

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 620.9:621.3:014.2.631.25

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження

Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка

Каплун В.В.

Лисенко В.П.

(підпис)

(ПШБ)

(підпис)

(ПШБ)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

02.06.-КМР.323”С”.23.03.06.022.ПЗ

на тему: «КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
НАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ НА БАЗІ КІТЗ
SIEMENS»

Спеціальність 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Лисенко В.П.

(підпис)

Керівник магістерської роботи

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Болбот І.М.

(підпис)

Виконав

Котигорошко Д. Р.

(підпис)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматичних та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка
Лисенко В.Д.
(підпис) (ПІБ)

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Котигорошку Дмитру Романовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: **«Комп'ютерно-інтегрована система керування насосною установкою підвищення тиску на базі КТЗ Siemens»**

керівник магістерської роботи: Болбот Ігор Михайлович, д.т.н., професор.

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 06.03.2023 р. № 323 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 17.10.2023

Вихідні дані до магістерської роботи:

Завдання кафедри на магістерську роботу. Матеріали обстеження об'єкту дослідження.

Нормативні документи по проектуванню енергетичних об'єктів. Наукова література з

тематики магістерських робіт

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз систем водопостачання.
2. Уточнена математична модель насосної системи.
3. Модель регулювання насосної системи.
4. Перехідний процес САК підвищення тиску.
5. Проектування САК підвищення тиску.
6. Розробка системи управління САК/підвищення тиску на базі КТЗ Siemens.

Дата видачі завдання 06.03.2023 р.

Керівник магістерської роботи _____

(підпис)

Болбот І.М.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Котигорошко Д.Р.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Актуальність роботи: З ростом населення в містах, гостро зростає необхідність в побудові нових жилих будинків. Також на сьогоднішній день

існує безліч будинків старого фонду, які потребують модернізації систем водозабезпечення у зв'язку із великим строком експлуатації, що може призвести

до поломки обладнання. Сучасний світ вимагає надійних та ефективних систем управління для забезпечення стабільності і оптимізації виробничих процесів.

Однією з важливих складових цього завдання є насосні установки, які забезпечують підвищення тиску рідини в системах водопостачання та інших

галузях. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування для таких установок стає дедалі актуальнішою, оскільки це дозволяє підвищити їхню

продуктивність та знизити витрати енергії. Раніше, коли ціни на енергоресурси були низькими, автоматизацією технологічних процесів нехтували але останнім

часом, підвищення цін на електроенергію, збільшення вартості насосного обладнання та його обслуговування призвели до збільшення значення

автоматизації.

Мета роботи: Розробка та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи керування насосною установкою для підвищення тиску рідини в системі

водопостачання на базі ПЛК Siemens.

Задачі роботи:

- Провести аналітичний огляд програмно-апаратних рішень;
- Розробити імітаційну модель об'єкта;
- Розробити програмне забезпечення системи;
- Підібрати та обґрунтувати обладнання для шафи керування насосною установкою підвищення тиску;
- Розробити принципову схему та схему електричних підключень;
- Розробка стартап проекту.

Об'єкт дослідження: процес керування насосною установкою підвищення тиску в багатоповерховому будинку.

Предмет дослідження: Насосна установка, що складається з двох паралельно з'єднаних вертикальних багатоступінчастих насосів, потужністю 5.5 кВт.

Методи дослідження: Дослідження виконуватимуться за допомогою аналізу, моделювання, експериментів та програмування системи на ПЛК Siemens.

Ключові слова: програмований логічний контролер, насосна установка, перетворювач частоти, підвищення тиску, автоматичний режим, підтримання тиску.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

АНОТАЦІЯ

Дана робота розглядає створення комп'ютерно-інтегрованої системи керування для насосної установки, призначеної для підвищення тиску рідини в системі водопостачання. Розглянуто принцип дії відцентрових насосів та було підібрано насоси, необхідні для виконання поставленої задачі. У даній роботі були розглянуті способи поліпшення роботи насосних станцій з метою збільшення їх продуктивності та зниження витрат. Були розглянуті основні причини, чому варто використовувати регульований електропривід для керування насосами. Була розроблена сучасна система керування, яка базується на логічному контролері та перетворювачі частоти. Дану систему можна легко адаптувати під різні задачі систем водопостачання на етапі розробки. Робота демонструє важливість використання програмованих логічних контролерів в системах керування для досягнення максимальної ефективності в цілому.

Ключові слова: програмований логічний контролер, насосна установка, перетворювач частоти, підвищення тиску, автоматичний режим, підтримання тиску.

ABSTRACT

This paper discusses the development of a computer-integrated control system for a pump station designed to increase fluid pressure in a water supply system. It explores the operation principle of centrifugal pumps and the selection of pumps required to accomplish the specified task. The study investigates ways to enhance the efficiency and reduce costs of pump stations. It highlights the fundamental reasons for using variable frequency drives for pump control. A modern control system based on a programmable logic controller and frequency converters has been designed. This system can be easily adapted to various water supply system requirements during the development stage. The research underscores the importance of utilizing programmable logic controllers in control systems to achieve maximum overall efficiency.

Keywords: programmable logic controller, pump station, frequency converter, pressure increase, automatic mode, pressure maintenance.

АННОТАЦІЯ

Данная работа рассматривает создание компьютерно-интегрированной системы управления для насосной установки, предназначенной для повышения давления жидкости в системе водоснабжения. В работе рассмотрен принцип работы центробежных насосов, и были подобраны необходимые насосы для выполнения поставленной задачи. Исследованы методы улучшения работы насосных станций с целью повышения их производительности и снижения затрат. Рассмотрены основные причины использования регулируемого электропривода для управления насосами. Разработана современная система управления, основанная на логическом контроллере и частотных преобразователях. Эту систему можно легко адаптировать под различные требования систем водоснабжения на этапе разработки. Работа подчеркивает важность использования программных логических контроллеров в системах управления, для достижения максимальной эффективности в целом.

Ключевые слова: программный логический контроллер, насосная установка, частотный преобразователь, повышение давления, автоматический режим, поддержание давления.

РЕФЕРАТ	3
АННОТАЦІЯ	5
ABSTRACT	6
АННОТАЦІЯ	7
ЗМІСТ	8
ВСТУП	10
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ РІШЕНЬ	12
1.1 Огляд систем водопроводів. Внутрішній водопровід.....	12
1.2 Види і особливості відцентрових насосів	13
1.3 Показники, що дають можливість оцінити роботу насоса	15
1.4 Типи з'єднань насосів для регулювання роботи установок	16
1.5 Основні види пуску насосних установок	17
1.6 Принцип роботи електродвигунів. Електродвигуни змінного струму ...	23
1.7 Формулювання вимог до електроприводу та системи керування технологічним об'єктом	25
1.8 Технічне завдання	27
1.9 Підбір насосів	27
Висновок до розділу	31
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	33
2.1 Отримання передатної функції насосної установки	33
2.2 Моделювання системи керування об'єктом	37
Висновок до розділу	42
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ НАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ	43
3.1 Робота системи в автоматичному режимі роботи	43
3.2 Робота системи в ручному режимі роботи	46

3.3 Розробка програми керування процесом в програмному середовищі TIA Portal	46
Висновок до розділу	56
4. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШАФИ КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ	57
4.1 Вибір центрального контролера	57
4.2 Вибір модулів вводів/виводів дискретних та аналогових сигналів	60
4.3 Вибір панелі оператора	63
4.4 Розрахунок та підбір блока живлення для модулів системи	64
4.5 Вибір силової частини	65
4.6 Підбір металоконструкції та компоновка системи	74
4.7 Датчики тиску 4-20Ма	76
4.8 Датчик сухого ходу	78
Висновок до розділу	80
5. СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	
5.1 Схема електрична принципова	81
5.2 Схема підключень	89
6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	90
6.1 Опис проекту та його мета	90
6.2 Основні характеристики проекту	90
6.3 Цільові групи споживачів	91
6.4 Актуальність та новизна ідеї	92
6.5 План розвитку проекту	93
6.6 Розрахунок витрат на виробництво	94
Висновок до розділу	97
ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	98
ВИСНОВКИ	101
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	103

ВСТУП

Актуальність теми: З ростом населення в містах, гостро зростає необхідність в побудові нових жилих будинків. Також на сьогоднішній день існує безліч

будинків старого фонду, які потребують модернізації систем водозабезпечення у зв'язку із великим строком експлуатації, що може призвести до поломки

обладнання. Сучасний світ вимагає надійних та ефективних систем управління для забезпечення стабільності і оптимізації виробничих процесів. Однією з

важливих складових цього завдання є насосні установки, які забезпечують підвищення тиску рідини в системах водопостачання та інших галузях. Розробка

комп'ютерно-інтегрованої системи керування для таких установок стає дедалі актуальнішою, оскільки це дозволяє підвищити їхню продуктивність та знизити

витрати енергії. Раніше, коли ціни на енергоресурси були низькими, автоматизацією технологічних процесів нехтували але останнім часом,

підвищення цін на електроенергію, збільшення вартості насосного обладнання та його обслуговування призвели до збільшення значення автоматизації

Ступінь розробленості теми: Тема автоматизації та керування насосними установками має значний рівень розробленості у наукових працях як в Україні,

так і за кордоном. Вчені та фахівці вже зосередили увагу на використанні сучасних технологій для оптимізації таких систем.

Необхідність проведення досліджень: Незважаючи на наявність попередніх досліджень, існують проблеми та завдання, які залишаються нерозв'язаними.

Наприклад, розробка та впровадження системи керування на базі ПЛК Siemens для підвищення тиску рідини вимагає докладних досліджень та адаптації до

конкретних умов.

Об'єкт і предмет дослідження: Об'єктом дослідження є насосні установки, а предметом - комп'ютерно-інтегрована система керування на їхній основі.

Мета і завдання дослідження: Метою даної роботи є розробка та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи керування насосною

установкою для підвищення тиску рідини в системі водопостачання на базі ПЛК Siemens. Система, яку ми розробляємо, призначена для зменшення впливу

людського фактору на роботу насосної станції. Вона також спрямована на досягнення високої ефективності з точки зору споживаної електроенергії та економічної вигоди. Це досягається за допомогою використання сучасних методів управління насосами та багатофункціональних контролерів, які оптимізують роботу системи в цілому.

Основні методи дослідження: Дослідження виконуватимуться за допомогою аналізу, моделювання, експериментів та програмування системи на ПЛК Siemens.

Вихідні дані для розробки: Початковими даними для розробки є технічні характеристики насосних установок та вимоги до системи керування.

РОЗДІЛ 1

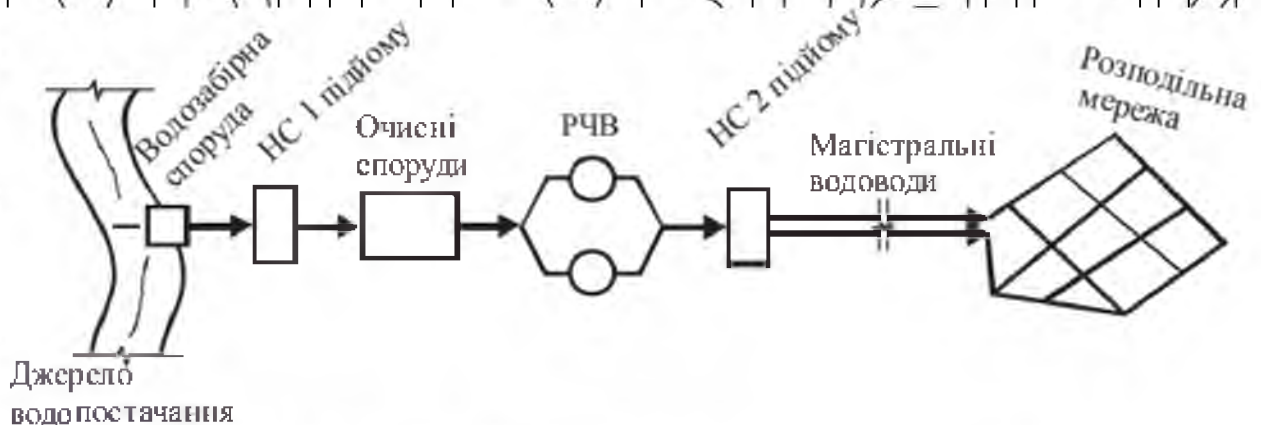
1. Аналітичний огляд існуючих програмно-апаратних рішень

НУВБІП України

1.1 Огляд систем волопроводів. Внутрішній водопровід

Водопостачання – це забезпечення водою різноманітних споживачів (виробничих підприємств, населених пунктів, будинків, квартир та інших об'єктів) для задоволення господарських, технологічних, питних і протипожежних потреб. Комплекс інженерних споруд, що виконують завдання водопостачання, називають системою водопостачання або водопроводом.

Централізована система водопостачання промислового підприємства або населеного пункту, повинна забезпечувати прийом води з джерела в необхідній кількості, її очищення, якщо це необхідно, передачу до обслуговуваного об'єкта і подачу споживачу під необхідним напором (тиском). Щоб забезпечити цю задачу, в систему водопостачання входять наступні елементи (рис 1.1):



Рисунк 1.1 – Структурна схема водопостачання

Призначенням водозбірних споруд являється прийом води з різноманітних водних джерел.

Насосні станції (НС) 1 підйому призначені для передачі води від водозабору на очисні споруди; НС 2 підйому призначені для передачі вже очищеної води з резервуару чистої води в магістральні водопроводи і далі в розподільну мережу. При потребі для створення необхідного тиску в трубопроводах, встановлюють додаткові насосні станції; Очисні споруди призначені для поліпшення

НУВБІП України

властивостей води; Магістральні водоводи призначені для передачі води до місць її розподілу і споживання; магістральні водоводи транспортують основну кількість води від джерелних споруд до об'єкта водопостачання; водорозподільні мережі подають воду безпосередньо споживачам на території обслуговуваного об'єкта.

Система водопостачання в будинках — комплекс водозбірних пристроїв і обладнання, що забезпечує водою з міського водопроводу усіх споживачів у необхідній кількості та напором.

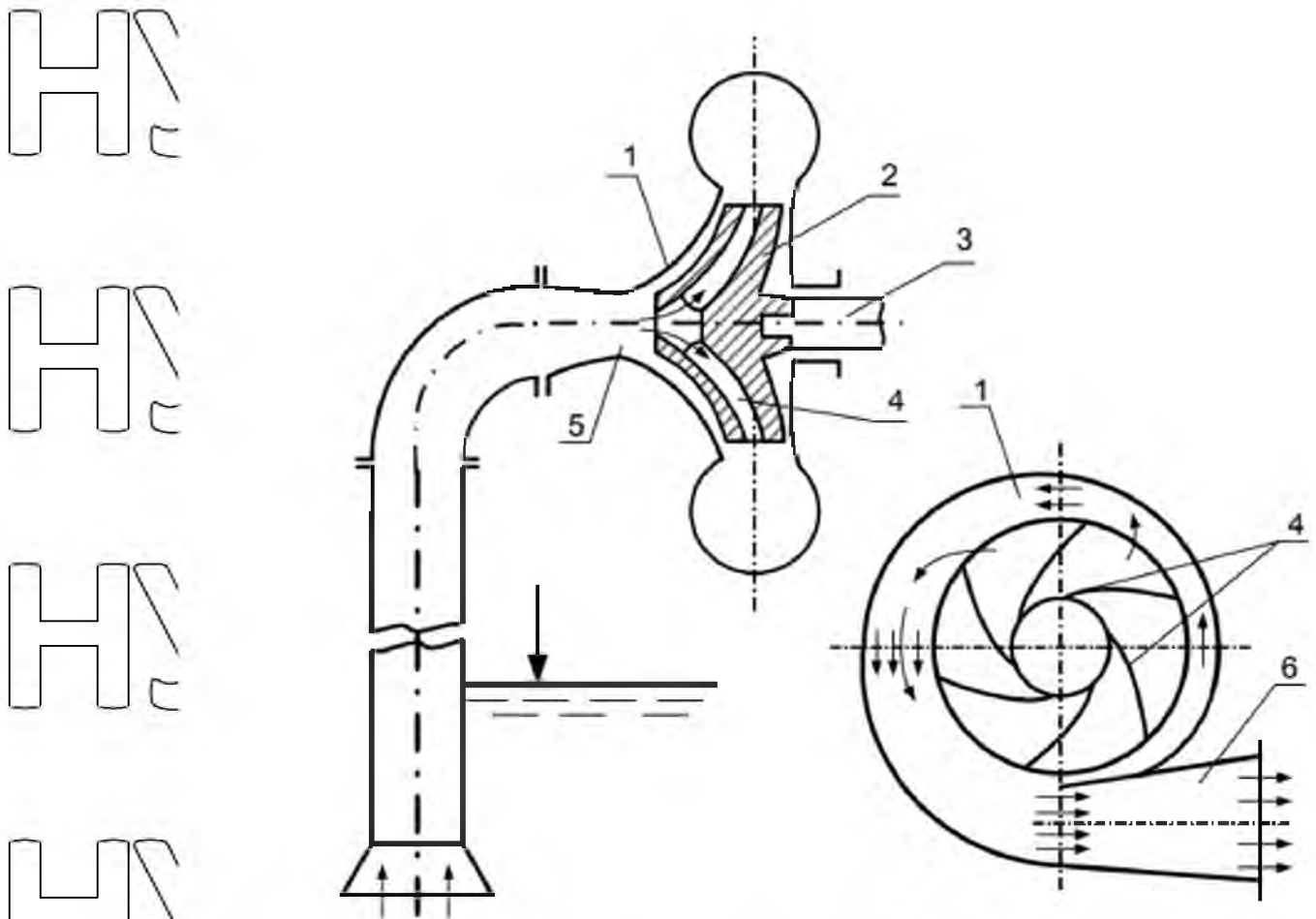
Схемою водопостачання прийнято називати технологічну лінію, що зв'язує в тій або іншій послідовності водопровідні спорудження призначені для добування, перекачування, поліпшення якості і транспортування води до пунктів її споживання. Схема водопостачання значною мірою визначається вибором джерела води[1].

Щоб завести воду в багатоквартирні будинки, необхідно спроектувати систему внутрішнього водопроводу. Внутрішній водопровід — це трубопровідна система, розташована всередині будівлі та включає в себе труби для подачі води і каналізацію. Як правило, для того щоб будинок мав внутрішній водопровід, його необхідно підключити до місцевої каналізації.

1.2 Види і особливості відцентрових насосів

Відцентровий насос — це гідравлічний динамічний механізм.

У середині спірального корпусу 1 відцентрового насоса (рис. 1.2) знаходиться робоче колесо 2, яке закріплене на валу 3. Колесо 2 складається з двох дисків, між якими знаходяться лопаті 4. Корпус насоса з'єднано з всмоктувальним та напірним трубопроводами за допомогою патрубків 5 та 6. Якщо корпус насоса та його всмоктувальний трубопровід наповнити рідиною, а потім надати робочому колесу обертального руху, то рідина під дією лопатей робочого колеса починає обертатися. Відцентрові сили переміщують рідину на периферію, де створюється підвищений тиск, а у центрі колеса — розрідження. За рахунок цієї різниці тисків рідина надходить до напірного трубопроводу. Таким чином здійснюється безперервна подача насосом рідини[2].



1 – корпус; 2 – робоче колесо; 3 – вал; 4 – лопаті; 5, 6 – всмоктуючий та напірний патрубків, відповідно

Рисунок 1.2) – Схема одноступеневого відцентрового насоса.

Види відцентрових насосів.

Випускаються пристрої декількох різновидів, що відрізняються деякими особливостями конструкції і мають різні експлуатаційні характеристики. При цьому, їх класифікація виконується за цілою низкою параметрів, які варто врахувати при виборі насосного обладнання, для конкретних цілей.

а кількістю робочих коліс. Насоси можуть бути одноступінчастими, з одним колесом, і багатоступінчастими, з великою кількістю крильчаток. Вибір багатоступінчастого агрегату може бути

обумовлений необхідністю транспортування рідини під великим тиском, оскільки сумарний показник тиску складається з показників всіх робочих коліс,

по розташуванню осі робочого колеса в просторі, яке може бути вертикальним або горизонтальним;
 по робочому тиску насосної установки, яке може бути низьким, з показником до 0,2 мегапаскалей, середнім - 02-06 мегапаскалей, високим, з показником понад 0,6 мегапаскалей;

по подачі рідини в насос, що здійснюється через односторонній вхід, або з двох сторін;
 по роз'єму корпусу установки, яка буває вертикальної і горизонтальної;

з огляду на функціональне призначення, можна позначити насоси водопровідні, пожежні, каналізаційні, нафтопереробні, лужні, для хімічних речовин та інші;

У відцентрових насосів є такі недоліки як низький ККД при перекачуванні

малих об'ємів рідини під високим тиском та необхідність заповнення рідиною робочої камери насоса перед його ввіключенням. В іншому випадку помпа може вийти з ладу [3].

1.3 Показники, що дають можливість оцінити роботу насоса

Продуктивність або подача це - кількість рідини, що переміщує механізм за одиницю часу. Швидкісні можливості переміщення рідини механізмом, в залежності від характеристик, можуть мати наступні одиниці вимірювання: вагова подача – G , Н/с ; об'ємна подача – Q , м³/с ; масова подача – m , кг/с.

Тиск (напір) – це енергія, що передається нагнітачем одиниці кількості рідини, характеризує роботу, яку виконує механізм для її переміщення. Наприклад: при однаковій подачі та трубопроводі, переміщення рідини по горизонталі потребує набагато менших витрат енергії насосом, ніж переміщення рідини по вертикалі. Якщо енергію віднести до одиниці ваги, то використовують термін - напір - H , м ($\text{Дж/Н} = \text{м}$). Якщо енергію віднести до одиниці об'єму використовують термін - тиск - P , Па.

Коефіцієнт корисної дії механізму - показник, що характеризує співвідношення між корисною гідравлічною потужністю та повною потужністю,

що підводиться до насоса. Максимальне значення величини ККД характеризує оптимальний режим роботи насоса. Розрізняють оптимальний і номінальний режим роботи насоса. Останній характеризується допустимими параметрами.

1.4 Типи з'єднань насосів для регулювання роботи установок

Розглянемо послідовну і паралельну роботу декількох насосів. Іноді, в економічних цілях, вигідне використання кількох насосів. Дуже часто сам технологічний процес передбачає наявність резервного насоса, у таких ситуаціях і застосовується послідовне або паралельне підключення декількох агрегатів.

Послідовна схема

Включення насосів послідовно на практиці зустрічається дуже рідко. Послідовна робота насосів використовується для збільшення значення напорів (H) при однаковій витраті (Q) і передбачає включення двох або більше насосів в режим, коли всі вони перекачують рідину поступово в один і той же напірний трубопровід. На (Рис. 1.3) показаний приклад послідовного підключення двох насосів і їх загальна напірна характеристика.

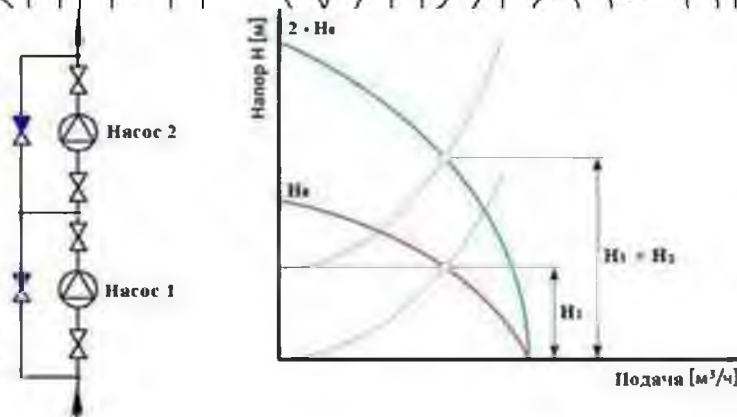


Рис. 1.3 – Схема послідовного з'єднання насосів. Графік залежності напору від подачі при послідовному з'єднанні.

$$H_{\Sigma} = H_1 + H_2$$

$$Q_{\Sigma} = Q_1 = Q_2$$

Паралельна схема

Якщо система має за часом постійно мінливі витрати або коли потрібна установка резервного насоса, то в таких випадках застосовується паралельне включення вільцевих насосів. При роботі насосів паралельно, на напірному

патрубку необхідно встановлювати зворотні клапани, для уникнення зворотного потоку рідини. Якщо паралельно вклучено кілька насосів, то їх витрати (Q) підсумовуються. На (Рис. 1.4) показаний приклад паралельного підключення двох насосів і їх загальна напірна характеристика [4].

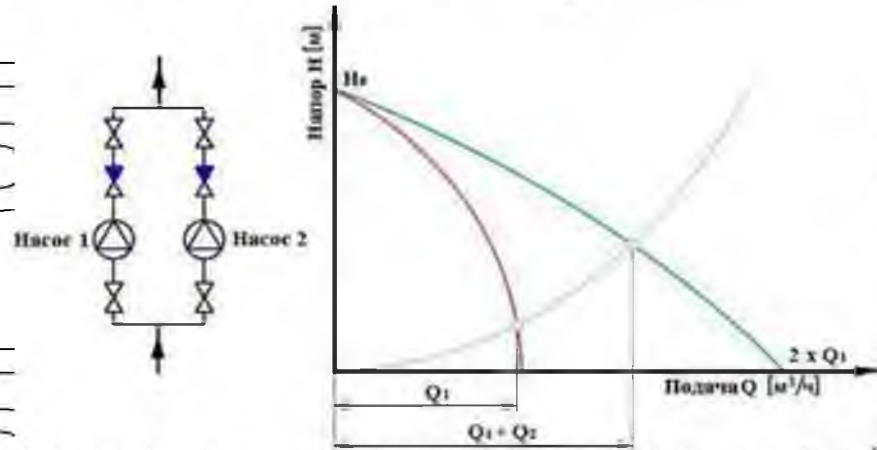


Рис. 1.4 – Схема паралельного з'єднання насосів. Графік залежності напору від подачі при паралельному з'єднанні.

1.5 Основні види пуску насосних установок

Всього існують чотири види пуску:

- Прямий пуск;
- Пуск шляхом перемикавання з зірки на трикутник;
- Пристрій плавного пуску;
- Перетворювач частоти

Нижче я опишу кожний вид пуску та наведу переваги та недоліки кожного з них.

Прямий пуск

Прямий пуск – найпростіший спосіб ввіччення двигунів, шляхом приєднання безпосередньо до джерела живлення. На (Рис. 1.5) показано криву залежності струм / обертання – момент / обертання.

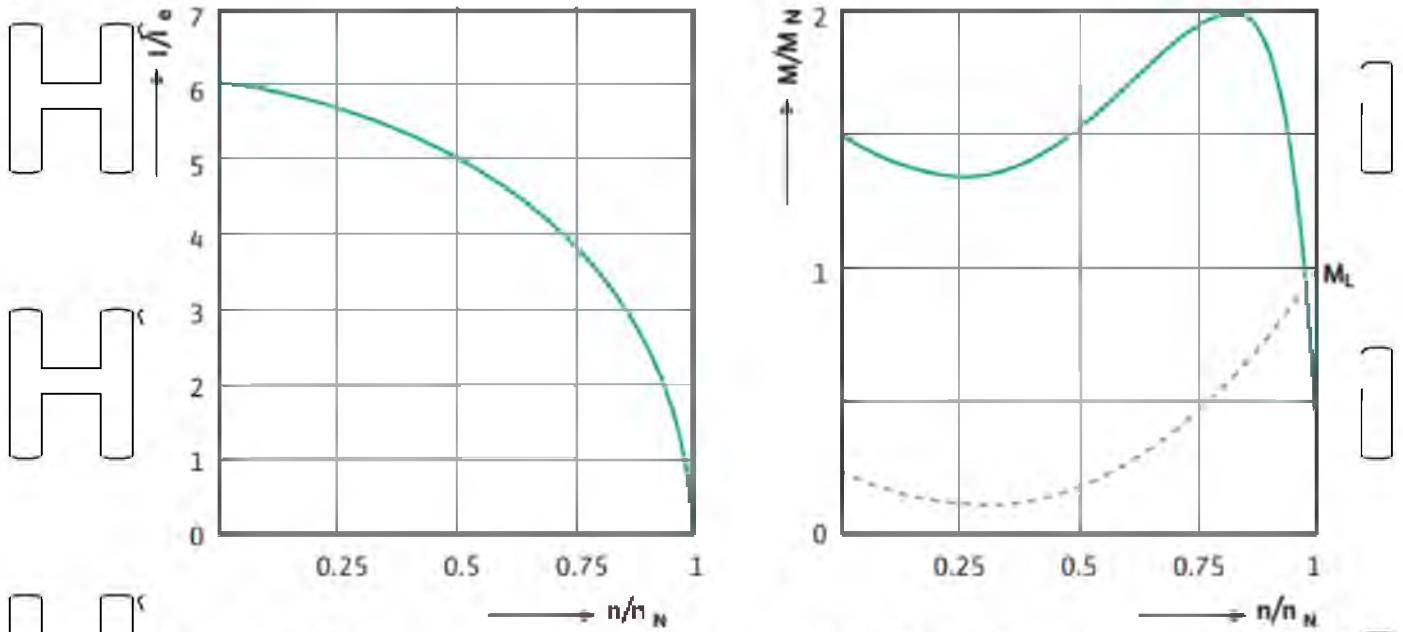


Рис. 1.5 – Крива залежності струм / оборотання – момент / оборотання.

