

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут Сумського Державного університету
Заочна та дистанційна форма навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою системотехніки та
інформаційних технологій

_____ Г. М. Худoley
" ____ " _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

“Система управління станцією підйому води в багатоповерховому
будинку”

Керівник проекту
(к.т.н., старший викладач)

А. Г. Серяков

Дипломник:
студент групи СУ-71Ш

Тимошик А.А.

Шостка
2021

ВСТУП

Системи водопостачання та водовідведення, які збудовані в основному в період 70-80 рр. ХХ століття, характеризуються значними обсягами втрат води, високим енерго-споживанням і значним зносом інфраструктури.

Ці проблеми є актуальними для більшості підприємств водопостачання та водовідведення в Україні, так як призводять не тільки до неефективного використання таких ресурсів, як чиста питна вода і електроенергія, але і до нераціонального використання фінансових ресурсів.

Завданням цього проекту є рішення кола питань пов'язаних з розробкою АСУ для насосної станції системи водопостачання, яка б дозволила поліпшити якість обслуговування споживачів водних ресурсів, зменшити енергетичні витрати, збільшити термін служби інфраструктури водного комунального господарства.

Існує ряд факторів, які визначають особливості роботи споруд водорозподільного господарства:

- 1) робота споруд водопроводу в умовах постійно змінюючихся навантаження по споживанню і напором;
- 2) залежність режиму роботи споруд від якості вихідної природної води;
- 3) територіальної розкиданості споруд, особливо при наявності декількох станцій, які обслуговують мережу, і необхідності в зв'язку з цим координування їх роботи з одного центру;
- 4) необхідності постійного підвищення продуктивності водопостачання внаслідок зростання міст і пов'язаного з цим збільшення водоспоживання;
- 5) необхідності забезпечення найбільш економічної роботи насосних агрегатів, які є вельми великими споживачами електроенергії.

Ці фактори вимагають централізованого управління функціонуванням водорозподільних споруд.

Рішення поставлених завдань можливе завдяки впровадженню систем на основі сучасних засобів автоматизації та інформаційно-комп'ютерних технологій. Зниження енерговитрат планується за рахунок застосування частотно керованого електроприводу насосних агрегатів.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

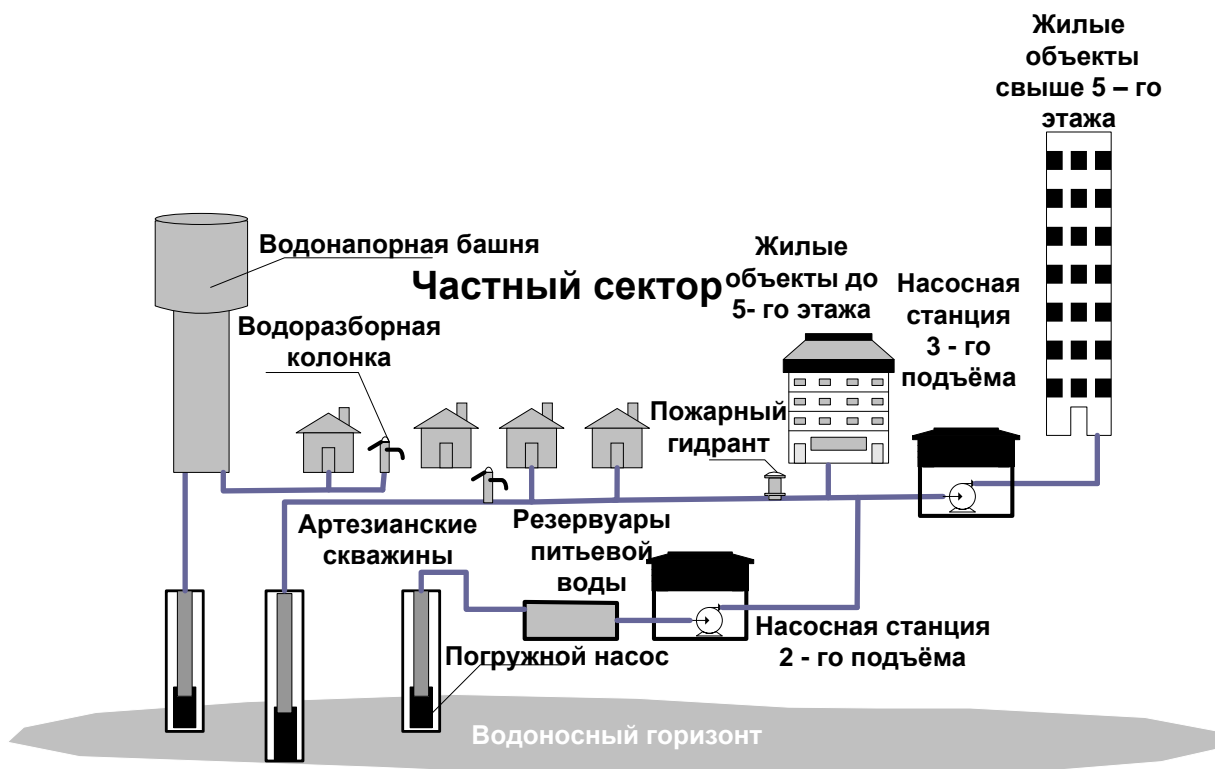
1.1 Аналіз системи водопостачання м.Шостка

Сучасні системи водопостачання представляють собою комплекс споруд (водозабір, насосні станції, очисні споруди), часто віддалених один від одного на значні відстані. При великій кількості окремих споруд і значному видаленні їх один від одного чітка і економічна робота системи водопостачання можлива тільки при централізованому і автоматичному управлінні.

Схема централізованого водопостачання м.Шостка (рис.1.1.1) складається з комплексу об'єктів:

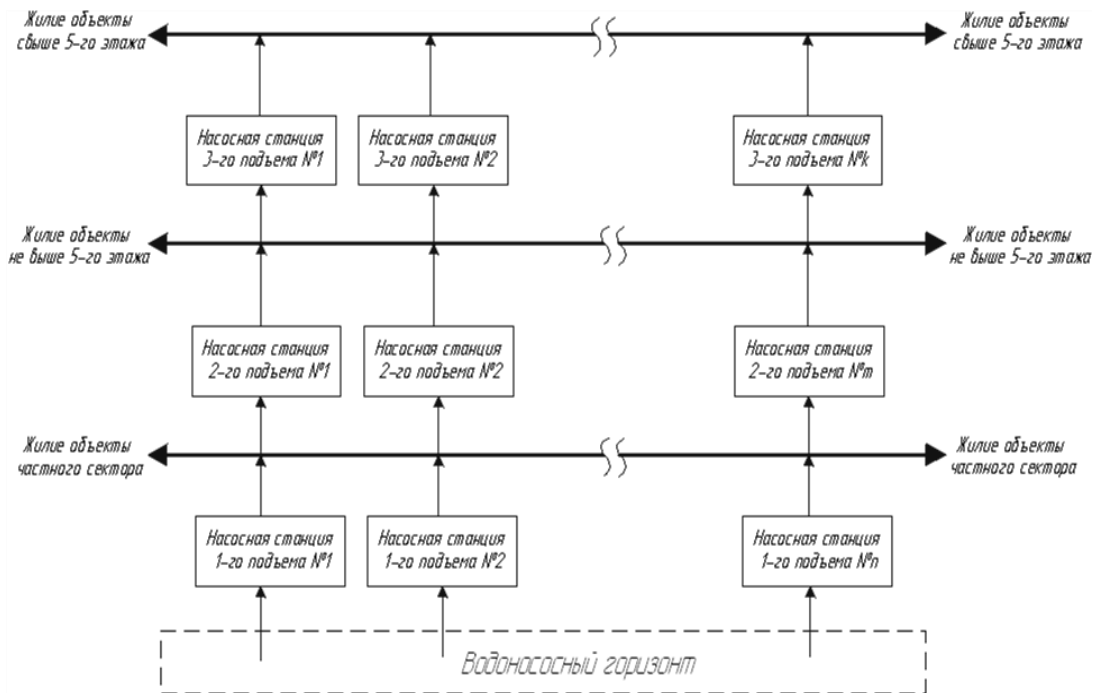
- насосні станція першого підйому (артезіанські свердловини),
- насосні станції другого підйому,
- насосні станції третього підйому,
- водонапірні башти (ВНБ),
- резервуари чистої (питної) води (РЧВ).

Робота окремих елементів тісно пов'язана єдиним технологічним процесом, тому зміна режиму роботи однієї будь-якої ланки викликає необхідність вводити відповідні зміни в режим роботи інших ланок системи. Так, наприклад, при зміні подачі води насосною станцією першого підйому необхідно забезпечити відповідну зміну продуктивності очисних споруд, змінити кількість введенного хлору, коагулянту і т. д. Робота насосних станцій першого підйому пов'язана з рівнем води в резервуарі чистої води і з режимом роботи очисних споруд.



Малюнок 1.1.1 - Схема централізованого водопостачання м.Шостка

Робота насосних станцій другого підйому залежить від режиму водоспоживання. Особливістю цих споруд є те, що подана станціями вода повинна бути спожита, так як ці системи не мають складів готової продукції.



Малюнок 1.1.2 - Структурна схема централізованого водопостачання м.Шостка

Всі перераховані взаємозв'язки і особливості пред'являють свої вимоги до пристроїв автоматичного управління різними спорудами систем водопостачання.

Ці особливості викликають необхідність централізованого контролю і автоматичного управління спорудами.

Автоматизація може дати максимальний техніко-економічний ефект при правильному виборі ступеня і обсязі автоматизації окремих споруд, а також при правильному виборі засобів автоматики.

1.2 Функціонально-технологічний аналіз насосної станції як елементарної осередка системи водопостачання

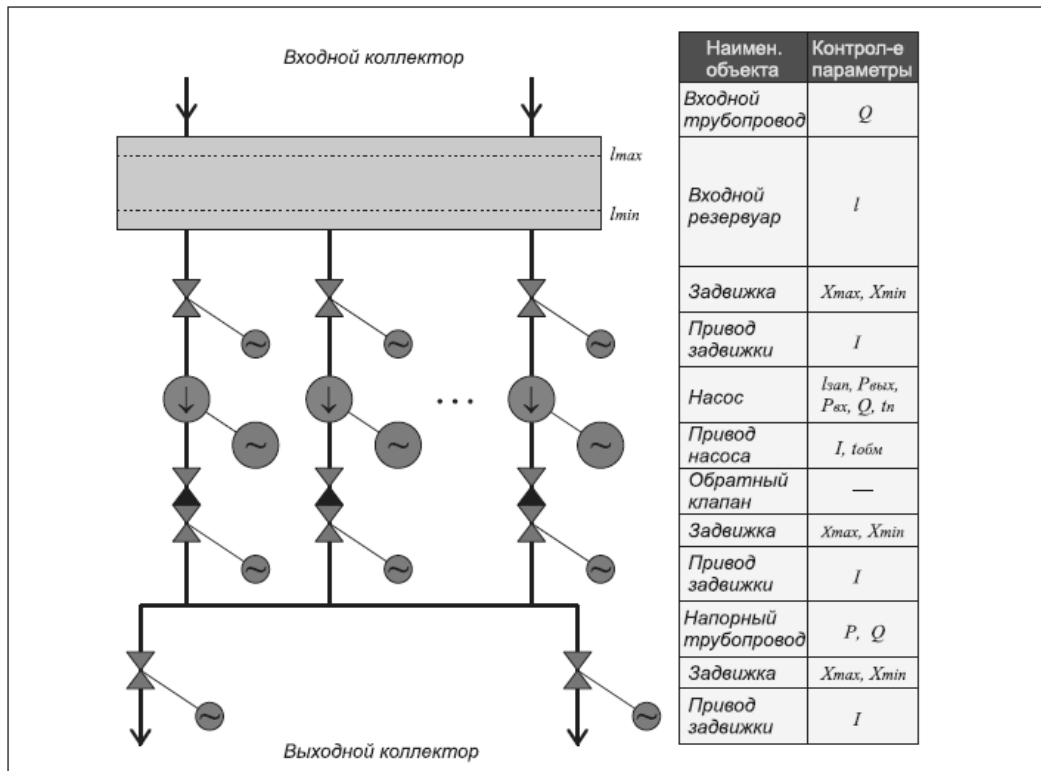
Основною структурною одиницею системи водопостачання є насосна станція.

