Державний біотехнологічний університет

Навчально – науковий інститут «Кіберпорт»

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Система автоматизованого керування насосної станції

(тема)

Виконав:
студент IV курсу, групи 151-20б-02
Гніденко Діана Андріївна
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Демченко К. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри АКІТ _____ Демченко К. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2024 р.

Державний біотехнологічний університет

Факультет Навчально – науковий інститут «Кіберпорт»

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 « Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)

"____" _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Гніденко Діана Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система автоматизованого керування насосної станції

затверджена наказом по університету від " 02 " лютого 2024 № 02-02/138

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 10 червня 2024

3. Вхідні дані до роботи ДСТУ, ЕСКД, ПУЄ, керівні матеріали, довідникова література, матеріали практики, Інтернет.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі аналіз об'єкта керування та формування мети; опис технологічного процесу; аналіз засобів автоматизації, які використовуються; розробка алгоритмів програмно-логічного керування; огляд перспективних технічних засобів; розробка структурної та принципової електричної схеми; розробка програмного забезпечення; охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Мета та задачі КР. Насосна станція. Схема технологічна. Схема алгоритму програмного керування. Конфігурація входів виходів ПЛК. Фрагмент керуючої програми. Схема електрична принципова. ПЛК65 фірми ОВЕН. Вид загальний. Можливі несправності системи керування роботою насосною станцією. Публікація Висновки.

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз об'єкта керування	10.02.2024	виконала
2	Розробка алгоритмів програмно-логічного		
	керування	18.02.2024	виконала
3	Вибір технічних засобів	01.03.2024	виконала
4	Розробка структурної схеми системи керування	20.03.2024	виконала
5	Розробка програмного забезпечення	18.04.2024	виконала
6	Розрахунок системи на стійкість	4.05.2024	виконала
7	Охорона праці та безпека життєдіяльності в		
	надзвичайних ситуаціях	16.04.2024	виконала
8	Висновки	20.04.2024	виконала
9	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2024	виконала
10	Оформлення презентаційного матеріалу	05.06.2024	виконала

Дата видачі завдання 08 вересня 2023 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Демченко К. В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 8
ВСТУП 9
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ 11
1.1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 11
2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ПРОГРАМНО-ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ 14
3 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ 15
3.1 ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ АНАЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 15
3.2 ВИБІР КОНКРЕТНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ 20
4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ 25
5 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ 27
6 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 28
6.1 ВИБІР КОНКРЕТНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ 28
6.2 ПРИВ'ЯЗКА ВХОДІВ-ВИХОДІВ 29
6.3 СКЛАДАННЯ ТЕКСТУ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ 30
7 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ НА СТІЙКІСТЬ 34
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 41
8.1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ 41
8.2 ВКАЗІВКИ ЩО ДО ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ 41
8.3 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ 42
8.4 ПІДГОТОВКА СИСТЕМИ ДО РОБОТИ 42
8.5 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ 43

8.6 ХАРАКТЕРНІ НЕСПРАВНОСТІ ТА МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ 43
ВИСНОВКИ 45
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 46
ДОДАТОК А ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ 47
ДОДАТОК В ПУБЛІКАЦІЇ 54
ДОДАТОК С ДОВІДКА ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ……...56

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСКТП – автоматизована система керування технологічним процесом

МКП – мікропроцесорний керуючий пристрій

ООП – об'єктно-орієнтованого програмування

ПК – персональний комп’ютер

ПЛК – програмований логічний контролер

ТОУ – технологічний об’єкт керування

САК – система автоматизованого керування

СК – система керування

CPU – центральний процесорний модуль (англ., Central Processing Unit)

ВСТУП

Актуальність теми. З розвитком технологій та звільненням людини від важкої фізичної праці функції управління процесами та інструментами праці не тільки не зменшилися, але й навпаки, стали ще більш масштабними та складними. У більшості випадків людина більше не могла керувати механізованим виробництвом без спеціальних додаткових засобів. Це призвело до виникнення та розвитку автоматизованого виробництва.

Поява мікропроцесорів (МП) та розвиток мікроелектронної технології викликали революційні зміни у розвитку та застосуванні обчислювальної техніки. Цьому сприяли такі особливості МП-техніки, як низька вартість, компактні розміри, висока надійність, низьке енергоспоживання та універсальність.

Проблема полягає в неточності роботи виконавчих механізмів, що регулюють процес водопостачання на тваринницькій фермі. Одним із ключових завдань є розробка програми для автоматизованої системи регулювання та вдосконалення існуючих систем контролю параметрів водопостачання на фермі.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмного забезпечення автоматизованої системи керування насосної станції. Для того щоб досягнути сформульованої мети потрібно розв'язати наступні задачі:

- виконати аналіз технологічного об'єкту автоматизації і визначити оптимальні показники його функціонування (стану параметрів, характеристики збурювань, ємнісних даних об'єкту, що прикладаються регулюючими впливами і т.п.);
- виконати розробку програмного забезпечення для автоматизованої системи насосної станції;
- виконати вибір законів керування та типів автоматичних пристроїв з

визначенням динамічних характеристик окремих ланок і показників настроювання автоматичних пристроїв;

Об'єкт розробки - процес керування насосної станції на фермі.

Предмет розробки – керуюча програма, датчики, пристрої індикації, виконавчі пристрої для регулювання температури та вологості в овочесховищі.

Методи. Під час розробки кваліфікаційної роботи були використані основні методи розробки електричних схем, методи теорії автоматичного керування, пакет комп'ютерних програм для створення ПЗ.

Практичне значення одержаних результатів. В результаті виконання роботи було розроблено систему автоматизованого керування на основі серійного мікропроцесорного комплекту ПЛК63 та програмного пакету CoDeSys, який можна використовувати для керування параметрами насосної станції на фермі.

Апробація результатів роботи. Результати роботи були оприлюднені на міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених – Харків: ДБТУ. 2024. 355 с.

Публікації. Демченко К.В., Кубишкін М.О., Гніденко Д.А. Розробка та дослідження пристрою для діагностики функціонування ПЛК // Збірка матеріалів конференції "Інформаційні технології у сучасному світі". - Харків: ДБТУ. 2024. – С. 41

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Управління водопостачанням може здійснюватися двома способами ручним та автоматичним режимом. В ручному режимі керування окремими вузлами виконується за допомогою кнопкових станцій, тоді як у автоматичному режимі цю функцію виконує мікропроцесорний контролер.

Водопостачання може реалізовуватися різними технологічними схемами, які можна класифікувати за наступними характеристиками:

- спосіб водозабору;
- з відкритих водоймищ, таких як річки, ставки або озера;
- шахтні колодязі;
- артезіанські свердловини. Для господарсько-питних потреб частіше застосовуються останні два способи.
- спосіб подачі води споживачам;
- безпосередня подача води у водопровідну мережу (використовується у системах зрошення);
- водонапірна башта;
- установки з гідроакумуляторами;
- спосіб розподілу води;
- системи з автонапувалками різних типів;
- системи з проточною водою.

Залежно від конструкції водопідйомної установки, способу забору і подачі води в мережу та режиму роботи, використовують такі принципи автоматичного керування:

- за рівнем води в гідроакумуляторній споруді (режим водопідйому);
- за рівнем води в свердловині чи колодязі (режим дренажу);
- за тиском стовпа води в гідроакумуляторній споруді (режим

водопідйому);

- за тиском у пневмогідроакумуляторі;
- за тиском води в системі зрошення;
- за програмою, складеною відповідно до технологічної карти водопостачання чи зрошення.

Схема, побудована за будь-якими із принципів, повинна відповідати загальним вимогам: бути надійною в роботі, простою, з максимальною кількістю однотипних елементів, зручною в керуванні, ремонтопридатною, простою в обслуговуванні, дешевою.

У сільськогосподарському виробництві перший принцип автоматизації, який має найбільше застосування, полягає в нагромадженні води в гідроакумуляторній споруді, часто це буває башта Рожновського, і подальшій подачі її в водорозподільну мережу. Рівень води в башті контролюється за допомогою стержневого датчика, який працює на основі вимірювання електропровідності води. Коли простір між електродами верхнього або нижнього рівнів заповнений водою, контакти замкнуті. У відсутність води контакти розімкнені. Електроди рівнів представляють собою однакові стальні стержні діаметром 10 мм, які закріплені в ізоляційних вставках. Відстань між контактами верхнього (КВУ) та нижнього (КНУ) рівнів визначає регульований об'єм башти. Для забезпечення зв'язку між баштою та станцією прокладають лінію зв'язку.

У другому принципі автоматизації застосовується електронасос для зниження рівня ґрунтових вод, що відомо як дренажна система. У цьому випадку датчики рівня встановлюють у свердловинах або колодязях, де вони контролюють рівень води. На відміну від попереднього принципу, електронасос увімкнеться, коли контрольований рівень води досягне контактів КВУ, а вимкнеться при зниженні рівня води до заданого КНУ.

У третьому принципі автоматизації використовуються водопідйомні установки з водонапірною баштою та станцією керування серії "Каскад". Замість чарунки керування за рівнем (ЯУУ) встановлюється чарунка

керування за тиском (ЯУД). На вхідному патрубку води до башти встановлюється електроконтактний манометр.