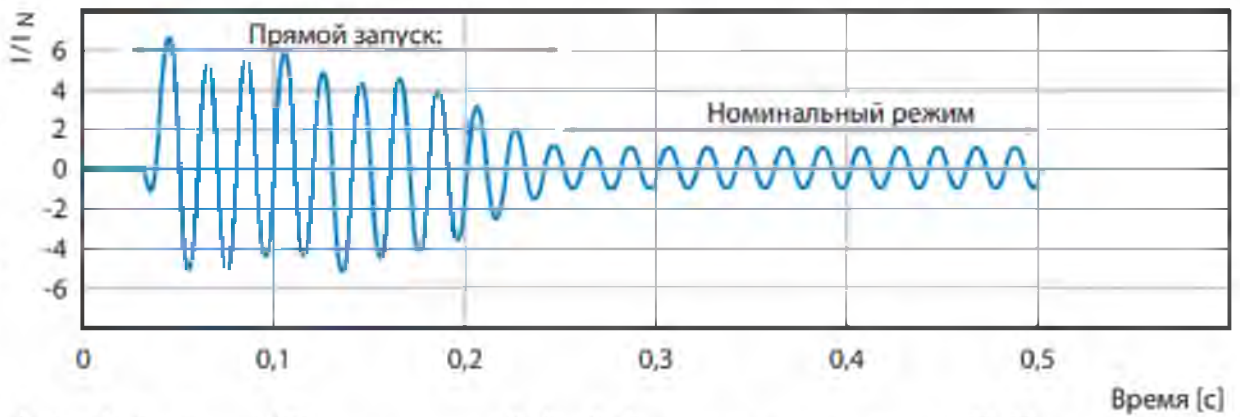


Рис. 1.6 – Залежність струму від часу для прямого пуску.

В Таблиця 1.1 наведено переваги та недоліки пуску насосів за допомогою схеми прямого пуску.

Таблиця (1.1)

Переваги	Недоліки
Простий розподільчий пристрій	Високий пусковий струм
Недорогий	Висока навантаження механічних вузлів
Високий пусковий крутячий момент	Підходить тільки для малої потужності насосів
Пуск, шляхом перемикавання з зірки на трикутник	

Запуск трифазних двигунів, які використовують перемикач з зірки на трикутник, ймовірно, найзнайоміший і найпоширеніший варіант. Він використовується для трифазних двигунів у діапазоні від низької до високої потужності. На (Рис.1.7) показано криву залежності струм / обертання – момент / обертання.

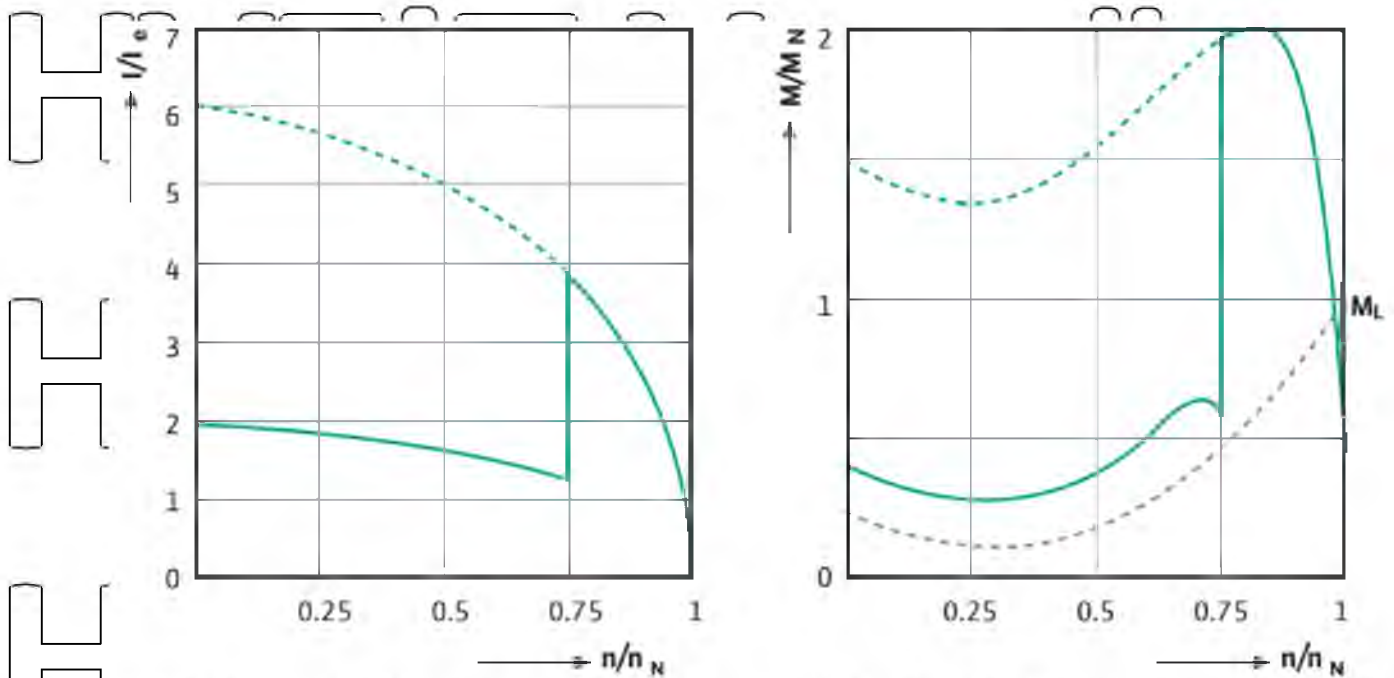


Рис.1.7 – Крива залежності струм / обертання – момент / обертання.

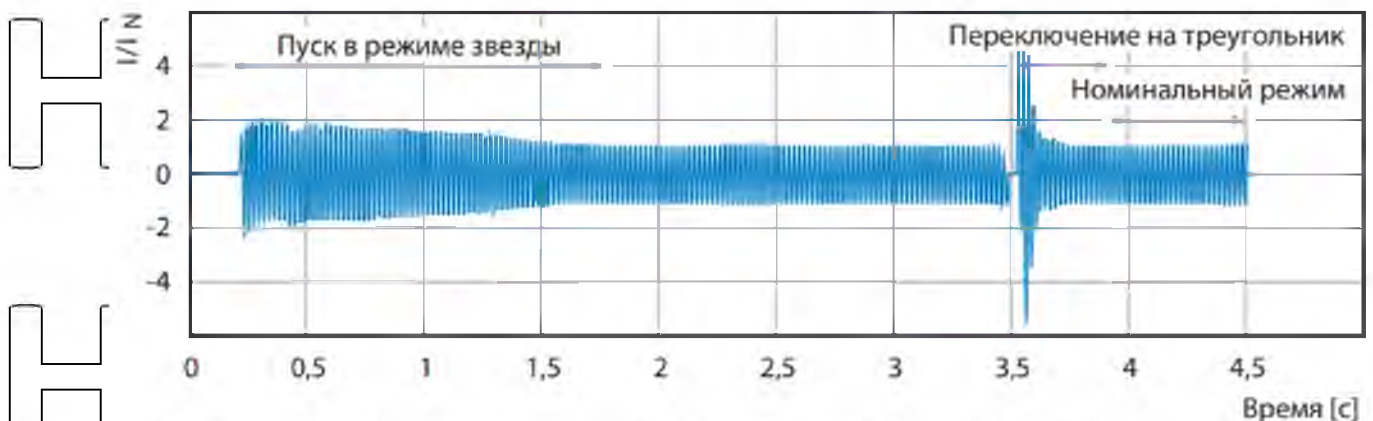


Рис.1.8 – Залежність струму від часу для пуску шляхом перемикач з зірки на трикутник.

Дійсно, перед пуском і в перший період пуску обмотки з'єднані в зірку, тому до кожної з них виводиться напруга, в $1,73$ рази менше номінального, і, отже, струм буде значно менше, ніж при включенні обмоток на повну напругу мережі.

У процесі пуску електродвигун збільшує частоту обертання і струм знижується. Після цього обмотки перемикають в трикутник.

В Таблиця 1.2 наведено переваги та недоліки пуску насосів шляхом перемикавання з зірки на трикутник.

Таблиця (1.2)

Переваги	Недоліки
Простий розподільчий прилад	Необхідно шість підключень до електродвигуна
Недорогий	Понижений пусковий крутячий момент
Більш низький пусковий струм, якщо порівнювати з прямим пуском	Піковий ріст струму при переключенні з зірки на трикутник
	Механічні навантаження при переключенні з зірки на трикутник

Плавний пуск

Плавний пуск, який пристосований до навантаження машини, постійно збільшує напругу двигуна. Таким чином, двигун може прискорюватися без механічних ударів та піків струму. Плавні пускачі – це електронна альтернатива традиційному переключенню з зірки на трикутник. На (Рис. 1.9) показано криву залежності струм / обертання – момент / обертання.

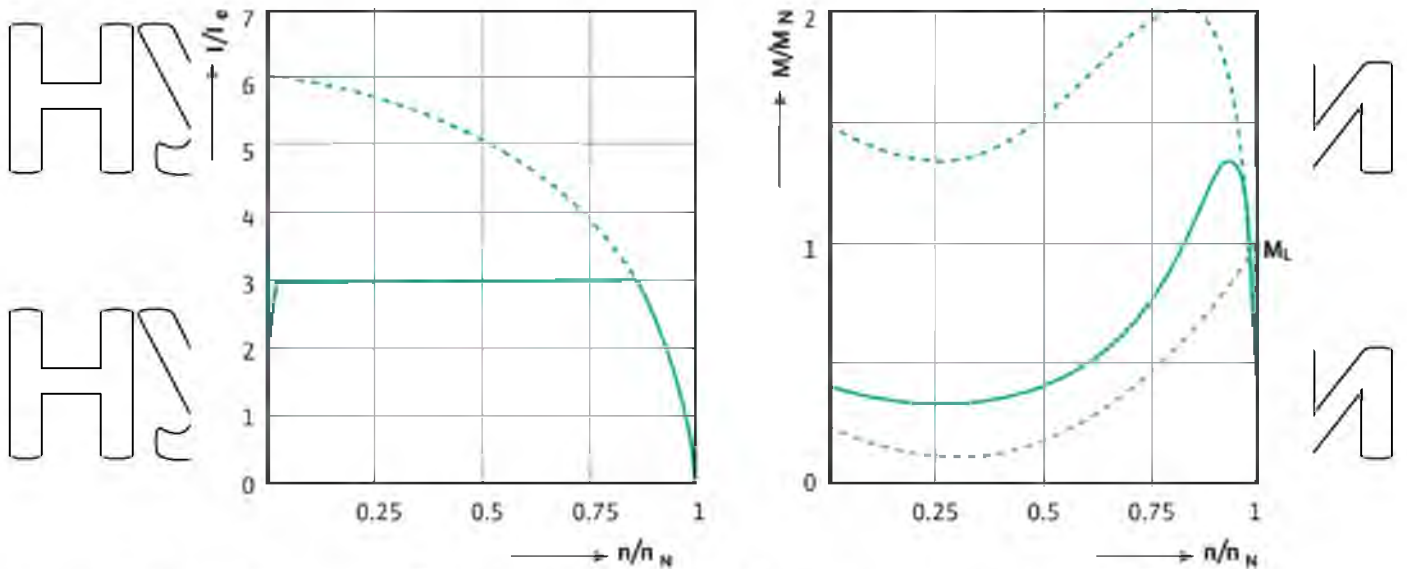


Рис. 1.9 – Крива залежності струм / обертання – момент / обертання.

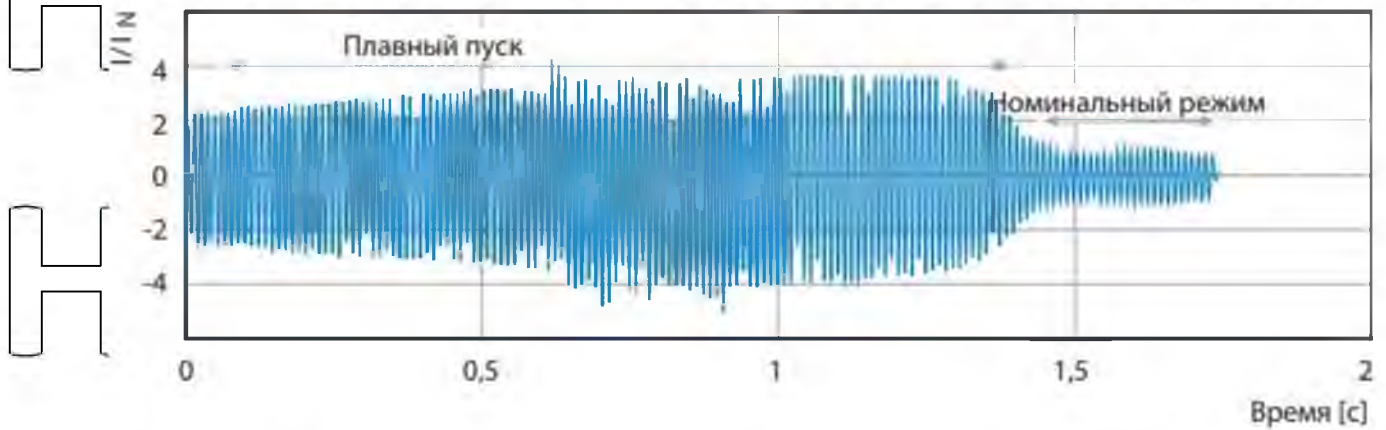


Рис. 1.10 – Залежність струму від часу для пуску за допомогою пристрою плавного пуску

В Таблиця 1.3 наведено переваги та недоліки пуску насосів за допомогою пристрою плавного пуску.

Таблиця (1.3)

Переваги	Недоліки
Відсутні піки струму	Вагомі витрати у разі низької потужності
Не потребує обслуговування	Додаткове розсіювання потужності, у випадку якщо плавний пуск не зупиниться після запуску

Знижений та регульований гусковий обертаючий момент

Регульована межа струму

Потребує наявність двигуна з трьома з'єднаннями

Плавний запуск та зупин

Перетворювач частоти

Перетворювач частоти головним чином використовується у випадках, коли

потрібен привід з регульованою швидкістю.

Завдяки опції управління видимою частотою, двигун може плавно запускатися та зупинятися відповідно із параметрами гідравлічної системи. Цей

варіант також означає, що під час фази запуску не можуть бути перевищені

величини струмів або крутних моментів. На (Рис.1.11) показано криву залежності струм / обертання – момент / обертання.

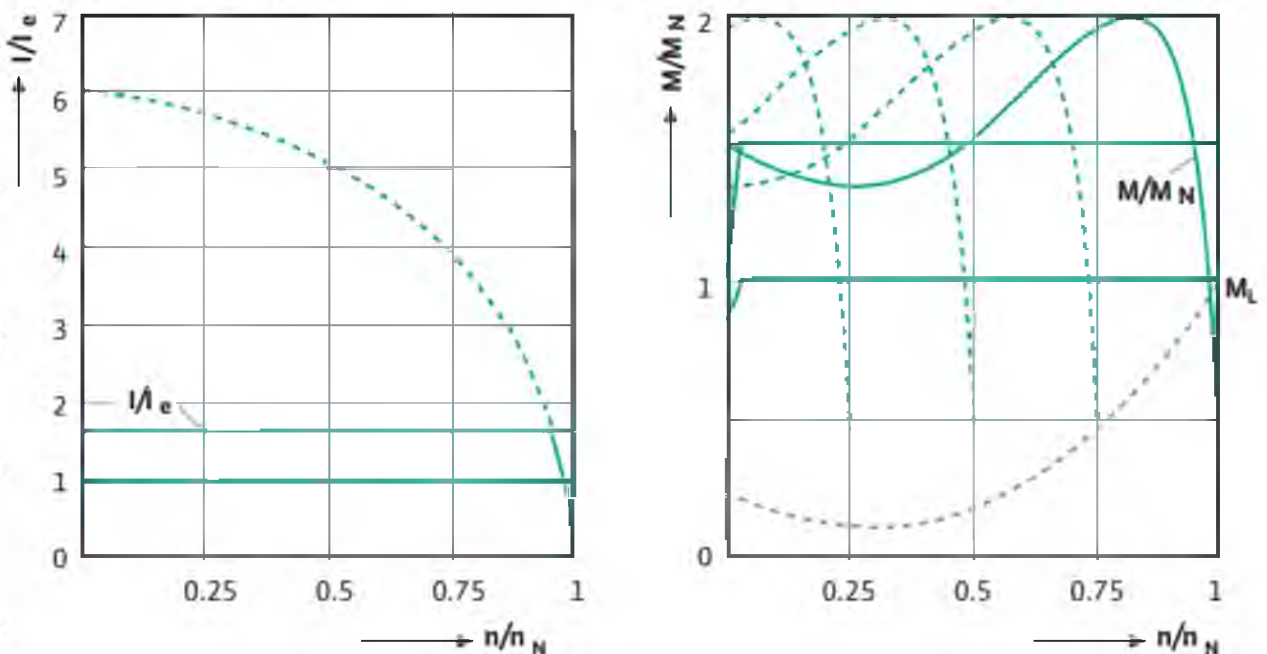


Рис.1.11 – Крива залежності струм / обертання – момент / обертання.

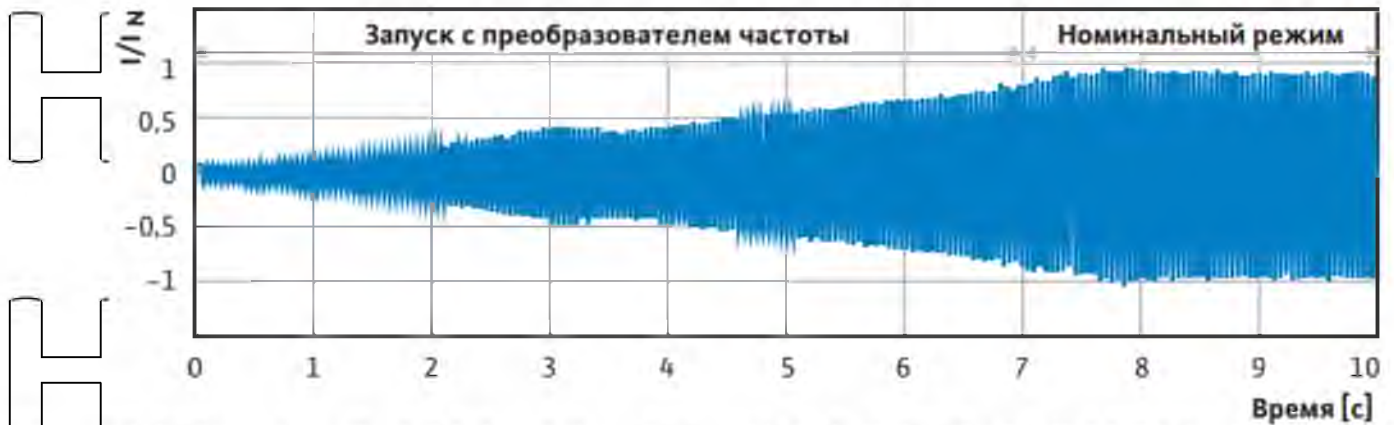


Рис.1.12 – Залежність струму від часу для пуску з перетворювачем частоти.

В Таблиця 1.4 наведено переваги та недоліки пуску насосів за допомогою частотного перетворювача[6].

Таблиця (1.4)

Переваги	Недоліки
Регулювання та управління швидкістю відповідно з експлуатаційними потребами	Висока вартість
Регульована межа струму	
Відсутність зношування	
Обширні можливості захисту двигуна	

1.6 Принцип роботи електродвигунів. Електродвигуни змінного струму

Електродвигун – це машина, що перетворює електричну енергію на механічну. Він живиться від електричним струмом і використовує магнітну силу, що виникає завдяки струму, для створення руху[5].

Електродвигун це необхідний компонент промислових та переважної кількості комерційних підприємств, що приводить у дію все, від витяжки до станка ЧПУ.

Тепер розглянемо принцип роботи електродвигуна.

Електродвигуни перетворюють електричну енергію в механічну, створюючи магнітне поле, що обертається. Це робиться шляхом пропускання електричного струму через певну кількість котушок, які створюють електромагнітне поле. Це поле взаємодіє з постійними магнітами у двигуні, змушуючи ротор обертатися і тим самим створюючи обертаючий момент

Електродвигуни змінного струму

Ці двигуни відомі своєю ефективністю. Даний тип електродвигунів широко застосовується у різних галузях, від промислового устаткування до побутової техніки.

Двигуни змінного струму працюють за рахунок використання змінного струму для створення обертального руху. Змінний струм подається на статор - нерухому частину двигуна через джерело електроенергії. Статор складається з низки електромагнітів, які створюють магнітне поле, коли через них проходить електричний струм.

Частота змінного струму визначає швидкість зміни напрямку магнітного поля, що, у свою чергу, приводить в рух ротор - компонент двигуна, що обертається. Ротор зазвичай складається з стрижнів або котушок, що проводять струм, які взаємодіють з магнітним полем, створюючи силу, що змушує ротор обертатися. Змінюючи частоту змінного струму, можна регулювати швидкість обертання двигуна.

Всього є два основних типи електродвигунів змінного струму, а саме синхронний та асинхронний двигуни.

Синхронний двигун, який працює з фіксованою швидкістю і зазвичай використовується для вироблення електроенергії та в системах точного керування.

Асинхронний двигун працює на меншій швидкості, ніж синхронний двигун, та має широке промислове застосування. Самі асинхронні електродвигуни поділяються за типом мережі живлення. Існують однофазні електродвигуни змінного струму від побутової мережі 220 вольт і трифазні електродвигуни змінного струму від мережі 380 вольт.

Недоліком асинхронних двигунів є відносно високий пусковий струм, який може бути в 4–8 разів більшим номінального струму. Щоб запобігти шкідливим коливанням напруги при включенні двигуна потрібно вирішити який спосіб запуску буде стояти на установці.

Головною перевагою двигунів змінного струму є їх висока ефективність. Це означає, що вони можуть перетворювати більшу частину електричної енергії в механічну, що робить їх економічно більш вигідними в багато тривалій перспективі. На додачу до цього, дані двигуни можуть працювати в широкому діапазоні швидкостей, що робить їх універсальними та придатними для роботи в найрізноманітніших умовах.

На сьогодні електродвигуни змінного струму найпоширеніший тип електродвигунів у всьому світі.

1.7 Формулювання вимог до електроприводу та системи керування технологічним об'єктом

В автоматизованій системі керування установкою підвищення тиску, самим об'єктом керування є насос. Насос – це той механізм, який надійно має працювати в продовж довгого періоду часу. В системах водопостачання застосовують відцентрові насоси. У відцентрових насосах рідина переміщується під дією відцентрової сили, створеної робочим колесом, яке приводиться в обертовий рух електродвигуном. Зазвичай застосовують асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором, що живляться від мережі 380В.

Керування насосним агрегатом полягає у виконанні наступних операцій: перевірка заповнення насоса рідиною, пуск насоса і виведення на режим роботи, регулювання подачі та зупинка насоса.

Режим водоспоживання зазвичай характеризується добовими, тижневими та місячними графіками водоспоживання. На рис. 2.13 наведено приклад графіка добового водоспоживання багатоквартирного житлового будинку.



Рис. 1.13 – Добовий графік водоспоживання.

Даний графік показує що пікові споживання води відбуваються з 7 до 9 години та з 17 до 21 години.

Підбір насоса або системи насосів виконується спираючись на вимоги до подачі та напору води, які встановлюються завдяки гідравлічному розрахунку. Дані отримуються з технічного завдання. Визначаючи число регульованих насосів, слід врахувати, що зменшення швидкості обертання одного з насосів може спричинити перевантаження нерегульованих насосів. В такому разі регульований електропривід рекомендовано встановити на всіх насосах, та зміна частоти обертання всіх насосів повинна виконуватись синхронно. Синхронна зміна частоти обертання забезпечується керуванням всіх насосів від загальної системи автоматики.

Електропривід насосу повинен мати плавний пуск, завдяки якого ми можемо уникнути значення тиску, які вище номінальних, так як різкі коливання тиску можуть призвести до розриву труб.

Обов'язково в систему необхідно поставити байпас, котрий забезпечить увімкнення насосів в обхід частотного перетворювача. В першу чергу система повинна надійно відпрацьовувати та відповідати всім вимогам техніки безпеки.

1.8 Технічне завдання

За основу візьмемо справжній об'єкт будівництва ЖК «Кришталеві Джерела» 5-та черга, який розміщено за адресом: вул. Академіка Заболотного, 148, м. Київ. Даний будинок знаходиться на стадії будівництва та потребує розробки комунікаційних систем.

Об'єктом для встановлення системи керування насосною установкою підвищення тиску на базі комплексу технічних засобів Сіменс є житловий 16-поверховий будинок з висотою поверхів у 3 метри, в середині якого розміщено 112 квартир. Можемо припустити що в будинку буде проживати від 224 до 448 осіб. Сам будинок має індивідуальне опалення, тому станція буде качати тільки холодну воду.

З вищесказаного маємо наступні вихідні дані:

- Кількість поверхів – 16.
- Висота поверху – 3м.
- Загальна кількість квартир – 112.
- Максимальна кількість людей що проживають – 448 осіб.
- Висота 70 м.
- Витрата $Q = 27.5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Поставлена задача стоїть наступним чином:

У шістнадцяти поверховому будинку необхідно спроектувати насосну станцію для підвищення тиску.

1.9 Підбір насосів.

Існує два основні параметри по яким можна підібрати насос, а саме висота $H = 70 \text{ м}$, та витрата $Q = 27.5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Так як пікова витрата при максимальному заселенні будинку сягає $Q = 27.5 \text{ м}^3/\text{год}$, доцільно було б обрати два насоси з витратою $Q = 14 \text{ м}^3/\text{год}$ при висоті 70 м. Це зумовлюється тим фактором, що $27.5 \text{ м}^3/\text{год}$ це максимальна витрата, яка можлива при максимальному заселенні будинку в пікові години використання води, але так як такі витрати води не будуть постійними, я

прийшов до висновку, що за економічних обґрунтувань більш доцільним буде використання двох паралельно з'єднаних насосів з витратою $Q = 14 \text{ м}^3/\text{год}$ при висоті 70 м. Таким чином при витраті всди до $14 \text{ м}^3/\text{год}$ у нас буде працювати тільки один насос, а у випадку коли витрата збільшиться, у нас увімкниться другий насос.