Насосні станції (НС) являють собою складний електрогідравлічний комплекс споруд і устаткування, в якому здійснюється перетворення електричної енергії в механічну енергію потоку рідини і управління цим процесом перетворення.

Основним призначенням НС є [1] забезпечення:

- необхідного графіка подачі рідини для нормальних і аварійних умов;

- найменших витрат на обслуговування, оснащення та експлуатацію;
- необхідного ступеня надійності і, отже, певною мірою безперебійної роботи;
- довговічності, відповідної технологічної значущості об'єктів, до складу яких він входить;
- зручності експлуатації (широке застосування автоматики і телемеханіки);
- експлуатації при безперервно змінюючихся обсягах, режимах споживання рідини і змінюючимся складі споживачів.



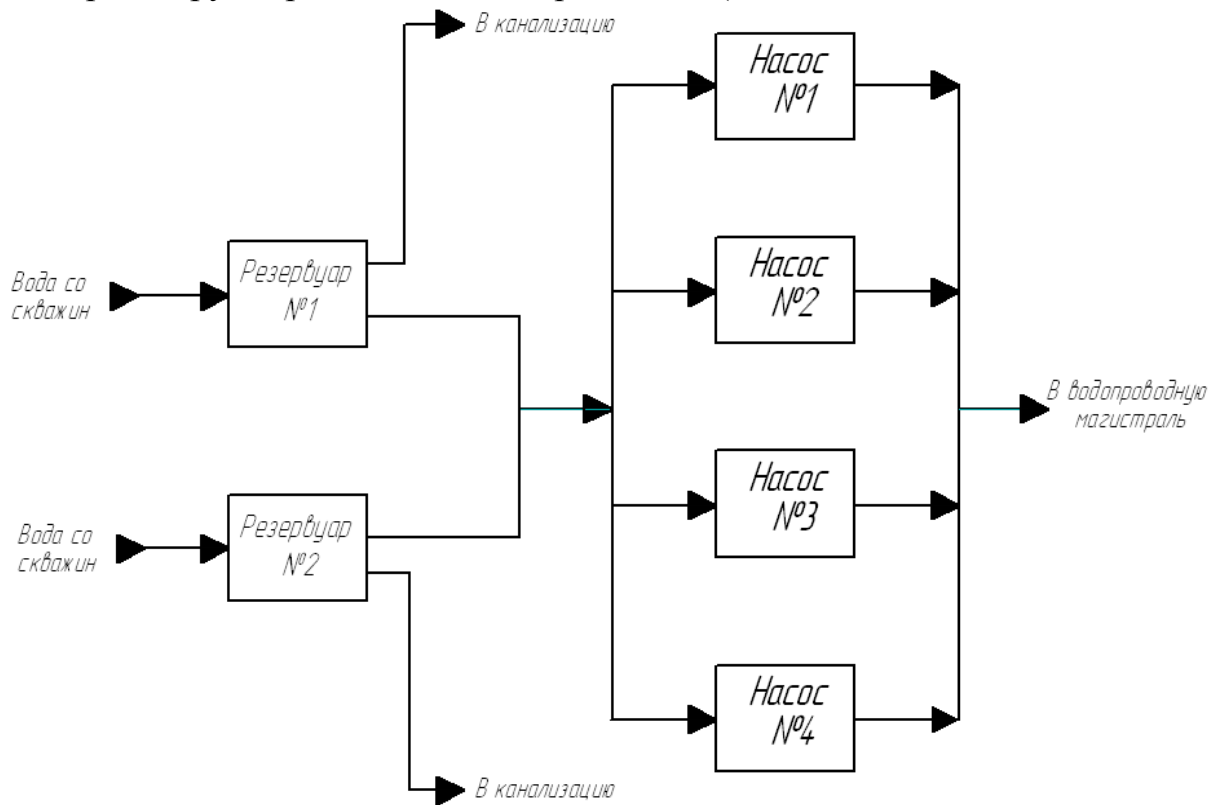
На мал. 1.2.1 зображена технологічна схема типової НС.

Рідина надходить у вхідний колектор НС і акумулюється в резервуарі. З вхідного резервуара вона відкачується насосами, подається в вихідний колектор НС і далі в магістральний трубопровід, звідки і розподіляється по споживачах або надходить до введення наступної НС. Для відділення насоса від трубопроводу служать засувки, розміщені на вхідному і напірному патрубках насоса. Крім того на вхідному патрубку насоса встановлений зворотний клапан, що запобігає зворотний потік рідини через насос. В якості приводів насосів і засувок застосовуються електричні двигуни. У правій частині мал. 1.2.1 зображена таблиця, в якій для кожного з об'єктів НС наведено перелік контрольованих параметрів. Даний перелік може

змінюватися в залежності від призначення НС і потужності насосних установок.

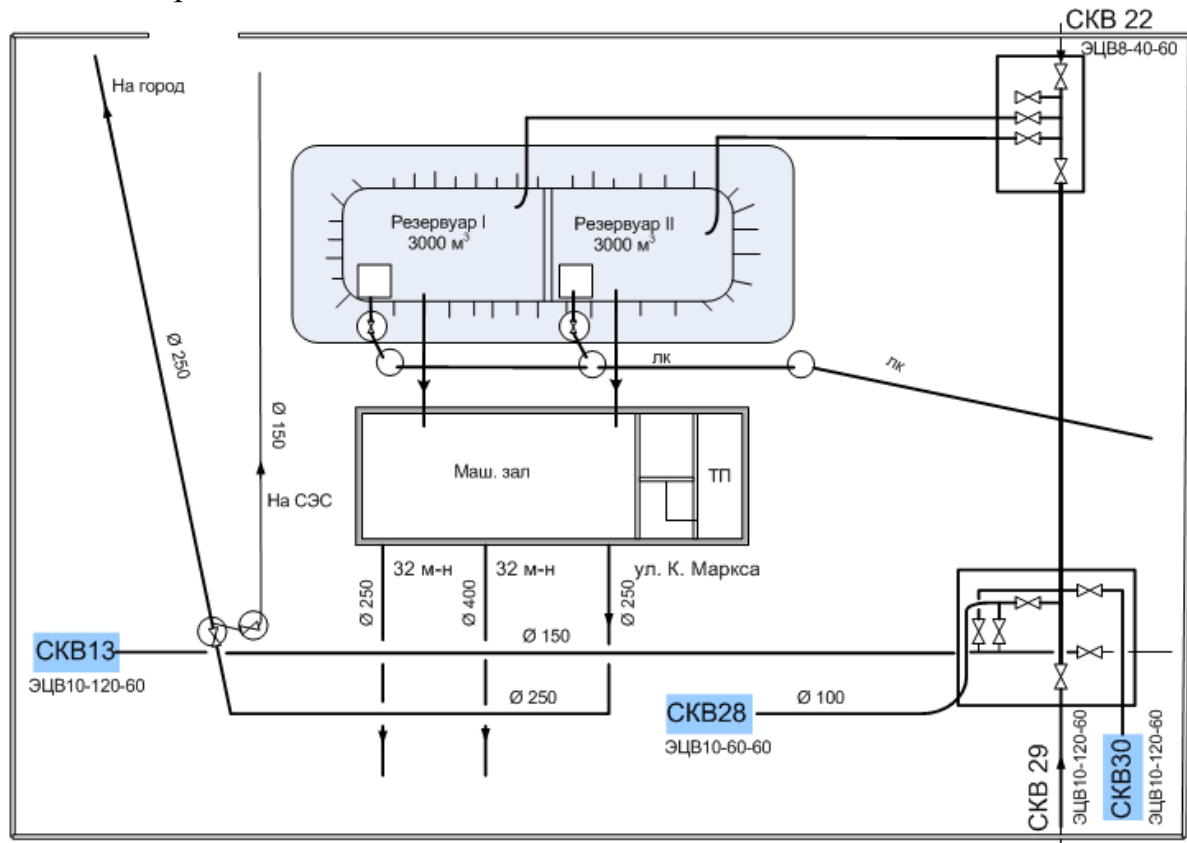
Як видно з малюнка 1.2.1 для кожного елемента типовий НС необхідно контролювати:

- вхідний трубопровід - витрата (Q) надходить в вхідний резервуар води;
- вхідний резервуар - рівень води (I);
- засувки НС - максимальне і мінімальне положення виконавчого органу (X_{max} і X_{min});
- приводу засувок - струм обмоток статора (I);
- насос - вхідний і вихідний тиск ($P_{вх}$ і $P_{вих}$), витрата (Q) і затоку насоса ($I_{зал}$);
- привід насоса - струм і температуру обмоток статора (I і $t_{обм}$);
- напірний трубопровід - тиск і витрата води (P і Q).



На мал. 1.2.2 зображена спрощена структурна схема насосної станції другого підйому вул. Петровського 1.2.1 - Технологічна схема типової насосної

станції Петровського.



Малюнок 1.2.3 - Комунікації насосної станції другого підйому вул. Петровського

1.3 Технічні вимоги по автоматизації насосної станції

Автоматизація насосних станцій підвищує надійність роботи і збереження насосно-силового обладнання, а також економічні показники роботи насосної станції.

Основною умовою переходу на автоматичне керування насосної станції є надійне, стійке живлення її електроенергією, справний стан насосно-силового обладнання, всмоктуючих і напірних ліній, і апаратури, ліній управління і сигналізації і ліній електроживлення.

Автоматичне управління насосними станціями можна розділити на кілька основних процесів, а останні в свою чергу - на більш дрібні операції.

Основні процеси при автоматизації насосних станцій [2]:

- 1) виникнення і передача імпульсів на пуск і зупинку агрегатів;
- 2) витримка часу як перед пуском після отримання імпульсу, так і між окремими процесами;
- 3) включення одного або декількох насосних агрегатів в встановленій послідовності, причому це включення може бути вироблено на повну напругу (прямий пуск) або із застосуванням частотних перетворювачів;

- 4) створення і підтримання необхідного розрідження у всмоктуючому трубопроводі і насосі, якщо він не знаходиться під заливом, перед пуском і під час роботи;
- 5) відкриття та закриття засувки на трубопроводах в певні моменти при пуску і зупинці;
- 6) контроль за виконанням встановленого режиму агрегатом при пуску, роботі і зупинці;
- 7) відключення працюючого агрегату при порушенні режиму роботи і включення резервного агрегату;
- 8) передача сигналів про роботу і аваріях з агрегатами на диспетчерський пункт;
- 9) захист агрегатів в тих випадках, коли їм загрожує небезпечність пошкодження від перегріву підшипників внаслідок роботи насоса без заливки, від випадання фази, перевантаження електродвигателя і т. П.

У самому складному випадку комплексна схема автоматизації насосної станції повинна складатися з наступних окремих схем:

- 1) автоматизація затопки насоса;
- 2) автоматизація електроприводу насоса;
- 3) автоматизація напірної засувки;
- 4) взаємозв'язок, що забезпечує послідовність дії системи в цілому і здійснює необхідні блокування, а також автоматичний захист агрегату і сигналізацію.

Сигнали на включення і зупинку насосних агрегатів при автоматичному управлінні подаються в залежності від рівня води в водонапорном спорудженні або резервуарах, і в залежності від тиску в характерних точках мережі.