Четвертий принцип автоматизації використовують для водопідйомних установок серії ВУ. Установка складається з заглибного (або іншого) електронасоса, пневмогідроакумулятора об’ємом до 800 літрів, датчика (реле) тиску та станції керування СК.

Пневмогідроакумулятор представляє собою геометричний бак, в який вода надходить через вхідний трубопровід, а подається споживачу через вихідний трубопровід з вентилями. Внутрішній об'єм бака поділений на дві частини, між якими встановлена гнучка мембрана. Таким чином, у баці є два середовища – вода та повітря, розділені між собою.

Коли насос починає подавати воду в бак, вона надходить до мембрани і починає вигинати її вверх, завдяки чому повітря починає стискатися, і при досягненні певного тиску спрацьовує датчик тиску ВР, що подає команду на вимкнення насоса.

Якщо вентиль на трубі відкривають і вода починає споживатися, тиск у верхній частині бака знижується, і насос знову вмикається.

П'ятий принцип автоматизації застосовують у системах зрошення, коли кілька електронасосів працюють на один трубопровід. У цьому випадку кількість працюючих насосів визначається тиском води в системі: якщо споживання води збільшується, тиск у системі падає, і вмикаються резервні насоси; коли тиск зростає через зменшення споживання води, навпаки, резервні насоси почергово вимикаються.

Для повної автоматизації за цим принципом передбачається система автоматичної заливки водою відцентрового насоса перед пуском, що забезпечує надійне всмоктування води з джерела.

За шостим принципом автоматизації працюють стаціонарні зрошувальні системи, коли команди на подачу води на окремі ділянки зрошення надходять від програмного реле або мікропроцесора, які контролюють початок і кінець зрошення.

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ПРОГРАМНО-ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ

Система програмного керування використовується для управління насосною станцією. Згідно з технологічною схемою і різноманітними варіантами перевантаження деталей розроблений алгоритм програмного управління роботою насосною станцією.

У розробці алгоритму використовується модульний принцип побудови, що означає, що для кожного варіанту перевантаження деталей розробляється власний фрагмент алгоритму керування. Це спрощує вирішення завдань, пов'язаних з корекцією та змінами алгоритму керування під час вдосконалення і модернізації технологічного обладнання.

У розроблених блок-схемах алгоритму керування передбачено контроль спрацювання всіх механізмів під час технологічного процесу. При порушенні послідовності роботи, заданої алгоритмом, або при несправності якого-небудь механізму передбачено відпрацювання алгоритму аварійних ситуацій, що включає зупинку робочих органів і активацію сигналізації аварійного режиму роботи.

Алгоритм автоматичної роботи насосної станції, виглядає наступним чином: спочатку відбувається аналіз підсистеми автозупинки. Наступний крок це перевірка режиму роботи системи. Виконується налаштування тиску і визначається кількість насосів для активації. Після цього перевіряється статус частотного регулятора. У разі активності блоку, насос запускається від ЧРШ. Якщо протягом роботи насосу від ЧРШ тиск не досягає заданого рівня, двигун переводиться на живлення від мережі. Потім запускається наступний вибраний насос, і процедура запуску аналогічна попередньому насосу. Якщо тиск перевищує задане значення, насос переводиться на роботу від ЧРШ і знижує свою швидкість обертання. У разі відсутності зниження тиску після переходу на роботу від ЧРШ, насоси вимикаються.

3 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Огляд перспективних технічних засобів, які застосовуються для автоматизації об’єктів аналогічного призначення

Справді, сучасні пристрої промислової автоматизації та пристрої програмного керування відрізняються від засобів автоматики попередніх поколінь на кількох рівнях.

По-перше, велика увага приділяється елементній базі. Сучасні пристрої використовують швидкодіючі та надшвидкодіючі мікропроцесорні елементи, які легко комбінуються в функціональні вузли, модулі та пристрої. Це дозволяє будувати системи автоматизації для різноманітних промислових об'єктів.

По-друге, значні зміни відбуваються у принципах компонування пристроїв і систем. Сучасні системи автоматизації мають більш гнучку конфігурацію на структурному, функціональному, схемотехнічному і конструктивному рівнях. Це дозволяє швидше адаптуватися до різноманітних умов виробництва і вимог клієнтів.

І, нарешті, суттєва роль відводиться масовій заміні апаратурної реалізації алгоритмів контролю і керування. Сучасні пристрої програмного керування можуть використовувати різні алгоритмічні рішення, що дозволяє ефективніше виконувати завдання автоматизації та підвищувати продуктивність систем.

Усе це робить сучасні системи автоматизації більш гнучкими, швидкими та ефективними, дозволяючи їм успішно впроваджуватися в будь-який промисловий об'єкт. Нижче перераховані основні типи засобів мікропроцесорної техніки для промислової автоматизації:

- однокристальні мікропроцесорні контролери (мікроконтролери) для вбудованих систем (embedded system);

- мікроконтролери одноплатні;
- шасі уніфіковані для мікропроцесорних пристроїв;
- дискретні та аналогові модулі введення виведення;
- модулі перетворення і нормалізації вхідних сигналів;
- модулі пам'яті;
- програмовані логічні контролери (ПЛК);
- комп'ютери індустріальні промислового виконання, спеціалізовані мікропроцесорні пристрої для розподілених систем збору даних і керування;
- модулі віддаленого збирання даних та управління;
- модулі передачі даних;
- персональні комп'ютери панельного виконання;
- промислові робочі станції.

Так, модульний принцип побудови складних систем існує вже з доісторичних часів, проте сучасні технології дозволяють застосовувати його в набагато більших масштабах, ніж коли-небудь раніше. Особливу роль у цьому відіграє розвиток програмного забезпечення, яке розвивається швидше, ніж елементна база мікропроцесорних пристроїв.

Щорічно програмне забезпечення стає все ефективнішим, дозволяючи створювати нові операційні системи, редактори та інші інструменти для автоматизації робочих процесів. Наприклад, потужні пакети програмного забезпечення для моделювання, дослідження і проектування автоматизованих систем програмного керування стають все доступнішими та ефективнішими.

Ці тенденції дозволяють підвищити продуктивність і ефективність процесів розробки, тестування та впровадження систем автоматизації, що є критично важливим у сучасному промисловому середовищі.

Сучасні засоби автоматизації, зокрема програмовані логічні контролери (ПЛК) та індустріальні комп'ютери (ІК), широко застосовуються в промисловості. Обидва цих типу пристроїв пристосовані до роботи у важких

виробничих умовах, проте вони відрізняються за специфічними функціональними характеристиками та особливостями застосування.

ПЛК в основному орієнтовані на безпосереднє керування промисловим устаткуванням і використовуються для розв'язання задач у режимі "твердого" реального часу. Вони здатні ефективно виконувати операції контролю та керування на рівні машинного обладнання.

З іншого боку, індустріальні комп'ютери (ІК) більш ефективно вирішують задачі обробки і візуалізації великих обсягів інформації на верхніх рівнях складних інтегрованих систем автоматизації промислового виробництва. Вони забезпечують широкі можливості обробки даних, зв'язку з іншими системами та забезпечують інтерфейс для відображення та аналізу інформації.

ПЛК представляють собою спрощену модель комп'ютера, яка реалізує цифровий керуючий автомат програмним шляхом. Основними характеристиками ПЛК є блочно-модульна конструкція та можливість компонування необхідної конфігурації контролера за допомогою модульного обладнання.

Користувач може скласти необхідну конфігурацію контролера шляхом доукомплектування базового модуля необхідним набором модулів уведення-висновку з номенклатури, що пропонується виробником ПЛК. Це дозволяє адаптувати систему контролю та керування до конкретних потреб і вимог виробництва.

Оптоелектронні прилади використовуються для гальмування електричних сигналів між внутрішніми електричними ланцюгами ПЛК та зовнішніми пристроями. Це забезпечує ефективну ізоляцію внутрішніх ланцюгів від зовнішнього середовища, забезпечуючи надійну та безпечну роботу системи контролю.