В даній системі я обираю насоси італійської фірми Spegoni. По гідравлічній кривій, наведеній в (рис. 1.14), було обрано два вертикальні багатоступінчасті насоси VS 16-6 потужністю 5.5 кВт (рис. 1.16)

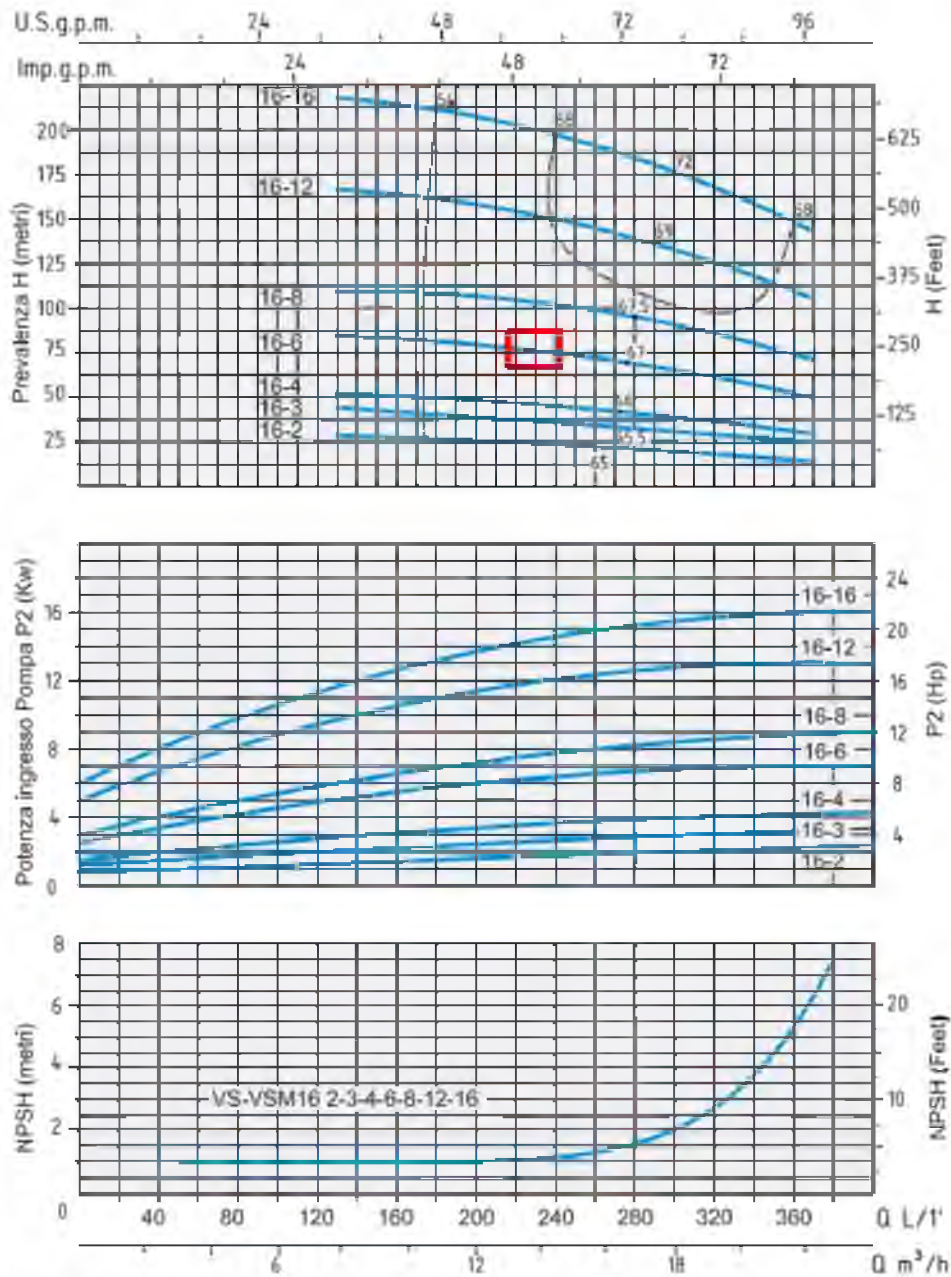


Рис.1.14 Гідравлічна крива насоса VS 16-6

TIPO TYPE		POTENZA NOMINALE NOMINAL POWER		AMPERE		Q = PORTATA - CAPACITY										
Monofase Single-phase	Trifase Three-phase	P2		Monofase Single-phase	Trifase Three-phase	m ³ /h	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
		HP	kW			lit./T	133	150	166	183	200	233	266	300	333	366
						Prevalenza manometrica totale in m C.A. - Total head in meters w.c.										
VSM 16-2	VS 16-2	3	2,2	13,5	4,7	27	26,5	26	25,5	25	24,5	23,5	22	20	16	
	VS 16-3	4	3		6,1	41	40,5	40	39,5	39	37,5	35,5	33	30	25	
	VS 16-4	5,5	4		8	54	53	52	51	50	49	46	43	38	34	
	VS 16-6	7,5	5,5		10,7	82	81	80	78	77	73	69	63	57	52	
	VS 16-8	10	7,5		14,5	110	109,5	109	108,5	108	104	101	95	85	70	
	VS 16-12	15	11		19,4	166	163	161	158	155	149	140	130	118	105	
	VS 16-16	20	15		26	222	220	218	214	210	202	191	178	162	140	

Рис.1.15 Зведена таблиця насосів серії VS 16



Рис. 1.16 Speroni VS 16-6 5,5 кВт. (Зовнішній вигляд)

Універсальний насос із конструкцією пагрубків «у лінію». Застосовується для побутового та комунального водопостачання, для перекачування чистих вибухобезпечних рідин, що не містять твердих та абразивних частинок, для поливу у сільському господарстві, у системах кондиціонування, водо підготовки, зворотньоосмотичних системах.

В Таблиця 1.5) наведено основні характеристики насоса Speroni VS 16-6 5,5 кВт.

Таблиця (1.5)

Продуктивність	Максимальна до 60 м ³ /год
Напір	Від 5м. До 100 метрів
N	2900 об/хв
Максимальний робочий тиск	25 бар
Глибина всмоктування	1 м
Макс. Тривалі	До 110 °С
Тип двигуна	асинхронний
Потужність	5500 Вт
Напруга мережі	380 В
Клас захисту (IP)	55
Габарити	140 x 115 x 365 мм
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь
Вага	99,1 кг
Виробник	Італія

Висновок до розділу

В розділі було розкрито загальні відомості про систему централізованого водопостачання. Було показано структурну схему централізованого водопостачання. Розділ розкриває тему внутрішнього водопроводу для багатоквартирних будинків. Було названо загальні положення про механізм та принцип роботи відцентрового насосу та вказано їх різновиди. Також було описано схеми з'єднань насосів для регулювання роботи установок, а саме схему послідовного та паралельного з'єднань. Наведено основні вимоги до електроприводу та системи керування насосами і насосними станціями, які необхідно враховувати при проектуванні автоматизованої електромеханічної системи насосної станції.

В розділі було акцентовано увагу на принцип роботи електродвигунів. Для виконання поставленої задачі, а саме: розробка системи підвищення тиску буде використовуватись асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

Було наведено основні види пуску для насосних установок, а саме:

- Прямий пуск;
- Пуск, шляхом перемикання з зірки на трикутник;
- Пристрій плавного пуску;
- Перетворювач частоти

та описується принцип роботи, переваги та недоліки кожного з них. Так як недоліком асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором є відносно високий пусковий струм, який може бути в 4-8 разів більшим номінального струму, в даній установці запуск буде здійснюватися за допомогою одного з вище наведених виду пуску.

В розділі було сформовано технічне завдання, котре формується на справжньому об'єкті «ЖК Кришталеві джерела». Було надано витрату води в 16-поверховому будинку на 448 осіб, а саме 27.49 м³/год., та підібрано два вертикальні багатоступінчасті насоси Speroni VS 16-6 потужністю 5.5 кВт. Встановлювати насоси будемо паралельною схемою, так як витрати води будуть динамічними, як це вказано на рис. 1.13. Підключення даною схемою

гарантуватиме нам довший термін експлуатації насосів, та зробить нашу систему більш надійною.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

НУБІП УКРАЇНИ

2. Дослідження динамічних характеристик насосної станції методом математичного моделювання

НУБІП УКРАЇНИ

2.1 Отримання передатної функції насосної установки

Проведення попередніх розрахунків

Згідно із табличних даних маємо наступні характеристики насосної установки:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1) Номінальна напруга | $U = 380\text{В}$ |
| 2) Номінальна частота | $f = 50\text{Гц}$ |
| 3) Номінальна потужність | $P = 5.5\text{кВт}$ |
| 4) Максимальний напір | $H = 70\text{м}$ |
| 5) Номінальні оберти двигуна | $n_n = 2900\text{об/хв}$ |
| 6) Максимальна продуктивність | $Q = 14\text{м}^3/\text{год}$ |
| 7) Коефіцієнт корисної дії | $\eta = 0.9$ |

Рівняння яке описує взаємозв'язок кутової швидкості насоса з продуктивністю насоса Q та напором H і моментом опору M .

$$Q = k_1 \omega, \quad H = k_2 \omega^2, \quad M = \frac{P}{\omega}$$

За даними вибраного насоса визначаємо його розрахункову потужність, Вт:

$$P = \frac{K_3 Q H \rho g}{\eta} = Q H k_3$$

де ρ – густина води, кг/м^3 ; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; K_3 – коефіцієнт запасу (при потужності двигуна 4,0 до 35 кВт – 1,15).

Визначаємо коефіцієнти k_1, k_2, k_3 , при максимальних характеристиках двигуна:

$$k_1 = \frac{Q}{\omega * 3600} = 1.28 * 10^{-5}, \quad k_2 = \frac{H}{\omega^2} = 0.000759$$

де $\omega = \frac{2\pi * n_n}{60} \approx 304\text{ рад/с}$

$k_3 = \frac{K_3 \rho g}{\eta} \approx 12531$

Моделювання насосної установки
 За отриманими формулами та розрахованими коефіцієнтами розробляємо наступну імітаційну модель у MatLab Simulink

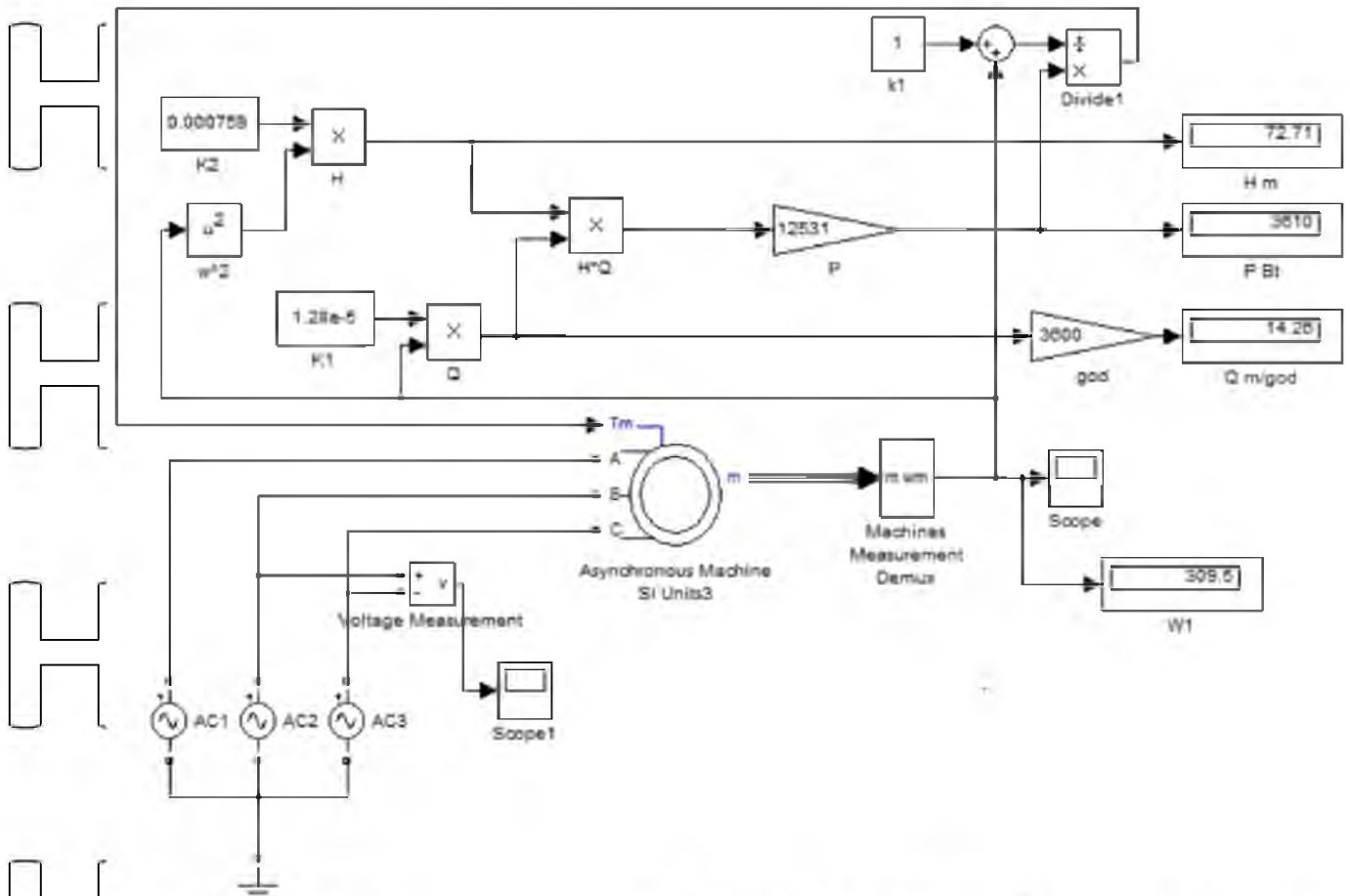


Рис. 2.1 Імітаційна модель насосної станції з одним двигуном

Вносимо параметри двигуна до блоку *Asynchronous Machine SI Units*, налаштовуємо параметри джерел змінної напруги на номінальні: напруга $U = 380\text{В}$, частота $f = 50\text{Гц}$, між кожним джерелом налаштовуємо зсув фази на 120° . Запускаємо моделювання і отримуємо приблизно розраховані раніше показники.

Для використання даної схеми на імітаційній моделі об'єкта, спробуємо отримати передатну функцію насосної установки, як $\omega \in f(U)$, де U – керуючий

сигнал на виході регулятора. Таким чином ми включаємо до математичної моделі частотний перетворювач

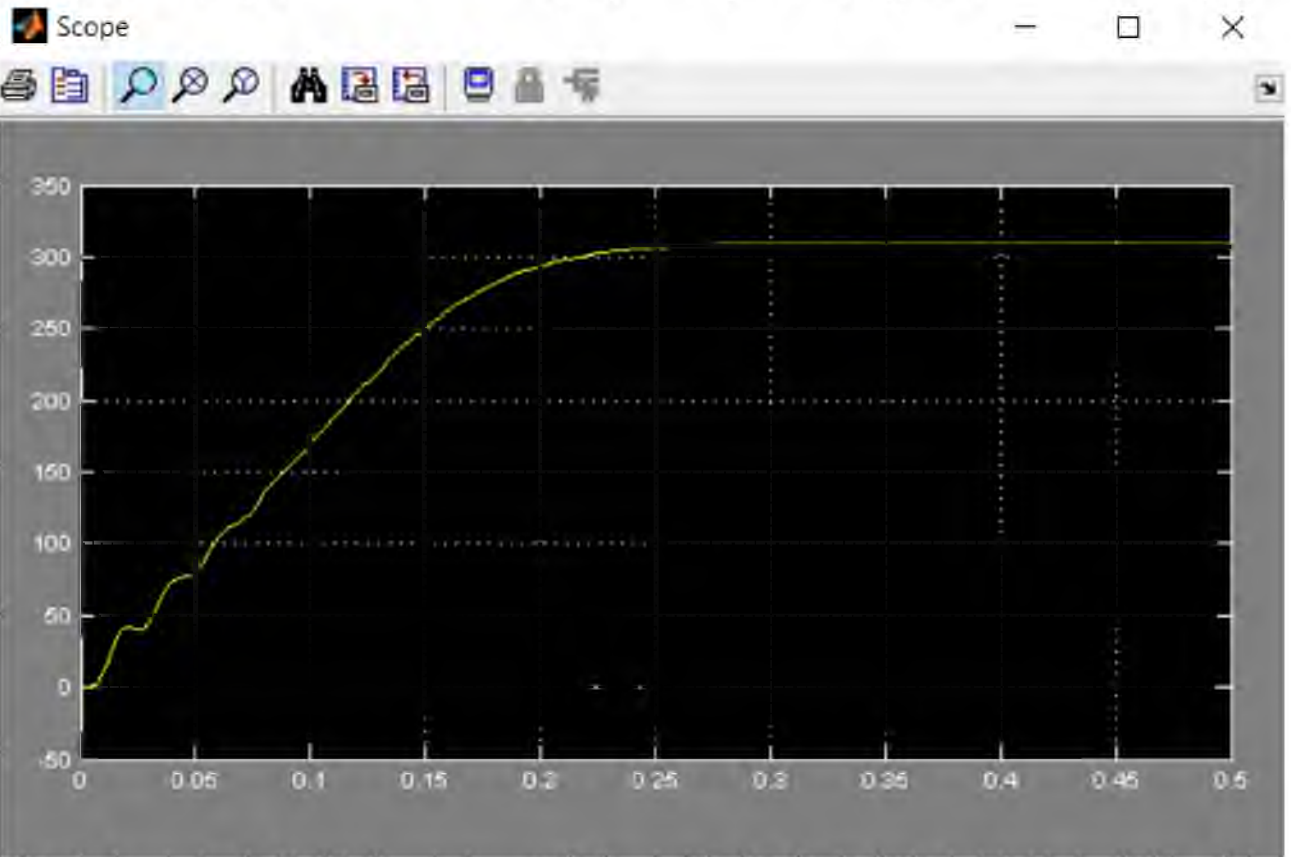


Рис. 2.2 Перехідна характеристика пуску насосної установки при номінальних параметрах мережі

Визначаємо коефіцієнт передачі функції. Оскільки частотний перетворювач приймає аналоговий сигнал в діапазоні $0 - 10\text{В}$ і це пропорційно відповідає частоті обертання валу насосної установки:

$$K_p = \frac{d\omega}{dU} = \frac{310}{10} = 31$$

З рис. 2.2 бачимо, що перехідна характеристика об'єкта має форму коливної ланки. Підбираємо постійну часу та коефіцієнт затухання так, щоб перехідні процеси обох ланок були максимально близькі. Отримуємо приблизно таку передатну функцію:

$$W_{ny}(s) = \frac{31}{0.002s^2 + 0.09s + 1}$$

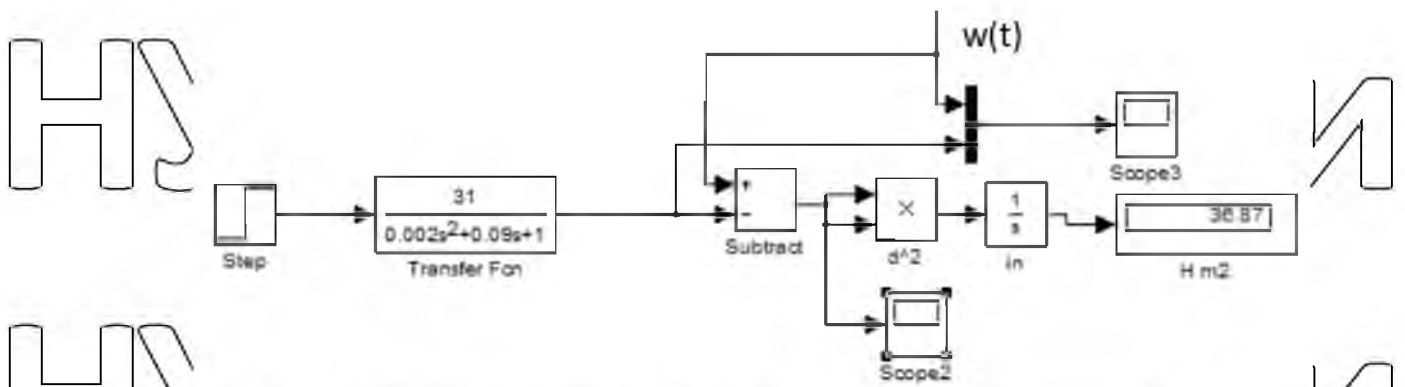


Рис. 2.3 Схеми порівняння експериментального перехідного процесу та передатної функції

Порівнюємо перехідні процеси (рис. 2.4, 2.5), як бачимо максимальне відхилення не перевищує 23 рад/с, звідси можемо розрахувати відносну похибку такої заміни:

$$\delta_{max} < \frac{23}{310} \approx 7,5\%$$

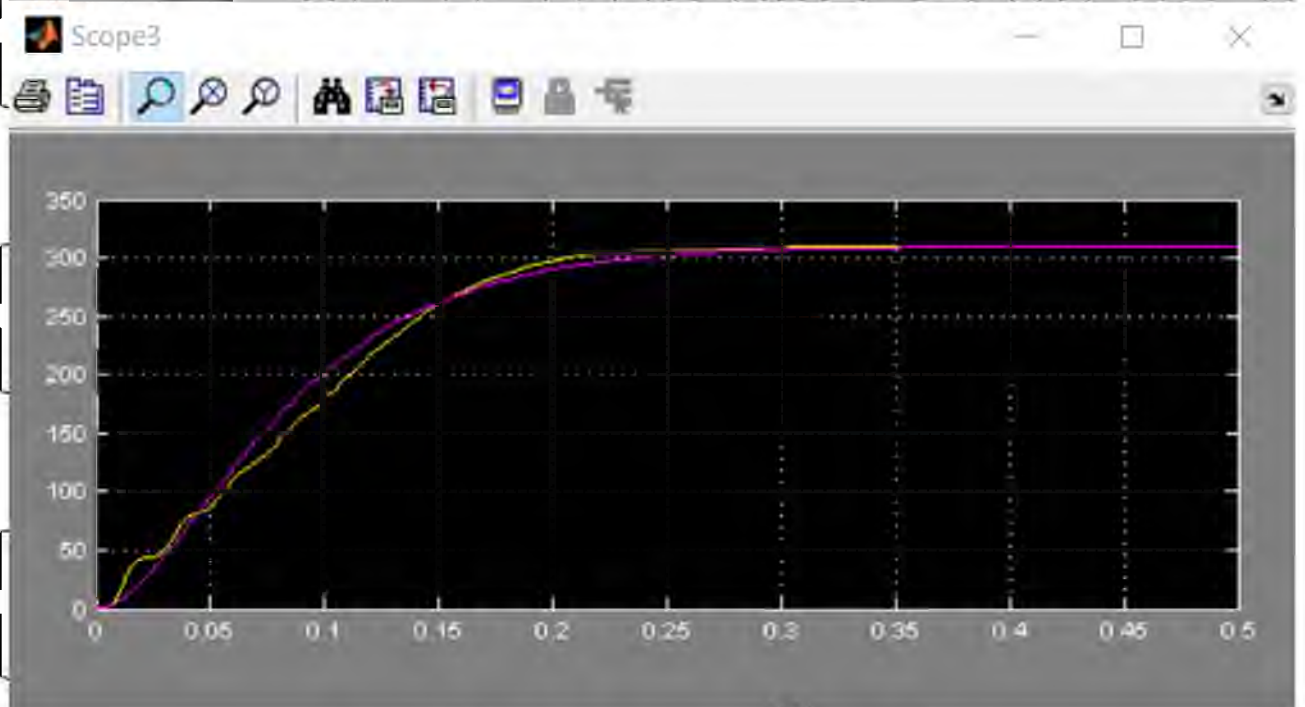


Рис. 2.4 Графіки перехідних процесів

НУБІП України

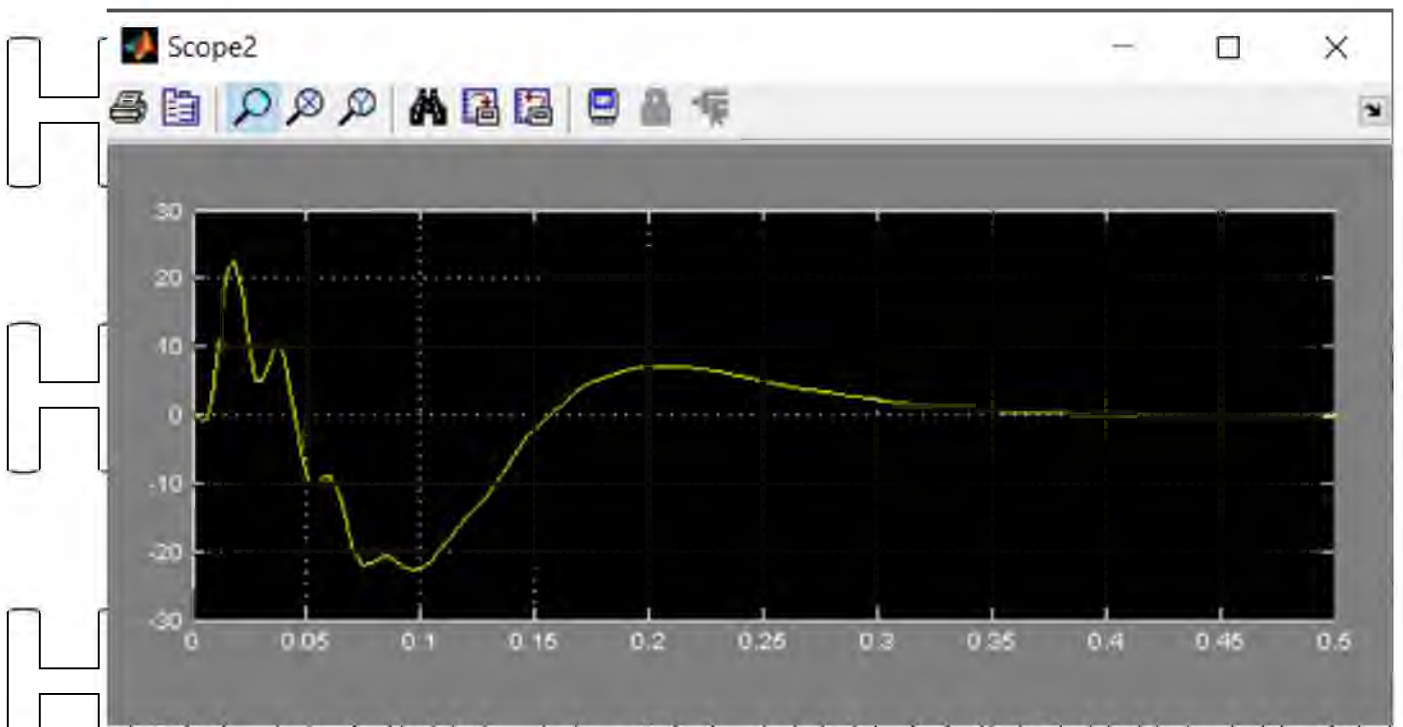


Рис. 2.5 Графік відхилення

2.2 Моделювання системи керування об'єктом

Проведення попередніх розрахунків

Маємо систему водопостачання у 16-поверховий будинок (70 м) з максимальними витратами води $27,5 \text{ м}^3/\text{год}$. Висота водяного стовпа системи розраховуватиметься за формулою:

$$h = \frac{V h_m}{V_m}$$

Де h_m – максимально можлива висота стовпа 70 м. V_m – максимальна ємність системи, V – миттєвий об'єм системи.

Тиск водяного стовпа, що буде вимірюватися датчиком визначається формулою:

$$p = \rho g h$$

Вихідний сигнал контролера буде залежати від миттєвого тиску в системі p , а також від зміни цього тиску $\frac{dp}{dt}$. Якщо тиск буде такий, що відповідатиме висоті стовпа 70 м, то на виході маємо нуль. Якщо зміна тиску $\frac{dp}{dt}$ відповідатиме витратам

води $< 13.75 \text{ м}^3/\text{год}$, то керування здійснюється одним насосом. Рівняння вихідного сигналу в такому випадку матиме наступний вигляд:

$$U_1(q) = \frac{3600 * 10}{14} q, \quad U_2(q) = 0$$

де q – розраховані витрати води в системі

Якщо зміна тиску $\frac{dp}{dt}$ відповідатиме втратам води $\geq 13.75 \text{ м}^3/\text{год}$, то керування здійснюється двома насосами. Рівняння вихідного сигналу в такому випадку матиме наступний вигляд:

$$U_1(q) = U_2(q) = \frac{3600 * 10}{28} q$$

Відповідно зворотні рівняння перетворення для розрахунку висоти h , зміни висоти $\frac{dh}{dt}$ та витрат q такі:

$$h = \frac{p}{\rho g}, \quad \frac{dh}{dt} = \frac{dp}{dt} * \frac{1}{\rho g}, \quad q = \frac{dh}{dt} * \frac{V_M}{h_M}$$

Створення імітаційної моделі об'єкта керування

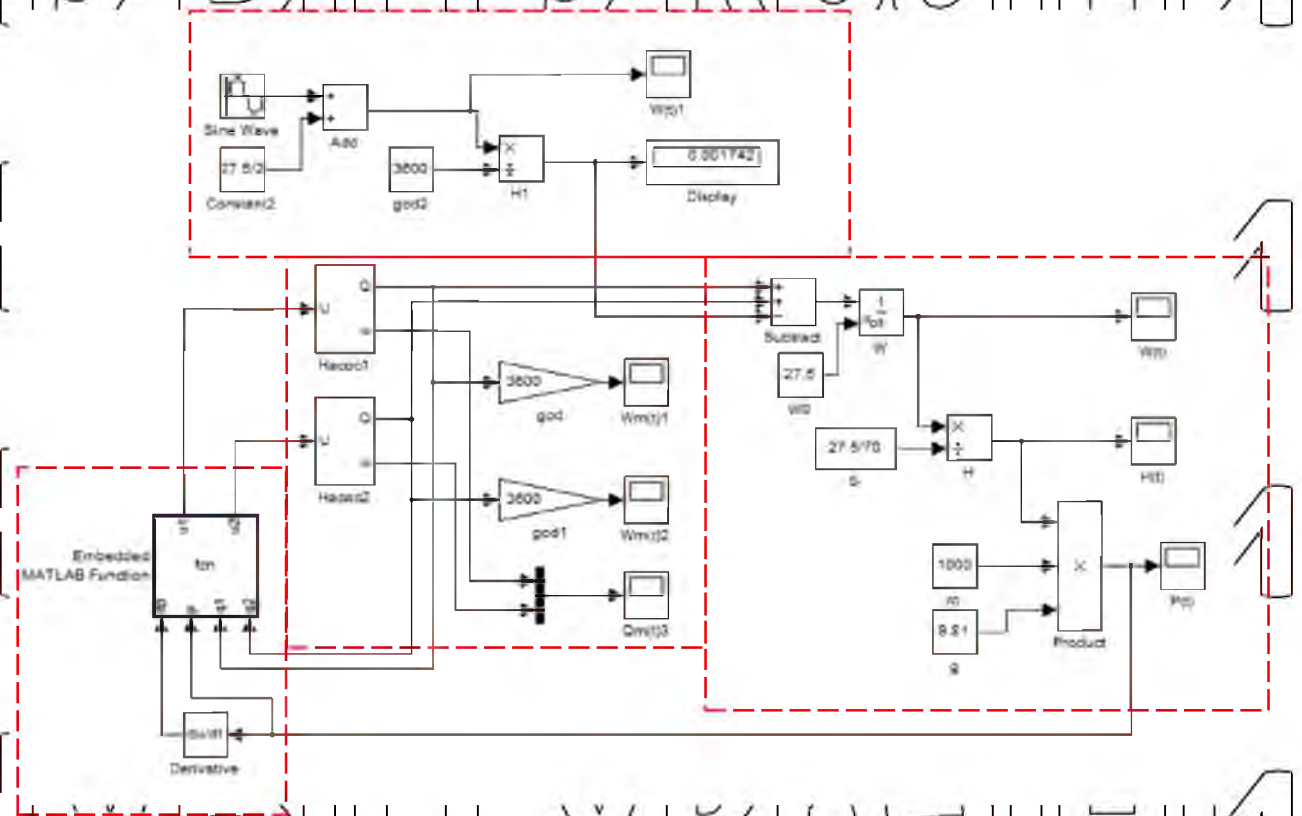


Рис 2.6 Імітаційна модель об'єкта керування

Імітаційна схема містить:

- 1) Фрагмент для імітування збурень
- 2) Сам-об'єкт керування
- 3) Насосна станція
- 4) Контролер

В даній схемі використано 2 однакові функціональні блоки, що імітують роботу двох насосів із керуванням частотою

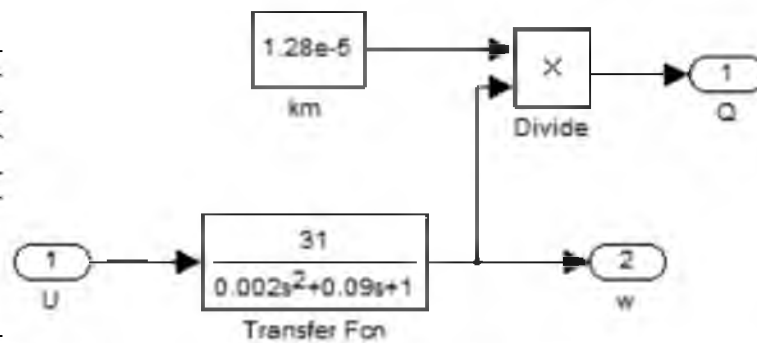


Рис. 2.7 Функціональний блок спрощеної насосної установки з частотним перетворювачем

Також схема містить функціональний блок з програмним кодом регулятора

```

Embedded MATLAB Editor - Block dmtr2/Embedded MATLAB Function
File Edit Text Debug Tools Window Help
1 function [u1, u2] = fcn(dp, p, q1, q2)
2 - h = p/(1000*9.81); %Розрахунок висоти
3 - dh = dp/(1000*9.81); %Розрахунок зміни висоти
4 - dw = dh*27.5/70 - (q1 + q2); %Розрахунок витрат
5 % (без продуктивності насосів)
6 - if h < 70 %Якщо висота менша заданої
7 -     if -dw*3600 < 13.75 %Керування 1 насосом
8 -         u1 = 10*(-dw)*3600/14;
9 -         u2 = 0;
10 -     else %Керування 2 насосами
11 -         u1 = 10*(-dw)*3600/28;
12 -         u2 = u1;
13 -     end;
14 - else
15 -     u1 = 0;
16 -     u2 = 0;
17 - end;

```

Рис. 2.8 Код програми регулятора

Моделювання роботи насосної установки при випадкових збуреннях.