Сигнали від датчика рівня або тиску при автоматичному управлінні передаються в насосну станцію, а при дистанційном - в диспетчерський пункт по дротах повітряної або кабельної лінії.

На підставі аналізу інформації про рівень води в водонапорном спорудженні або резервуарах, видаються керуючі сигнали в насосну станцію другого і першого підйомів, а також забору води з відкритого водойми. При цьому відслідковуються мінімальні і максимальні рівні води у відповідних резервуарах. Утримання нижнього рівня забезпечує натиск і витрату води споживачам, а стеження за верхнім рівнем дозволяє оптимізувати економічні показники. У ситуації, коли насоси другого підйому не забезпечують подачу необхідного обсягу води споживачам, включаються насоси першого підйому. Відповідно, в разі недостаточного рівня РЧВ повинні включатися насоси водозабору з відкритого водоймища (водоносного горизонту).

Також контролюється режим роботи і стан агрегатів. Отклонення від встановленого режиму роботи викликають спрацювання аварійної апаратури, яка відключає робочий агрегат і при наявності резервного агрегату автоматично включає останній. Сигналізація про роботу і стан

агрегатів виводиться на контрольний пункт, звідки може проводитися дистанційне керування агрегатами

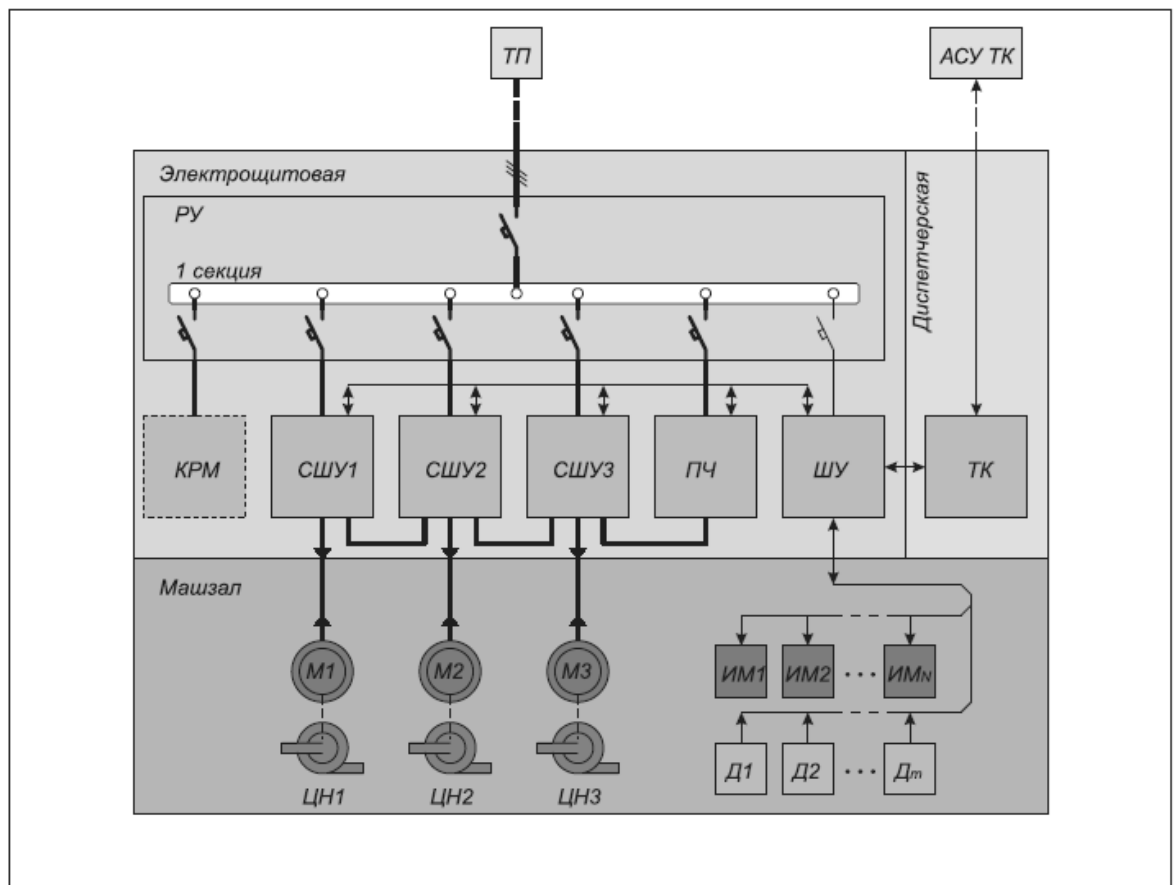
1.4 Опис типової структурної схеми автоматизації насосної станції

Спрощена структурна схема автоматизованої насосної станції з частотно-регульованим електроприводом наведена на рис. 1.4.1.

Електропостачання НС здійснюється від трансформаторної підстанції ТП. Електроенергія надходить на розподільчий пристрій РУ, до якого приєднано силове електрообладнання. Тут же розміщені первинні апарати для засобів обліку споживаної електроенергії.

Силове обладнання розміщено в електрощитовій НС. Воно містить: силові шафи управління СШУ, перетворювач частоти ПЧ і, при необхідності, компенсатор реактивної потужності КРМ. Силовий шафа управління містить комутаційний апарат, за допомогою якого здійснюється комутація харчування електродвигуна М відцентрового насоса Н або до виходу ПЧ, або до секції РУ.

У машзалі НС розміщено основне і допоміжне обладнання. Основне обладнання включає насоси ЦН1 - ЦН3, приводні електродвигуни М1 - М3. До складу допоміжного обладнання входять: дренажні, пожежні, вакуум-насоси, засувки, вентилятори, обігрівачі та інше обладнання. Управління ним здійснюється за допомогою виконавчих механізмів ІМ1 - ІМn.



Малюнок 1.4.1 - Структурна схема автоматичної насосної станції Для отримання інформації про значення регульованих параметрів служать датчики Д1 - Дп.

Сигнали управління та вимірювальні сигнали від обладнання НС збираються в шафі управління ШУ. Тут же відбувається їх об'єднання в одну загальну інформаційну лінію зв'язку, яка приєднується до технологічного контролера ТК.

Технологічний контролер реалізує загальний алгоритм управління НС та обмін інформацією з автоматизованою системою управління технологічним комплексом АСУ ТК. Програмне забезпечення ТК містить ряд функціональних блоків, реалізованих на програмному рівні [3]:

1. Управління основний насосною установкою.
2. Управління додаткової насосної установкою, наприклад пожежними насосами.
3. Управління дренажними насосами.
4. Вимірювання і обробка параметрів обладнання НС.
5. Управління опаленням і вентиляцією приміщень НС.
6. Здійснення функцій охорони від несанкціонованого проникнення сторонніх осіб на територію НС.
7. Передача інформації про параметри і режими роботи устаткування НС на АСУ ТК і обробки сигналів управління, одержуваних від неї.

2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І блокувань

2.1 Огляд можливих структур побудови АСУ ТП

Системи управління об'єктом автоматизації можуть бути в окремих випадках однорівневими централізованими, однорівневими децентралізованими і багаторівневими [4]. Однорівневі системи управління, в яких управління об'єктом здійснюється з одного пункту управління, називаються централізованими. Однорівневі системи, в яких видокремлення частини складного об'єкта управляються з самостійних пунктів управління, називаються децентралізованими.

Однорівневі централізовані системи застосовуються в основному для управління відносно нескладними об'єктами або об'єктами, розташованими на невеликих території. Більшість промислових об'єктів, в тому числі системи водопостачання та водовідведення, в даний час являють собою складні комплекси, окремі частини яких розташовані на значній відстані один від одного.

Якщо управління такого комплексного об'єкта побудувати по однорівневої централізованій системі, то набагато ускладняться комунікації системи управління, різко зростуть витрати на її спорудження та експлуатацію, центральний пункт управління вийде громіздким. Переробка інформації, велика частина якої є непотрібної для безпосереднього ведення технологічного процесу, представляє великі труднощі. Відстань пункту управління від того чи іншого допоміжного підоб'єкту ускладнює прийняття

оперативних заходів щодо усунення тих чи інших неполадок. У цьому випадку більш прийнятною стає однорівнева децентралізована система управління.

Однак за допомогою однорівневих систем не завжди представляється можливим оптимально вирішити питання управління технологічними процесами. Це в першу чергу відноситься до складних технологічних процесів. Тоді доцільно переходити до багаторівневих систем управління.

2.2 Вибір каналів управління, сигналізації та блокувань

На першому етапі розробки автоматизованої системи управління (АСУ) водними ресурсами нашого регіону представляється доцільним будувати 2-х рівневу систему. Відповідно до класичних принципів побудови різних АСУ ТП, на верхньому рівні (центральний диспетчерський пункт) зазвичай вирішуються завдання диспетчеризації, відображення оперативної інформації і розрахунок економічних показників.

Нижній рівень, що складається з локальних систем збору і обробки інформації, призначений для координації роботи локальних регуляторів через ЦДП.

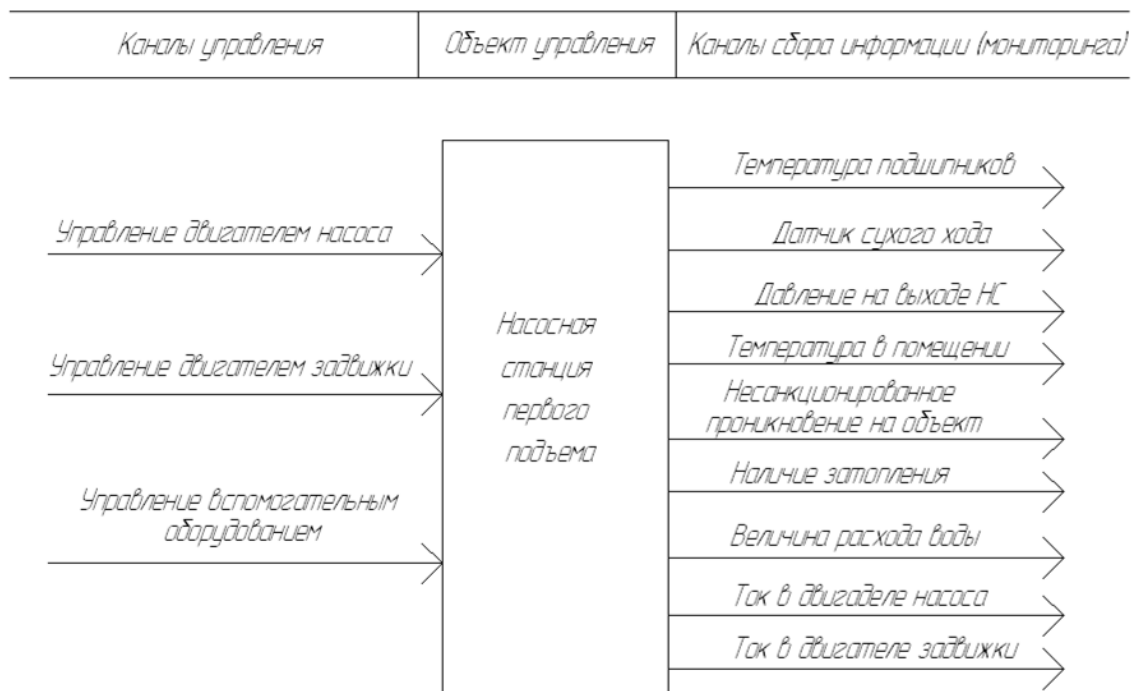
Конкретизуючи завдання ЦДП (верхній рівень АСУ), виділимо головні:

- формування команд управління на насоси першого і другого підйому в залежності від рівня води в РЧВ, ВНБ;
- відображення оперативної і аварійної інформації АСУ "Водоканал" у вигляді мнемосхеми.