До дійсного часу розроблені й освоєні промисловістю сотні моделей ПЛК, що відрізняються між собою номенклатурою і кількістю використовуваних модулів вводу-виводу, швидкодією, обсягом пам'яті для

збереження керуючих програм, конструктивним виконанням і ін. Разом з тим, здається доцільним відзначити загальні особливості ПЛК, які є спільними для всіх типів і моделей, а також особливості, які можуть бути специфічними з точки зору користувачів систем промислової автоматизації. Ці особливості істотно і вигідно відрізняють програмувальні логічні контролери від універсальних комп'ютерів:

- простота взаємодії з користувачем, що забезпечується можливістю програмування ПЛК за принциповою електричною схемою, на базі булевих рівнянь та простої алгоритмічної мови.
- адаптованість до роботи в умовах важких виробництв за рахунок застосування оптоелектронної гальванічної ізоляції вхідних та вихідних модулів для зовнішніх електричних ланцюгів, а також пристосованість ПЛК до різноманітних умов експлуатації.
- модульна конструкція, яка дозволяє зібрати контролери різної функціональності та конфігурації з обмеженого числа стандартних модулів, що розширює можливості створення гнучких систем керування для складних технологічних модулів і роботизованих комплексів.
- значне зменшення витрат на проектування завдяки значному зниженню вартості програмування, а також спрощенню прив'язки модульної конструкції ПЛК до конкретного об'єкта керування.
- значна скорочення термінів розробки та тиражування систем керування устаткуванням завдяки можливості паралельного проведення робіт з їх проектування (включаючи програмування) та виготовлення на базі ПЛК.
- можливість коригування алгоритмів керування безпосередньо в цехових умовах (під час монтажу, пуску, випробувань та модернізації устаткування), що суттєво поліпшує адаптивність систем керування технологічним устаткуванням.
- розширена номенклатура модулів введення-виведення контролерів,

які включають датчики, керовані механізми та інші керуючі пристрої, що базуються на різних принципах та елементній базі, що позитивно впливає на ефективність побудови складних систем керування з використанням ПЛК;

- вбудована автоматична функціональна діагностика спрощує процес експлуатації і підвищує ремонтопридатність як самого контролера, так і керованого технологічного устаткування.

Відповідно перерахованим особливостям, програмовані логічні контролери у короткий термін стали популярними серед користувачів устаткування та широко застосовуються у різних галузях промисловості.

До основних характеристик, за якими користувач здійснює вибір ПЛК для конкретного застосування, відносяться:

- кількість входів-виходів: Це одна з головних характеристик, яка визначає максимально можливу кількість контрольованих датчиків і керованих механізмів, що можуть бути підключені до ПЛК;
- номенклатура пропонованих модулів вводу-виводу: Ця характеристика характеризує можливості адаптації ПЛК різних фірм до умов промислового використання. Вона охоплює номенклатуру і величину напруги і струмів органів, що комутуються, керування, датчиків і виконавчих механізмів;
- ємність пам'яті для збереження програм користувача: Ця характеристика визначає можливості ПЛК у створенні прикладного програмного забезпечення;
- типи використовуваної пам'яті можуть бути класифіковані у три основні види: ППЗУ типу PROM використовується для збереження базової, незмінної частини керуючих програм; ОЗУ з підживленням від акумуляторів застосовується на етапах налагодження та корекції програмного забезпечення, а також для зберігання оперативної інформації; ППЗУ типу EEPROM використовується як основна пам'ять для зберігання керуючих програм;

- швидкодія програмованих логічних контролерів, зазвичай, вимірюється в приведених до 1К пам'яті і визначає тривалість циклу однократного обслуговування всіх входів-виходів;
- типи використовуваних мов і технологій програмування характеризують рівень складності освоєння прикладного програмного забезпечення і зручність введення та корекції записаних у пам'ять керуючих програм;
- оснащеність стандартними інтерфейсами визначає готовність програмованих логічних контролерів до використання в ієрархічних системах керування, що включає можливість дистанційного введення і коректування програм і даних, а також їх використання у складі контролерних мереж.

За конструкцією всі програмовані логічні контролери (ПЛК) можна розділити на дві основні групи:

а) ПЛК з блочно-модульною конструкцією (касетні), які зазвичай призначені для монтажу в шафах.

б) ПЛК, що складаються з об'ємних модулів, призначені для прямого вбудовування в промислове устаткування.

Пульти для конфігурування та налагодження застосовуються як у переносних варіантах (як прості, так і "інтелектуальні" - на базі портативних комп'ютерів типу ноутбук), так і вбудовуються безпосередньо в програмовані логічні контролери (ПЛК).

3.2 Вибір конкретних технічних засобів

Було обрано мікропроцесорний вільно програмований логічний контролер моделі ПЛК63 для управління системою керування насосною станцією. Цей контролер є ефективним засобом для створення систем автоматизованого керування в різних галузях промисловості, включаючи

енергетику, транспорт, промислові та сільськогосподарські сектори.

Логіка роботи контролера визначається користувачем під час програмування за допомогою програмного забезпечення Codesys 2.3. Це дозволяє забезпечити гнучкість та налаштованість системи управління відповідно до конкретних вимог технологічного процесу. При цьому підтримуються всі мови програмування, що визначені в міжнародному стандарті МЭК 61131-3, що забезпечує зручність і сумісність з існуючими стандартами.

Враховуючи комплексність технологічного процесу та вимоги до оперативного контролю і управління, обраний ПЛК63 відповідає потребам системи керування насосною станцією, забезпечуючи надійну та ефективну роботу об'єкта управління.

Програмований логічний контролер може бути використаний у таких ролях:

- як спеціалізований пристрій керування для окремого, відокремленого об'єкта;
- як пристрій моніторингу для відстеження стану конкретного об'єкта, що входить до складу комплексної інформаційної мережі;
- як спеціалізований пристрій керування й моніторингу для групи відокремлених об'єктів, що входять до складу комплексної інформаційної мережі.

Функції, які можуть бути реалізовані в програмованих логічних контролерах (ПЛК), включають наступне:

- виконання програми користувача, розробленої в середовищі «Codesys 2.3», яка керує роботою контролера;
- керування вбудованими вихідними пристроями контролера з програми користувача;
- розширення кількості вихідних пристроїв за допомогою модуля МР1, який підключається до контролера через спеціальний інтерфейс;
- обмін даними через інтерфейси RS-485 і RS-232;

- відображення символьних даних, що були створені у програмі користувача, на рідкокристалічному дисплеї;
- ведення реального часу за допомогою вбудованого годинника з автономним джерелом живлення;
- налаштування параметрів функціонування вбудованих входів, виходів та іншого периферійного обладнання контролера та збереження значень конфігураційних параметрів у енергонезалежній пам'яті.

Контролер ПЛК63 має в своєму складі шість вбудованих вихідних пристроїв і може бути доповнений вихідними пристроями різних типів за вимогою замовника. При замовленні контролера необхідно вказати конкретний тип та місце монтажу кожного необхідного пристрою.

Контролер ПЛК63 виготовляється у збірному пластмасовому корпусі, призначеному для кріплення на DIN-рейку.

ПЛК63 обладнаний восьмома цифровими (дискретними) входами. Обробка значень, що надходять з цих входів, здійснюється програмою, розробленою користувачем для цього програмованого логічного контролера.

Дискретні входи використовуються для таких цілей:

- контролю стану зовнішнього обладнання;
- діагностики працездатності системи;
- підключення зовнішніх пристроїв для управління станом контролера.

Дискретні входи призначені для підключення контактних датчиків типу «сухий контакт» або транзисторних ключів (типу n-p-n). До типу «сухий контакт» можуть належати різноманітні вимикачі, кнопки, кінцеві вимикачі, контакти реле і тому подібне.

На рис. 3.1 представлений зовнішній вигляд контролера ПЛК63, наведені рознімні з'єднання, елементи індикації й керування.

Сигнали на дискретних входах формуються шляхом замикання або розмикання зовнішніх контактів.

Для дискретних входів можна встановлювати логіку обробки та час

затримки перемикання цих входів.

Аналогові входи контролера призначені для наступних операцій:

- зчитування значень з первинних перетворювачів;
- обробка отриманих даних та їх конвертування у фізичні одиниці;
- передача даних у відповідну область пам'яті, наприклад, область входів, для подальшого використання у програмі, розробленій користувачем.

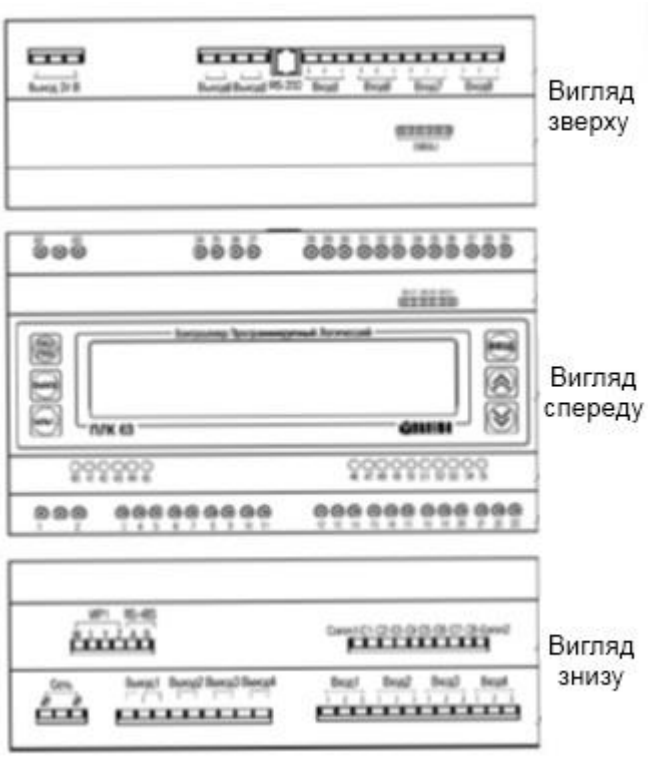

Рисунок 3.1 – Виконання контролера ПЛК63

До аналогових входів можна безпосередньо підключати різноманітні типи датчиків, включаючи:

- термометри опору;
- термоелектричні перетворювачі, такі як термопари;
- активні перетворювачі з аналоговим вихідним сигналом у вигляді постійної напруги або струму;
- резистивні датчики.