Нехай витрати в системі будуть коливатися від 0 до $27.5 \text{ м}^3/\text{год}$ за синусоїдальним законом

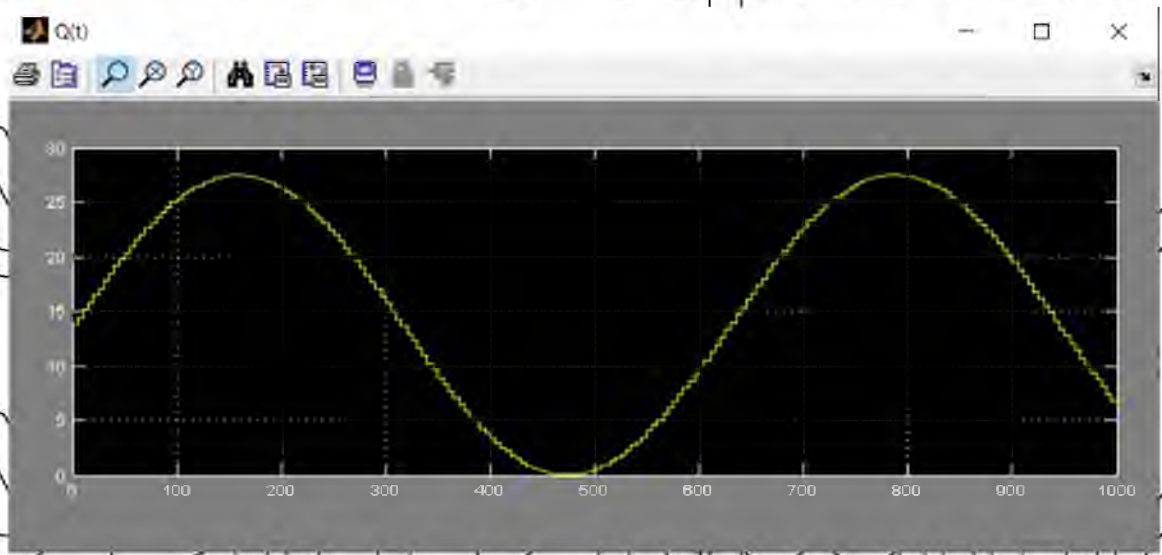


Рис. 2.9 Сигнал збурення

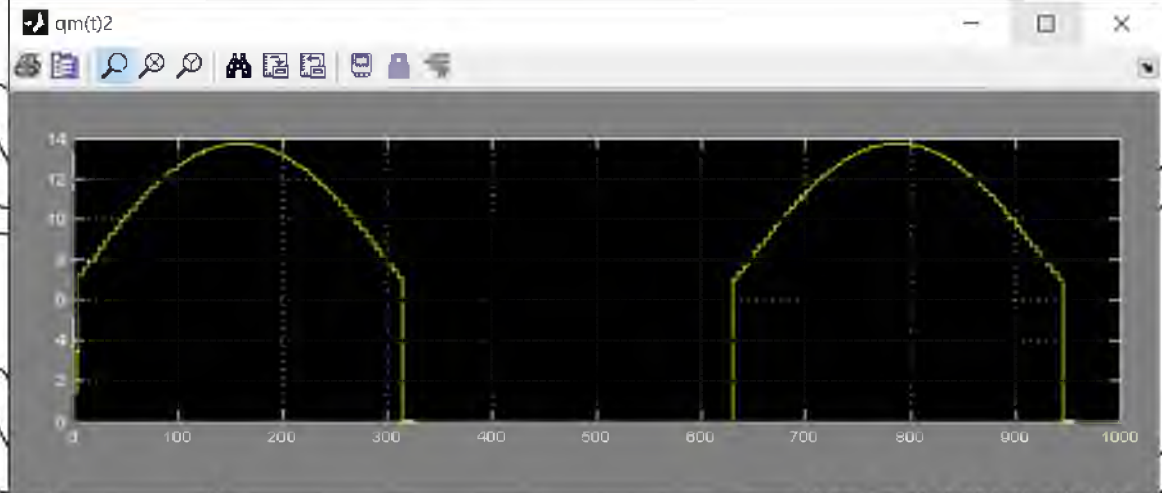
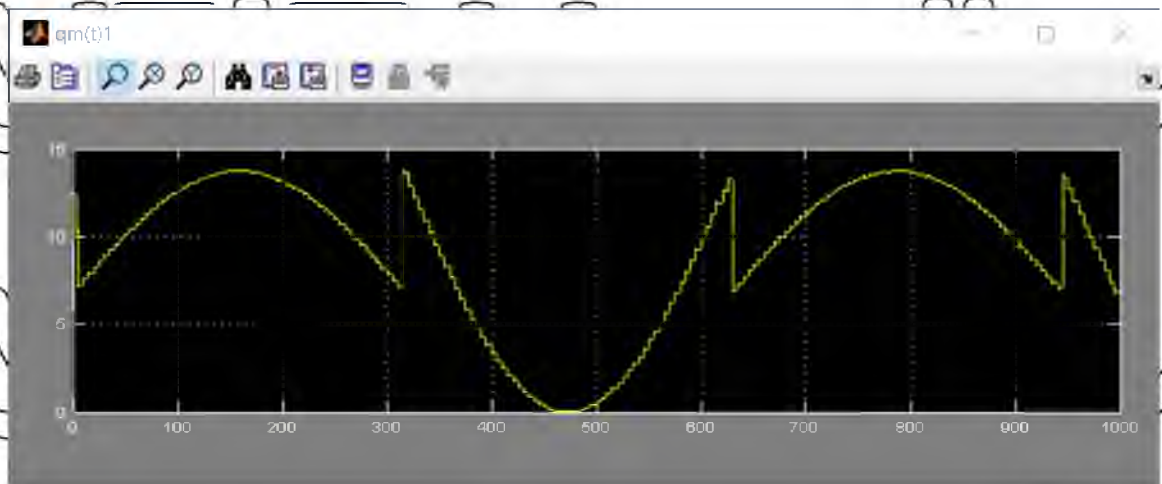


Рис. 2.10 Зміна продуктивності 1 та другого насосів в часі, $\text{м}^3/\text{год}$

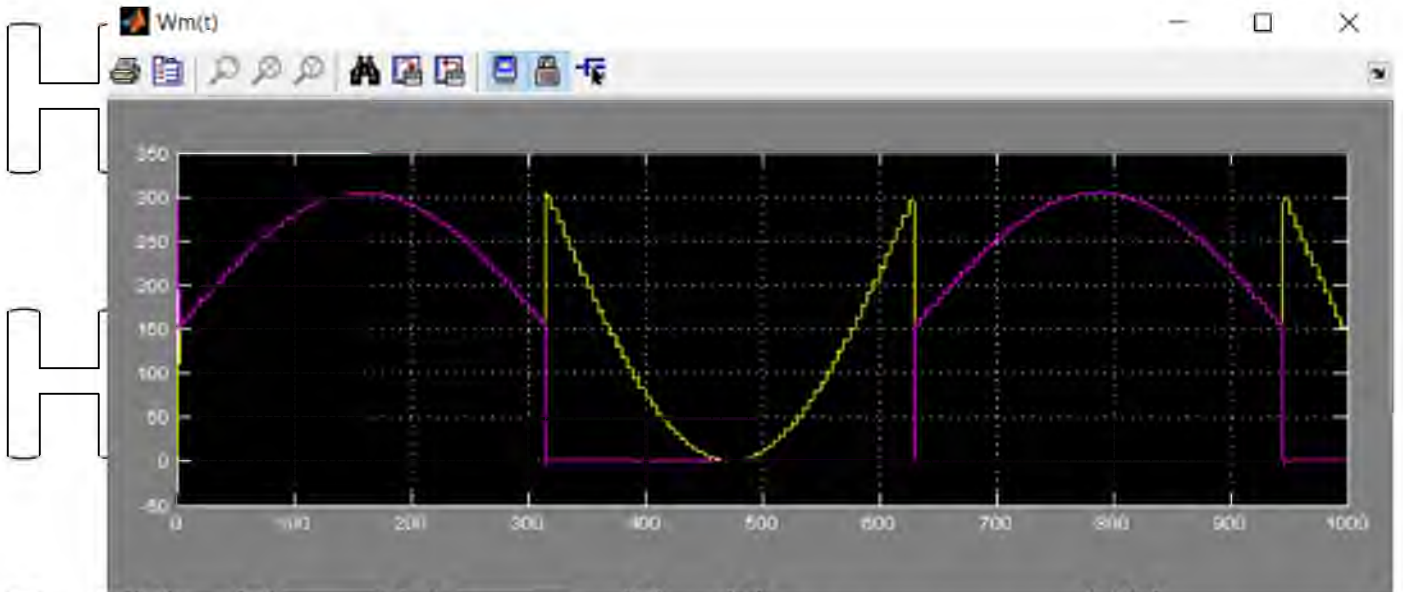


Рис. 2.11 Зміна частоти обертання двигунів у часі, рад/с

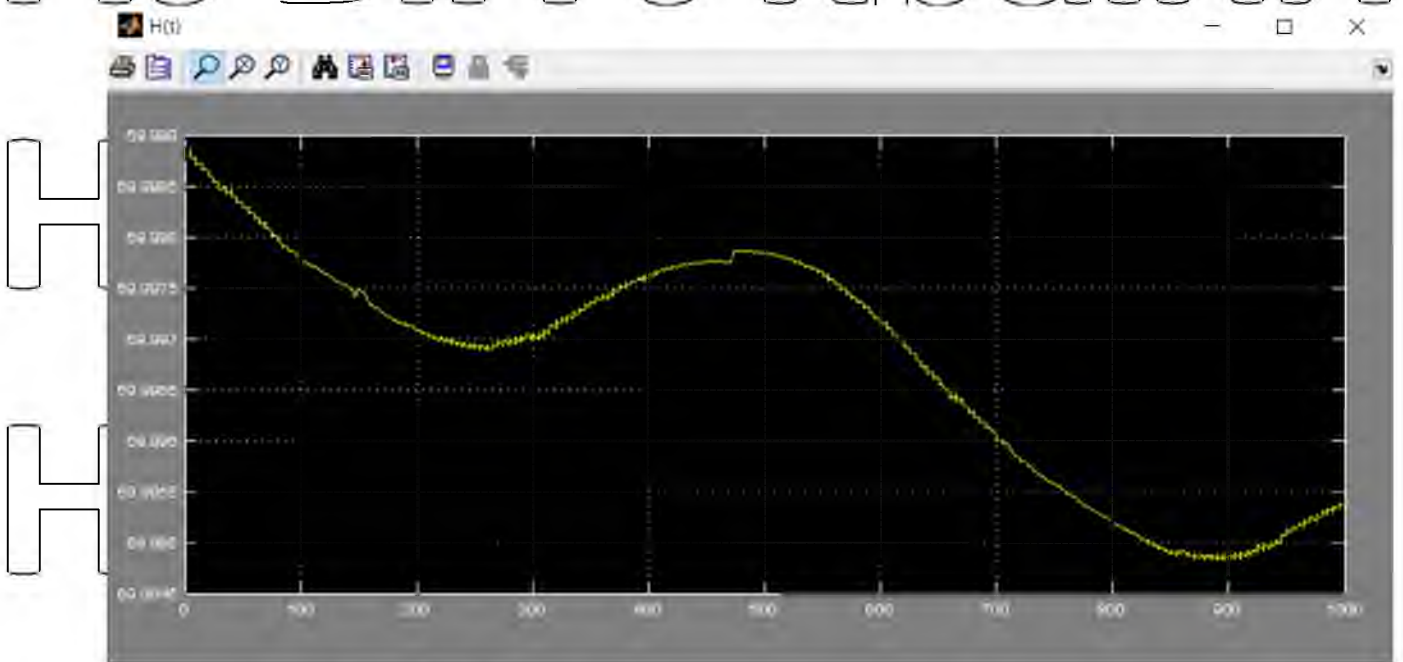


Рис. 2.12 Зміна висоти водяного стовпа в системі, м

НУБІП України

НУБІП України

Висновок до розділу

Базуючись на довідкових даних, за допомогою програмного середовища MATLAB Simulink побудовано імітаційну модель насосної установки. За теоретичним графіком перехідного процесу зміни частоти обертання валу від частоти мережі було отримано передатну функцію насосної установки.

В середовищі MATLAB Simulink створено імітаційну модель об'єкта керування, в якій було промодельовано заданий алгоритм керування та зміну керованого параметру при змінних збуреннях. Виходячи з результатів моделювання, регулювання рівня води в системі шляхом компенсації витрат є

доволі ефективною. За час моделювання 1000с спостерігається незначне зниження рівня води в системі, регулювання швидкість обертання двигунами відбувається плавно без частих вмикань/вимикань, при великих витратах навантаження порівну розподіляється між насосами.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

3. Розробка програмного забезпечення системи автоматичного управління насосною установкою підвищення тиску

3.1 Робота системи в автоматичному режимі роботи

В автоматичному режимі роботи, система управління повинна забезпечити підтримування заданого тиску в системі. Тиск вимірюється датчиком тиску 4-20 mA на виході з системи. В автоматичному режимі може працювати один або два насоси (в залежності від споживання води).

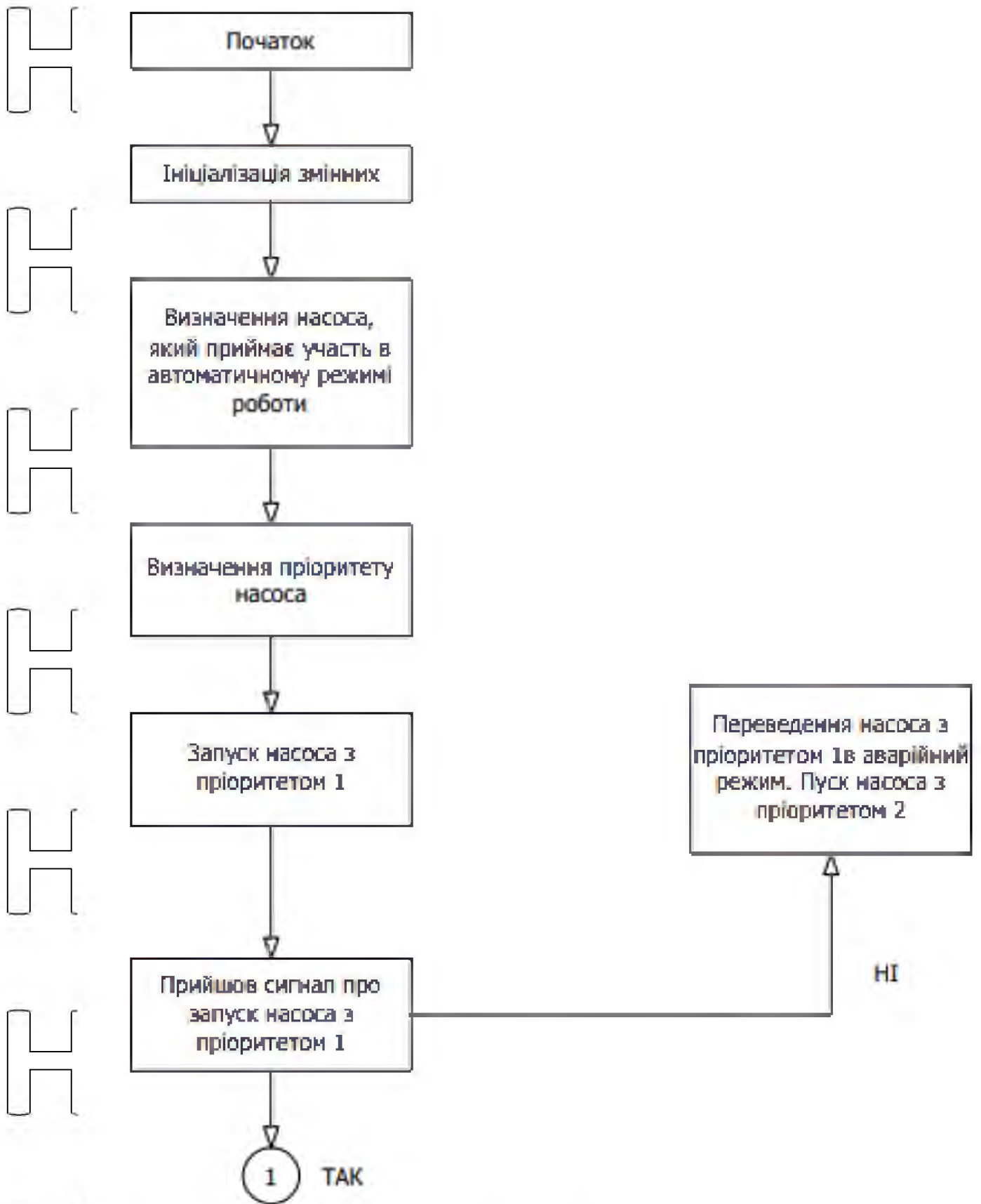
Перед пуском насосів, наша система управління визначає кількість насосів, які приймають роботу в автоматичному режимі.

Якщо система визначила, що на задовольняння потреб вистачить одного насоса (в даному випадку якщо витрата води сягає до $14 \text{ м}^3/\text{год.}$), система визначає пріоритет насоса, порівнюючи значення напрацьованих мотогодин. Після запуску насоса з пріоритетом 1, система очікує сигнал від датчика тиску 4-20 mA на виході з системи, після отримання сигналу, система розпочинає підтримувати заданий тиск в трубопроводі.

У випадку якщо потужність насоса з пріоритетом 1 максимальна, а тиск в трубопроводі нижчий за установлений, система починає запускати насос з пріоритетом 2. Під час запуску насоса 2, насос 1 продовжує працювати на максимальній потужності, у той період коли система виконує вихід насоса 2 у діапазон регулювання, після цього входить до роботи PI-регулятор.

У випадку якщо витрата води впаде за рівень нижче $14 \text{ м}^3/\text{год.}$, система плавно виконує зменшення потужності насоса з пріоритетом 2 до його повного вимкнення.

Алгоритм роботи системи підвищення тиску в автоматичному режимі наведений в (рис. 3.1).



НУБІП | УКРАЇНИ

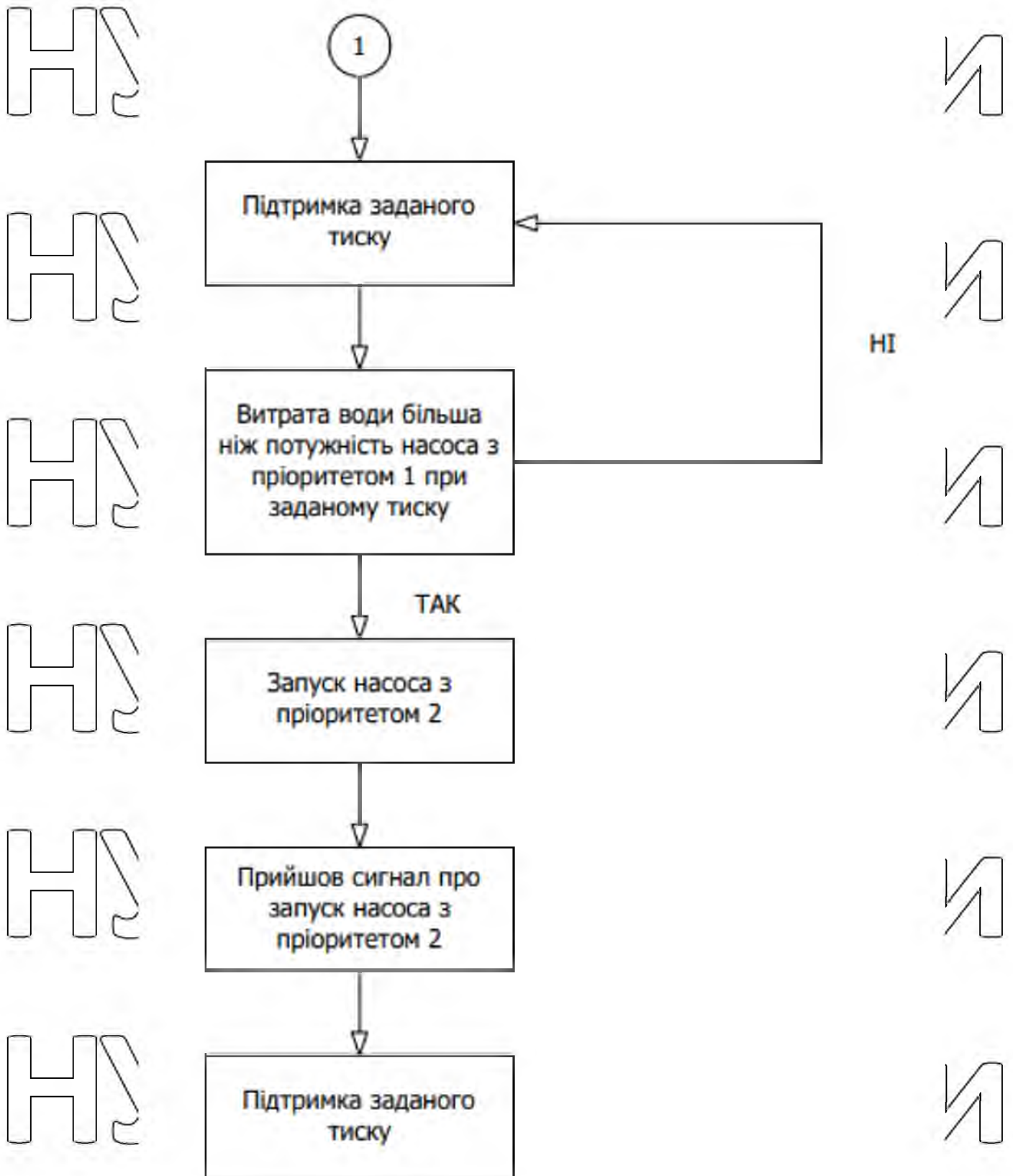


Рис. 3-1 Схема роботи системи в автоматичному режимі роботи

3.2 Робота системи в ручному режимі роботи

Якщо на панелі оператора перевести роботу насосів в ручний режим, система надає змогу оператору самому встановити частоту обертання насоса для підтримання заданого тиску.

У випадку якщо перетворювачі частоти для пуску одного чи двох насосів вийдуть з ладу, система передбачає пуск кожного з насосів методом прямого пуску в обхід перетворювача частоти – байпас. Для виконання запуску насосів за допомогою прямого пуску, необхідно на дверцятах шафи перевести перемикач в ручний режим роботи та натиснути кнопку «Пуск насоса 1» або «Пуск насоса 2». При запуску насосів таким чином, вони будуть працювати на повну потужність.

3.3 Розробка програми керування процесом в програмному середовищі TIA Portal

Portal

Враховуючи той факт що ми будемо використовувати контролер компанії Siemens, розумно використовувати спеціально розроблене інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів – TIA Portal.

Програмне забезпечення нового покоління "Totally Integrated Automation Portal" (TIA Portal) створює інтегроване середовище розробки для комплексних проектів автоматизації на основі численних програмних та апаратних продуктів сімейства SIMATIC, SINAMICS, SIMOTION, SENTRON та SIRIUS. У рамках TIA Portal використовується єдиний інтерфейс користувача для всіх програмних продуктів, що забезпечує підтримку функцій навігації проектів, єдиної концепції використання бібліотек, централізованого управління даними та забезпечення їх повної відповідності, запуску необхідних редакторів, збереження проектів, діагностики та багатьох інших функцій.

Це програмне забезпечення дозволяє досягати високого рівня ефективності при розробці будь-яких проектів автоматизації і значно зменшує витрати на конфігурацію та організацію взаємодії між контролерами, приводами, приладами та системами інтерфейсу "людина-машина"[8].

Для програмування контролерів Siemens широко використовуються мови програмування, визначені стандартами Міжнародної Електротехнічної Комісії

(MEK) та іншими мовами специфічними для Siemens. Основні мови програмування для контролерів Siemens включають:

1. Ladder Logic (Ладдерні діаграми): Це графічна мова програмування, що дозволяє виразити логіку керування у вигляді контактів, реле і керуючих реле, що легко розуміються та використовуються в галузі автоматизації.

2. Structured Text (Структурований текст): Ця мова програмування використовує синтаксис схожий на мови програмування C і підтримує складну логіку та обчислення.

3. Function Block Diagram (Функціональні блоки): Ця графічна мова програмування використовує блоки, які містять функціональні елементи та зв'язки між ними.

4. Instruction List (Список інструкцій): Ця мова програмування використовує текстовий синтаксис для запису послідовностей інструкцій.

5. Sequential Function Chart (Послідовні функціональні схеми): Ця графічна мова програмування використовує схеми для моделювання послідовних процесів.

6. Structured Control Language (Мова структурованого керування): Ця мова подібна до мови Structured Text і використовується для програмування комплексних управляючих завдань.

В даній роботі, програмування контролера буде виконуватись за допомогою мови програмування «SCL»

Було розроблено інтерфейс панелі оператора, використовуючи програму EasyBuilder Pro для панелей оператора WEINTEK. На (рис. 3.2) зображено основний інтерфейс управління насосною установкою підвищення тиску на два насоси.



Рис. 3.2 Основний екран управління насосною станцією, відображений на панелі оператора.

В даному вікні можна запускати насоси в ручному та автоматичному режимі роботи або зупинити їх. Показано який тиск треба підтримувати та дійсний тиск в системі. На шкалах показується продуктивність кожного з насосів.

На (рис. 3.3) показано частину коду що відповідає за режим роботи та зображено середовище програмування.