При управлінні насосною станцією першого підйому вирішуються наступні завдання:

- управління свердловиною;
- плавний пуск і останов двигуна насоса для виключення гідроударів і економії ресурсу двигуна насоса;
- вимір і контроль опору ізоляції двигуна при непрацюючому двигуні
- вимір і контроль фазних струмів двигуна в процесі пуску і роботи двигуна,
 - прийом сигналу з датчика сухого ходу,
 - прийом інформації про параметри насосної станції:
 - тиску на виході насосної станції,
 - температури в приміщенні,
 - наявність затоплення,
 - величина витрати води.

З огляду на всі перераховані вище завдання можна виділити відповідні канали управління, сигналізації та блокувань для насосної станції першого підйому, які зображені на рис. 2.2.1. м



Малюнок 2.2.1 - Структурна схема каналів управління, сигналізації та блокувань для насосної станції першого підйому

Для забезпечення управління насосами станції другого підйому необхідно контролювати такі параметри:

- рівень води в РЧВ,
- стан працюючих насосів станції другого підйому;
- величина витрат води;
- контроль стану релейних датчиків:
 - охорони,
 - пожежі,
 - наявність мережі живлення,
 - затоплення.
- значення струмів двигунів насосів, встановлених в приміщенні насосної станції другого підйому,
- величина тиску в водопроводі, по якому вода надходить в ВНБ і споживачам;
 - витрата води, яка подається з насосної станції другого підйому;
 - значення температури в приміщенні насосної станції.

З огляду на всі перераховані вище завдання можна виділити відповідні канали управління, сигналізації та блокувань для насосної станції другого підйому, які аналогічні зображеним на рис. 2.2.1 з тією лише різницею, що НС другого підйому має чотири відцентрових насоса замість одного.

З точки зору автоматизації, найбільш складним структурним елементом системи водопостачання є НС другого підйому. Складність полягає в паралельній роботі декількох насосних агрегатів, що ускладнює (в порівнянні з НС 1-го і 3-го підйому) як алгоритми управління, так і кількість контурів

управління. Але проект розроблений для НС 2-го підйому, в силу аналогії фізичних процесів, що протікають в НС і подоби висунутих вимог до всіх НС системи водопостачання, після ряду спрощень і коригувань може бути легко перенесений на НС 1-го і 2-го підйомів. З огляду на вищенаведені факти, надалі всю увагу будемо приділяти питанням автоматизації НС 2-го підйому.

Після вибору відповідних каналів управління, сигналізації та блокувань для насосних станцій, можна скласти таблицю Реальні показники можуть відрізнятися (табл. 2.2.1), в якій вказується межі вимірюваних параметрів і необхідна точність вимірювань.

Таблиця 2.2.1 - Таблиця Реальні показники можуть відрізнятися і їх меж вимірювання

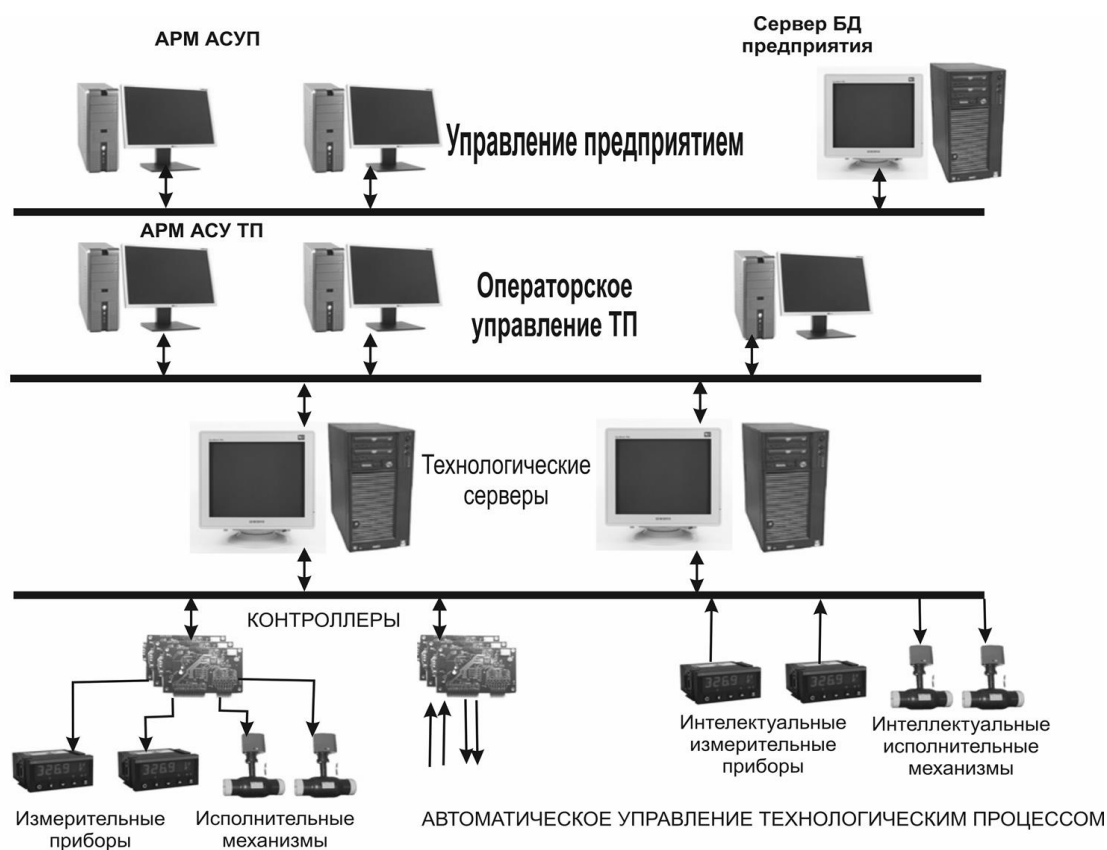
№	Вимірювальна величина	Межа вимірювання	Точність	Примітка
1	Температура в приміщені	от -20 ⁰ С до +40 ⁰ С	± 0,1 ⁰ С	
2	Температура підшипників	от 0 ⁰ С до +150 ⁰ С	± 1 ⁰ С	
3	Тиск на вході насосної станції	от 0 до 6 кгс/см ²	± 0,1 кгс/см ²	
4	Тиск на вході насосів	от 0 до 6 кгс/см ²	± 0,1 кгс/см ²	
5	Витрати води на кожному насосі	от 0 до 500 м ³ /час	± 1 м ³ /час	
6	Витрати на виході насосної станції	от 0 до 1500 м ³ /час	± 1 м ³ /час	
7	Рівень води в РЧВ	от 0 до 5 м	± 0,1 м	
8	Струм в двигуні насоса	от 0 до 200 А	± 0,2 А	
9	Виникнення пожежі	0...1	-	позиційний сигнал
10	Затоплення	0...1	-	позиційний сигнал
11	Несанкціоноване проникнення на об'єкт	0...1	-	позиційний сигнал
12	Положення засувки	0...1	-	позиційний сигнал

На малюнку 3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ

3.1 Автоматизація сучасного виробництва із застосуванням SCADA систем

3.1.1 представлена загальна функціональна схема автоматизації сучасного виробництва.

Нижній рівень цієї схеми становлять вимірювальні прилади і виконавчі механізми. На сьогоднішній день, вони можуть бути аналоговими або цифровими (інтелектуальними). Аналогові представляють ізмеренную величину у вигляді рівня напруги або струму. Цифрові ж мають вбудовані логічні схеми і представляють виміряну величину у вигляді цифрового сигналу, що відповідає специфікації протоколу передачі даних, визначеного для цих пристроїв. Для обміну інформацією з приладами першого типу, необхідно використовувати АЦП / ЦАП (Аналогово-цифрові / Цифро-аналогові перетворювачі). З приладами другого типу можна обмінюватися інформацією безпосередньо по мережі передачі даних.



Малюнок 3.1.1 - Загальна функціональна схема автоматизації сучасного виробництва

Наступний рівень схеми - контролери. Вони виконують функцію автоматичного керування технологічним процесом. Метою управління є видача сигналів на виконавчі механізми в результаті обробки даних про стан технологічних параметрів, отриманих за допомогою вимірювальних приладів, за певними алгоритмами.

Сервери технологічних даних забезпечують обмін інформацією між технологічними пристроями і мережею персональних комп'ютерів. Вони підтримують протокол роботи з технологічними пристроями і протокол роботи

з мережею персональних комп'ютерів. Дані про поточні параметри технологічного процесу можуть бути використані для контролю стану технологічного процесу і управління ним з автоматизованих робочих місць операторів; для архівування історії зміни технологічних параметрів; для формування сумарних звітних форм з метою надання інформації керівному персоналу. У цій схемі, SCADA система представлена серверами технологічних даних та автоматизованими робочими місцями операторів.

Сучасна SCADA система - це набір інструментальних засобів і виконавчих модулів, призначених для створення автоматизованих робочих місць операторів зі спостереження за станом технологічного процесу і керування ним.

Відзначимо функції SCADA систем:

- 1) Збір, первинну обробку та накопичення інформації про параметри технологічного процесу і стан обладнання від промислових контролерів і інших цифрових пристроїв, безпосередньо пов'язаних з технологічною апаратурою;
- 2) Відображення інформації про поточні параметри технологічного процесу на екрані ПЕОМ у вигляді графічних мнемосхем;
- 3) Відображення графіків поточних значень технологічних параметрів в реальному часі за заданий інтервал;
- 4) Виявлення критичних (аварійних) ситуацій;
- 5) Висновок на екран ПЕОМ технологічних та аварійних повідомлень;
- 6) Архівування історії зміни параметрів технологічного процесу;
- 7) Операторська управління технологічним процесом;
- 8) Надання даних про параметри технологічного процесу для їх використання в системах управління підприємством.

3.2 Вибір сучасних засобів автоматизації

У проекті застосовуються в основному однотипні прилади регулювання, контролю і сигналізації.

3.2.1 Вибір первинних перетворювачів

Після вибору регулюючих, контрольованих і сигналізуємих величин виробляємо вибір датчиків.

3.2.1.1 Контроль температури підшипників насосів

Для контролю температури підшипників насосів можливе використання наступних датчиків:

а) Перетворювач термоелектричний хромель-копелеві ТХК 9611

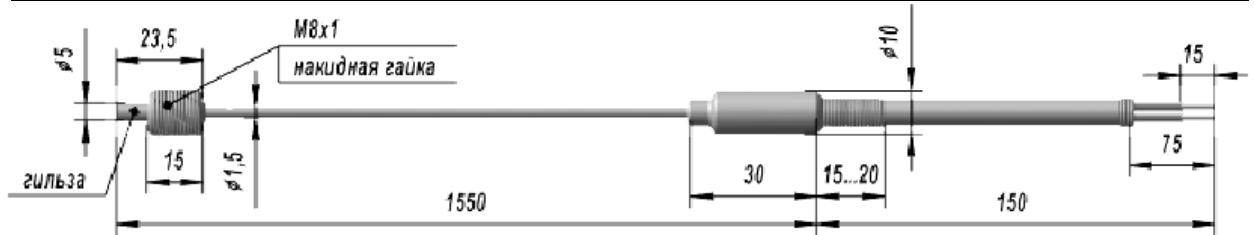
Перетворювач термоелектричний хромель-копелеві ТХК 9611 використовується для вимірювання температури підшипників і поверхонь твердих тіл.

Технічні характеристики датчика ТХК 9611 вказані в таблиці 3.2.1. Габаритний креслення датчика представлений на малюнку 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 - Технічні характеристики датчика ТХК 9611.