Пристрої вихідні призначаються для передачі вихідного сигналу керування на виконавчі механізми.

ПЛК63 обладнано модулями інтерфейсів RS-485 і RS-232 для організації обміну даними по протоколам Modbus.

Інтерфейс RS-232 також призначається для конекту із середовищем програмування Codesys.

Інтерфейс RS-232 використовується для наступних цілей:

- забезпечення зв'язку між контролером та середовищем програмування Codesys;
- забезпечення зв'язку між контролером та програмою для тиражування;
- організація зв'язку з іншими пристроями через інтерфейс RS-232 за допомогою протоколів, таких як Modbus, у режимах Master або Slave.

Інтерфейс RS-485 призначений для таких завдань:

- забезпечення зв'язку між контролером та програмою для тиражування та OPC-сервером;
- організація зв'язку з іншими пристроями через інтерфейс RS-485 за допомогою протоколів, таких як Modbus, у режимах Master або Slave.

Інтерфейс зв'язку з модулем MP1 призначений для підключення до контролера модуля MP1 через внутрішню шину. Це дозволяє розширити кількість вихідних дискретних пристроїв до 8 у різних комбінаціях.

Контролер ПЛК63 з обладнаним 2-рядковим 16-розрядним РКІ, здатний до наступного:

- показувати стан вхідних сигналів і встановлювати значення для вихідних сигналів контролера;
- демонструвати та змінювати значення параметрів, які введені користувачем у програмі;
- відображати зміни у значеннях параметрів програми для користувача

у візуальному форматі.

Контролер оснащений вбудованим звуковим сигналізатором здатний:

- повідомляти про підключення живлення до контролера;
- повідомляти про натискання кнопок користувачем на передній панелі контролера;
- створювати спеціалізовані програмні засоби для сигналізації про прогрес процесу, які керують динаміком з програми користувача.

4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Розробка структурної схеми системи керування передбачає створення графічного зображення, яке представляє основні компоненти системи та їх взаємодію. Щоб створити таку схему, можна слідувати наступним крокам: визначення мети та функцій системи, перш за все, потрібно чітко визначити, що саме буде контролювати система та які функції вона повинна виконувати; вибір основних компонентів системи до основних компонентів системи керування можуть належати: датчики (Sensors), котрі необхідні для збирання інформації з навколишнього середовища або процесу. Контролери (Controllers), котрі потрібні для обробки інформації від датчиків та прийняття рішень. Актуатори (Actuators), котрі виконують дій на основі рішень контролера. Інтерфейси користувача (User Interfaces), котрі потрібні для взаємодії з користувачем.

Для керування ПЛК виконавчими механізмами за допомогою контакторів, необхідно врахувати величину напруги, яка вимагається для керування цими контакторами. У разі того, коли ПЛК має вихідні елементи управління величиною напруги 220 В, то необхідно комплектувати контактори з котушкою яка буде розрахованою на таку саму напругу. Отже, необхідно вибрати контактори, які підходять для використання з ПЛК і мають котушку, розраховану на напругу 220 В. Наступний ктап це інтеграція цих контакторів до схеми керування разом з ПЛК для того, щоб забезпечити повноцінне керування виконавчими механізмами на насосній станції. Структурна схема системи програмного керування показана на рис. 1. Згідно з розробленою схемою керування, програмований логічний контролер виконує аналіз сигналів від датчиків, та в залежності від їх стану, та від команди управління, надісланої з автоматизованого робочого місця вмикає той чи інший контактор, який, в свою чергу, подає живлення на виконавчий механізм за який він відповідає.

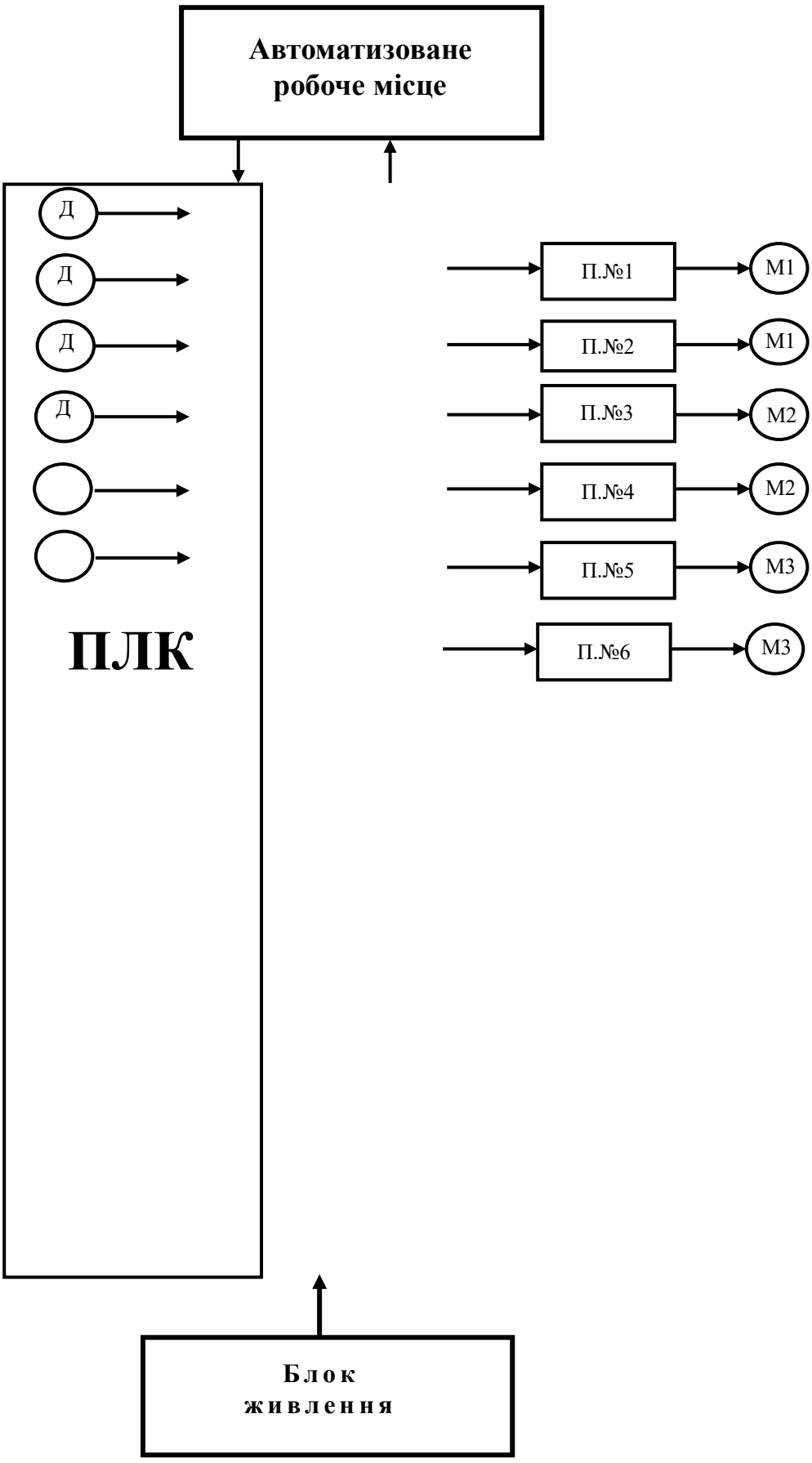

Рисунок 1.1 - Структурна електрична схема системи програмного керування

5 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

Для розробки принципової схеми системи автоматизованого керування важливо дотримуватися систематичного підходу, який включає в себе визначення вимог, вибір компонентів, розробку логіки керування та створення самої схеми. Ось покроковий план: перш за все, потрібно визначити основні завдання та функції системи. Наприклад, якщо це система автоматизованого керування освітленням, то основні функції можуть включати: автоматичне вмикання та вимикання освітлення на основі рівня освітленості та автоматичне вмикання та вимикання освітлення на основі присутності людей.

За основу схеми принципової було обрано програмований логічний контролер типу ПЛК63. Розробка безпосередньо принципової електричної схеми зводиться до підключення датчиків контролю параметрів та виконавчих механізмів до відповідних входів і виходів контроллера та модулів розширення.

На схемі показано модуль розширення входів-виходів. Модуль дає змогу розширення системи керування до 12 дискретних входів та 8 дискретних виходів.

В схемі також передбачено частотний регулятор швидкості, задача якого виконувати плавне регулювання швидкістю обертання електричних двигунів.

Виконавчі механізми (контактори, реле) підключаються до мережі живлення 220 В.

Датчики та проміжні реле під’єднуються до входів ПЛК безпосередньо.

Взаємозв’язок автоматизованого робочого місця з ПЛК здійснюється за допомогою стандартного послідовного інтерфейсу RS-232.