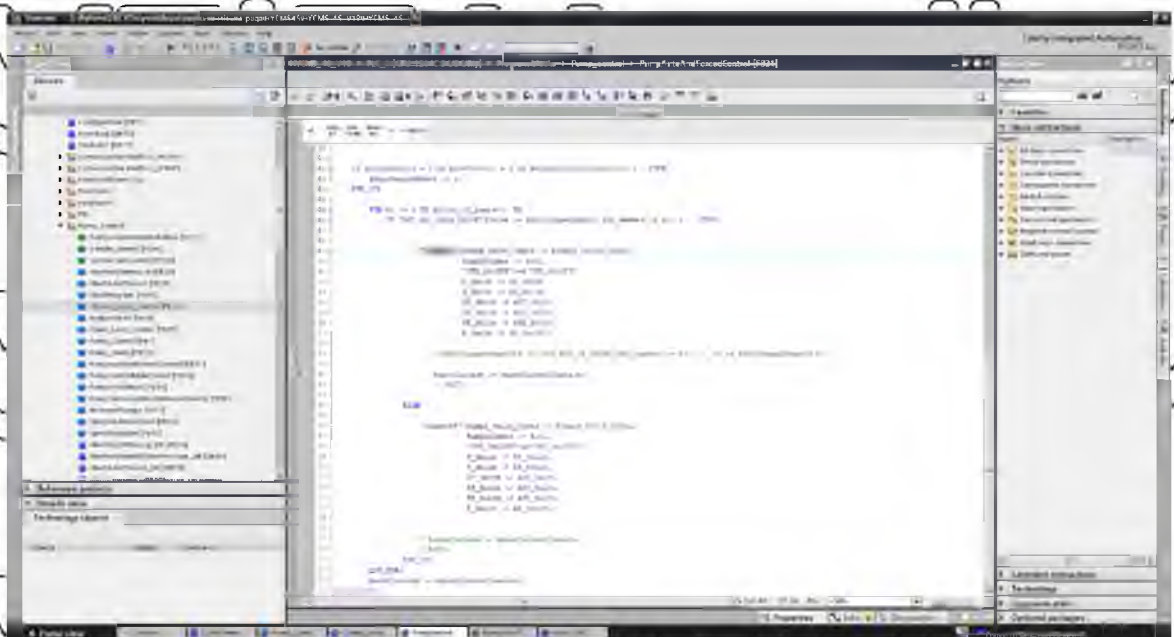


Рис. 3.3 Частину коду що відповідає за режим роботи та вигляд середовища програмування.

Нижче приведено код програми, який відповідає за керування насосами в замкненому контурі

```

FUNCTION_BLOCK "Closed_loop_control"
( S7_Optimized_Access := "TRUE" )
VERSION 1.0.2
VAR_INOUT
    Count_of_pumps { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Int; // Кількість насосів в системі
    ProcessVariable { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real; // Ісуюче значення параметра (фізичн)
    SetPoint { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real; // Установка параметра (фізичн значення)
    DeadBand { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real; // Зона нечутливості (фізичн значення)
    deltaValue { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real := 0.0; // Область пуску/зупинки фізичн
    FrequencyON { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Array[1..6] of Real := [6(0.0)]; // Частота пуску
    FrequencyOFF { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Array[1..6] of Real := [6(0.0)]; // Частота зупинки
    TimeOFF { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Array[1..6] of UInt := [0, 5(5)]; // Затримка вимкнення
    TimeON { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Array[1..6] of UInt := [0, 5(5)]; // Затримка включення
    SleepNode { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Struct; // Функція остановки насосів при низькому рівні
    "Function" { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool := 0; // Активация/деактивация функции
    SleepFunctionNode { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt; // Тип работы спящего режима: 0 - LowFlowDetectNode
    LowFlowDetectNode { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt; // Способ оценки низкого расхода
    FrequencyOFF { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real := 0.0; // Частота насоса при отсутствии
    SleepNodeDelay { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Затримка, перед переходом
    AnalyzTime { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Время анализа выхода из спящего
    Hysteresis { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Гистерезис установки, %
    LowFlow { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real := 0.0; // Значение низкого расхода в сист
END_STRUCT;
PumpFilling { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Struct; // Функция заполнения трубопровода
    "Function" { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool := 0; // Активация/деактивация функции
    FillingPressure { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real := 0.0; // Давление заполнения трубы
    MaxFillingTime { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Макс. время заполнения трубы
    PumpsCount { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Int := 0; // Макс. кол. насосов с частотами
    FillingAlarm { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Действие в случае превышения
    PumpSpeed { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real := 0.0; // Максимальная частота насосов
    PumpTime { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt := 0; // Время линейного нарастания давления
END_STRUCT;
PIDSpeed { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Real; // Задание скорости PID
PumpAutoModeAllLowCount { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Int; // Количество насосов доступных
maskCascade { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt; // Маска каскадного включения насосов
SleepNodeON { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Флаг, система перешла в спящий режим
"S-Mode" { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // S-режим регулирования
FillingPhase { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Флаг, этап заполнения трубы
DryRunAlarm { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool;
FillingPhaseNoxTimeAlarm { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Авария время заполнения
feedbackSensorError { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Авария датчика обратной связи
LowPressure { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Авария, аварийно-низкое давление
AlarmHighPressureError { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Авария аварийно-высокое давление
BlockingSignal { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : Bool; // Сигнал, блокировка работы в автомат
END_VAR
VAR_IN_OUT
    maskCurrentCascade { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False' } : UInt; // Текущая маска каскадного включения
END_VAR
VAR
    TimeCascadeOn { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False'; S7_SetPoint := 'False' } : Array_of_TON_TIMER;
    TimeCascadeOFF { ExternalAccessible := 'False'; ExternalVisible := 'False'; ExternalWritable := 'False'; S7_SetPoint := 'False' } : Array_of_TON_TIMER;

```

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України


```

ELSE
  #maskCurrentCascade := 0; //Если в системе нет доступных насосов для работы в автоматическом режиме
END_IF;

ELSE //Если система перешла в спящий режим
  IF #SleepMode.SleepFunctionMode = 0 THEN //Если выбран колебательный режим (спящий режим)
    IF #ProcessVariable < #SetPoint - "%_to_Real"("%" := #SleepMode.Hysteresis, Value := #SetPoint) THEN // Включение первого насоса если давление упало ниже уставки - гистерезис
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 0 THEN //Если первый насос еще не запущен
        #maskCurrentCascade := "SET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    ELSEIF #ProcessVariable > #SetPoint + "%_to_Real"("%" := #SleepMode.Hysteresis, Value := #SetPoint) THEN // Выключение первого насоса если давление поднялось выше уставки + гистерезис
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 1 THEN //Если первый насос еще не запущен
        #maskCurrentCascade := "RESET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    END_IF;
  ELSE //Если выбран пороговый режим (спящий режим)
    IF #ProcessVariable < #SetPoint - "%_to_Real"("%" := #SleepMode.Hysteresis, Value := #SetPoint) THEN // Включение первого насоса если давление упало ниже уставки - гистерезис
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 0 THEN //Если первый насос еще не запущен
        #maskCurrentCascade := "SET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    ELSEIF ("LOP_IsValueInRange"(value := #ProcessVariable, setpoint := #SetPoint, range := #DeadBand * 2, overHighLimit => #ProcessoverHighLimit, belowLowLimit => #ProcessbelowLowLimit,
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 1 THEN //Если запущен первый насос
        #maskCurrentCascade := "RESET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

ELSE
  //Если в системе нету регулируемых приводов (не авт. режим работы/в резерве/аварии) (для вида пуска E,FE) или преобразователь частоты в аварии (для вида пуска F) выполняем включение насосов
  IF #PumpsAutoModeAllowCount > 0 THEN // Если есть насосы доступные для автоматического режима работы
    //Включение первого насоса без задержки времени если есть необходимость
    IF #ProcessVariable < #SetPoint - #deltaValue THEN
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 0 THEN //Если первый насос еще не запущен
        #maskCurrentCascade := "SET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    ELSEIF #ProcessVariable > #SetPoint + #deltaValue THEN
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCurrentCascade, Bit_number := 0) = 1 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := 0) = 1 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCurrentCascade, Bit_number := 0) = 1 THEN //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
        #maskCurrentCascade := "RESET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := 0, IN := #maskCurrentCascade); //Выставляем флаг необходимости включения первого насоса
      END_IF;
    END_IF;
  FOR #i := 0 TO #PumpsAutoModeAllowCount - 2 DO
    //Если вид пуска насоса E/FE - привод/преобразователь частоты не аварии/резерве и режим работы и их режим работы автоматический
    //Для вида пуска насоса F - преобразователь частоты не аварии
    //тогда включение и отключение насосов осуществляется согласно заданных пользователем времени и частоты включения/отключения насосов
    //Если текущее давление меньше уставки и текущая частота регулируемого насоса больше частоты заданной пользователем
    //Включение 2-го и более насосов если необходимо
    IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCurrentCascade, Bit_number := #i + 1) = 0 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := #i + 1) = 0 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #ProcessVariable, Bit_number := #i + 1) < #SetPoint - #deltaValue THEN
      //Включение 2-го и более насосов если необходимо
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCurrentCascade, Bit_number := #i + 1) = 0 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := #i + 1) = 0 THEN
        IF (#ProcessVariable < #SetPoint - #deltaValue) THEN
          #TimeCascadeOn.IN[#i + 2] := 1;
        ELSE
          #TimeCascadeOn.IN[#i + 2] := 0;
        END_IF;
        IF #TimeCascadeOn.Q[#i + 2] = 1 THEN
          #maskCurrentCascade := "SET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := #i + 1, IN := #maskCurrentCascade);
          #TimeCascadeOn.IN[#i + 2] := 0;
          // EXIT;
        END_IF;
      END_IF;
      IF "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCurrentCascade, Bit_number := #i + 1) = 1 AND "GET_BIT_FROM_VALUE"(Value := #maskCascade, Bit_number := #i + 1) = 1 AND (#ProcessVariable > #SetPoint + #deltaValue) THEN
        #TimeCascadeOFF.IN[#i + 2] := 1;
      ELSE
        #TimeCascadeOFF.IN[#i + 2] := 0;
      END_IF;
      IF #TimeCascadeOFF.Q[#i + 2] = 1 THEN
        #maskCurrentCascade := "RESET_BIT_IN_VALUE"(Bit_number := #i + 1, IN := #maskCurrentCascade);
        #TimeCascadeOFF.IN[#i + 2] := 0;
        // EXIT;
      END_IF;
    END_IF;
  END_FOR;
  ELSE
    #maskCurrentCascade := 0; //Если в системе нет доступных насосов для работы в автоматическом режиме
  END_IF;
END_IF;

IF #DryRunAlarm = 1 OR #FeedBackSensorError=1 OR #FillingPhaseMaxTimeAlarm=1 OR #LowPressure=1 OR #AlarmHighPressureError=1 OR #BlockingSignal=1 THEN //
  //При аварии датчика обратной связи
  //При аварии заполнения трубопровода
  //При аварии аварийно-низкое давление
  //При аварии аварийно-низкое давление
  //При сигнале блокировке
  #maskCurrentCascade:= 0;
END_IF;

```

В даній системі можна легко встановити тиск, який необхідно підтримувати.

Та показано графік роботи системи(рис. 3.4).

НУБІП України

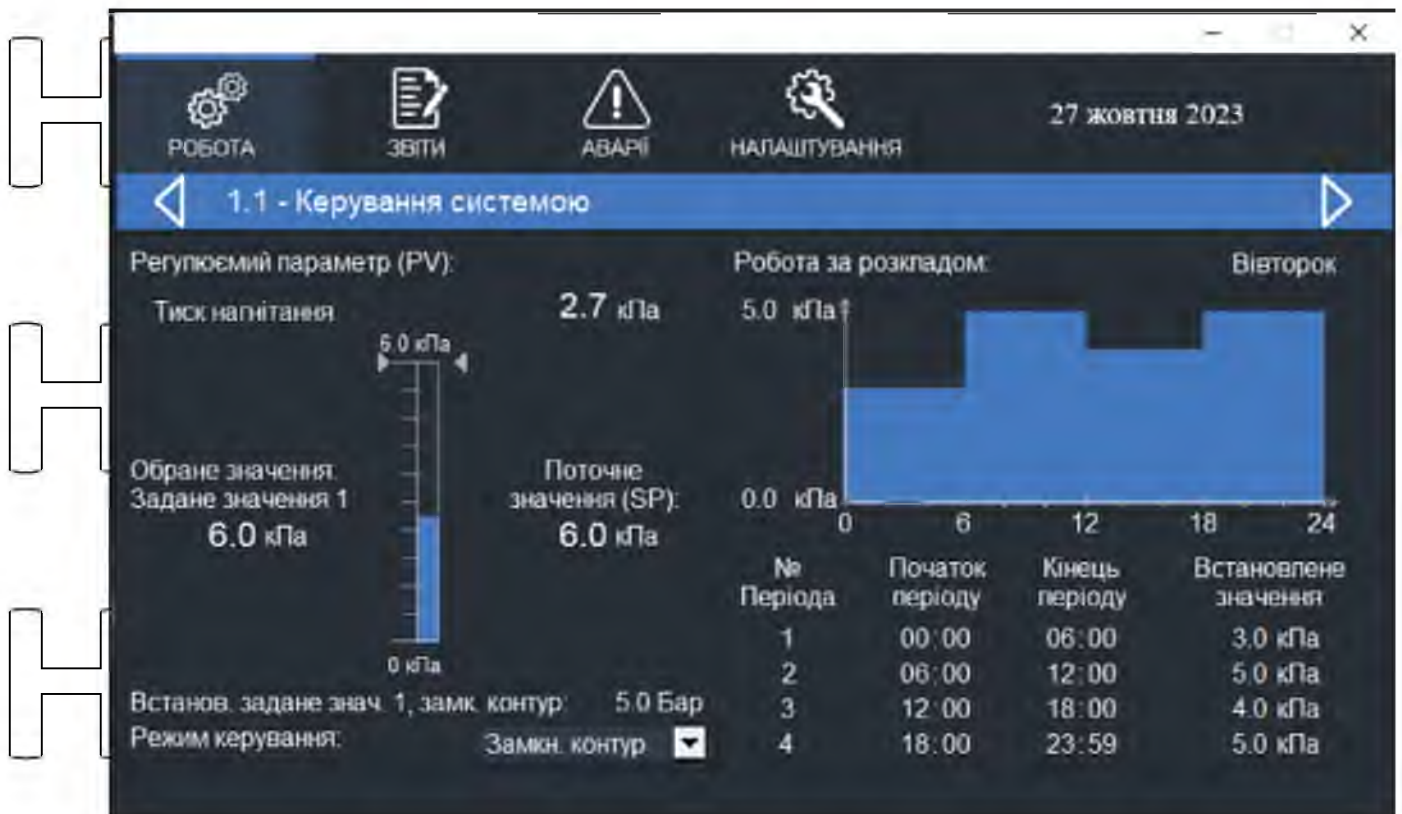


Рис. 3.4 Вікно «Керування системою»

В системі також вказано кількість запусків та напрацювання годин кожного з насосів (рис. 3.5).

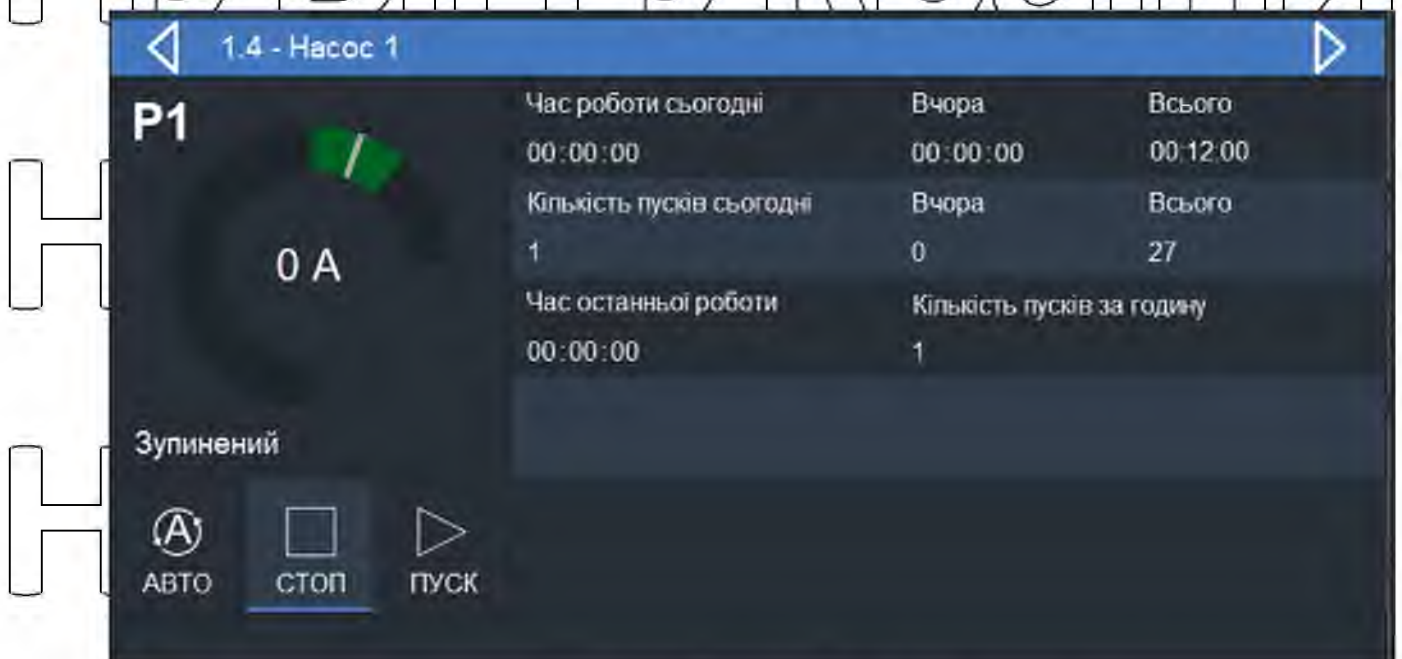


Рис. 3.5 Вікно «Насос 1»

Так як система каскадна, то якщо для підтримання тиску необхідна робота одного насоса, система може вибрати який насос запустити по його напрацюванню (рис. 3.6).

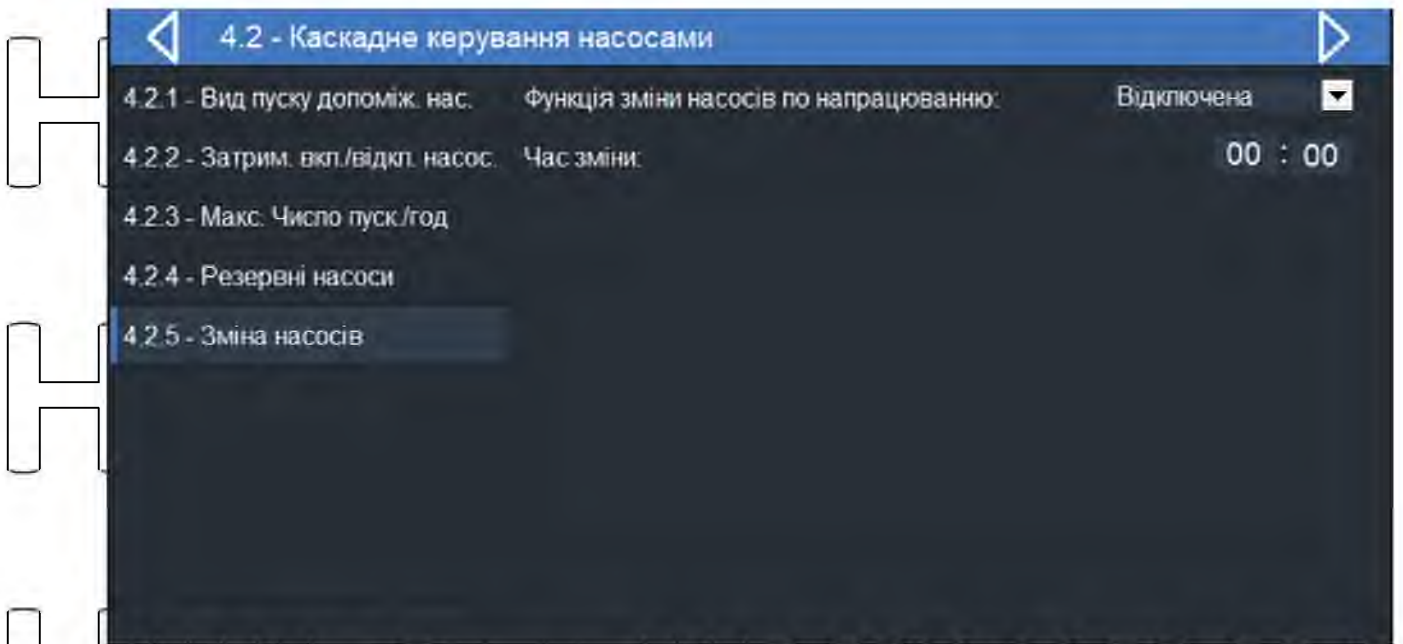


Рис. 3.6 Вікно «Зміна насосів до напрацювання»
Нижче показано як це реалізовано за допомогою коду:

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

```

FUNCTION "PriorityRotation" : Void
{ S7_Optimized_Access := 'TRUE' }
VERSION : 0.1
VAR_INPUT
    InputPriority : Array[1..6] of Int;    // Вход для массива приоритетов
    PumpsAutoModeAllow : Array[1..6] of Bool;    // Разрешение работы насосов
    Pumps_Swich_Types : Array[1..6] of UInt;    // 6 - S - прямой пуск от
END_VAR

VAR_OUTPUT
    "Idex_of-pump_priotity" : Array[1..6] of Int;    // Адреса насосов с н
END_VAR

VAR_TEMP
    j : Int;
    k : Int;
    z : Int;
    x : Int;
    j1 : Int;
    i1 : Int;
    v : Int;
    b : Int;
    n : Int;
    m : Int;
    l : Int;
    h : Int;
    Prioritet_by_Allow : Array[1..6] of Int;    // Приоритет по готовности
    Prioritet_by_SwichMode : Array[1..6] of Int;    // Приоритет по типу п
    priority : Int;
    SwichmodePriority : Int;
    start_smenu_prioritetov : Bool;
END_VAR

VAR CONSTANT
    Count_of_pumps : Int := 6;    // Количество насосов в системе
END_VAR

BEGIN
    REGION BLOCK INFO
        //-----
        //-----
        // Title:          PriorityRotation
        // Comment/Function: Смена приоритетов включения насосов
        //                  в случае неготовности насосов к работе
        //                  При смене приоритетов учитываются осн
        //                  Если насос не готов к работе, его прио
        // Library/Family:  PumpsControl Algoritms
        // Tested with:     CPU1215C DC/DC/RLY FW:V4.2
        // Engineering:     TIA Portal V16.1
        // Restrictions:

```

```
END_REGION
```

```
REGION LOGIC
```

```
//Для расчета приоритетов включения насосов с учетом вида пуска насосов сперва необходимо
//по виду пуска и времени наработки.
#SwichmodePriority := 1;
FOR #l := 1 TO 6 DO //счетчик способов включения насосов: 6 - S - прямой пуск от сети, 5 -
  FOR #v := 1 TO #Count_of_pumps DO //Счетчик приоритетов от 1 до "количества насосов"
    FOR #b := 1 TO #Count_of_pumps DO
      IF (#Pumps_Swich_Types[#b] = #l AND #InputPriority[#b] = #v) THEN //Задача дан
        //насосам с о
          #Prioritet_by_SwichMode[#b] := #SwichmodePriority;
          #SwichmodePriority := #SwichmodePriority + 1;
        END_IF;
      END_FOR;
    END_FOR;
  END_FOR;
END_FOR;
```

```
//После присвоения приоритетов по виду пуска и времени наработки выставляем приоритеты по г
```

```
#priority := 1; //Объявляем переменную и присваиваем ей значение наибольшего приоритета.
FOR #j := 1 TO #Count_of_pumps DO //счетчик приоритетов от 1 до "количества насосов"
  FOR #k := 1 TO #Count_of_pumps DO
    IF (#PumpsAutoModeAllow[#k] = 1 AND #Prioritet_by_SwichMode[#k] = #j) THEN //Прим.:
      #Prioritet_by_Allow[#k] := #priority; //выставляем
      #priority := #priority + 1; //Инкриментируем п
    END_IF;
  END_FOR;
END_FOR;
```

```
//После того, как выставили приоритеты от 1 до # начинаем выставлять приоритеты для насосов
// Продолжаем выставлять приоритеты для неработающих насосов начиная с последнего приоритет
```

```
FOR #z := 1 TO #Count_of_pumps DO
  FOR #x := 1 TO #Count_of_pumps DO
    IF #PumpsAutoModeAllow[#x] = 0 AND #Prioritet_by_SwichMode[#x] = #z THEN
      #Prioritet_by_Allow[#x] := #priority;
      #priority := #priority + 1;
    END_IF;
  END_FOR;
END_FOR;
```

```
//Запоминаем индексы насосов по новым приоритетам
```

```
FOR #i1 := 1 TO #Count_of_pumps DO
  FOR #j1 := 1 TO #Count_of_pumps DO
    IF #Prioritet_by_Allow[#i1] = #j1 THEN
      #"Idex_of-pump_priotity"[#j1] := #i1;
    END_IF;
  END_FOR;
END_FOR;
```

```
END_REGION
```

```
END_FUNCTION
```

НУБІП України

НУБІП України

Висновок до розділу

В розділі було розкрито алгоритм роботи насосної установки в автоматичному режимі. Було описано визначення пріоритетності насосів за принципом напрацювання по мотогодинам. Також було описано принцип роботи установки в ручному режимі від перетворювача частоти та в обхід – за допомогою прямого пуску (якщо перетворювач частоти вийшов з ладу).

Було наведено загальні відомості по програмному забезпеченню нового покоління "Totally Integrated Automation Portal" (TIA Portal). Визначено якою мовою буде виконуватись програмування. В розділі показано основні вікна з панелі оператора та прикріплено до них код програми.

Було наведено що система працює по напрацюванню насосів, якщо в даний момент система потребує роботи одного насоса. Це зроблено для більшої надійності системи та задля розумного використання робочого ресурсу насоса.

Було показано код, в якому реалізована ця функція. В розділі зазначається, що на панелі оператора є функція моніторингу кількості запусків та часу роботи кожного з насосів.

РОЗДІЛ 4

4. Розрахунок та підбір обладнання для шафи керування насосною установкою підвищення тиску.

4.1 Вибір центрального контролера

Для того, щоб вибрати центральний контролер необхідно визначити точну кількість аналогових та цифрових входів / виходів. Для обробки цифрових сигналів, необхідні входи, розраховані на 24В постійної напруги.

Перелік необхідних нам цифрових входів, цифрових виходів, аналогових входів, аналогових виходів.

1. Цифровий вхід – сигнал автоматичного режиму роботи.
2. Цифровий вхід – сигнал ручного режиму роботи.
3. Цифровий вхід – сигнал екстреної зупинки.
4. Цифровий вхід – сигнал аварії насоса 1.
5. Цифровий вхід – сигнал аварії насоса 2.
6. Цифровий вхід – сигнал «Сухий хід» насоса 1.
7. Цифровий вхід – сигнал «Сухий хід» насоса 2.
8. Цифровий вхід – «Сухий хід» блокування.
9. Цифровий вихід – реле «Загальна аварія».
10. Цифровий вихід – сигнал роботи насоса 1 в автоматичному режимі.
11. Цифровий вихід – сигнал роботи насоса 2 в автоматичному режимі.
12. Аналоговий вхід – сигнал датчика тиску 4-20 mA на вході до насосної установки.
13. Аналоговий вхід – сигнал датчика тиску 4-20 mA на виході з насосної установки.
14. Аналоговий вихід – сигнал на керування частотою перетворювача частоти насоса 1.
15. Аналоговий вихід – сигнал на керування частотою перетворювача частоти насоса 2.

16. RS-485 – канал зв'язку.

17. Profinet – LAN (Ethernet) для підключення панелі оператора.

Загальна кількість необхідних нам цифрових входів, цифрових виходів, аналогових входів, аналогових виходів наведена в Таблиця 4.1.

Таблиця (4.1)

Цифрові входи (24 VDC)	8
Цифрові виходи (24 VDC)	4
Аналогові входи 0-10 V	2
Аналогові виходи	2

Переважна більшість програмованих логічних контролерів не мають у собі дисплея та клавіатури. Для комфортної взаємодії технічного персоналу з розробленим інтерфейсом, необхідно додатково під'єднати до контролера панель оператора. Саме програмування та діагностика контролера проводиться за допомогою підключення кабелю Ethernet до ноутбука, або за допомогою підключення шини обміну даних RS-485 до спеціальних пристроїв. Більшість контролерів мають функцію з'єднання з іншими пристроями за допомогою інтерфейсів: RS-485; RS-232; Ethernet; ProfiBus.

Процес програмування контролера відбувається шляхом використання стандартизованих мов МЕК (IEC61131-3).

Мови програмування МЕК поділяються на графічні та текстові:

Графічні

- PLC SEC – мова діаграм станів використовується для програмування автоматів.
- LD – мова релейних схем.
- PLC FBD - мова функціональних блоків.

Текстові

- IL – Асемблер.
- ST - Паскаленодібна мова.