Діапазон вимірювальних температур, °С	-40...+200
---------------------------------------	------------

Номінальна статична характеристика (НСХ)	ХК(L)
Клас допуску	2
Показник теплової інерції, с	8
Ступінь захисту від пилу і води	IP52
Матеріал захиної арматури	ЛС-59
Ізоляція робочого спаю	+
Діапазон умовних тисків, мПа	0,4 ДКРХМ 0,5 НХ 9,5
Стійкість до вібрації	МНМц 43-0,5.2 група исп. N3
Вид кліматичного виконання	У3, Т3



Малюнок 3.2.1 - Габаритний креслення датчика ТЖК 9611

б) Перетворювач термоелектричний ТСМ 9204

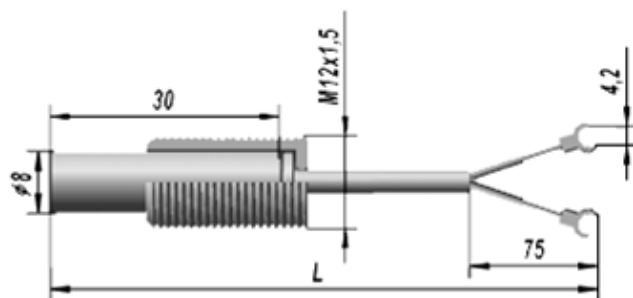
Перетворювач термоелектричний ТСМ 9204 також призначений для вимірювання температури підшипників і твердих тіл.

Технічні характеристики датчика ТСМ 9204 вказані в таблиці 3.2.2.

Габаритний креслення датчика представлений на малюнку 3.2.2.

Таблиця 3.2.2 - Технические характеристики датчика ТСМ 9204

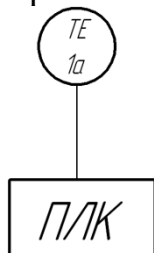
Діапазон вимірювальних температур, °С	-50...+150
Номінальна статична характеристика (НСХ)	50М
Клас допуску	В
Показник теплової інерції, с	20
Ступінь захисту від пилу і води	IP00
Матеріал захиної арматури	Ст.12Х18Н10Т, Медь М1
Номінальне значення W100	1,4280
Діапазон умовних тисків, мПа	0,1 ... 0,4
Стійкість до вібрації	група исп. N3
Вид кліматичного виконання	У3, Т3



Малюнок 3.2.1

Порівнявши технічні характеристики датчиків ТХК 9611 і ТСМ 9204, можна зробити висновок, що у датчика ТХК 9611 значно менший показник теплової інерції. Тому слід використовувати термоелектричний хромель-копелеві перетворювач ТХК 9611.

Локальний контур вимірювання температури підшипників насоса (згідно функціональної схемою автоматизації СУ41ш.7.091401.04.А2.) Буде мати вигляд представлений на рис. 3.2.3.



Малюнок 3.2.3 - Локальний контур вимірювання температури підшипників 1а - Перетворювач термоелектричний хромель-копелеві ТХК 9611, ПЛК - програмований логічний контролер. насоса

3.2.1.2 Контроль температури в приміщенні насосної станції

Для контролю температури в приміщенні насосної станції можливе використання наступних датчиків:

а) Стельовий датчик температури повітря DTF

Датчик DTF встановлюється на стелю і вимірюють зональну температуру у великих приміщеннях.

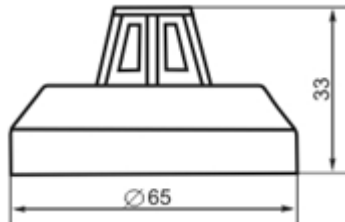
Технічні характеристики датчика DTF:

- 1) Діапазон вимірюваних температур - від -20°C до $+90^{\circ}\text{C}$.
 - 2) Чутливий елемент: Pt100.
 - 3) Вимірювальний струм - 1 мА.
 - 4) Межа абсолютної похибки - не більше $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$.
 - 5) Довжина монтажного кабелю - 135 мм.
 - 6) Підключення - по двухпроводной схемі.
 - 7) Клас захисту - IP54.
 - 8) Корпус - пластик.
 - 9) Розміри - 25,5 мм (висота) і 30 мм (діаметр).
- б) Термопреобразователь ТС.п / п-420

Термопреобразователь ТС.п / п-420 призначений для вимірювання температури повітря, рідини, поверхні великогабаритних виробів або труб, наприклад: в системах гарячого водопостачання та інших вимірюваних робочих середовищах, хімічно неагресивних і не руйнують матеріал захисної арматури термоперетворювача.

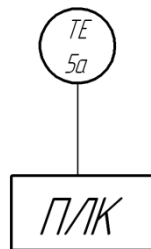
Технічні характеристики датчика ТС.п / п-420-КлЗ-2:

- 1) Напруга живлення - від 7,5 до 36 В.
- 2) Вихідний сигнал - 4-20 мА.
- 3) Межа вимірювання - від - 40 ° С до + 50 ° С.
- 4) Межа абсолютної похибки - не більше $\pm 1,0$ ° С.
- 5) Максимальний опір навантаження - 1,0 кОм.
- 6) Ступінь захисту від впливу води та пилу IP44 по ГОСТ 14254-96.
- 7) Середній термін служби - не менше 5 років.
- 8) Габаритні розміри - відповідно до малюнок 3.2.3.



Малюнок 3.2.3 - Габаритний креслення датчика ТС.п / п-420-КлЗ-2

Порівнявши технічні характеристики датчиків DTF і ТС.п / п-420-КлЗ-2, можна зробити висновок, що датчик DTF має більшу похибкою вимірювань і його вихідний сигнал потрібно перетворювати в уніфікований зовнішнім перетворювачем. Тому слід використовувати термоперетворювач ТС.п / п-420. Локальний контур вимірювання температури повітря в приміщенні НС матиме вигляд представлений на рис. 3.2.4.



Малюнок 3.2.4 - Локальний контур вимірювання температури повітря в приміщенні НС

5а - термоперетворювач ТС.п / п-420,

ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.1.3 Контроль тиску в водопровідних магістралях

Для контролю тиску в водопровідних магістралях, а також на виході насосів можливе використання наступних датчиків:

- а) Датчик надлишкового тиску Дон-17-ДІ



Малюнок 3.2.5 -Зовнішній вид датчика тиску Дон-17-ДІ

Основні технічні характеристики датчика Дон-17-ДІ:

- 1) Верхня межа вимірювань - 6 кгс / см².
 - 2) Межа допустимої абсолютної похибки - $\pm 0,01$ кгс / см².
 - 3) Вихідний сигнал 0-5; 0-20; 5-0; 20-0 мА або 0-5; 5-0 В. Характеристика вихідного сигналу лінійно зростаюча або лінійно спадна.
 - 4) Датчики призначені для роботи при наступних значеннях опорів R_н навантаження (з урахуванням лінії зв'язку):
 - при вихідному сигналі 0 - 20 мА (20-0 мА) не більше 1 кОм;
 - при вихідному сигналі 0 - 5 мА (5-0 мА) не більше 2,5 кОм.
 - 5) Напруга живлення U_{пит} становить: U_{пит} = (20 ÷ 30) В для датчиків з вихідним сигналом 0-5 мА (5-0 мА); $(12 + 20R_n) U \div U_{пит} \div 36$ В для датчиків з вихідним сигналом 0 - 20 мА (20-0 мА), де R_н - опір навантаження в кому.
 - 6) Ступінь захисту від впливу пилу і води датчиків IP54 по ГОСТ 14254-96.
 - 7) По стійкості до механічних впливів датчики відповідають виконанню N2 по ГОСТ 12997-84.
 - 8) Датчики стійкі до впливу відносної вологості навколишнього повітря до 95% при температурі 40°C і нижче без конденсації вологи.
- б) Датчик тиску RPT 350



Малюнок 3.2.6 -Зовнішній вид датчика тиску RPT 350

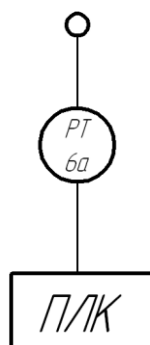
Технічні характеристики датчика RPT 350:

- 1) Діапазон вимірювань - від 0,065 до 6,5 кгс / см²;
- 2) Тиск перевантаження - $1,25 \times$ діапазон;
- 3) Тиск порушення герметичності - 10 кгс / см² абсолютного тиску;
- 4) Напруга живлення - від 11 до 28 В постійного струму;
- 5) Струм - 20 мА номінально;
- 6) Точність вимірювання - $\pm 0,001$ кгс / см²;
- 7) Діапазон компенсованих температур - від -20 до + 60 ° C;
- 8) Опір ізоляції -> = 100 МОм при напрузі 50 В пост.тока;
- 9) Вхідний штуцер - G1 / 4В із зовнішнім різьбленням, з плоским торцем;

10) Електричне з'єднання - 4 жильний кабельний висновок. Довжина - на замовлення;

11) Вихідний сигнал - RS 485 цифровий двонаправлений канал зв'язку. Порівнявши технічні характеристики датчиків Дон-17-ДІ і RPT 350, можна зробити висновок, що датчик Дон-17-ДІ здатний зберігати працездатність при підвищеній вологості повітря. Тому слід використовувати датчик Дон-17-ДІ. У проекті будемо використовувати модифікацію датчика надлишкового тиску Дон-17-ДІ-+1152.

Локальний контур вимірювання тиску на виході насоса матиме вигляд представлений на рис. 3.2.7.



Малюнок 3.2.7 - Локальний контур вимірювання тиску на виході насоса ба - датчик надлишкового тиску Дон-17-ДІ-1152, ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.4 Контроль витрати води

Для контролю витрат води можливе використання наступних датчиків:

а) Витратомір АКРОН-01



Малюнок 3.2.8 -Зовнішній вид датчика-витратоміра АКРОН-01

Регулятор потоку АКРОН-01 призначений для вимірювання витрати та кількості звукопроводящих рідин, в тому числі стічних вод, з низьким вмістом газоподібних включень в напірних трубопроводах систем водопостачання і каналізації.

Принцип дії витратоміра АКРОН-01 полягає в вимірі різниці часу проходження ультразвукової хвилі по потоку і проти потоку контрольованої рідини, перерахунку її в миттєве значення витрати з подальшою інтеграцією. Регулятор потоку АКРОН-01 включає в себе первинний перетворювач ПП-1 і електронний блок БЕ-1, з'єднані радіочастотним кабелем. ПП-1 складається з двох ультразвукових випромінювачів і пристрої для їх кріплення на трубі. ПП-1 встановлюється на прямолінійній ділянці трубопроводу на зовнішній поверхні, очищеної від бруду, фарби і іржі.

Вихідний сигнал витратоміра АКРОН-01 - 0-5, 0-20 або 4-20 мА постійного струму, що визначає прямопропорційно залежність від вимірюваної витрати. Можливе виведення інформації на комп'ютер через вбудований інтерфейс RS-232 або RS-485.

Межа вимірюваних витрат:

- для труби з діаметром умовного проходу 300 мм - від 60 до 1600 м³ / год,
- для труби з діаметром умовного проходу 400 мм - від 80 до 2000 м³ / год.

Основна похибка, при довжині прямолінійного ділянки трубопроводу не менше 10Dу до місця установки ПП-1 і не менше 5Dу - після місця установки: + 1,5%.

Міжповірочний інтервал 2 роки.

Вартість з урахуванням доставки: 9230 грн.

б) Датчик витрати зондового типу ДРЗ



Малюнок 3.2.9 -Зовнішній вид датчиків витрати зондового типу ДРЗ

Датчик витрати зондового типу ДРЗ призначений для лінійного перетворення об'ємної витрати рідини, що протікає в трубопроводах з діаметрами умовного проходу від 100 до 1000 мм в послідовність електричних імпульсів з ціною одного імпульсу 0,001 або 0,01 м³. Він може працювати в комплекті з блоком перетворення вимірювальним БПІ-01 або з іншими вторинними приладами, в тому числі і в складі інформаційно-вимірювальних систем, які беруть імпульсний сигнал.