6 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для виконання функцій автоматизованого керування відповідно до розробленої блок-схеми алгоритму програмного керування була розроблена керуюча програма - як один з варіантів реалізації алгоритму (з використанням програмованого логічного контролера)

Текст програми представлений у вигляді керуючої програми (лист 5 графічної частини проекту).

Процес розробки керуючої програми складається з наступних етапів:

- етап конфігурування проекту. Процес вибору безпосередньо самого ПЛК та додаткових модулів розширення;
- процес розподілу входів і виходів контролера (прив'язка входів і виходів до конкретних датчиків і виконавчих механізмів об'єкта керування);
- процес розробки лістингу програми.

6.1 Вибір конкретних програмних засобів

Для розробки керуючої програми для ПЛК було використано програмний продукт Codesys.

Codesys - це сучасний інструмент для конфігурування та написання програмних додатків для плк (Codesys походить від слів Controllers Development System).

Codesys забезпечує розробникам зручне середовище для створення програмного коду на мовах стандарту МЭК 61131-3. Редактори та інструменти відлагодження, доступні у цьому програмному пакеті, базуються на відомих принципах, які успішно застосовуються в інших відомих середовищах професійного програмування.

У CODESYS доступні всі п'ять мов, визначених стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3), для написання керуючих програм:

- IL мова інструкцій (Instruction List);
- ST структурований текст (Structured Text);
- LD релейні діаграми (Ladder Diagram);
- FBD функціональні логічні блоки (Function Block Diagram);
- SFC мова циклів (Sequential Function Chart).

На додаток до FBD підтримується мова програмування CFC (Continuous Function Chart) з довільним розміщенням блоків і розміщенням порядку їх виконання.

В CODESYS реалізовано ряд додаткових розширень, що відповідають специфікації стандарту IEC 61131-3. Один з найбільш значущих серед них - підтримка Об'єктно-орієнтованого програмування (ООП).

Вбудовані компілятори CODESYS генерують машинний код (двійковий код), який завантажується в контролер. Підтримуються основні 16- і 32-розрядні процесори, такі як Infineon C166, Tricore, 80x86, ARM, Powerpc, SH, MIPS, Analog Devices Blackfin, TI C2000/28x та інші.

CODESYS версії V3 ґрунтується на платформі автоматизації, відомій як CODESYS Automation Platform, що дає можливість виробникам устаткування розширювати функціональність комплексу за допомогою власних плагінів.

Для програмування контролера у середовищі CODESYS, у нього має бути вбудована система виконання (Control Runtime System), яка встановлюється в контролер під час його виробництва. Для адаптації цієї системи до різних апаратних і програмних платформ існує спеціальний інструмент.

6.2 Прив’язка входів-виходів

Процес прив'язування входів і виходів ПЛК до об'єкта керування включає в себе призначення окремих вхідних портів ПЛК для кожного датчика, сигналів від елементів керування, таких як кнопки, перемикачі тощо, а також для сигналів блокування із суміжного обладнання. Крім того, для кожного виконавчого механізму, сигналів керування та вихідних сигналів блокування для суміжного обладнання також призначаються відповідні вихідні порти ПЛК.

6.3 Складання тексту робочої програми

Перший етап: прив’язка входів виходів та процес конфігування.

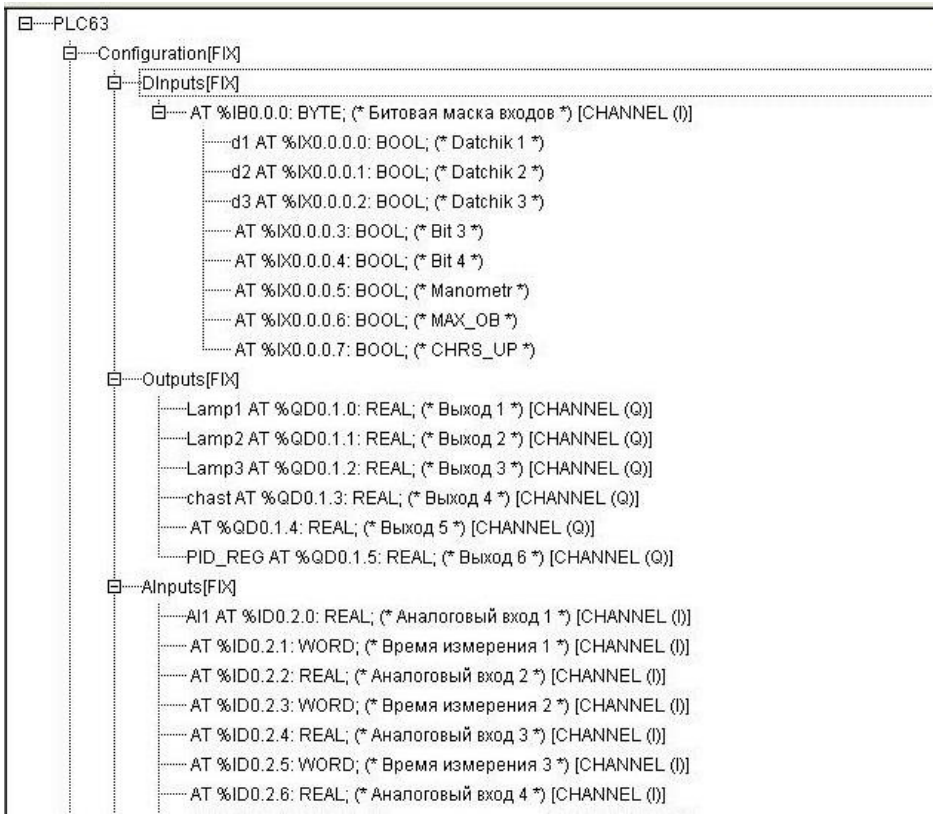

Рисунок 6.1 – Прив’язка входів-виходів

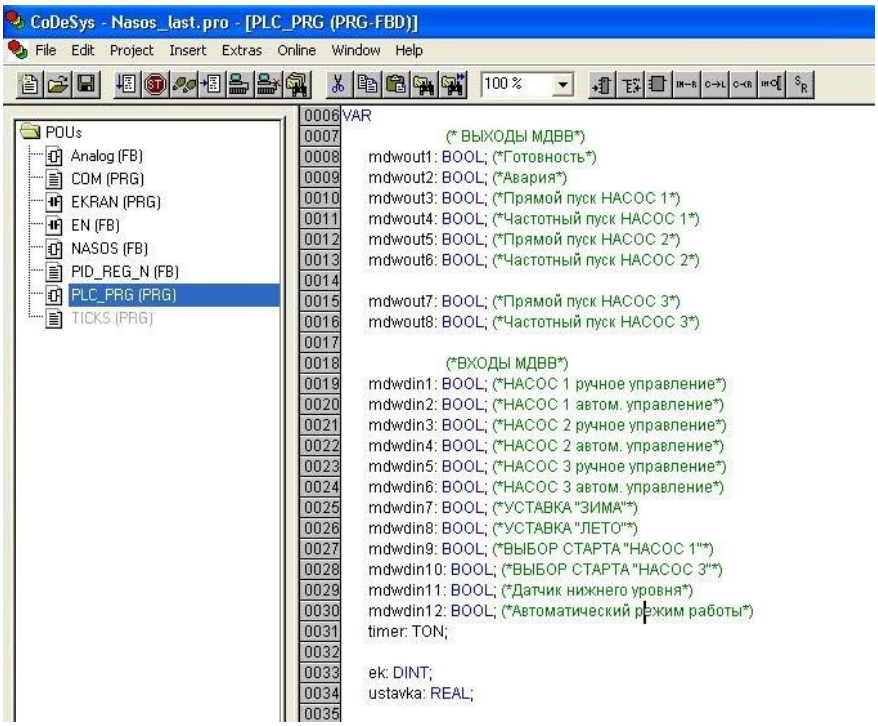

Рисунок 6.2 – Створення змінних проекту

Другий етап: безпосередньо створення самої керуючої програми.