Згідно з темою дипломної роботи я маю використовувати ПЛК Siemens. Найбільш поширеними ПЛК в системах даного типу, являються контролери Siemens серії S7-1200 (рис. 4.1). Однією з переваг вибраного контролера є те, що він модульний. До нього можна легко під'єднати додаткові модулі такої самої серії.



Рис. 4.1 SIEMENS S7-1200 (Зовнішній вигляд)

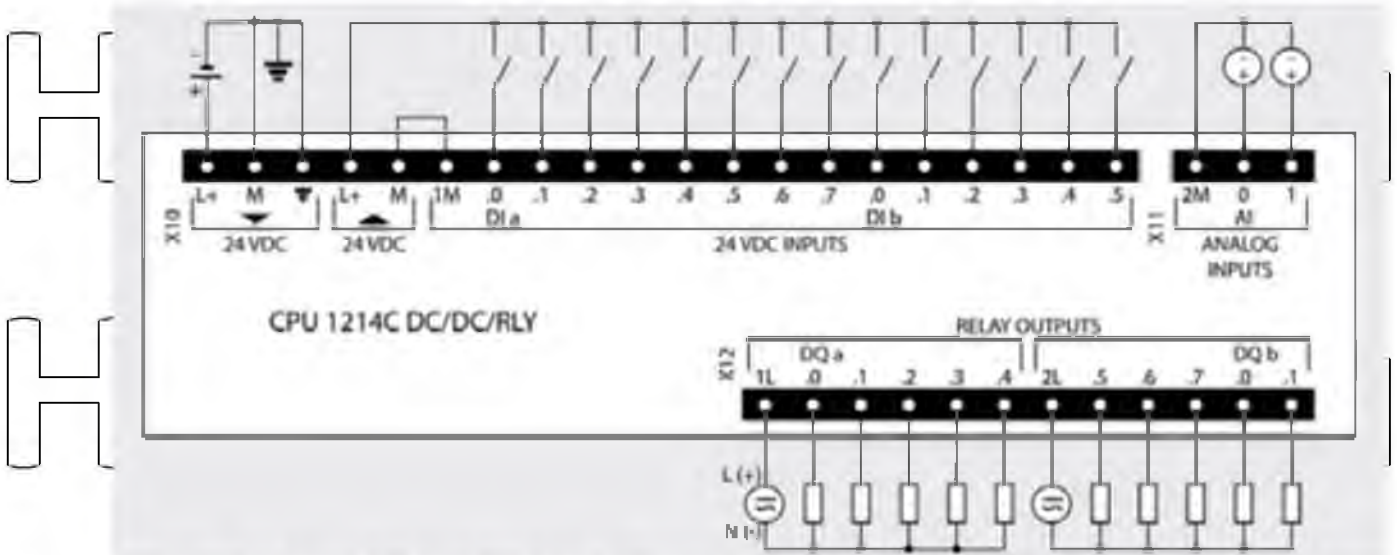


Рис. 4.2 SIEMENS S7-1200 CPU1214C DC/DC/RLY (Схема підключення)

У Таблиця 4.2 показано технічні характеристики даного контролера.

Таблиця (4.2)

Параметри	Контролер Siemens S7-1200
Напруга живлення	24 VDC
Дисплей	-
Пам'ять	1 Мбайт
Тип дискретних виходів	Оптореле
Цифрові виходи	10
Цифрові входи	14
Аналогові виходи	-
Аналогові входи	2 (0-10V)
Інтерфейс RS-485	-
Ethernet	1
Мова програмування	CSL, FBD, LAD
Максимальна напруга комутації	220V
Комутуючий струм	2A
Струм, що споживає	400mA

4.2 Вибір модулів вводів/виводів дискретних та аналогових сигналів

Контролер в своїй базовій комплектації не може задовільнити наші потреби, так як в ньому відсутні аналогові виходи для керування частотою перетворювача частоти, тому необхідно додатково додати модуль вводу-виводу аналогових сигналів SM-1232 (рис. 4.3).



Рис. 4.3 SIEMENS SM-1232 (Зовнішній вигляд)

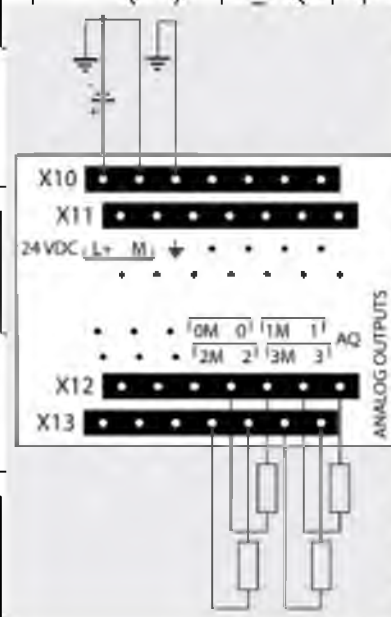


Рис. 4.4 SIEMENS SM-1232 (Схема підключення)

Як ми бачимо з (рис. 4.4) даний модуль має чотири аналогових виходи.

Так як в центральному контролері відсутній RS-485, нам необхідно додати модуль SM1241 (рис. 4.5), який включає в себе RS-485.

НУ

НУ

НУ



-И

-И

-И

Рис. 4.5 SIEMENS SM1241 (Зовнішній вигляд)

Відомо існує велика кількість різновидів додаткових модулів на контролер SIEMENS S7-1200 для вирішення найрізноманітніших задач (рис. 4.6).

НУ

НУ



И

И

Рис. 4.6 Додаткові модулі для контролерів SIEMENS S7-1200

4.3 Вибір панелі оператора

Для того щоб задати параметри та відобразити інформацію з контролера SIEMENS S7-1200, нам необхідно до нього панель оператора (рис 4.7).



Рис. 4.7 Зовнішній вигляд панелі оператора Weintek MT8071iE, 7"

MT8071iE – сенсорна графічна панель оператора для систем автоматизації підвищеної продуктивності в ультра тонкому корпусі. Панель має високу швидкість передавання даних і відмальовування об'єктів інтерактивного графічного дисплея та подвійну ізоляцію RS 485. Підтримуються протоколи MODBUS TCP/IP, BacNET/IP і MPI/PP1 з'єднання з безліччю пристроїв. Друкована плата панелі оброблена спеціальним способом для захисту від впливу вологи та пилу[7]. У Таблиця 4.3 наведені технічні характеристики панелі оператора Weintek MT8071iE, 7".

Конфігурування панелі оператора MT8071iE здійснюється за допомогою безплатного програмного забезпечення EasyBuilder Pro.

Таблиця 4.3

Діагональ екрану	7 дюймів
Роздільна здатність екрану	800x480
Тип панелі оператора	Кольоровий сенсорний
Ступінь захисту	IP65
Ethernet	Так
Частота процесора	600 МГц
Об'єм оперативної пам'яті	128 МБ
Напруга живлення	24 VDC
Струм споживання	0.35

4.4 Розрахунок та підбір блока живлення для модулів системи.

Контролер, додатковий модуль та панель оператора живляться постійною напругою 24V. Живити їх буде зовнішній блок живлення. Для підбору блока живлення необхідно поррахувати який сумарно струм споживають вибранні контролер, додатковий модуль та панель оператора.

Модуль SM-1232 має потужність $P_{max} = 2$ Вт, напруга живлення складає $U_H = 24$ В. Максимальний струм знаходимо за формулою :

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{U_H} = \frac{2 \text{ Вт}}{24 \text{ В}} \approx 0.08 \text{ А} \quad (4.1)$$

Отже, струм що споживає модуль SM-1232 складає 0.08 А. Згідно з даних що наведені в таблицях, струм контролера складає 400мА = 0.4А, струм панелі оператора складає 0.35А. Таким чином сумарний струм що споживається становить 0.83А.

З представлених на ринку блоків живлення, широкого поширення набули блоки живлення Faraday. Спираючись на розрахований струм, скористаємось блоком живлення Faraday Electronics 20Wt/12-36V/ALU (рис. 4.8).

НУ

ИИ

НУ

ИИ



Рис. 4.8 Зовнішній вигляд блока живлення Faraday Electronics 20W/12-36V
Вибраний блок живлення має характеристики наведені в Таблиця 4.4:

Таблиця 4.4

Максимальна потужність	20 Вт
Вхідна напруга	86-264 В змінного струму
Вихідна напруга	1 (8-37.5 В)
Вихідна напруга	1.7A (12В) / 1A (24В) / 0.7A (36В)

4.5 Вибір силової частини

Вибір перетворювача частоти.

На сьогоднішній день на ринку існує багато виробників перетворювачів частоти, такі як: Danfoss; Schneider Electric; ABB; Siemens та інші.

Для двох вибраних насосів нам необхідно підібрати перетворювачі частоти. Підбирати ми їх будемо по номінальній потужності та струму вибраних нами насосів (5.5 кВт, 12.5 А).

Розглянемо перетворювач частоти ATV-610 компанії Schneider Electric.

Перетворювачі частоти Altivar Easy 610 призначені для керування асинхронними електродвигунами з напругою живлення від 380 до 415 В та потужністю від 0.75 до 160 кВт. Перетворювачі частоти Altivar Easy 610 дозволяють повніше використовувати можливості обладнання та знизувати

експлуатаційні витрати завдяки оптимізації енергоспоживання та зручність використання. Комунікаційні модулі дозволяють використовувати перетворювач частоти в системах автоматизації, побудованих з використанням основних промислових протоколів. Перетворювачі частоти Altivar Easy 610 містять кількість конфігурованих входів-виходів, достатнє для реалізації більшості схем керування.

На офіційному сайті можна знайти необхідний шам перетворювач частоти на 1.5 кВт. ATV610U55N4 (рис.4.9).



Рис. 4.9 Зовнішній вигляд перетворювача частоти ATV610 5,5кВт 380-460В

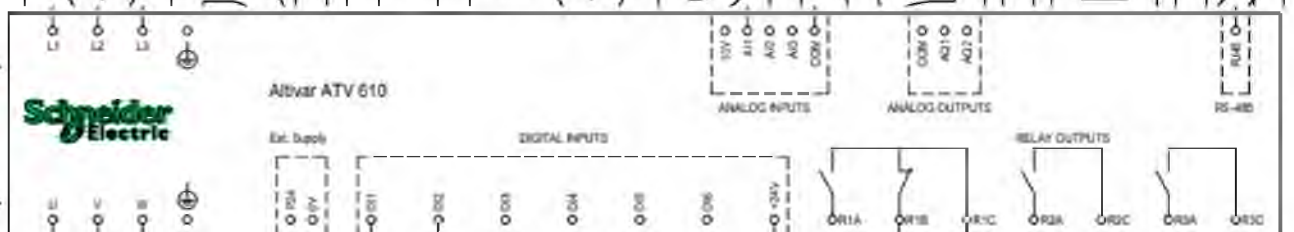


Рис. 4.10 Схема перетворювача частоти ATV610 5,5кВт 380-460В

Як ми бачимо з Рис.4.10 даний перетворювач частоти має цифрові та аналогові входи та виходи, це є важливим критерієм для вибору, так як це дає можливість адаптувати його роботу під задачі та алгоритм роботи, що буде виконувати насосна установка. ATV610 має шість цифрових входів, три аналогових входи 0-10В, два аналогових виходи, три релейних виходи та вбудований інтерфейс RS-485.

В Таблиця 4.5 описано типи цифрових входів, релейних виходів, аналогових входів, аналогових виходів.

Таблиця 4.5

Тип аналогового входу	<p>AI1, AI2, AI3 програмно-конфігурована напруга: 0..10 В постійний струм, повний опір: 30 кОм, роздільна здатність 12 біт</p> <p>AI1, AI2, AI3 програмно-конфігурований струм: 0..20 мА, повний опір: 250 Ом, роздільна здатність 12 біт</p> <p>AI2, AI3 програмно-конфігур.давач температури або рівня води</p>
Тип дискретного входу	<p>DI1..DI6 програмується як логічний вхід, 24В постійна напруга (≤ 30 В), повний опір: 3,5 кОм</p> <p>DI5, DI6 програмується як імпульсний вхід: 0...30 кГц, 24 В постійна напруга (≤ 30 В)</p>
Тип аналогового виходу	<p>Програмно-конфігурований струм AQ1, AQ2: 0..20 мА, роздільна здатність 10 біт</p> <p>Програмно-конфігурована напруга AQ1, AQ2: 0..10 В постійний струм повний опір 470 Ом, роздільна здатність 10 біт</p>

Тип релейного виходу

Конфігурована релейна логіка R1: реле несправності нормально розімкнені/замкнені

Конфігурована релейна логіка R2: реле послідовності нормально розімкнені

Конфігурована релейна логіка R3: реле послідовності нормально розімкнені

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що даний перетворювач частоти більш як задовольняє наші потреби в розробці системи.

Вибір головного вимикача навантаження.

Головним параметром по якому підбирається вимикач навантаження це струм. Струм головного вимикача не має бути меншим за струм, що використовує насосна установка, так як перевищення струму призведе до підгоряння клем на вимикачі. Як сказано вище, струм що споживає один насос становить 12,5 А. В нашій установці використовується два насоси, сумарний струм який вона споживає становить 25 А.

Широкого поширення на ринку отримали вимикачі навантаження компаній Lovato, ABB, Socomec. Найбільш раціональним рішенням буде вимикач навантаження компанії Lovato серії GA. Перевагою даного вимикача є його досить помірна ціна, надійна якість зборки та габарити менші ніж в конкурентів.

Ще до нього можна докупити виносну ручку та штангу подовжувач, що дасть нам змогу увімкнути чи вимкнути шафу керування без зайвого відкриття дверей.

Виберемо вимикач GA032A (рис.4.11) струмом навантаження до 32 А, що цілком задовольняє наші потреби.

НУВ

НИ

НУВ

НИ

НУВ

НИ



Рис. 4.11 Зовнішній вигляд вимикача навантаження GA032A

Вибір автоматичного вимикача.

Автоматичний вимикач – контактний комутаційний апарат, призначений для

увімкнення та вимкнення електричного кола, захисту кабелів від струму

перенавантаження та короткого замикання. Перенавантаження виникає, коли

струм в колі починає перевищувати номінальний струм автомата. Принцип

роботи в нього досить простий: всередині автоматичного вимикача є біметалічна

пластина, яка нагрівається та вигинається, якщо через неї проходить струм

більший за номінальний, пластина торкається механізм розчіплювача і

автоматичний вимикач спрацьовує.

На корпусі вимикача вказано його струм, та в залежності від пристрою,

букви: А, В, С, D. Ці букви вказують на допустиме перенавантаження.

Час спрацювання автоматичного вимикача напряму залежить від величини

перенавантаження. При невеликому перевищенні норми, він може зайняти

годину чи більше, а при значному перевищенні – декілька секунд.

За допустимим перенавантаженням автомати поділяються на

Автомати класу А

Автомати класу А являються найбільш чутливими. Тепловий розчіплювач в автоматичних вимикачах класу А спрацьовують при перевищенні струму на 30%. Такі автомати використовують в лініях, при роботі яких не допускаються навіть короточасні перенавантаження.

Автомати класу В

Автомати класу В менш чутливі ніж класу А. Електромагнітний розчіплювач в них спрацьовує при перевищенні номінального струму на 200%, а час спрацювання складає 0.015 секунд. Такі автомати включають до ліній, в які

під'єднані розетки, прибори освітлення і тд., де пускові перевищення струму відсутні або мінімальні.

Автомати класу С

Автомати класу С найбільш розповсюджені в побутових мережах. Їх властивість по перенавантаженню вища ніж в класах описаних вище. Для того щоб автоматичний вимикач спрацював, необхідне п'ятикратне перевищення струму. Його час спрацювання при такому перенавантаженні становить 1.5 секунд.

Автомати класу D

Автомати класу D мають найбільшу спроможність по перенавантаженню. Для того щоб спрацював автомат, треба щоб струм перевищив номінальний в десять разів. Його час спрацювання при такому перенавантаженні становить 0.4 секунд.

Автомати такого класу зазвичай встановлюють в загальних мережах, де вони виконують підстраховуючу роль.

Зазвичай в подібних системах ставляють автоматичний вимикач чи запобіжники струмом в два рази вище номінального струму двигуна.

Так як в нашій установці буде два насоси зі струмом 12.5 А, необхідно поставити два автоматичних вимикача на 25 А. З вище перерахованих класів захисту, нам найбільше підходить клас С.

Існує багато виробників автоматичних вимикачів такі як: Schneider Electric, LS, IEC, ETE. Я зупинився на модульному автоматичному вимикачі виробника LS серії BKN-c 3P на 25A (рис.4.12).



Рис. 4.12 Зовнішній вигляд автоматичного вимикача BKN-c 3P 25 A

Вибір контакторів

Основною задачею контакторів являється регулярне включення та виключення електричних кіл.

В виборі контакторів спираються на його номінальний струм. Головне щоб він не був меншим за номінальний струм двигуна, якщо це тільки не схема зірка/трикутник, тоді допускається номінальний струм контактора в 1.73 менший за номінальний струм двигуна.

Принцип роботи.

Пристрій складається з декількох частин. Котушка – вона необхідна для утворення магнітного поля. Група рухомих контактів змикається та розмикається з нерухомими контактами, тим самим пропускаючи струм. Коли на котушку подати струм і вона утворює магнітне поле, то до нерухокої серцевини, на якій закріплена котушка, притягається рухомий магнітний провід, на якому

розташовані рухомі контакти. При увімкненні котушки, рухомі контакти комутують з нерухомими контактами і таким чином вони замикають електричне коло (рис. 4.13).

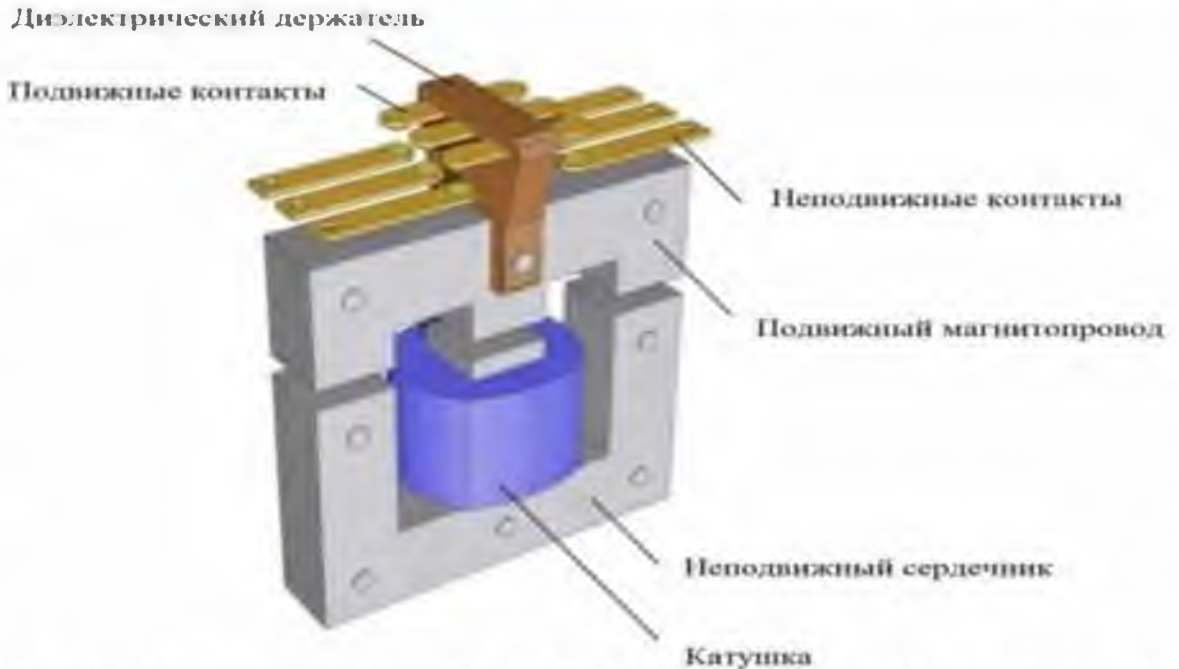


Рис. 4.13 Основні елементи контактора

В нашій системі керування контактори будуть використовуватись як байпас. Він необхідний для альтернативного пуску кожного з насосів напряму, в ручному режимі, якщо один або два перетворювачі частоти вийдуть з ладу. Сигнал на контактори буде виходити з релейного виходу контролера 24В, тому контактори потрібно вибирати з котушкою на 24В. Нам необхідні дві пари контакторів для автоматичного та ручного режимів роботи насосів. Ще в контакторів має бути додатковий нормально замкнутий контакт для запобігання увімкнення насосу в одночасно в автоматичному та ручному режимі.

Наші вимоги до контакторів наступні:

- Номінальний струм вище 12.5 А
- Струм котушки контактора 24 В
- Додатковий нормально замкнутий контакт

На ринку існує багато виробників контакторів: IEK, Schneider Electric, LS, ЕПІ та інші. Але на жаль не всі вони є якісними, тому виберемо популярні та добре

зарекомендовані контактори фірми Schneider Electric серії LC1E, а саме контактор LC1E180IM7 (рис. 4.14).



Рис. 4.14 Зовнішній вигляд контактора LC1E180IM7

Автомат захисту двигуна

Так як в нашій системі буде байпас, необхідно захистити електродвигун насоса (в обхід перетворювача частоти). Так як у перетворювача частоти є функція захисту від перенапруги, то при пуску напрямку, необхідно поставити автомат захисту двигуна.

Автомати захисту двигуна в першу чергу призначені для захисту двигуна від перегріву та короткого замикання. Особливістю цього автомата є те, що вони не мають конкретного номіналу струму, вони мають діапазон струмів від яких захищають електродвигун та завдяки регулятору на корпусі автомата, можна підібрати номінальний струм електродвигуна, від відхилення номіналів якого буде захищати сам автомат захисту двигуна.

В нашій системі стоять два насоси по 5.5 кВт., з номінальним струмом 12.5 А, тому автомат захисту двигуна потрібно підбирати з таким діапазоном, що включає в себе 12.5 А.

Мною було вибрано автомат захисту двигуна, виробника Schneider Electric серії GZ1E, а саме автомат з діапазоном струмів 9-14А - GZ1E16 (рис.4.15).



Рис. 4.15 Зовнішній вигляд автоматичного вимикача захисту двигуна GZ1E16

4.6 Підбір металоконструкції та компоновка системи

В основному для монтажу систем автоматизації використовують металеві конструкції з монтажною панеллю. Металоконструкція виготовляється у вигляді шафи, всередині якої розміщена знімна панель, на яку встановлюються більшість елементів системи керування. Знизу металоконструкції знаходиться знімний люк, він необхідний для вводу проводу. Зазвичай в люку роблять отвори та вставляють в них гермоводи, для кращого захисту елементів всередині шафи від впливу різних зовнішніх факторів.

В більшості випадках використовують металоконструкції виробництва компаній ELETON та KUB. KUB позиціонується як більш преміальний та якісший виробник металоконструкцій ніж ELETON, їх шафи зроблені з більш якісного металу та оброблені матеріалом, котрий є більш витривалим під впливом зовнішніх факторів. Але їх недоліком є дуже висока ціна.

Так як наша система автоматизації буде розміщена біля насосів, на цю поверхню булінку, очевидно що вона не буде знаходитись в агресивному середовищі, тому можна сміло обрати металоконструкції з фірми ELETON.

Для того щоб визначитись з габаритами металоконструкції, необхідно спроектувати внутрішню компоновку шафи (рис. 4.16).

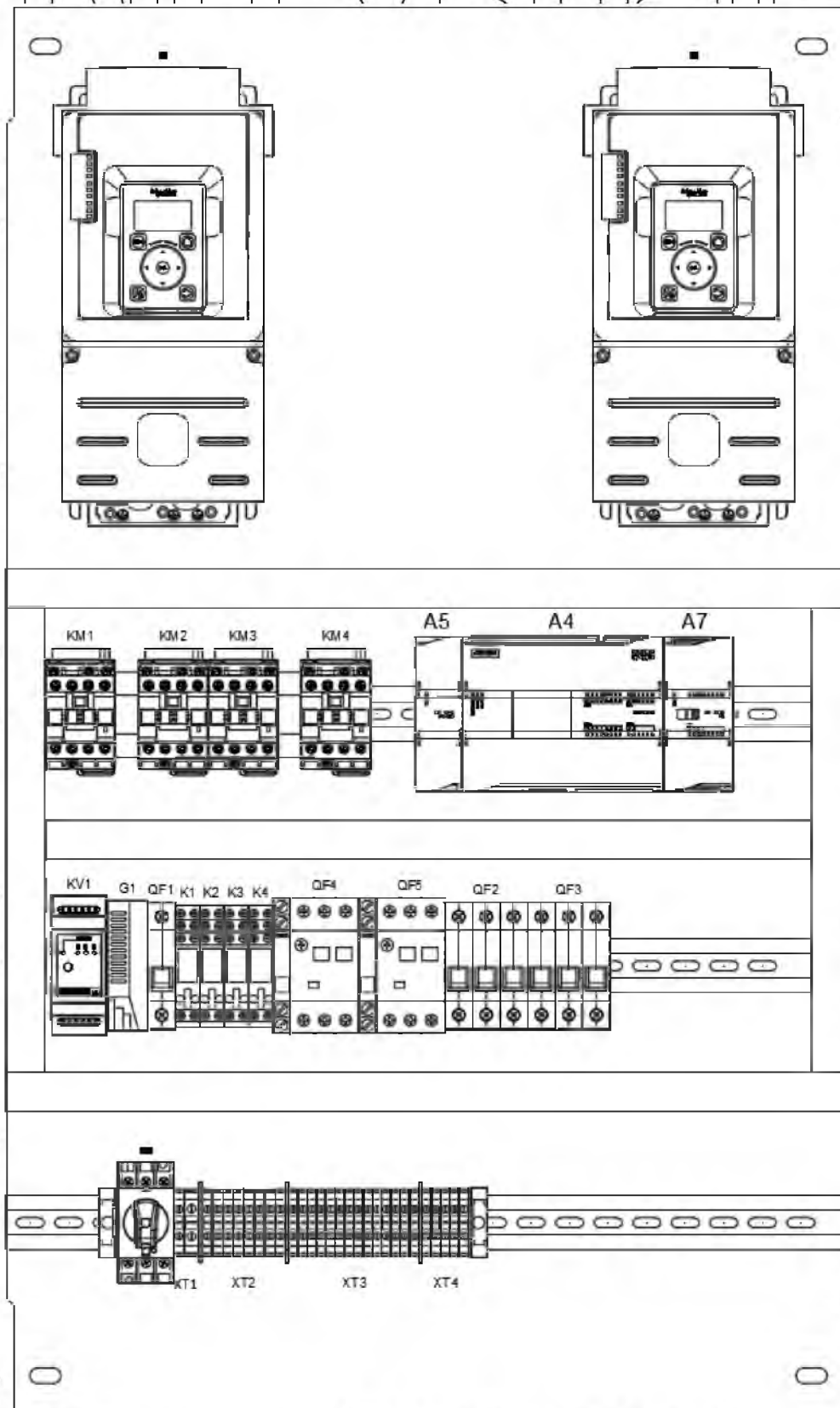


Рис. 4.16 Вид з панелі шафи автоматизованого керування насосною установкою підвищення тиску

Спроектуюючи внутрішню компоновку шафи, стає зрозуміло що для розміщення всіх елементів системи автоматизації, необхідно підібрати металевий корпус ELETON МКН 1063 (розміри 1000мм x 600мм x 300мм) (рис.4.17).

Елементи системи розміщені на DIN-рейки, всередині коробів проходять дроти, перетворювач частоти кріпляться на саму панель за допомогою самонарізних болтів 4мм.



Рис. 4.17 Зовнішній вигляд металоконструкції МКН 1063

4.7 Датчики тиску 4-20mA

Датчик тиску 4-20 mA - це пристрій, який вимірює тиск і видає електричний сигнал у вигляді струму. Чим більше тиску, тим більший струм видається. Мінімальне значення струму - 4 міліампера, що відповідає мінімальному тиску, і максимальне значення - 20 міліамперів, що відповідає максимальному тиску.

Цей сигнал можна використовувати для передачі інформації про тиск і контролю в інших системах. Це особливо корисно в умовах, де потрібно вимірювати тиск на великій відстані або в небезпечних умовах.

Принцип роботи датчика ділиться на наступні етапи:

1. Вимірювання тиску: Датчик має внутрішні компоненти, які вимірюють тиск в середовищі, в якому він розташований. Це може бути газ, рідина або інше середовище.
2. Трансформація вимірних значень: За допомогою різних технічних засобів, таких як мембрани, п'єзоелектричні датчики, датчики опору тощо, вимірні значення тиску перетворюються в електричний сигнал.
3. Генерація струмового сигналу: Основним результатом роботи датчика є генерація струму у межах від 4 міліамперів (мінімальний тиск) до 20 міліамперів (максимальний тиск). Цей струмовий сигнал є пропорційним виміряному тиску. Тобто, при збільшенні тиску збільшується і величина струму.
4. Передача сигналу: Сигнал 4-20 мА легко передається на великі відстані без значних втрат сигналу. Це робить його корисним для віддаленого моніторингу тиску та управління процесами.