Вимірюється середовище - вода, нафтопродукти, зріджені гази або інші рідини, неагресивні до сталі марки 12Х18Н10Т і 20Х13, з параметрами:

- концентрація солей не більше 20,0 г / дм³;

- концентрація твердих частинок не більше $1,0 \text{ г / дм}^3$;
- максимальний поперечний розмір твердих частинок $3,0 \text{ мм}$;
- надлишковий тиск від $(P_{\text{п}} + 0,3)$ до $5,5 \text{ МПа}$;
- температура від 0 до $150 \text{ }^\circ \text{C}$;
- в'язкість не більше $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$.

Межа вимірюваних витрат:

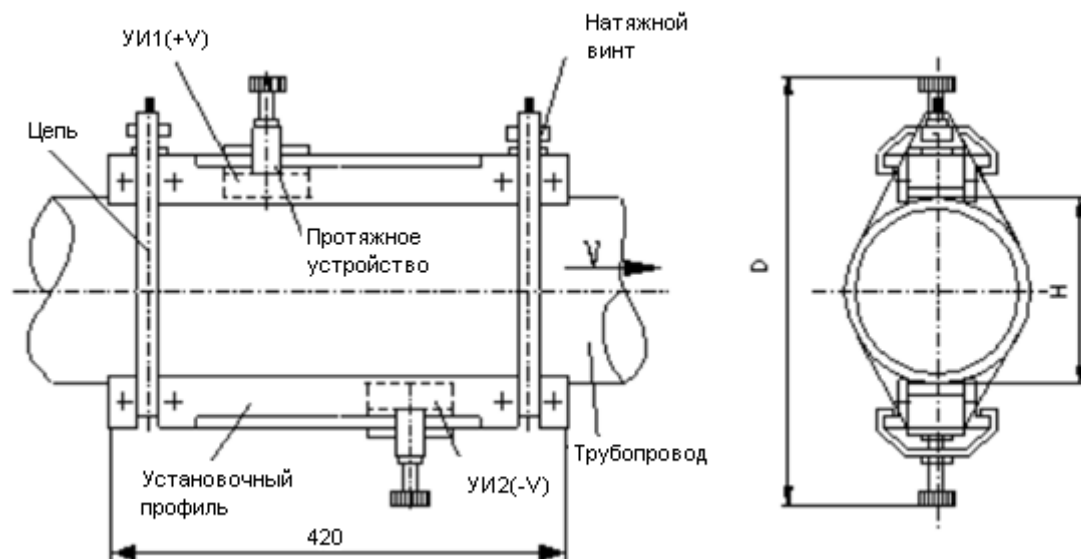
- для труби з діаметром умовного проходу 300 мм - від 60 до $1250 \text{ м}^3 / \text{год}$,
- для труби з діаметром умовного проходу 400 мм - від 100 до $2000 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Основна відносна похибка датчика витрати не перевищує $\pm 2,5\%$.

Вартість з урахуванням доставки: 1300 грн .

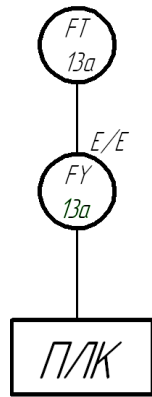
Порівнявши технічні характеристики датчиків АКРОН-01 і ДРЗ, можна зробити висновок, що хоча датчик АКРОН-01 має високу вартість у порівнянні з ДРЗ, він має ряд істотних переваг: мала відносна похибка, простота установки і обслуговування, не зменшує площу умовного проходу трубопроводу. Тому слід використовувати датчик АКРОН-01.

На рис. 3.2.10 представлені габаритні і настановні розміри первинного перетворювача ПП-1 витратоміра АКРОН-01.



Малюнок 3.2.10 - Габаритні і настановні розміри первинного перетворювача ПП-1

Локальний контур вимірювання витрати води буде мати вигляд представлений на рис. 3.2.11.



Малюнок 3.2.11 - Локальний контур вимірювання витрати води
 13а- первинний перетворювач ПП-1 і електронний блок БЕ-1 витратоміра АКРОН-01,
 ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.1.5 Контроль рівня

Для контролю рівня в резервуарах чистої води можливе використання наступних датчиків:

а) Радіолокаційний датчик рівня РДУ-Х2



Малюнок 3.2.12 -Зовнішній вид радіолокаційного датчика рівня РДУ-Х2

Радіолокаційний датчик рівня призначений для безперервного безконтактного вимірювання рівня заповнення великогабаритних ємностей як в автономному режимі, так і в складі АСУ ТП. Результат вимірювання рівня видається на вихідному роз'ємі датчика у вигляді токового або цифрового сигналу, пропорційного вимірюваному рівню.

Таблиця 3.2.3 – Технические данные датчика РДУ-Х2

Максимальний діапазон виміру рівнів, м	0-10; 0-25
Мертва зона (зона нечутливості), не менш, м	1
Похибка вимірювання при довірчій ймовірності P=0,95, не більше, см	+10
Робочий діапазон температур, град. С	-30..+45

Вихідний сигнал струмовий, мА	0-5; 0-20; 4-20
Вихідний сигнал цифровий, RS (RS-232)	По замовленню
Вихід релейних граничних рівнів (верхнього та нижнього)	По замовленню
Живлення, В	+24±25%; 1,3А или ~220±15%
Споживана потужність, Вт	30
Маса, не більше, кг	3 (без адаптера змінного струму)

а) Кондуктометричний вимірювач рівня STS - 303 – 04



Малюнок 3.2.13 -Зовнішній вид кондуктометричного вимірювача рівня STS - 303 - 04

Прилад може використовуватися для контролю рівня струмопровідних рідин, як в металевих, так і в неметалевих резервуарах. Прилад контролює рівень, який визначається електродами, встановленими в резервуарі.

У моделі 303-04 передбачено регулювання чутливості верхнього і нижнього електродів за допомогою потенціометра. Контакти реле дозволяють комутувати навантаження до 5 А / 220 В (на постійному струмі).

Основні технічні характеристики рівнеміра STS - 303 - 04 представлені в таблиці 3.2.4.

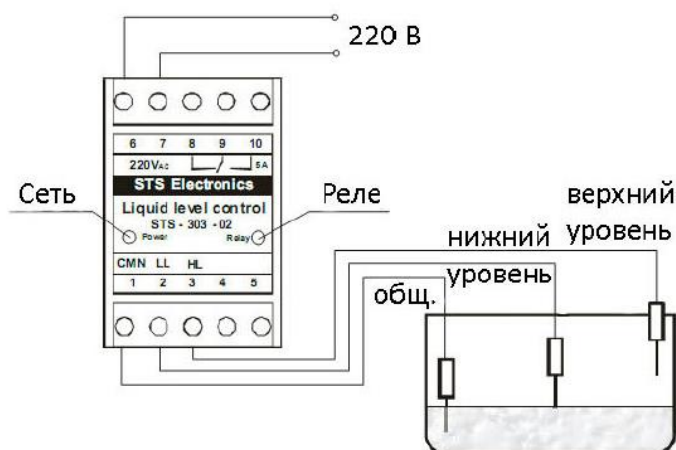
Таблиця 3.2.4 - Технічні дані датчика STS - 303 – 04

Регулювання чутливості	+
Довжина електродів	100...5000 мм
Напруга живлення	220 В, 50 Гц
Макс. Комутований струм	5 А/220 В пост. ток или 1100 ВА при cos φ=1
Споживана потужність	< 5 ВА
Наработка на отказ, циклов	1 x 10 ⁶
Робоча температура	0...55 °С
Опір ізоляції	> 10 МОм при 1000 В
Допустима вологість	85 %

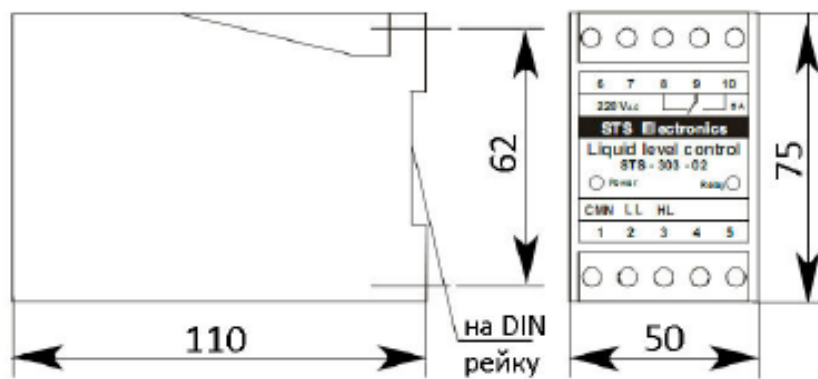
Температура зверігання	- 25...55 °С
Матеріал корпусу	пластик
Виброустойчивість	10...55 Гц, при амплитуде 0,35 мм

Так як для управління роботою НС нам досить контролю тільки двох положень рівня води в РЧВ, то доцільним є використання датчика STS - 303 - 04, який має більш простий пристрій, а значить більш надійний.

На малюнках 3.2.14 і 3.2.15 представлені схема підключення і габаритний креслення для кондуктометричного вимірювача рівня STS - 303 - 04.

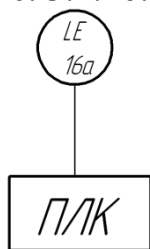


Малюнок 3.2.14 - Схема підключення для кондуктометричного вимірювача рівня STS - 303 - 04



Малюнок 3.2.15 - Габаритний креслення для кондуктометричного вимірювача рівня STS - 303 - 04

Локальний контур вимірювання рівня води в РЧВ матиме вигляд представлений на рис. 3.2.16.



Малюнок 3.2.16 - Локальний контур вимірювання рівня води в РЧВ
 1ба - кондуктометрический вимірювач рівня STS - 303 - 04,
 ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.1.6 Контроль затоплення приміщень насосної станції

Для контролю і сигналізації затоплення господарських приміщень (машинного залу насосної станції) можливе використання наступних датчиків:

а) Датчик протікання і затоплення SWF 4.1



Малюнок 3.2.17 - Зовнішній вигляд датчика протікання і затоплення SWF 4.1

Датчик призначений для виявлення протікання систем водопостачання, каналізації, гарячого водопостачання, скупчення, конденсату в системах кондиціонування.

Таблиця 3.2.5 - Технічна характеристика датчика SWF 4.1

Напруга живлення	9...30В
Струм споживання (макс)	30 мА
Ступінь захисту	IP67
Напруга логічного "0"	1,2В
Напруга логічної "1"	U пит. - 1,2 В
Напруга на електродах	5В
Опір спрацьовування	300 кОм
Захисний інтервал часу	10 мс
Вартість	690 грн

б) Датчик протікання і затоплення ДЗ-1



Малюнок 3.2.18 - Зовнішній вигляд датчика затоплення ДЗ-1

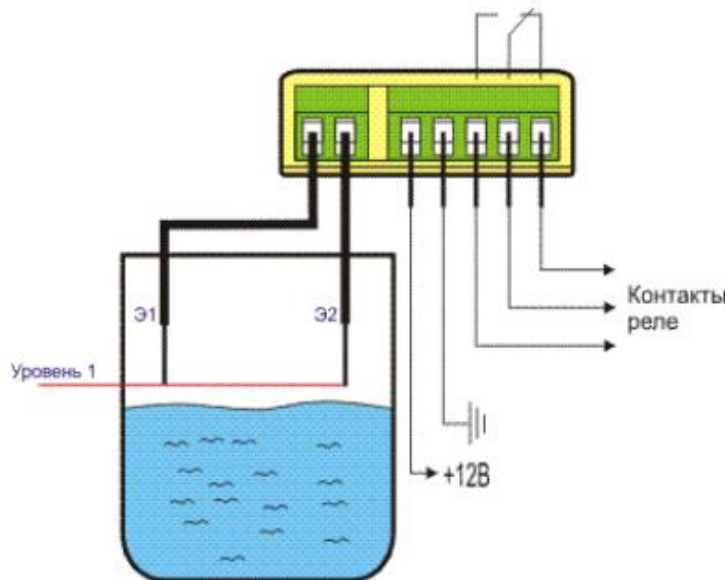
Датчик призначений для виявлення факту наявності води і видачі аварійного сигналу за коштами вбудованого реле.