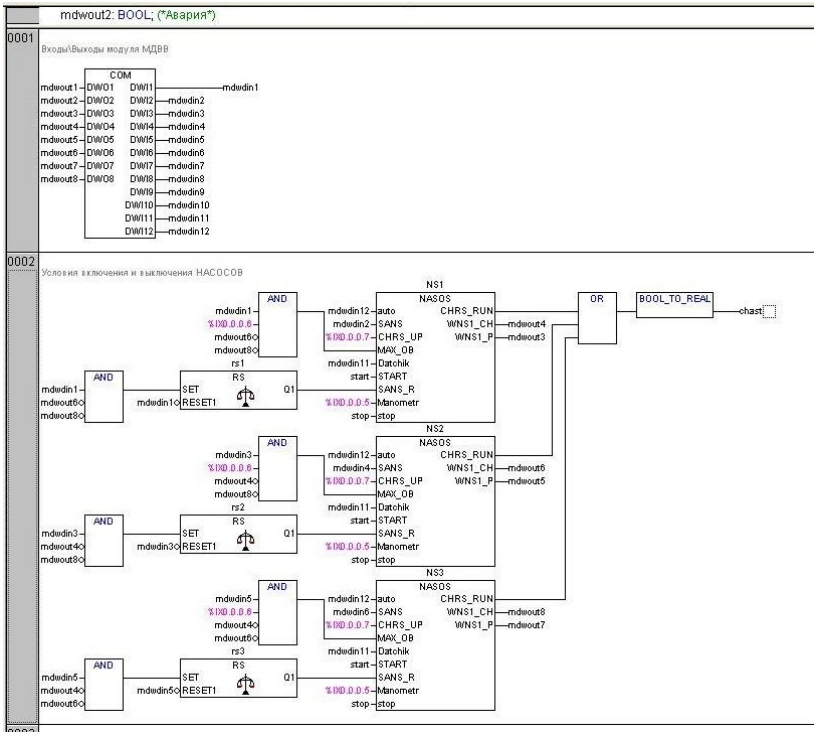

Рисунок 6.3 – Фрагмент керуючої програми

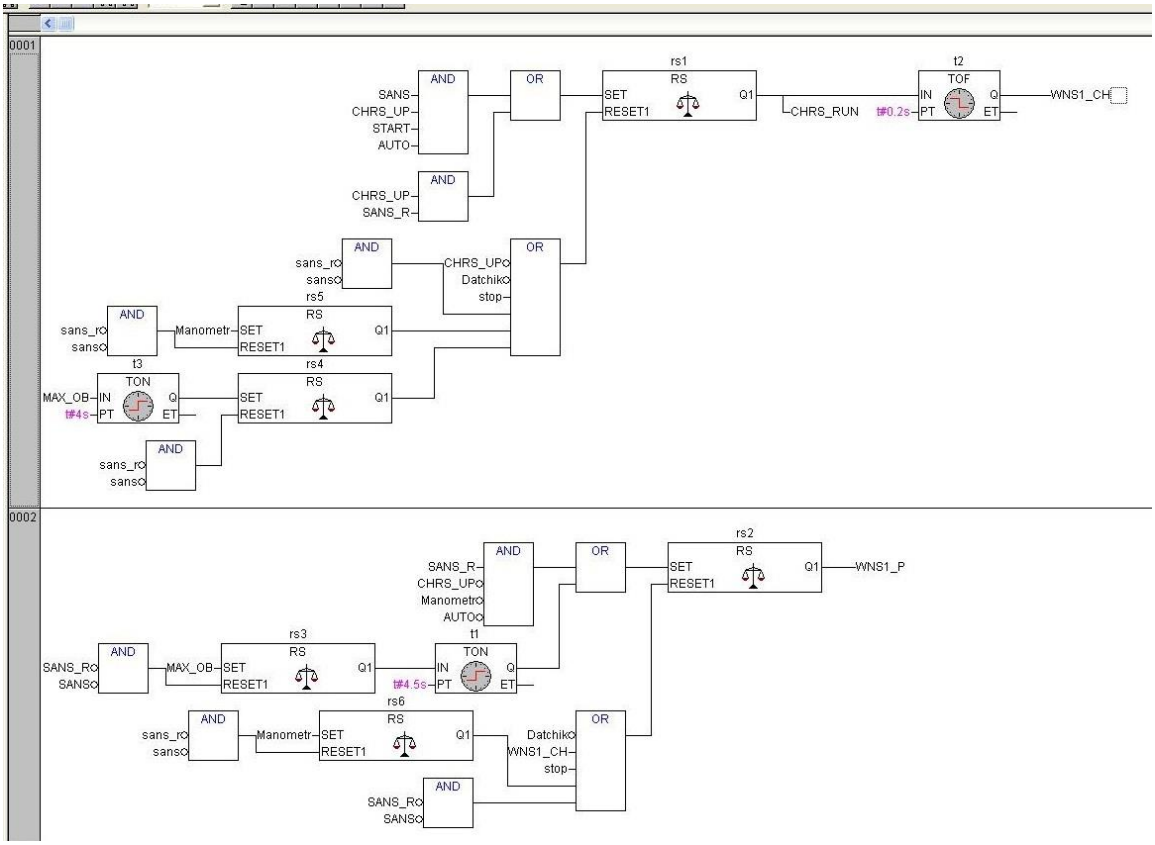

Рисунок 6.4 – Фрагмент керуючої програми

```
0001 FUNCTION_BLOCK PID_REG_N
0002 VAR_INPUT
0003     EN:BOOL;       (*Включить регулятор*)
0004   SETP: REAL ;     (*Уставка*)
0005   FEED: REAL ;     (*Обратная связь*)
0006   MAN_IN: REAL;    (*Выход в ручном режиме*)
0007   KP: REAL ;       (*Коэффициент усиления*)
0008   KI: REAL ;       (*Время интегрирования*)
0009   KD: REAL;        (*Время дифференцирования*)
0010   MAX_V: REAL;     (*Максимум выхода*)
0011   MIN_V: REAL;     (*Минимум выхода*)
0012   RES: BOOL;       (*Сброс регулятора*)
0013   MAN: BOOL;       (*Ручной режим*)
0014     CLOCK:DINT;    (*Текущее время, в данной реализации дисктерность 100 мс*)
0015 END_VAR
0016
0017 VAR_OUTPUT
0018     END:BOOL;      (*Регулятор включен*)
0019  LMN: REAL ;       (*Выход регулятора*)
0020 END_VAR
0021
```

```
0001 IF EN THEN         (*Если включено, то ПОЕХАЛИ!*)
0002 (*Посчитаем отклонения во все моменты времени*)
0003 E_N2:=E_N1;
0004 E_N1:=E_N;
0005 E_N:=SETP-FEED;
0006 ST1:=ST0;
0007 ST0:=CLOCK;
0008 DELTA_T:=DINT_TO_REAL(ST0-ST1)/10.0; (*Временной интервал 1 Сек*)
0009 (*А теперь с коэффициентами*)
0010 KI_DISCR:=KI*DELTA_T;
0011 KD_DISCR:=KD/DELTA_T;
0012 (*Собственно - выход, то есть сумма  интегрального и дифференциального звена*)
0013 U_N0:=U_N1+KI_DISCR*E_N+KD_DISCR*(E_N-2*E_N1+E_N2);
0014 IF KI>0 THEN
0015         IF KP*E_N+U_N0>MAX_V THEN (*Проверка максимума*)
0016                                   U_N0:=MAX_V-KP*E_N;
0017         END_IF;
0018         IF KP*E_N+U_N0<MIN_V THEN (*Проверка минимума*)
0019                                   U_N0:=MIN_V-KP*E_N;
0020         END_IF;
0021     ELSE U_N0:=0;
0022 END_IF;
0023 IF RES=TRUE   THEN (*Сброс, однако*)
0024   U_N0:=0;
0025 END_IF;
0026 IF MAN=TRUE   THEN (*Ручной режим*)
0027   U_N0:=MAN_IN;
0028 END_IF;
0029 U_N1:=U_N0;
0030 LMN:=KP*E_N+U_N0; (*Добрались, таки до выхода*)
0031 END:=TRUE;  (*Все посчитано*)
0032 ELSE
0033 END:=FALSE; (*Регулятор отключен, дальше тоже ничего не выполняется*)
0034 LMN:=0;         (*Выход, на всякий случай обнулим*)
0035 END_IF;
```

Рисунок 6.5 – Фрагмент керуючої програми

7 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ НА СТІЙКІСТЬ

Розробка функціональної схеми САР для насосної станції вимагає включення наступних компонентів:

ЧЕ - чутливий елемент (датчик рівня в басейні);

КЕ - керуючий елемент (мікропроцесор);

ВЕ - виконавчий елемент (насос подачі води);

ОК - об`єкт керування (басейн з водою);

ЕП - елемент порівняння, (контактний пристрій датчика рівня).

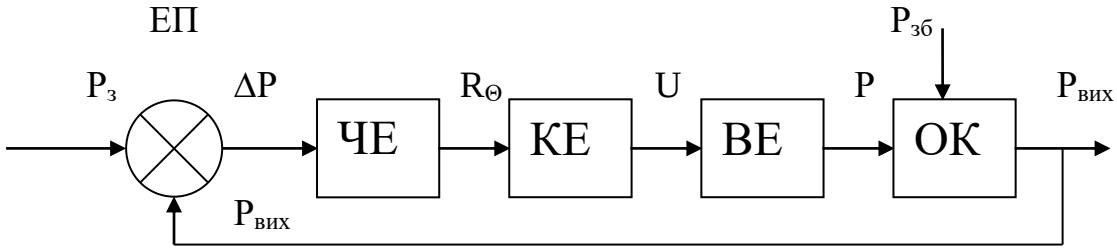

Рисунок 7.1 Функціональна схема САР керування насосною станцією

$Р_з$ - заданий тиск, який необхідно підтримувати в системі;.

$Р_{вих}$- реальний тиск, яку необхідно підтримувати в системі;.