Для даної системи нам знадобиться два датчика тиску 4-20 мА, на вході до насосної установки та на виході з неї.

В даній роботі було вибрано датчик тиску компанії Danfoss MBS 3050 (рис.4.18).



Рис. 4.18 Зовнішній вигляд датчика тиску 4-20 мА MBS 3050

Компактний датчик тиску типу MBS 3050 для важких умов роботи із вбудованим демпфером пульсацій тиску, призначений для використання в гідравлічних системах з жорсткими умовами впливу робочого середовища (кавітація, гідравлічні удари, різкі стрибки тиску) і забезпечує достовірне вимірювання тиску навіть у найнесприятливіших умовах експлуатації. Широкий експлуатаційно гнучкий асортимент датчиків тиску забезпечує вихідні сигнали різного типу та вимірювання абсолютного та надмірного (відносного) тиску у діапазонах від 0 – 1 до 0 – 600 бар. Є широкий вибір варіантів технологічного приєднання та електричного підключення. Виняткова вібростійкість, міцна конструкція, високий ступінь від електромагнітної сумісності та захисту електромагнітних випромінювань, забезпечують відповідність датчиків тиску найсуворішим вимогам до промислового обладнання. В Таблиця 4.6 наведені його характеристики:

Таблиця 4.6

Вихідний аналоговий сигнал	«Струмова петля» в діапазоні 4-20 мА
Температура робочого середовища	-40... +85 С
Вимірювання тиску	Від 0 до 600 бар
Напруга джерела живлення	9 – 32 В
Максимальний струм	28 мА
Опір навантаження	0.02 м

4.8 Датчик сухого ходу

Датчики сухого ходу необхідні щоб насоси не працювали при відсутності води, що може призвести до перегріву насоса (так як вода його також охолоджує) та виведення його з ладу.

Його принцип роботи дуже простий, він використовує електричний струм для виявлення води. Зазвичай датчик сухого ходу має електроди, які погрузаються в резервуар. Якщо вода або інша рідина присутня, то між цими електродами буде створюватися провідний шлях, і це призведе до замикання електричного кола.

Якщо рідина відсутня, то електроди не замикатимуть коло, і це буде інтерпретуватися як відсутність рідини.

На кожен насос нам необхідно поставити по одному датчику сухого ходу. Серед представлених на ринку виробників датчиків сухого ходу, я обрав компанію F&F та їх пристрій однорівневе реле PZ-828RC (рис.4.19).



Рис. 4.19 Зовнішній вигляд однорівневого реле PZ-828RC

В Таблиця 4.7 наведені його характеристики:

Таблиця 4.7

Напруга живлення	220 В
Максимальний струм навантаження	16 А
Споживана потужність	1,1 Вт
Напруга на контактах датчика	Менше 6 В
Кількість рівнів	1 рівень
Діапазон робочих температур	-25...+50 С

Висновок до розділу

В цьому розділі було перераховано аналогові та цифрові входи/виходи для найшої комп'ютерно-інтегрованої системи керування насосною установкою підвищення тиску на базі КТЗ Siemens. Згідно з розрахунками та завданням, було підібрано контролер Siemens серії S7-1200 (рис. 4.1), та підібрано додаткові модулі до нього.

Так як контролер не має клавіатури та екрану, було підібрано панель оператора Weintek MT8071IE, 7", для того щоб задати параметри та відобразити інформацію з контролера SIEMENS S7-1200.

В даному розділі було розраховано струм, який споживають прилади з напругою 24 В, та згідно з розрахунків було підібрано блок живлення Faraday Electronics 20W/12-36V.

Було вирішено, що для кращої ефективності та надійності насосів, необхідно поставити перетворювач частоти на кожен насос. Сам перетворювач ми підбрали по потужності та струму двигуна. Було вибрано частотний перетворювач преміум класу ATU610 5,5кВт 380-460В, який відзначається крайньою надійністю.

В даному розділі було акцентовано увагу на підбір силової частини, а саме : вимикача навантаження, автоматичного вимикача (для захисту від короткого замикання), контактори (для реалізації байпас, задля більшої надійності системи), автомати захисту двигуна (так як ми додали байпас, то ми маємо захистити двигун при пуску напряму, для того щоб захистити насос від перенапруги, так як сам перетворювач частоти має захист від перенавантаження).

Було спроектовано внутрішню компоновку шафи для підбору металоконструкції для системи автоматизації.

Також в цьому розділі було підібрано датчики тиску та датчики сухого ходу. Перші задля підтримки тиску в системі, а другі задля захисту насоса від перегріву та поломки.

РОЗДІЛ 5

5. Схеми системи автоматизації

НУБІП України

5.1 Схема електрична принципова(рис. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).

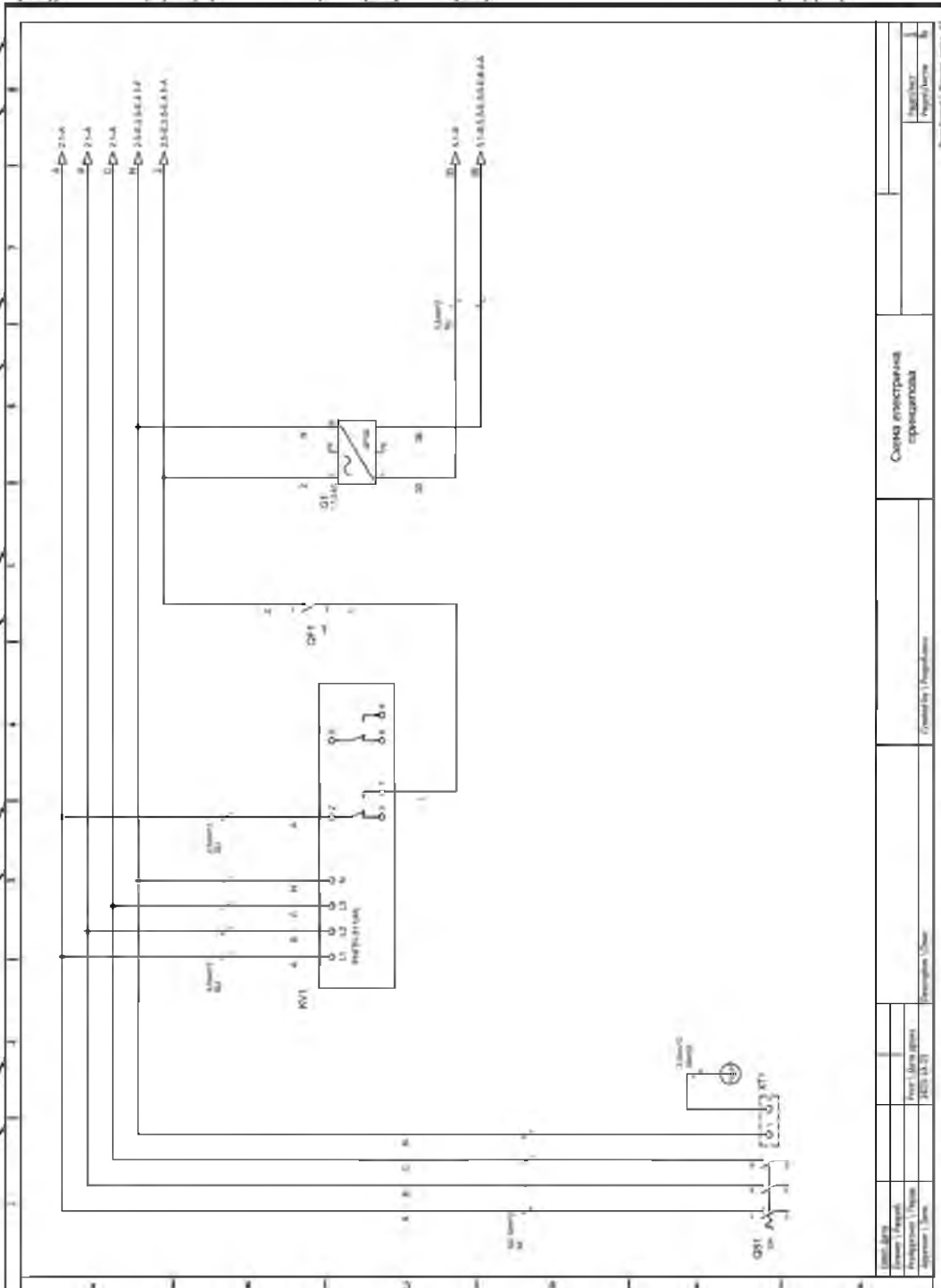


Рис.5.1 Схема електрична принципова стр1.

НУ
НУ
НУ
НУ
НУ
НУ

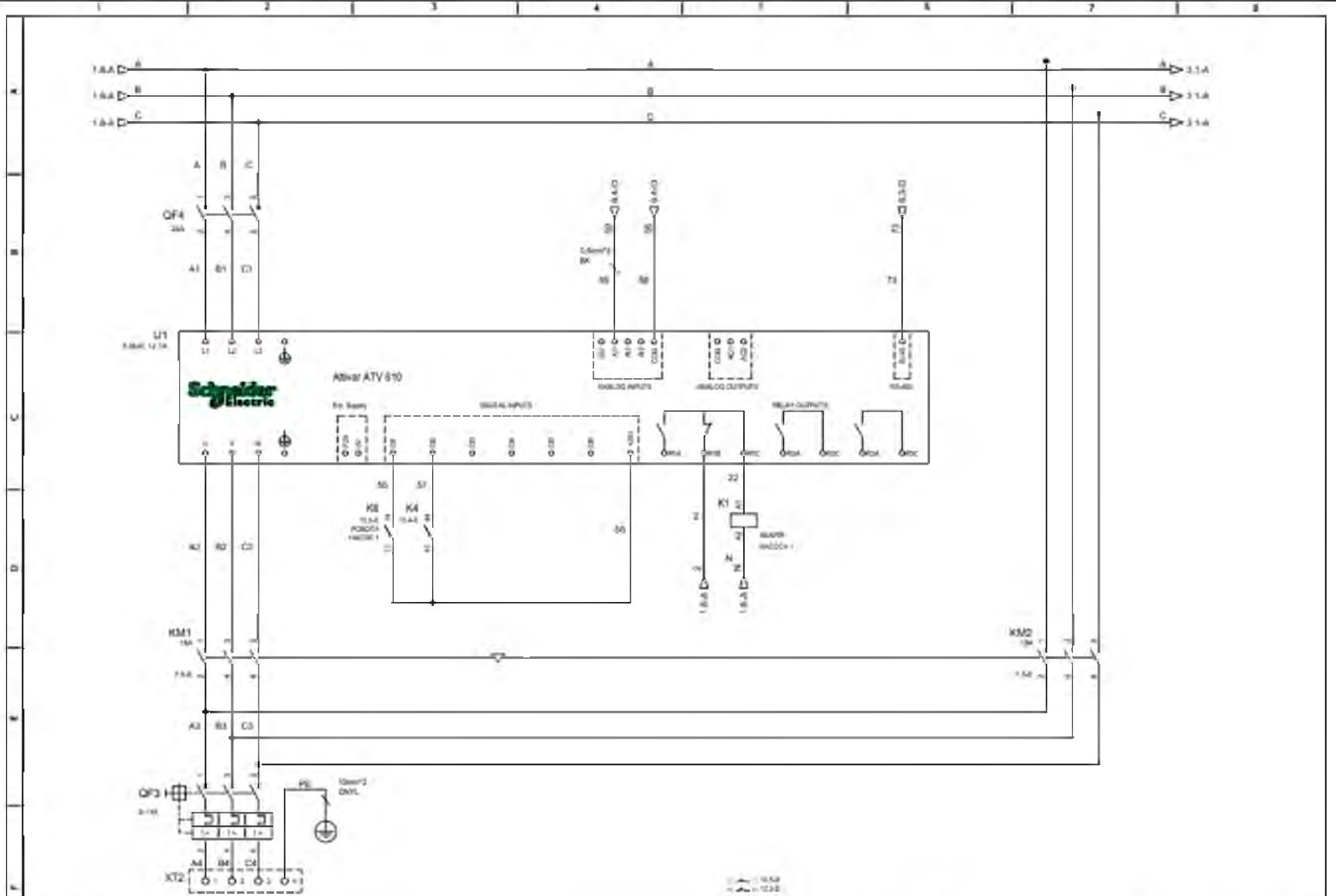
И
И
И
И
И
И

ДІП України

Технічний рисунок

Рис. 5.2 Схеми електрична принципова СТР2.

Лист 1 з 1

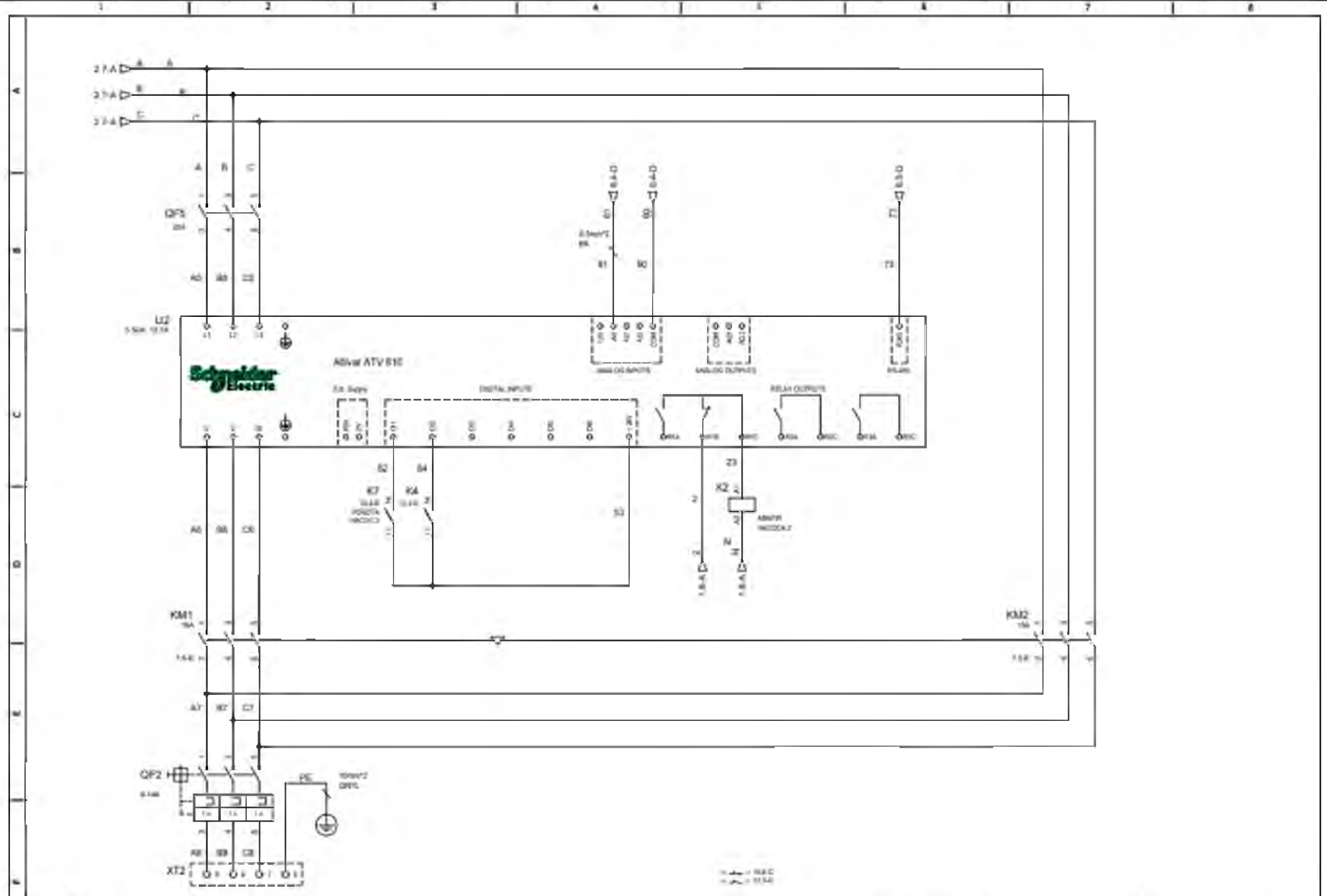


Дата дана									
Дизайн / Project									
Проектировщик / Design									
Апробатор / Sign									
Дата дана проекту	2003-10-23	Описание / Desc		Создан / Created	by / Project/Desc	Схеми електрична принципова	Лист / Page	2	
							Page / Page	6	
								Page format / Формат листа	A3

ТЗ ДИЗАЙН

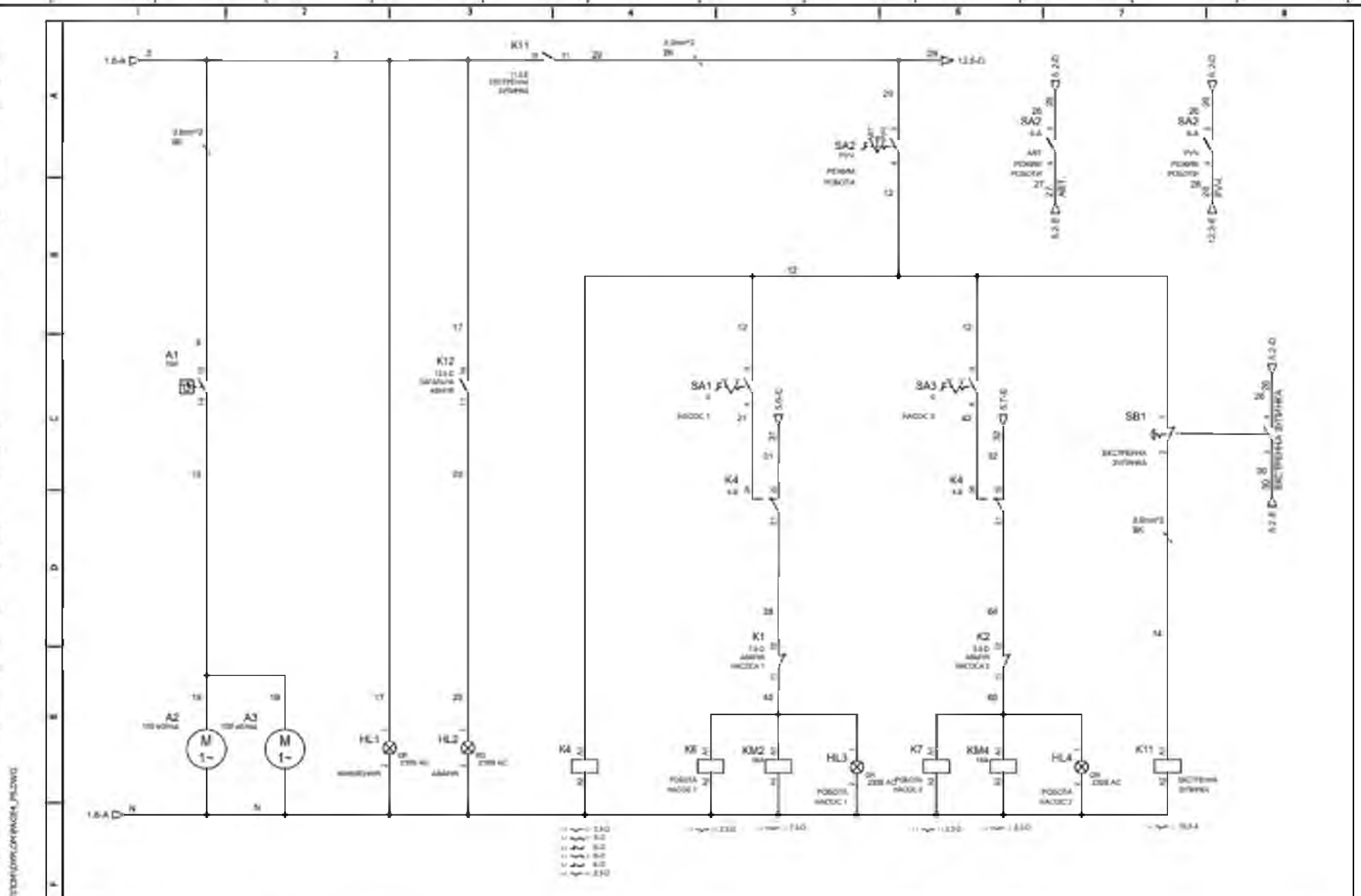
Рис.5.3 Схема електрична принципова етп3.

DI:\PROJECTS\2025\05\PLANET_1\PLANS



Client Data									
Designer / Project									
Project name / Object				Part 1, Data sheet					Page/Sheet 3 / 6
Approval / Date			2025.08.23	Revision / Draw				Created by / Project name	
Схема електрична принципова									

Рис. 5.4 Схема електрична принципова СТРА



Author / Автор:						Схема електрична принципова	Page/Листа	4
Designer / Проектир:							Page/Листа	5
Approver / Апровер:			Form / Дата друк:					
Approved / Затв.			2023-10-23	Description / Опис:	Created by / Програмио:			

Рис. 5.5 Схема електрична принципова ст. 5.

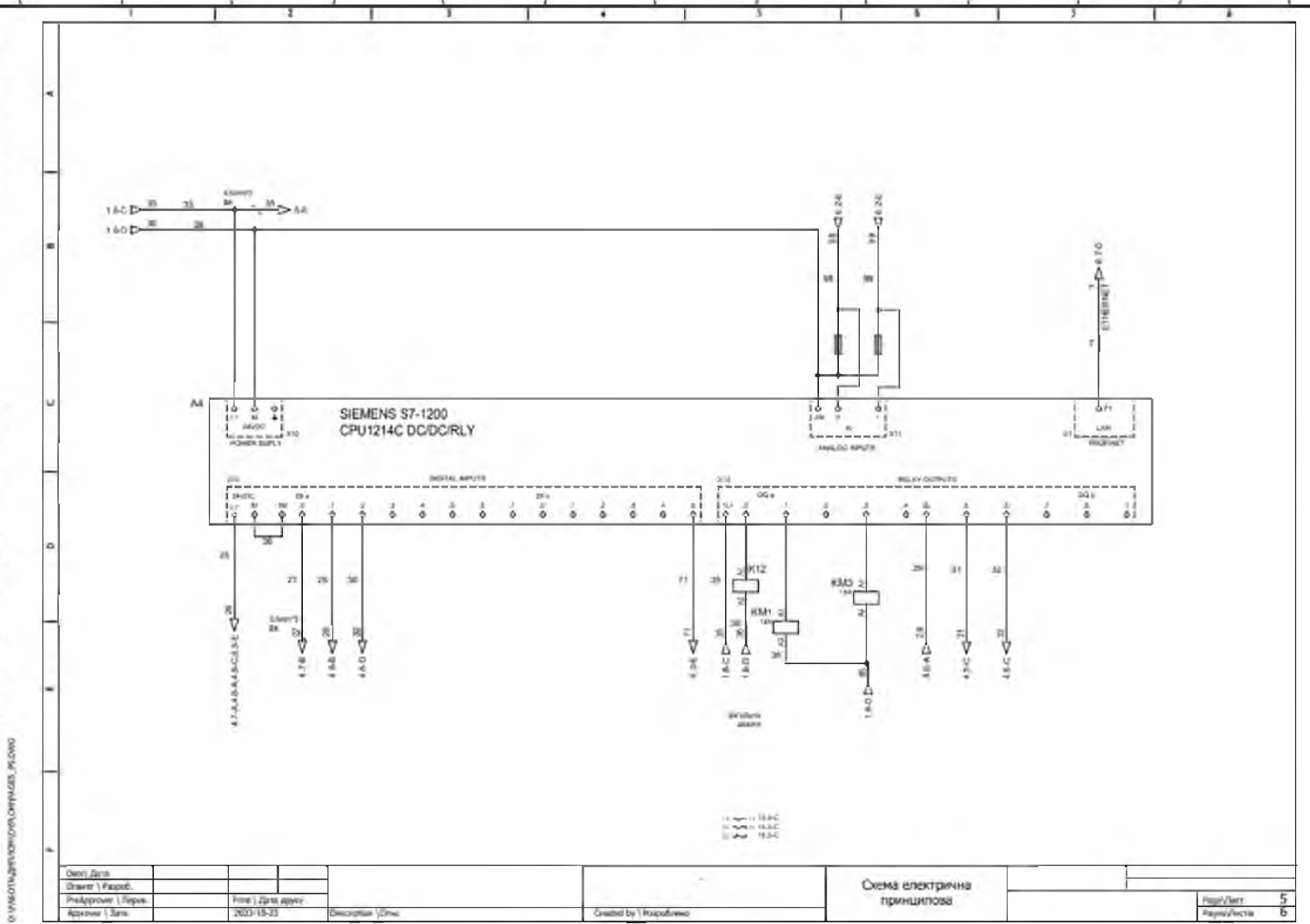
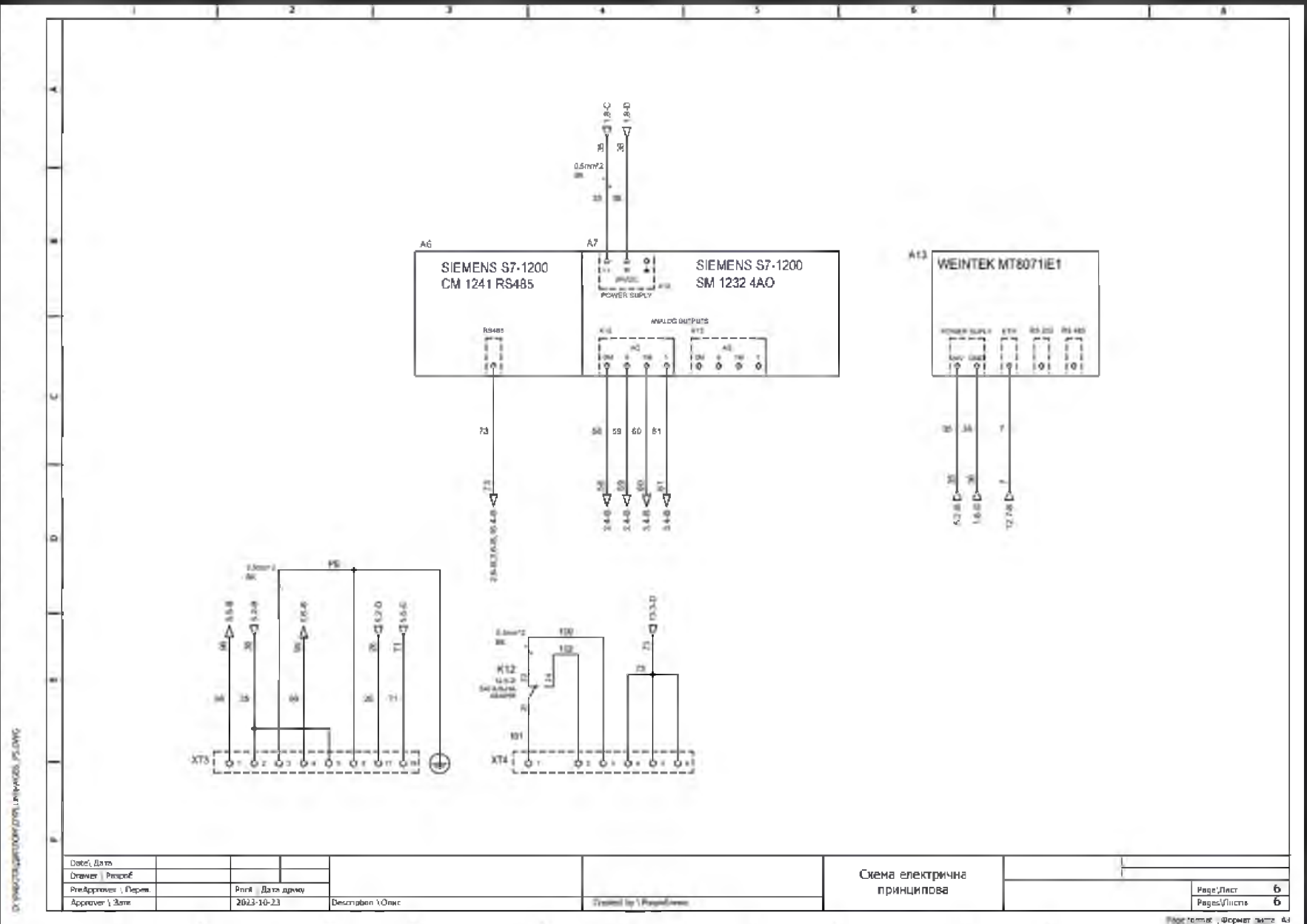


Рис. 5.6 Схема електрична для платівки стр.



Date/ Дата						Схема електрична принципова	Page/Лист	6
Drawn / Рисовано							Pages/Листів	6
Pre-Approved / Перев.		Print / Дата друку	2023-10-23	Description / Опис			Page format / Формат листа	A3
Approved / Затв.		Created by / Створено						

У Таблиця 5.1 наведено елементи схеми електричної принципової.