Одне з важливих переваг - повна гальванічна розв'язка між напругою живлення, електродами і вихідними контактами.

Таблиця 3.2.6 - Коротка технічна характеристика датчика ДЗ-1

Напруга живлення, В (постійна напруга)	12
Максимальний струм споживання, мА	150
Тип вихідного сигналу	сух. конт.
Габаритні розміри	35x42x30
Вартість	218 грн

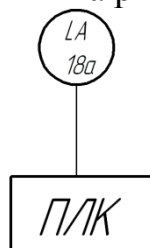
Датчик затоплення (датчик води) встановлюється в місці, з найменшою вірогідністю затоплення. До контактів "Датчик" підключається пара контактних пластин, які виконують роль електродів для визначення наявності води. Як електроди можна використовувати абсолютно будь-які металеві вироби в т.ч. навіть залужені кінці сигнального кабелю. Максимальна довжина кабелю передачі сигналу 50м, що дозволяє установку датчика на досить віддаленій відстані від місця затоплення.



Малюнок 3.2.19 - Схема підключення датчика затоплення ДЗ-1

Порівнявши технічні характеристики датчиків SWF 4.1 і ДЗ-1, можна зробити висновок, що датчик ДЗ-1 повністю задовольняє нашим вимоги до датчика затоплення, в той же час має меншу вартість у порівнянні з SWF 4.1. Тому слід використовувати датчик затоплення ДЗ-1.

Локальний контур контролю виникнення затоплення приміщення НС матиме вигляд представлений на рис. 3.2.20.



Малюнок 3.2.20 - Локальний контур контролю виникнення затоплення приміщення НС

18а - датчик затоплення ДЗ-1,

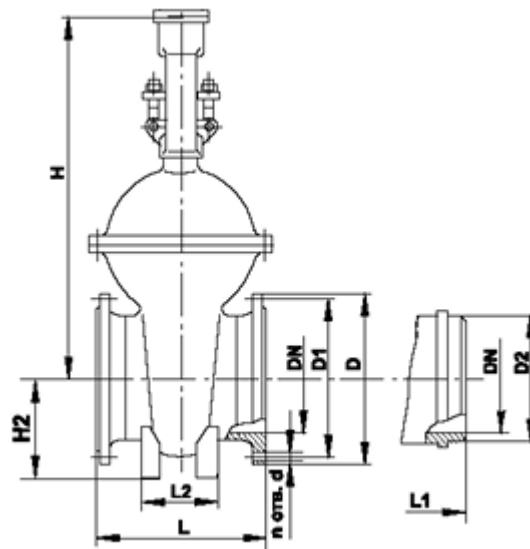
ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

3.2.2.1 Вибір засувок

Залежно від діаметра умовного проходу в трубопроводах насосної станції, використовуємо два види засувок ПТ11085-250 і ПТ11085-400 (сталеві, литі, клинові, з висувним шпинделем).

На малюнку 3.2.21 представлений креслення з основними розмірами засувок. Розміри вказані в таблиці 3.2.7.



Малюнок 3.2.21 - Основні розміри засувок ПТ11085

Таблиця 3.2.7 - Розміри засувок ПТ11085

Позначення по паспорту	Умовне позначення	Номінальний тиск, МПа	Розміри, мм									Маса, кг	
			N	1	2	12	39	1	2	2			
ПТ11085-250	30с976 нж	6,4	250	470	400	-	12	39	622	-	-	1005	4407

ПТ11085-400	30с976 нж	6,4	400	670	585	430	16	45	991	950	-	1610	11558
-------------	--------------	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	-----	-----	---	------	-------

Вимоги, які висуваються до електроприводу засувки, представлені в табл. 3.2.8.

Таблиця 3.2.8 - Вимоги до електроприводу засувки ПТ11085

Позначення по паспорту	Повне число обертів всередині кулачкової	Обертаючий момент, Нм		Тип пристосування приводу до арматури
		На відкриття	На закриття	
ПТ11085-250	32	716	699	В
ПТ11085-400	40	2120	1900	Г

3.2.2.2 Выбор электропривода задвижек

Для вышеописанных задвижек ПТ11085-250 и ПТ11085-400 с учетом всех требований наиболее целесообразным является использования электроприводов В-В-12 и В-Г-06 соответственно. Технические данные приводов задвижек представлены в таблице 3.2.9.

Таблиця 3.2.9 - Технические данные электроприводов задвижек

Позначення засувки по паспорту	Час повного відкриття або закриття, сек.	Електропривод (ТУ 25-07-015-89)			Електродвигатель		
		Умовне позначення	Крутний момент на вихідному валу, Нм	Частота обертання вихідного вала об/хв	Позначення	Потужність, кВт	Частота обертів об/хв
ПТ11085-250	40	В-В-12	630-1000	48	АИМ-100L4	4,0	1500
ПТ11085-400	60	В-Г-06	1000-2500	40	АИМ-100L4	7,5	1500

3.2.2.3 Устройство управления и защиты электропривода задвижки

Для управления, контроля и сигнализации положения исполнительных механизмов задвижек целесообразным является использование устройства управления и защиты электропривода задвижки без применения конечных выключателей ПКП1.

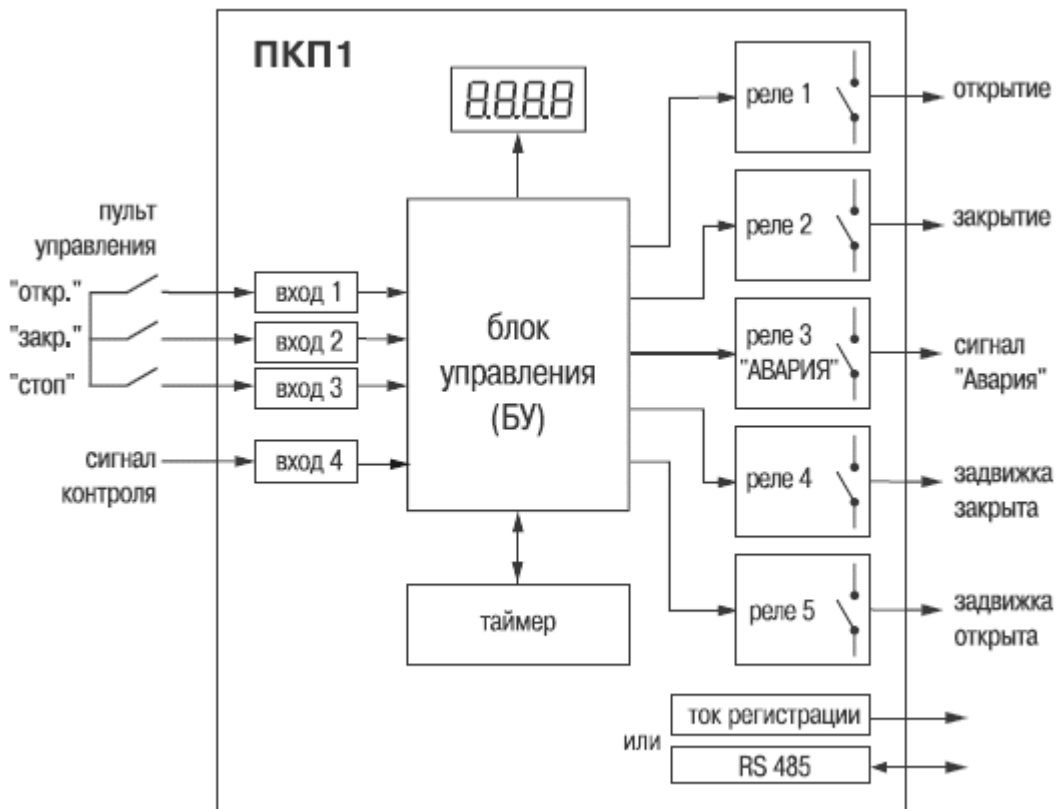


Малюнок 3.2.22 – Устройство управления и защиты электропривода задвижки ПКП1

Прибор ПКП1 предназначен для управления задвижками в системе «Водоканал» и защиты их механизмов и электроприводов при заклинивании без применения конечных выключателей. В комплект входит компакт-диск с драйвером для работы под управлением SCADA-системы TRACE MODE.

Функциональные возможности:

- Автоматическая остановка электропривода при достижении задвижкой крайнего положения без применения «концевиков»
- Контроль и индикация текущего положения задвижки в процентах
- Выключение управления приводом с выдачей сигнала «Авария» при заклинивании задвижек или проскальзывании механизмов электропривода
- Сохранение информации о положении задвижки при обесточивании
- Контроль положения задвижки при установленном модуле с токовым выходом 4...20 мА или контроль и управление при установленном модуле интерфейса связи RS-485



Малюнок 3.2.23 - Функціональна схема приладу ПКП1

ПКП1 є мікропроцесорний пристрій, що має 4 входи, таймер і блок управління з 5-ю вихідними реле.

Управління засувкою здійснюється оператором з пульта управління за допомогою 3-х кнопок, що підключаються до входів 1 ... 3 приладу: «Відкрити», «Закрити», «Стоп» - або кнопок, розташованих на лицьовій панелі приладу.

У приладі ПКП1Т для контролю струму, споживаного електроприводом засувки, використовується стандартний вимірювальний трансформатор струму, що підключається до входу 4.

У нашому випадку будемо використовувати вимірювальний трансформатор струму ТСВ 17 - 20.

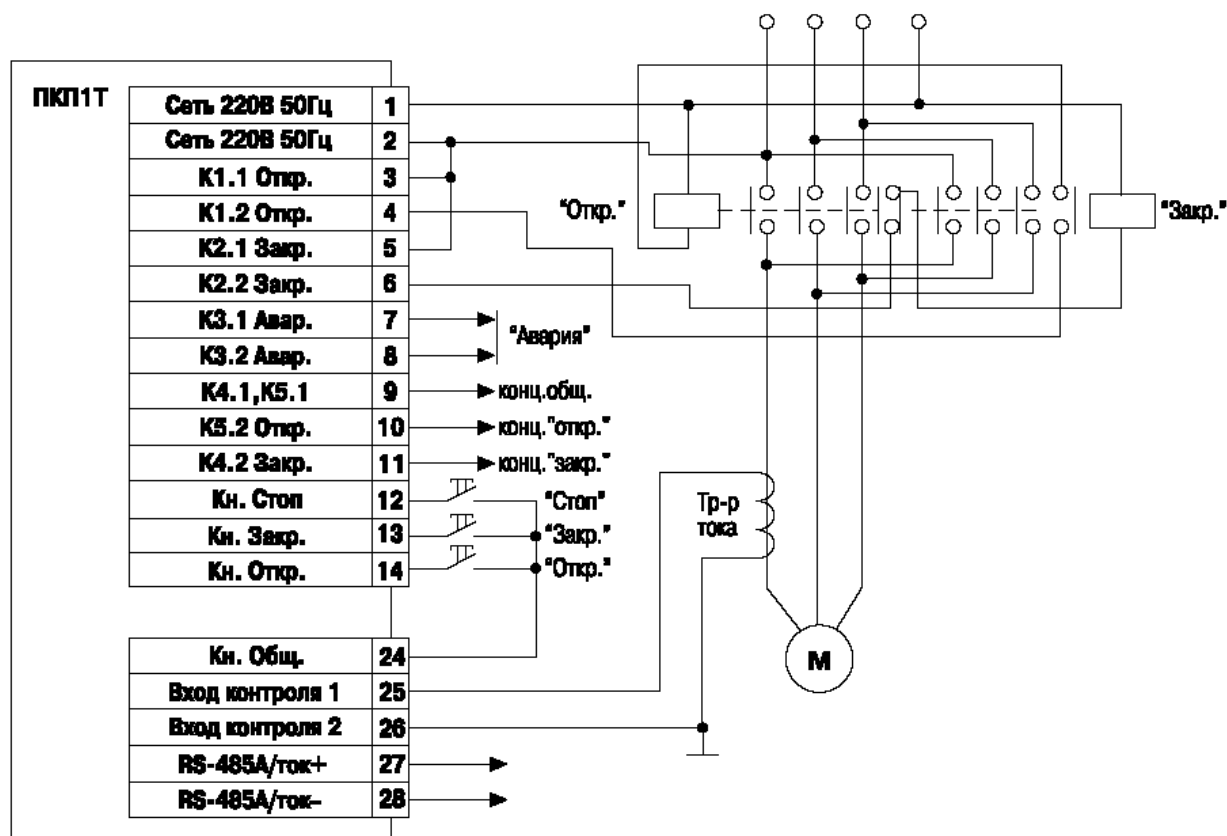
ПКП1 має два вихідних реле для управління засувкою (реле 1 і 2), два реле для імітації кінцевих вимикачів (реле 4 і 5) і реле 3 для аварійної сигналізації.