Р – тиск, що впливає на датчик в водяному баці;

$Р_{зб}$ – збуджуючий вплив.

Система автоматичного регулювання (САР) реагує на вплив збудження (Рзб), що породжує різницю між заданим тиском (Рз) та реальним значенням тиску (Рвих). Цю різницю сприймає чутливий елемент, який генерує вихідний сигнал, пропорційний цій різниці. Керуючий елемент використовує свій вихідний сигнал для зміни режиму роботи виконавчого елементу, що відповідає за регулювання подачі води до водяного баку. Це дозволяє компенсувати вплив збудження та забезпечує необхідний рівень тиску у

системі.

У цій системі регулятора використовується принцип відхилення, відомий як принцип Ползунова-Уатта. Вихідний сигнал для регулятора формується на основі різниці між заданим значенням завантаження і реальним тиском. Це означає, що регулятор втручається у процес регулювання, коли виникає відхилення між бажаним та фактичним станом системи, забезпечуючи його корекцію.

Визначення передатних функцій ланок, що входять до складу САР:

1 Об`єкт керування – водяний бак, який можна описати аперіодичною ланкою першого порядку:

$$\begin{gathered} T_1 \frac{dH(t)}{dt} = k_1 Q(t) \\ 450 \frac{dH(t)}{dt} = 0{,}4\, Q(t) \end{gathered} \tag{7.1}$$

2 Датчик – реле тиску, що описується підсилюючою ланкою:

$$U(t) = k_3 L(t) \tag{7.2}$$

3 Регулятор

$$\begin{gathered} T_3 \frac{dL(t)}{dt} + L(t) = k_2 H(t) \\ 0{,}2 \frac{dL(t)}{dt} + L(t) = 2{,}5 H(t) \end{gathered} \tag{7.3}$$

4 Виконавчий елемент – водяний насос, описується аперіодичною ланкою першого порядку.

$$T_4 \frac{dQ(t)}{dt} + Q(t) = k_4 U(t) \tag{7.4}$$

$$6\frac{dQ(t)}{dt} + Q(t) = 0{,}9U(t)$$

Зробимо перехід від диференціальних рівнянь до передаточних функцій (ПФ).

Диференціальне рівняння об`єкту керування (водяного баку):

$$450\frac{dH(t)}{dt} = 0{,}4q(t)$$

Зробимо перехід від диференціального рівняння до алгебраїчного, змінивши похідні на оператор Лапласа р.

$$450\,\delta + 1 = 0{,}4t(\delta)$$

Визначимо передатну функцію об`єкту керування $W_{ОК}$ в операторній формі

$$W_{ОК}(p) = \frac{0{,}4}{450p + 1} \tag{7.5}$$

Аналогічно визначимо передатні функції для інших ланок САР:

$$\begin{aligned} W_{\times Â}(p) &= \frac{2{,}5}{0{,}2\,\delta + 1} \\ W_{ÊÀ}(\delta) &= 3 \\ W_{ÂÀ}(p) &= \frac{0{,}9}{6p + 1} \end{aligned} \tag{7.6}$$

Ми плануємо створити структурну схему системи автоматичного регулювання (САР) для насосної станції, використовуючи розраховані передатні функції. Ця система буде включати різні модулі автоматики, такі:

- датчик – коливальна ланка;

- регулятор - підсилююча ланка;
- виконуючий елемент – аперіодична ланка першого порядку;
- об`єкт керування – аперіодична ланка другого порядку.

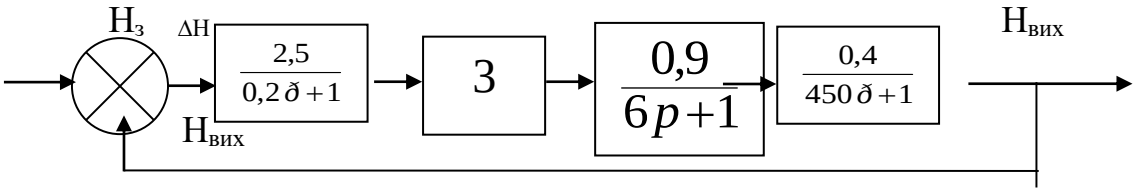

Рисунок 7.2 – Структурна схема САР керування насосною станцією

За аналізом системи автоматичного регулювання (САР) видно, що при збільшенні тиску у водяному баці відбувається відкриття контакту датчика, що призводить до зміни навантаження на об'єкт керування, і навпаки. Це означає, що для правильної роботи САР потрібно використовувати негативний зворотній зв'язок (НЗЗ), що відображено на структурній схемі за допомогою затемненого сектора елемента порівняння.

Для аналізу стійкості САР необхідно знайти передатну функцію системи в цілому.

Спочатку знайдемо ПФ розімкнутої системи (без зворотного зв`язку) – *$W_{роз}(p)$:*

$$W_{ðîç}(p)=\frac{2,5}{0,2ð+1}\cdot 3\cdot\frac{0,9}{6p+1}\cdot\frac{0,4}{450p+1}=\frac{2,7}{+1}$$

Знаходимо ПФ замкненої САР $W_{замк}(p)$ використовуючи для цього формулу:

$$W_{замк}(p)=\frac{W_{роз}(p)}{1\pm W_{роз}(p)W_{зз}(p)} \qquad (7.7)$$

де $W_{зз}(p)$ – передатна функція кола зворотного зв`язку.

Оскільки в САР використано НЗЗ у формулі залишаємо знак „+” у

знаменнику.

Підставимо в формулу значення $W_{роз}(p)$ та враховуючи, що $W_{зз}(p)$ в даному прикладі дорівнює одиниці (оскільки в колі зворотного зв`язку ланки відсутні), отримаємо вираз для розрахунку $W_{замк}(p)$

$$W_{çàìê}(p) = \frac{\dfrac{27}{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 1}}{1 + \dfrac{27}{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 1}} =$$

$$= \frac{\dfrac{27}{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 1}}{\dfrac{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 3{,}7}{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 1}} =$$

$$= \frac{2{,}7}{27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 3{,}7}$$

Знаменник виразу – це характеристичний поліном замкненої системи.

$$Q(p) = 27p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 3{,}7 \qquad (7.8)$$

В результаті маємо придатне до аналізу характеристичне рівняння замкненої системи.

$$Q(p) = 0{,}1p^2 + p + 6027p^4 + 112{,}56\delta^3 + 2718{,}25\delta^2 + 456{,}04p + 3{,}7 = 0$$

Аналіз стійкості за критерієм Михайлова.

Аналіз стійкості САР проводитися з використанням характеристичного рівняння . Для цього замінимо комплексну змінну p на Jω і отримаємо вектор Михайлова.

$$027(j\omega)^4 + 112{,}56(j\omega)^3 + 2718{,}25(j\omega)^2 + 456{,}04(j\omega) + 3{,}7 = 0 \qquad (7.9)$$

Виділимо в рівнянні дійсну Re(ω) та умовну Im(ω) частини враховуючи, що:

$$j^2 = -1; \quad j^3 = -j; \quad j^4 = 1; \tag{7.10}$$

$$\mathrm{Re}(\omega)=27\,\omega^4 - 2718{,}25\,\omega^2 + 3{,}7 \tag{7.11}$$

$$\mathrm{Im}(\omega)=456{,}04\omega - 112{,}56\,\omega^3$$

Підставляючи у дані вирази значення частоти ω від 0 до ∞ знаходимо значення дійсної та умовної частини вектора, за якими будуємо на комплексній площині годограф Михайлова.

Таблиця 7.1 – Дані для побудови годографа Михайлова

ω (рад $с^{-1}$)	Re(ω)	Im(ω)
1	-2687,55	343,48
2	-10437,3	11,6
3	-22273,6	-1671
4	-36576,3	-5379,68
5	-51077,6	-11789,8
6	-62861,3	-21576,7
7	-68363,6	-35415,8
8	-63372,3	-53982,4
9	-43027,6	-77951,9
10	-1821,3	-108000
11	66402,45	-144801

Продовження таблиці 7.1

ω (рад c^{-1})	Re(ω)	Im(ω)
12	168447,7	-189031
13	311766,5	-241366
14	504458,7	-302480
15	755272,5	-373049
16	1073604	-453749
17	1469496	-545255
18	1953643	-648241
19	2537382	-763384
20	3232704	-891359