Таблиця 5.1

Поз	Найменування	К-ть	Примітка
QS1	Вимикач навантаження Lovato 32A (GA032A)	1	-
KV1	Реле напруги РНПП-311(М)	1	-
QF1	Автоматичний вимикач ВКН-с 1Р 4А	1	-
G1	Блок живлення Faraday Electronics 20Wt/12-36V	1	-
QF4; QF5	Автоматичний вимикач ВКН-с 3Р 25А	2	-
U1; U2	Перетворювач частоти Schneider ATV 610 5.5 Kw (ATV610U55N4)	2	-
KM1; KM2; KM3; KM4	Контактор LC1E1801M7	4	-
QF2; QF3	Автомат захисту двигуна GZ1E16	2	-
K1; K2; K6; K7; K11	Реле електромагнітне мініатюрне ETI 220V 2P	5	-
K4; K12	Реле електромагнітне мініатюрне ETI 220V 4P	2	-
A1	Термостат INO (Керування вентилятором)	1	-
A2; A3	Вентилятор 109 куб.	2	-
SA2	3-х позиційний перемикач	1	-
SA1; SA3	2-х позиційний перемикач	2	-
SB1	Кнопка екстренної зупинки	1	-
HL1; HL3; HL4	Світлодіодна лампочка 22мм зелена 220V	3	-
HL2	Світлодіодна лампочка 22мм червона 220V	1	-
A4	Контролер SIEMENS S7-1200 CPU1214C DC/DC/RLY	1	-
A6	Модуль SIEMENS CM1241	1	-
A7	Модуль SIEMENS SM-1232	1	-
A13	Панель оператора Weintek MT8071iE, 7"	1	-

5.2 Схема підключення (рис. 5.7, 5.8).

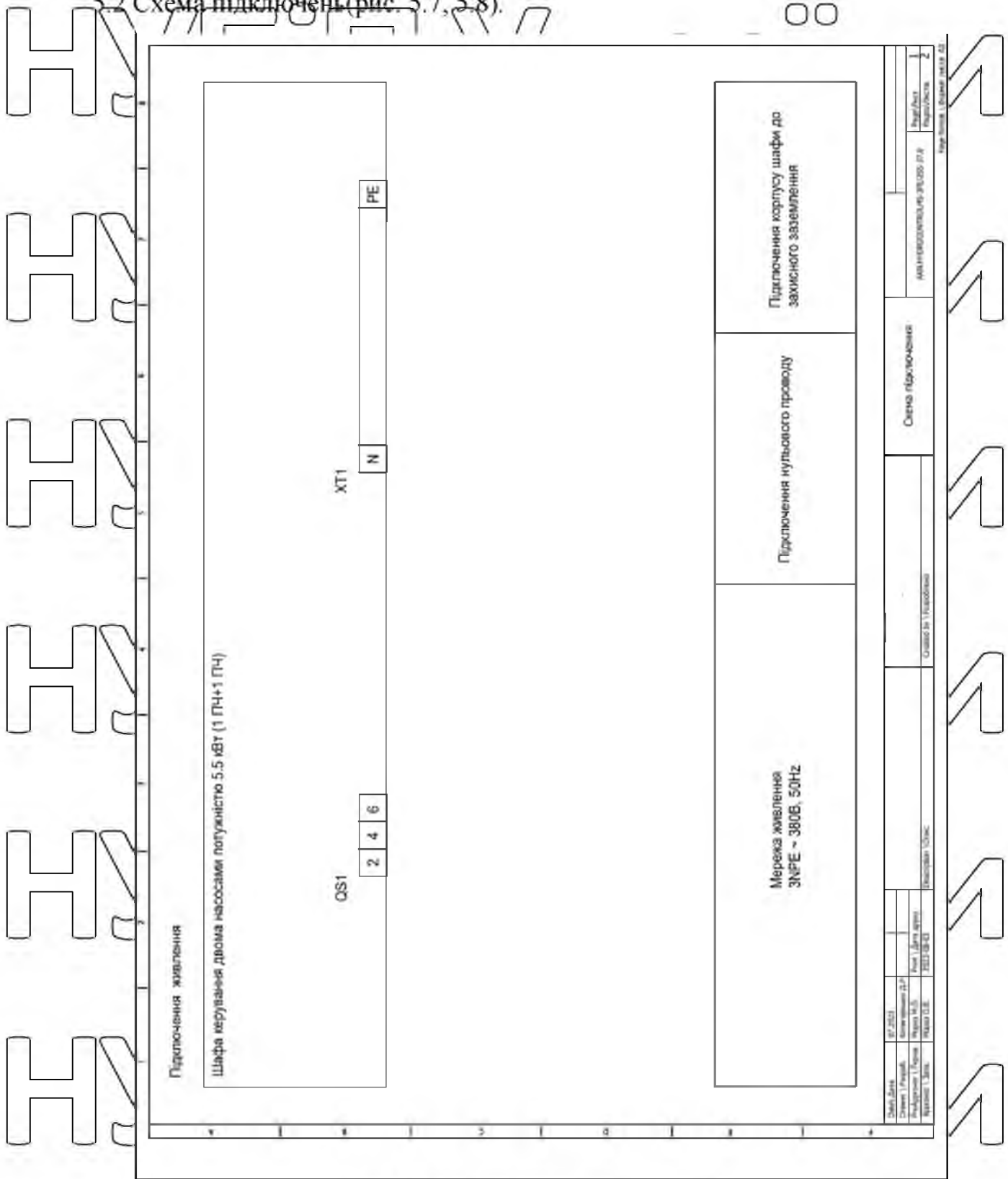
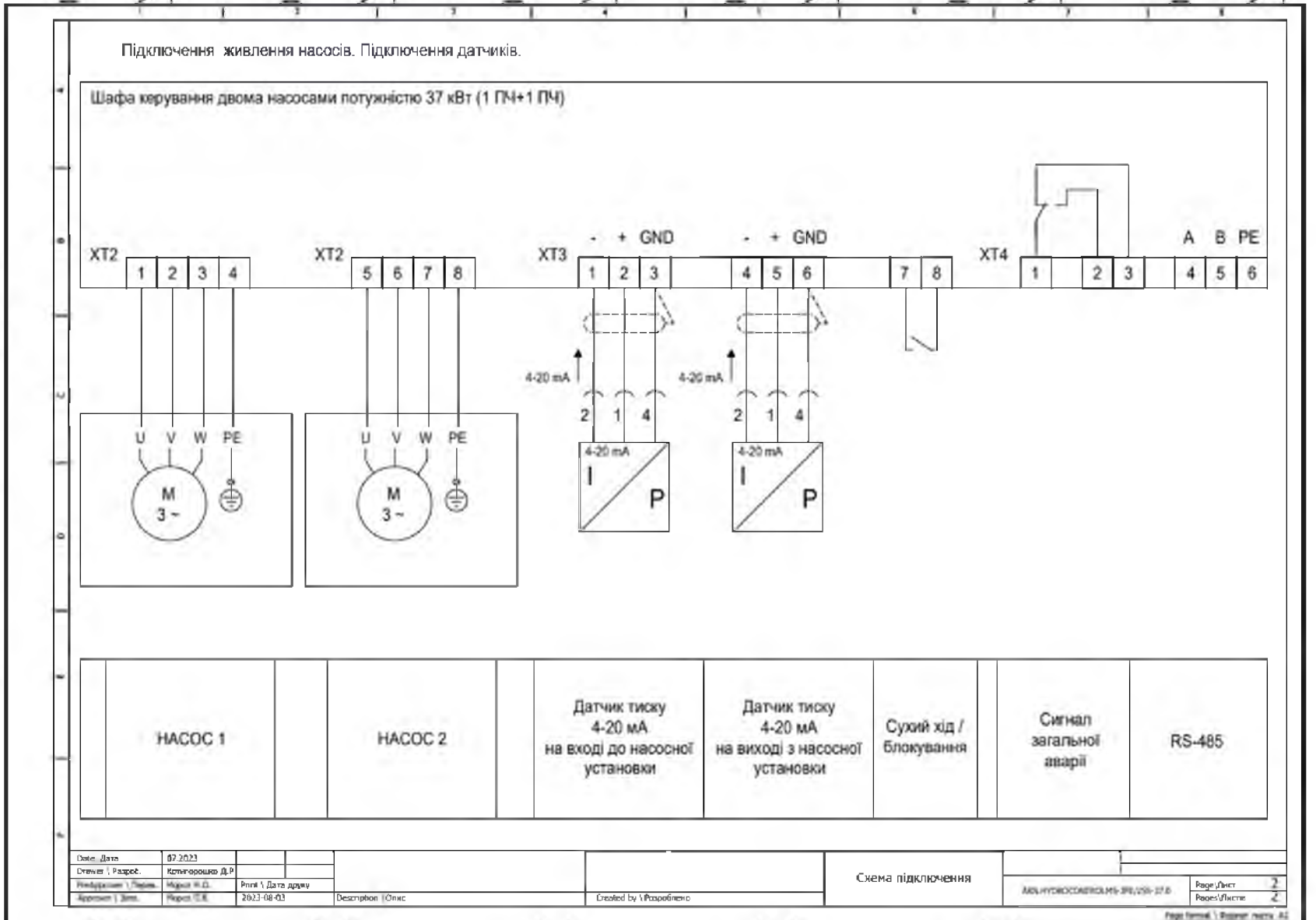


Рис.5.7 Схема підключення стр1.

Рис. 5.8 Схема підключення стр.2.



РОЗДІЛ 6

6. Розробка стартап проекту

НУБІП України

6.1 Опис проекту та його мета

Наш стартап має на меті розробити та впровадити інноваційну комп'ютерно-інтегровану систему управління насосними установками для підвищення тиску.

Ця система буде застосовуватися в різних галузях, включаючи комунальне господарство, промисловість та житлово-комунальне господарство.

Основні цілі та завдання проекту включають:

1. Розробка ефективної та сучасної комп'ютерно-інтегрованої системи управління, яка дозволить забезпечити стабільний підвищений тиск у відповідності до потреб користувачів.

2. Зменшення витрат та енергоспоживання при експлуатації насосних установок завдяки автоматизації та оптимізації процесів.

3. Підвищення доступності та надійності системи для клієнтів та користувачів, що дозволить знизити ризики аварій та непередбачених зупинок.

4. Використання інноваційних рішень для підвищення конкурентоспроможності та привабливості продукту на ринку.

5. Досягнення позитивного фінансового результату та створення прибуткового бізнесу на основі впровадження розробленої системи.

Головною метою є створення інноваційного продукту, який задовольнятиме потреби ринку та принесе користь для клієнтів, бізнесу та суспільства в цілому.

6.2 Основні характеристики проекту

Основні характеристики проекту наведені в Таблиця 6.1:

НУБІП України

Таблиця 6.1

Автоматизація	Ми розробимо програмне забезпечення та апаратну складову, які забезпечать автоматичний моніторинг тиску в системі та регулювання насосів для підвищення або зниження тиску в реальному часі.
Моніторинг та звітування	Система буде здатна збирати дані про тиск, витрати енергії та інші параметри. Ці дані будуть використовуватися для аналізу роботи насосів та оптимізації їх роботи. Ми також розробимо зручний інтерфейс для генерування звітів та відстеження роботи системи.
Ефективність	Наша система дозволить забезпечити стійкий тиск в системі та ефективно використання енергії, завдяки чому клієнти зможуть зменшити витрати на електроенергію та обслуговування.
Екологічні переваги	Наша система сприятиме зменшенню споживання електроенергії та зниженню викидів в атмосферу, що має позитивний вплив на довкілля.

6.3 Цільові групи споживачів

Перед випуском продукції на ринок, необхідно визначити цільову аудиторію.

У Таблиця 6.2 наведена цільова аудиторія, їх потреби та очікування від продукту. Цільові групи споживачів можуть варіюватися в залежності від регіональних особливостей та ринкових потреб. Головною метою є надання рішення для

покращення системи підвищення тиску для цих груп і забезпечення їхніх потреб у надійному і ефективному управлінні насосними установками.

Таблиця 6.2

№ п/п	Потреба ринку	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Перекачування води.	- Забудовники - Комунальні підприємства;	- Потужність установки;	- Гарантія обладнання;
2.	Довготривалий термін використання.	- Підприємці; - ОСББ;	- Час окупності.	- Обслуговування системи;
3.	Економія енергоресурсів.	- Сфера послуг	- Обслуговування системи;	- Лояльне відношення до споживачів
4.	Простота використання		- Термін експлуатації; - Ціна;	- Якісне виконання установок. - Проведення інструктажу

6.4 Актуальність та новизна ідеї

Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту "Комп'ютерно-інтегрована система управління насосною установкою підвищення тиску" полягають у наступному:

1. **Ефективність:** Система дозволяє автоматизувати та оптимізувати роботу насосної установки для підвищення тиску, що призводить до зменшення споживання енергії та збільшення загальної ефективності системи.

2. Зменшення витрат: Використання інноваційних рішень може призвести до значного зменшення витрат на обслуговування та ремонт, оскільки система моніторингу дозволяє вчасно виявляти поломки та усувати їх.

3. Екологічний аспект: Зменшення споживання енергії сприяє зменшенню викидів в атмосферу та впливає на покращення екологічної ситуації.

4. Доступність: Система розроблена з урахуванням доступності та простоти в установці та використанні, що дозволяє її застосування в різних сферах, включаючи навіть малі підприємства та приватні домогосподарства.

5. Моніторинг: Можливість віддаленого моніторингу і управління насосною установкою з використанням комп'ютера чи мобільного пристрою є новизною, що відповідає сучасним вимогам.

6. Застосування в різних галузях: Система може бути використана як у великих промислових об'єктах, так і в житловому будівництві та сільському господарстві, що розширює потенційний ринок для проекту.

Усі ці аспекти роблять ідею стартап-проекту актуальною та інноваційною на ринку систем управління насосними установками для підвищення тиску.

6.5 План розвитку проекту

План розвитку проекту включає наступні кроки:

1. Дослідження і розробка: Вивчення і розробка технології для створення системи управління насосною установкою підвищення тиску, включаючи програмне забезпечення та обладнання.

2. Випробування і вдосконалення: Проведення тестів системи на різних об'єктах для виправлення недоліків та підвищення її ефективності.

3. Маркетинг і продажі: Розробка плану маркетингу та рекламних кампаній для привертання клієнтів та укладення партнерських угод.

4. Підтримка та обслуговування: Забезпечення якісної підтримки клієнтів та регулярних оновлень системи.

5. Залучення інвестицій: Пошук можливостей залучення фінансування для подальшого розвитку проекту.

6. Пошук інновацій: Постійний пошук нових технологій та ринкових можливостей для інновацій.

7. Оцінка результатів і розвиток: Систематична оцінка досягнень та розвиток проекту на основі отриманих даних і зворотного зв'язку від користувачів.

Це загальний план для подальшого розвитку проекту, який може бути докладніше розглянутий та адаптований відповідно до конкретних потреб та можливостей.

6.6 Розрахунок витрат на виробництво

В першу чергу необхідно розрахувати приблизну вартість матеріалів для виготовлення комп'ютерно-інтегрованої системи. Специфікація наведена в

Таблиця 6.3.

Таблиця 6.3

Перетворювач частоти Schneider ATV 610 5.5 Kw (ATV610U55N4) (2шт)	28600 x 2 = 57200 UAH
Вимикач навантаження Lovato 32A (GA032A)	820 UAH
Блок живлення Faraday Electronics 20W/12-36V	620 UAH
Автоматичний вимикач BKN-с 3P 50A	917 UAH
Автоматичний вимикач BKN-с 3P 4A	788 UAH
Автоматичний вимикач BKN-с 1P 4A	223 UAH
Контактор LC1E1801M7 (4шт)	1000 x 4 = 4000 UAH
Автомат захисту двигуна GZ1E16 (2шт)	1300 x 2 = 2600 UAH
Панель оператора Weintek MT8071iE, 7"	12000 UAH

Контролер SIEMENS S7-1200 CPU1214C DC/DC/RLY	25200 UAH
Модуль SIEMENS SM-1232	12000 UAH
Модуль SIEMENS CM1241	6500 UAH
Проміжне реле в зборі ETI 4р (6шт)	$200 \times 6 = 1200$ UAH
Проміжне реле в зборі ETI 2р (6шт)	$150 \times 6 = 900$ UAH
Металоконструкція МКН 1063	6100 UAH
Клема 2.5 кв. ONKA (30шт)	$15 \times 30 = 450$ UAH
Провід	≈ 1500 UAH
Вентилятор SUNON DP200A2123XBT	504 UAH
Решітка для вентилятора SUNON (2шт)	$74 \times 2 = 148$ UAH
Сума	133670 UAH
Амортизаційні витрати +5%	5254 UAH
Загальна сума	138924 UAH

Як видно з Таблиця 6.3 ціна виходить 110 324 грн з ПДВ. Для подальших розрахунків, необхідно розрахувати суму без ПДВ, для цього потрібно поділити собівартість 110 324 грн на 1.2, отримаємо суму 91 937 грн.

В таблиця 6.4 зазначено погодинну заробітну плату працівників.

Таблиця 6.4

Інженер – проектувальник	200 грн/год
Монтажник	100 грн/год
Бухгалтер	50 грн/год
Сервісник	200 грн/год

На проектування системи та підготовку документації інженеру-проектувальнику знадобиться 20 годин. На складання шафи монтажнику необхідно 18 годин. На виконання своєї роботи бухгалтера знадобиться 2 години. На перевірку шафи сервіснику необхідно 6 годин.

За роботу в загальному необхідно заплатити:

1. Інженер – проєктувальник - $200 \text{ грн} \times 20 \text{ год} = 4000 \text{ грн.}$
2. Монтажник - $100 \text{ грн} \times 18 \text{ год} = 1800 \text{ грн.}$
3. Бухгалтер - $50 \text{ грн} \times 2 \text{ год} = 100 \text{ грн.}$
4. Сервісник - $200 \text{ грн} \times 6 \text{ год} = 1200 \text{ грн.}$

Постійні витрати (оренда приміщення, комунальні витрати, оренда обладнання, тощо...) сягають 55% від заробітної плати. Сумарна заробітна плата складає 7100 грн, отже постійні витрати складають 3905 грн.

Податок на заробітну плату сягає 40% . В нашому випадку податок на заробітну плату складає 2840 грн.

Для розрахунку собівартості необхідно скласти в суму всі вищевказані затрати: $91937 + 7100 + 3905 + 2840 = 105782 \text{ грн.}$ Собівартість виробу складає 105 782 грн.

На даний виріб поставимо прибуток 15%. $105782 \text{ грн} \times 0,15 = 15867 \text{ грн.}$ Отже чистий прибуток складає 15 867 грн.

Необхідно розрахувати НДС, для цього необхідно до суми собівартості та прибутку додати 20% НДС. $(105782 + 15867) \times 20\% = 145979 \text{ грн.}$

Тобто вихідна ціна виробу складає 145 979 грн.

Висновок до розділу

Цей стартап має багатообіцяючий потенціал і вирізняється своєю інноваційною ідеєю в галузі управління насосними установками. Використання комп'ютерних технологій для підвищення ефективності та оптимізації систем підвищення тиску є актуальним та важливим кроком у сучасному світі.

Проведений аналіз попиту показує, що існує значна зацікавленість у ринку водопостачання та управлінні водними ресурсами. Система управління насосами має потенціал покращити якість послуг та зменшити витрати.

Важливою перевагою цього стартапу є підхід до збереження ресурсів та оптимізації процесів. Акцент на сталості та збереженні води робить проект особливо цінним у світлі ростучих проблем з водопостачанням.

Для успішної реалізації стартапу важливо розробити чіткий бізнес-план та привернути інвестиції. Також, важливо враховувати регулятивні та правові аспекти, пов'язані з водопостачанням та системами управління.

В даному розділі було розраховано ціну комплектуючих на пристрій, розраховано собівартість та вихідну ціну товару з врахуванням ПДВ.

Загалом, стартап "Комп'ютерно-інтегрована система управління насосною установкою підвищення тиску" має потенціал стати важливим гравцем на ринку водопостачання та принести значні користі суспільству та бізнесу.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6

6. Техніка безпеки та охорона праці

Охорона праці розглядає питання безпеки на насосних станціях, враховуючи аналіз потенційно шкідливих та небезпечних факторів. Розробляються заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов для праці на цих станціях.

Насосна станція (НС) є ефективним та поширеним способом перекачування рідини на підприємствах різних галузей промисловості, як в українських, так і закордонних компаніях. Насосні станції - це складні технічні системи, які об'єднують у собі обладнання та споруди, щоб перетворити електричну енергію в механічну для перекачування рідини і контролю параметрів цієї рідини.

Ці станції мають різні функції, схеми з'єднання насосів, регульовані параметри, різні рівні надійності та інші характеристики. У системах підвищення тиску багатоквартирного будинку, насосні станції використовуються для транспортування води від місцевої мережі до місць споживання води (квартири).

Щоб приступити до самостійної роботи, потрібно зафіксувати в журналі реєстрації інструктажів на робочому місці та особистою карткою з датою і підписом інструктора і самого працівника.

Усі працівники повинні проходити повторні інструктажі не менше як раз в шість місяців. Електрики – раз у 3 місяці. Фіксують його так само як і первинний.

Робітники що працюють з електроприладами, проходять навчання і експлуатують автоматизовані електроустановки згідно з «Правилами безпечної експлуатації електроустановок» (ДНА ОП 1.1.10-1.01-97).

На будь-якому підприємстві можуть виникати непередбачені ситуації, які неможливо попередити. В цьому контексті працівники мають знати, як відповідати в таких обставинах. Особливо на насосній станції можуть траплятися наступні аварійні ситуації:

1. Прорив труби: коли труба рветься та витікає рідина.

2. Коротке замикання насосу: коли насос перестає працювати через коротке замикання.

3. Прорив клапану: коли клапан розривається або пошкоджується.

4. Засмічення труби: коли труба блокується внаслідок завалів або інших перешкод.

5. Затоплення керуючої апаратури внаслідок протікання труби: коли труба протікає та потрапляє вода на обладнання для управління.

До експлуатації та ремонту засобів автоматизації допускаються спеціалісти КВПіА, розряд яких не нижче третього. Слюсарі КВПіА та електромонтери повинні проходити медичні обстеження один раз у 2 роки. Якщо виникають порушення правил техніки безпеки, з працівниками на виробництві проводять позапланові інструктажі з метою уникнення подібних ситуацій.

Безпечна експлуатація електроустановок здійснюється у відповідності з вимогами ДНАОП 1.1.10-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та ВСН 205-84. "Інструкція по проектированию электроустановок систем автоматизации технологического оборудования" і передбачає такі заходи та засоби:

- недоступність струмоведучих частин, прокладання електрокабелів під підлогою, в спеціальних каналах, скрите виконання освітлювальної проводки, ізоляцію струмопровідних елементів ($R_{із} \geq 0,5 \text{ МОм}$);

- використання пониженої напруги 36 В для аварійного освітлення щита, в операторському пункті та виробничому приміщенні, 24В для живлення щита перетворювачів ;

- застосування попереджувальної сигналізації, написів, плакатів при проведенні планово-попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання;

- для ремонту та обслуговування електрообладнання допускаються спеціалісти з групою допуску не нижче III;

При виконанні робіт в за щитовому чи щитовому просторі із використанням електроінструмента напругою 220 чи 127 В, його необхідно заземлити, а роботи проводити в діелектричних рукавицях.

Захист від атмосферної електрики здійснюється згідно вимог РД 34.21.122-87.

“Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений” двома блискавковідводами, які закріпленні на даху годовного корпусу цукрозаводу і приєднанні до заземлюючого контуру

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В даній роботі була розкрита необхідність використання комп'ютерно-інтегрованої системи керування підвищення тиску в багатоповерховому будинку. Необхідність системи полягає в зменшенні людського фактору в процесі забезпечення водою, не менш важливою перевагою такої системи являється економія енергетичних ресурсів та економія на обслуговуванні насосів. В роботі було наведено та розкрито принцип роботи основних видів пуску насосів. Також було описано принцип роботи асинхронного двигуна та відцентрового насосу. Так як недоліком асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором є відносно високий пусковий струм, який може бути в 4-8 разів більшим номінального струму, в даній установці запуск буде здійснюватися за допомогою перетворювача частоти. Метод частотного регулювання дає можливість розширити діапазон регулювання продуктивності насосної станції та суттєво зменшить споживання його двигуном електричної енергії.

Згідно з технічним завданням, а саме висота $H = 70$ м, та витрата $Q = 27.5$ м³/год., було підбрано два насоси виробництва SPERONI VS 16-6 потужністю 5.5 кВт. В роботі було описано два види з'єднань насосів, а саме паралельно та послідовно. Для задоволення даних потреб, було вибрано схему паралельного з'єднання насосів та встановлено перетворювач частоти на кожен з них, так як це покращить ефективність системи в цілому.

В середовищі MATLAB Simulink створено імітаційну модель об'єкта керування, в якій було промодельовано заданий алгоритм керування та зміну керованого параметру при змінних збуреннях. Виходячи з результатів моделювання, регулювання рівня води в системі шляхом компенсації витрат є доволі ефективною. За час моделювання 1000с спостерігається незначне зниження рівня води в системі, регулювання швидкість обертання двигунами відбувається плавно без частих вмикань/вимикань, при великих витратах навантаження порівну розподіляється між насосами.

Виходячи з поставлених задач було побудовано систему автоматизації, пораховано необхідну кількість цифрових/аналогових входів/виходів та підібрано необхідний контролер. Було підібрано основні елементи силової частини, а саме : головний вимикач, автоматичні вимикачі, перетворювачі частоти, контактори, автомати захисту двигуна. Було підібрано металоконструкцію, опираючись на моделювання компоновки шафи. Було підібрано датчик тиску, так як на ньому зав'язана робота даної системи в автоматичному режимі. Для захисту насосів від сухого ходу, система передбачає встановлення датчика сухого ходу.

У зв'язку з вибором програмованого логічного контролера виробництва компанії Siemens, після проведення аналізу існуючих методів програмування сучасних контролерів, було прийнято рішення будувати програму керування за допомогою програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів TIA Portal та мови програмування SCL. Було розроблено людино-машинний інтерфейс панелі оператора WEINTEK, використовуючи програмне середовище EasyBuilder Pro.

Розроблена система легко адаптується до різних необхідних задач. Було побудовано схему роботи системи в автоматичному режимі роботи та описано принципи роботи в ручному режимі. Дана система є досить надійною та легкою у використанні.

В залежності від витрат води, система запускає один або два насоси. Система передбачає алгоритм вибору насосного агрегату по пріоритетам, в залежності від напрацювання. Даний алгоритм також продовжує термін експлуатації насосів та робить дану систему ще більш надійною.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Водопостачання та водовідведення. Навчальний посібник. В.О. Шадура, Н.В. Кравченко. Рівне – 2018 – 344 с.

2. Режими роботи насосних та вентиляторних установок із автоматизованим електроприводом. Навчальний посібник. Т. В. КОРЕНЬКОВА, О. О.

СЕРЦЮК, В. Г. КОВАЛЬЧУК. Кременчук. Видавець ПП Щербатих О. В. 2013 – 199 с.

3. Види відцентрових насосів [Електронний ресурс] – Електронні дані. -

Режим доступу: [https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2466469-vidi-](https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2466469-vidi-i-osoblivosti-vidcentrovih-nasosiv.html)

[i-osoblivosti-vidcentrovih-nasosiv.html](https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2466469-vidi-i-osoblivosti-vidcentrovih-nasosiv.html) (дата звернення 07.10.2023 р.). –

Назва з екрана.

4. Послідовна і паралельна робота насосів, насоси та приладдя [Електронний

ресурс] – Електронні дані. - Режим доступу:

[https://iak.bono.odessa.ua/articles/poslidovna-i-paralelna-robota-nasosiv-](https://iak.bono.odessa.ua/articles/poslidovna-i-paralelna-robota-nasosiv-nasosi-ta.php)

[nasosi-ta.php](https://iak.bono.odessa.ua/articles/poslidovna-i-paralelna-robota-nasosiv-nasosi-ta.php) (дата звернення 08.10.2023 р.). – Назва з екрана.

5. Що таке електродвигун [Електронний ресурс] – Електронні дані. - Режим

доступу: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/electricmotor.php> (дата

звернення 08.10.2023 р.). – Назва з екрана.

6. Інформація для проєктировщиків и спеціалістів водоканалів. Забор води из скважин. Рекомендации по проєктированию. 1-й выпуск, 2013 г.

WILO SE, Дортмунд – 108 с.

7. Сенсорні панелі Weintek MT8071iE Електронні дані. - Режим доступу:

<https://refit.com.ua/ua/p-521087815-sensornye-paneli-weintek.html> (дата

звернення 17.10.2023 р.). – Назва з екрана.

8. TIA Portal – інноваційна середa розробки комплексних проєктів

автоматизації.

Режим

доступу:

[https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:66c777ed-45bd-48e2-](https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:66c777ed-45bd-48e2-aaa4-fd43a97971a4/02-TIA-Portal-V16.pdf)

[aaa4-fd43a97971a4/02-TIA-Portal-V16.pdf](https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:66c777ed-45bd-48e2-aaa4-fd43a97971a4/02-TIA-Portal-V16.pdf) (дата звернення 27.10.2023 р.).

Назва з екрана.