійності роботи водонасосних установок за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування за рахунок автоматизації контролю технічного стану заглибних електродвигунів та функціонального діагностування на основі розробки пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині пристрою КІ-6301.

Було розроблено варіант схеми пристрою КІ-6301 і його підключення до станцій управління типу ПЕТ.

Як приклад на основі розрахунків було проведено вибір електротехнологічного обладнання для водопостачання ферми.

Враховуючи всі недоліки було виконано обґрунтовану розробку варіанту схеми керування водонасосними установками з використанням мікроконтролера.

Згідно вимиг вибрана станція керування для автоматизації водонасосних установок з використанням мікроконтролера "МПЗК-50", який за сигналом від датчиків виконує автоматичне керування в режимах водопостачання або дренажу. Крім того прилад "МПЗК-50" виконує індикацію і контроль, і стан аварійного і робочого струму

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування. /Навчальний посібник./ Таращанського коледж. 2010. – 457 с.
2. Волянская Я.Б. Энергетическая оптимизация при схемных переключениях обмоток статора асинхронного двигателя // Электромашинобудування та електрообладнання. Респ. міжвід. наук.-техн. зб.–2005. – Вип. 65. – С. 11-14.
3. Волянская Я.Б., Краснов В.В. Ток статора асинхронного электродвигателя при изменении нагрузки и напряжения питания // Електромеханічні системи, методи моделювання і оптимізації. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2005. – Вип. №4(33). – С. 66-69.
4. Гончар В. Ф. , Тищенко Л. П. Электрообладнання і автоматизація с. г. агрегатів і установок. К. Вища школа. 1989. 343 с.
5. Гончар В. Ф. Электрообладнання і автоматизація с. г. агрегатів і установок. К. Вища школа. 1985. 208 с.
6. Гончаров Ю. П, Будьонний О. В, Морозов В. Г, Панасенко М. В, Ромашко В. Я, Руденко В.С. За ред. Руденка В.С. Перетворювальна техніка. Підручник. Ч2/ - Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.
7. Жулай Є.Л. Электропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. – К.: 2002
8. Іщук Д. М., Пашинський Д. С., Дослідження та аналіз доцільності заміни водонапірних веж на більш ефективне електротехнологічне обладнання в системах водопостачання / Наукова робота / Збірник тез доповідей науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. – 69 - 73 с.
9. Іщук Д. М. Дослідження пристрою для діагностики заглибленого електродвигуна в свердловині. Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023» 01.05.2023ПНУ м. Житомир.: Поліський національний університет, 2023.

10. Костенко Д. В., Волянская Я.Б. Энергосберегающее управление асинхронным электроприводом с использованием микропроцессорной техники // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2005. – №3 (402). – С. 101-110.
11. Костенко Д.В., Волянская Я.Б. Использование микроконтроллеров в интеллектуальных реле для асинхронных электроприводов // Электротехника и электромеханика: Материалы международной научно-технической конференции, 25-27 ноября 2004 г. – Николаев: НУК, 2004. – С. 55-56.
12. Логвінов Г. С., Прядко В. А., Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – Ж., 2013.
13. Локарев В.И. Бережницкая Я.Б. (Волянская) Ресурсосбережение в электротехнических комплексах и системах. – Херсон: Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 1998. – № 2(3). – С. 135-143.
14. Марченко А. С. Справочник по механизации и автоматизации в животноводстве и птицеводстве. – К., Урожай, 1990.
15. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995.
16. Марченко О.С. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві. - К., Урожай, 1995.
17. Олійник В. С. Практикум з електроприводу. – К., Урожай, 1995.
18. ПК "Промавтоматика" Каталог продукции. 2009. г Запороржье. Украина.
19. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Автоматизація електроприводу с. – г. машин. Ж. 2011 р.
20. Руденко В. С, Ромашко В. Я, Морозов В.Г. Перетворювальна техніка. Частина 1: Підручник. - К.:ІСДО, 1996. - 262с.
21. СВ АЛЬТЕРА «Электротехника & Автоматизация» Каталог продукции 2009. г Киев.
22. Средства автоматизации технологических процессов. Предприятие МИКРОЛ. Каталог продукции 2009. г. Ивано – Франковск. Украина.