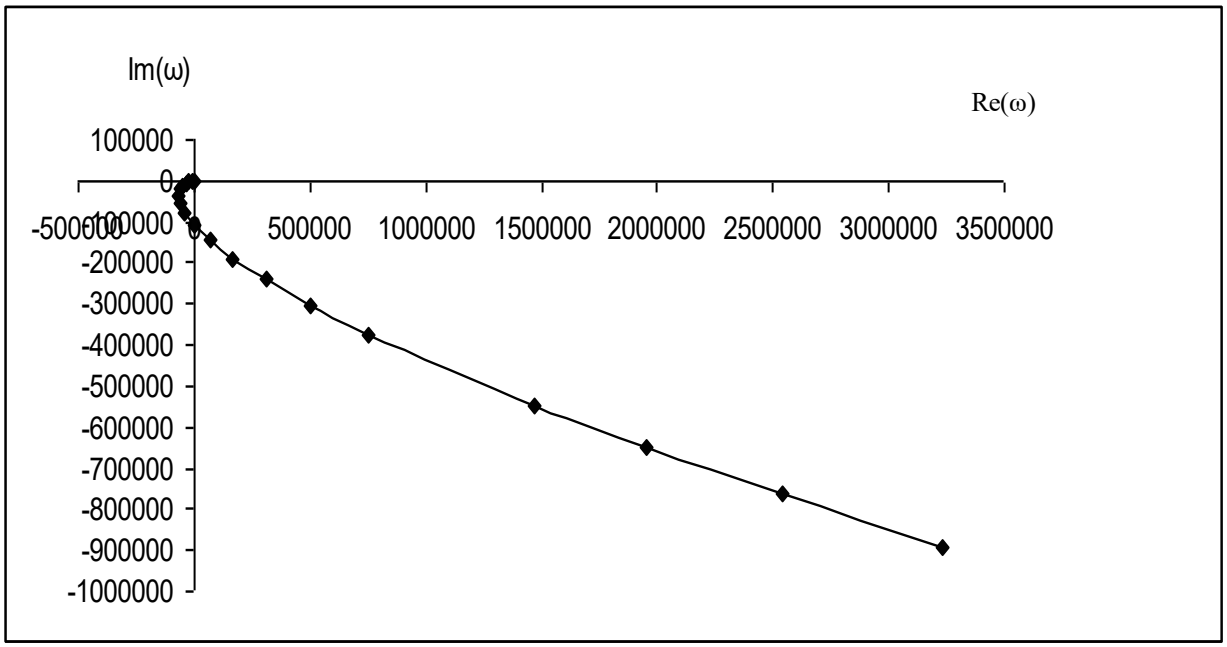

Рисунок 7.3 - Годограф Михайлова

З побудови видно, що годограф Михайлова починається на позитивній дійсній піввісі, повертається проти годинникової стрілки, ніде не перетворюється в нуль, послідовно проходить число квадрантів що дорівнює степені характеристичного рівняння, отже система стійка.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1 Призначення та технічні характеристики

В цій роботі була розроблена автоматизована система керування насосною станцією, яка є самостійною системою і базується на промисловому контролері ПЛК63. Вона виконує функції програмного керування насосною станцією та надає додаткові можливості для керування та контролю процесу подачі води. Система керування роботою насосною станцією на фермі призначена для заміни релейних блоків керування насосної станції, з метою модернізації та покращення характеристик даних установок.

Система контролю розрахована на експлуатацію в діапазоні температур від -25 до +40 ºС та при відносній вологості повітря, що не перевищує 80% при температурі 25 ºС.

Живлення системи здійснюється від промислової мережі змінного струму напругою 380 В та частотою 50 Гц.

Система керування дозволяє здійснювати керування роботою насосної станції як у ручному, так і у автоматичному режимі. Крім того, корекція алгоритмів роботи можлива лише шляхом перепрограмування мікроконтролера, який встановлений у спеціальну панель, без необхідності розбирання або демонтажу її складових частин та блоків.

8.2 Вказівки що до заходів безпеки

Перед роботою необхідно переконатися, що затискач заземлення підключений до загальної системи заземлення та забезпечує надійне

заземлення.

До роботи з системою допускаються працівники, які досягли 18-річного віку і пройшли навчання з принципів роботи та електричних схем системи, а також успішно пройшли курс виробничого навчання, включаючи іспити з техніки безпеки, і ознайомилися з цією інструкцією.

Будь-які роботи з технічного обслуговування або ремонту в шафі керування повинні проводитися при відключеному живленні як для шаф керування, так і для всього пакувального автомата.

Під час ремонту та налагодження важливо усвідомлювати, що система працює під напругою 380 В, що може бути небезпечним для людей.

8.3 Порядок установки

Система призначена для використання в закритих приміщеннях у стаціонарних умовах. Вона має бути встановлена в стандартну шафу керуючої апаратури насосної станції, замінивши блок, що підлягає модернізації.

При цьому підключення системи до мережі змінного струму з напругою 380 В та частотою 50 Гц аналогічне підключенню блоку, який потребує модернізації.

8.4 Підготовка системи до роботи

Перед увімкненням системи необхідно виконати наступні кроки:

- перевірте систему на зовнішні пошкодження, щоб переконатися, що вона не має механічних ушкоджень;
- переконатися в наявності та правильному стані запобіжника;
- перевірити наявність кола заземлення.

8.5 Технічне обслуговування

Технічне обслуговування системи включає такі етап:

- проведення зовнішнього огляду;
- очищення від пилу, яке рекомендується виконувати не рідше одного разу на рік;
- промивання контактів з'єднувачів етиловим спиртом марки А з розрахунку 0,01 г на один контакт. Цей процес рекомендується проводити не рідше двох разів на рік.

8.6 Характерні несправності та методи їх усунення

- дрібні несправності потребують усунення;
- необхідно замінити пошкоджений запобіжник;
- виконання ремонту з'єднувальних кабелів.

У переліку зазначені можливі проблеми та рекомендовані шляхи їх виправлення в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Можливі несправності при роботі автоматизованої системи насосної станції

Найменування несправності, зовнішні прояви	Вірогідна причина	Метод усунення
1 Насоси станції не вмикаються. Не світиться індикатор ввімкнення живлення.	1 Вийшов з ладу запобіжник. 2 Несправний кабель живлення. 3 Не ввімкнено головний рубильник живлення насосної станції.	Замінити несправний запобіжник. Замінити несправний кабель. Ввімкнути головний рубильник живлення.
2 Покази датчика тиску води не відповідають дійсності.	1 Не має електричного контакту між датчиком та системою контролю плівки. 2 Вийшов з ладу датчик контролю тиску води.	Перевірити проводку від датчика до системи контролю плівки. Замінити датчик
3.Немає сигналу від датчика нижнього рівня води в ємності.	Вийшов з ладу датчик контролю рівня води в ємності.	Замінити несправний датчик.

Виправлення несправностей, які потребують розбирання або демонтажу системи, повинно здійснюватись спеціалізованими ремонтними підприємствами та службами, що мають працівників з відповідною радіотехнічною підготовкою

ВИСНОВКИ

Під час кваліфікаційної роботи було описано технологічний процес водопостачання на всіх шести принципах автоматизації, розроблено алгоритм програмного управління роботою насосної станції на основі цього зроблена блок-схема алгоритму керування насосної станції. Зроблено порівняльну характеристику сучасних пристроїв промислової автоматизації с пристроями програмного керування. Визначено їх особливості. Вибрано конкретні технічні засоби автоматизації, зокрема ПЛК та зроблений його опис. Розроблено структурну та принципову схему системи керування водопостачанням, програмне забезпечення, вибрано конкретний програмний засіб для розробки керуючої програми для ПЛК, було використано програмний продукт Codesys, зроблений процес виконання прив’язки входів виходів ПЛК, складений текст керуючої програми. Розраховано систему на стійкість за критерієм Михайлова, з’ясувалось що система стійка. Описано розділ охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. Таким чином вирішуючи деякі задачі кваліфікаційної роботи, добившись поставленої мети, а саме було розроблено програмне забезпечення автоматизованої системи насосної станції.

.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Березуцький В. В. Охорона праці. Збірник нормативно-правових актів України: підруч. [видання третє, доповнене та виправлене] / В. В. Березуцький, А. Й. Фомін. - Харків: вид-во "Бурун Книга", 2010. – 384с.

2 Фурман І.О., Чалий І.В., Тимчук С.О. Мікропроцесорні керуючі пристрої промислового призначення: Навчальний посібник для ВНЗ.- К.: Мін. освіти, 1998.- 131 с.

3 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів / І.Д. Сорокін і ін.– К.: ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98, 1998. – 382с.

4 Пупена О. М. Промислові інформаційні мережі та інтеграційні технології: курс лекцій / Пупена О. М., Мацебула Д. В. – К.:НУХТ, 2015. – 89 с.

5 Кушков В. М. Людино-машинні інтерфейси: Конспект лекцій [для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання]/ Кушков В. М. – К.: НУХТ, 2012. – 100 с

6 A High Performance HMI: Better Graphics for Operations Effectiveness, ISA Water & Wastewater and Automatic Controls Symposium Holiday Inn Castle Resort: Orlando, Florida, USA – Aug 7-9, 2012

7 Ладанюк А.П. Комплексування методів теорії керування в системах автоматизації технологічних об’єктів . Частина 1/ А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх, Д.А. Шумигай// Наукові праці НУХТ. – 2017. – том 23. – №4. – С. 8 – 16.

8 Zamikhovskii L. M., Oliinyk A. P., Klapoushchak O. I., Shtaiyer L. O. The flood process mathematical modelling an their prediction methods based on static data. Life Science Journal. 2014;11(8s).P.473–477.URL: http://www.lifesciencesite.com/lsj/life1108s/104_25000life1108s14_473_477.pdf