Крім того, в ПКП1 за бажанням замовника може бути встановлений модуль інтерфейсу зв'язку з ЕОМ RS-485.

Таблиця 3.2.10 - Технічні характеристики приладу ПКП1Т

Номінальна напруга живлення	220 В частотой 50 Гц
Допустиме вікл. номін. напруги	-15...+10 %
Тип датчика	трансформатор струму N (5А) (см. ГОСТ 774689)
Контроль переміщення засувки	За часом (5...999,9 с)
Час затримки спрацювання по струму	0,1...10 с
Максимально допустимий струм навантаження	3 А при 220 В
Додатковий модуль	інтерфейс RS485
Кількість розрядів індикації	4
Габаритні розміри корпусу	96x96x70 мм
Ступінь захисту	IP44

будемо використовувати. На малюнку 3.2.24 представлений варіант схеми підключення приладу ПКП1Т, яку



Малюнок 3.2.24 - Схема підключення приладу ПКП1Т

Для настройки приладу на об'єкті задаємо спосіб визначення кінцевих положень і тимчасові параметри ходу засувки. Знаючи робочий струм

двигуна електроприводу, необхідно задати параметри захисного відключення.

Для обраних електроприводів В-В-12 і В-Г-06 при програмуванні ПКП1Т необхідно встановити в розділах меню приладу параметри відповідно до таблиці 3.2.11.

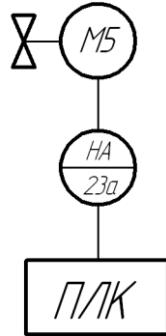
Malyunok 3.2.24 - Skhema pidklyuchennya prykladu PKP1T

Таблиця 3.2.11 - Значення програмованих параметрів приладу ПКП1Т

Познач. парам.	Назва параметра	Встановлюється значення параметра	
		для В-В-12	для В-Г-06
Група OPER	Параметри роботи приладу		
PrES	Достигнення в кінцевих положеннях	1	1
ConS	Управління кнопками, росташованими на лицьовій панелі	1	1
Indi	Параметр, виведений на цифровий індикатор приладу	2	2
IntS	Тривалість пускового моменту	3	3
Група rS	Параметри для зв'язку приладу з ЕВМ		
ALEn	Довжина адреси приладу	8	8
Adr	Адрес прибора в сети	Ввтановити значення номера привода по функціональній схемі	Ввтановити значення номера привода по функціональній схемі
SPd	Швидсть обміна даними	9600 бит/с	9600 бит/с
Група Int	Параметри часу хода засувки		
IntL	Мін. дозволений час ходу засувки tmin	35	55
IntH	Макс. . час ходу засувки tmax	45	65
IntC	Певне приладом при налаштуванні час ходу засувки	40	60
Група Alr	Параметри захисного відключення		
IntA	Час затримки спрацювання захисного відключення	1,0	1,5
CurA	Значення струму захисту Iзах задається з урахуванням параметра divC	10	20

divC	Коефіцієнт трансформації визначається типом трансформатора струму електродвигуна	50	50
------	--	----	----

З урахуванням вище виробленого вибору, локальний контур управління засівками трубопровідних магістралей буде мати вигляд представлений на рис. 3.2.25.



Малюнок 3.2.25 - Локальний контур управління засівками трубопровідних магістралей

M5 - електропривод засівки В-В-12,

23a - пристрої управління і захисту електроприводу засівки ПКП1,

ПЛК - програмований логічний контролер.

3.2.2.4 Выбор частотного преобразователя для электроприводов насосов

Для управления частотой вращения электроприводов центробежных насосов возможно использование следующих частотных преобразователей

а) MICROMASTER 430

Преобразователи частоты серии MICROMASTER 430, разработанные для применения в области водоснабжения, отопления, вентиляции и в установках для кондиционирования воздуха.



Малюнок 3.2.26 - Зовнішній вигляд частотного перетворювача
MICROMASTER 430

MICROMASTER 430 має модульну конструкцію.

У таблиці 3.2.12 наведені основні технічні характеристики перетворювача.

Таблиця 3.2.12 – Технические характеристики преобразователя
MICROMASTER 430

Мережева напруга и діапазон потужності	3 AC 380 В ... 480 В \pm 10 % 7,5 кВт ... 250 кВт (змінний момент)
Частота мережі	47 Гц ... 63 Гц
Вихідная частота	0 Гц ... 650 Гц
Коефіцієнт потужності	> 0,95
ККД	7,5 кВт ... 90 кВт 96 % ... 97 % 110кВт ... 250кВт 97 % ... 98 %
Перевантажувальна здатність	7,5 кВт ... 90 кВт 1,4 х розрах. вих. струм прот. 3 сек и 1,1 х розрах. вих. струм прот. 60 сек, (кажні 300 сек.) 110кВт ... 250кВт 1,5 х рзрах. вих. струм прот. 1 сек и 1,1 х розрах. вих. струм прот. 60 сек, (каждые 300 сек.)
Пусковий струм	не вище розрахункового вхідного струму
Число фіксованих частот	15, параметризуемих
Дискретність завдання	0,01 Гц цифрові з панелі 0,01 Гц з комп'ютера 10 бит аналогове уявлення
Цифрові входи	6 параметризуемые, потенциально развязанные; переключаемые PNP/NPN
Аналоговий вхід	2 параметризуемих; • 0 В ... 10 В, 0 мА ... 20 мА и -10 В ... +10 В Вхід 1 (AIN1) • 0 В ... 10 В и 0 мА ... 20 мА Вхід 2 (AIN2) • можуть використовуватися как 7 і 8 цифрові входи
Релейний вихід	3 параметризуемих, DC 30 В/5 А (омичне навантаження), AC 250 В/2 А (індуктивне навантаження)
Аналоговий вихід	2, параметризуемые (0/4 мА ... 20 мА)
Послідовний інтерфейс	Вбудований RS-485, опціонально RS-232
Гальмування	Гальмування постінім струмом, комбіноване гальмування
Ступінь захисту	IP20
Робочая температура	7,5 кВт ... 90 кВт -10 °С... +40 °С (+14 °F ... +104 °F) 110 кВт ...250 кВт 0 °С ... +40 °С (+32 °F ... +104 °F)

Відносна вологість	95 % (Без утворення конденсату)
Функції захисту за	<ul style="list-style-type: none"> • Зниженій напрузі • Пеенапругою • Перенавантаженням • Включенням на землю • Коротким замиканням • Блокуванням двигуна • Перегріву двигуна • Перегріву перетворювача • Захист від зміни параметрів

Важливою перевагою даного перетворювача є можливість роботи під управлінням SCADA-системи TRACE MODE через послідовний інтерфейс RS-485.

б) Перетворювачі частоти НРІ 5000 - 0160

Таблиця 3.2.13 - Технічні характеристики перетворювача НРІ 5000 - 0160

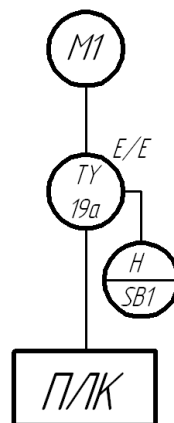
Макс. потужність, кВт	160
Номинальний вихідний струм, А	340
Номинальна частота на виході	За допомогою програми досягає 400 Гц (макс)
Спосіб управління	Векторне управління, вольт-частотне управління, ШИМ
Діапазон регулювання частоти	0,1 ~400Гц
Дозвіл вихідної частоти	0,01 Гц
Перенавантажувальна здатність	150% протягом хвилини
Сигнал регулювання частоти	0~ + 10В(20кQ), 4~20mA (250Q) , 0~20mA (250Q)
Час підвищення/зниження швидкості	0,0~3600сек(незалежна установка часу підвищення/зниження швидкості)
Гальмівний момент	Близько 20%, який при значенні нижче 200В, 400В 22 кВт вбудований всередині разом з гальмуючим транзистором і зовні з гальмівним опором, який може досягати 150%
Захист від перенавантажень двигуна	Релейний захист від перегріву
Захист від перекидання	Захист при підвищеній/незмінній/зниженій частоті обертання
З'єднання перетворювача з електродвигуном	В межах 100 м

Температура навколишнього середовища	-10 +45 °С (морозостійкий)
Вологість	90% до «точки роси»
Высота над рівнем моря	Не вище 1000м
Вібрація	Менше 20 Гц(1Г), між-50Гц` макс. 2 м/с 2(0.2Г)

Порівнявши технічні характеристики частотних перетворювачів MICROMASTER 430 і HPI 5000 - 0160, можна зробити висновок, що MICROMASTER 430 повністю задовольняє нашим вимоги, в той же час має можливість роботи під управлінням SCADA-системи TRACE MODE через послідовний інтерфейс RS-485. Тому слід використовувати частотний перетворювач затоплення MICROMASTER 430.

Вбудовані функції частотного перетворювача MICROMASTER 430 також будемо використовувати для контролю струму в обмотках двигунів насосів і наявності мережі живлення насосних агрегатів.

Локальний контур управління частотою обертання насосних агрегатів матиме вигляд представлений на рис. 3.2.27.



Малюнок 3.2.27 - Локальний контур управління частотою обертання насосних агрегатів

М1 - електродвигун 4АН280М4У3 насосного агрегату Д500-63,

19а - частотний перетворювач MICROMASTER 430,

SB1 - кнопковий пост управління ПKE122-2,

ПЛК - програмований логічний контролер.

4.2.3 Вибір контролера

В якості керуючого пристрою можливе використання наступних програмованих логічних контролерів:

а) ПЛК MELSEC FX2N-32 MR-ES / UL

ПЛК MELSEC FX2N поєднує в собі переваги компактних контролерів з продуктивністю модульних.

Дана серія ПЛК характеризується наступними особливостями:

- Один з найбільш швидкодіючих контролерів в даному класі: 0,08 мс на логічну інструкцію;

- Загальний набір інструкцій: 125 спеціалізованих інструкцій для ефективного програмування складних завдань;

- Вбудований годинник реального часу;

- Вбудований ПІД - регулятор з автоматичним настроюванням параметрів;

- Операції з плаваючою комою, функція квадратного кореня;

- Великий розмір пам'яті: до 16000 кроків керуючої програми;

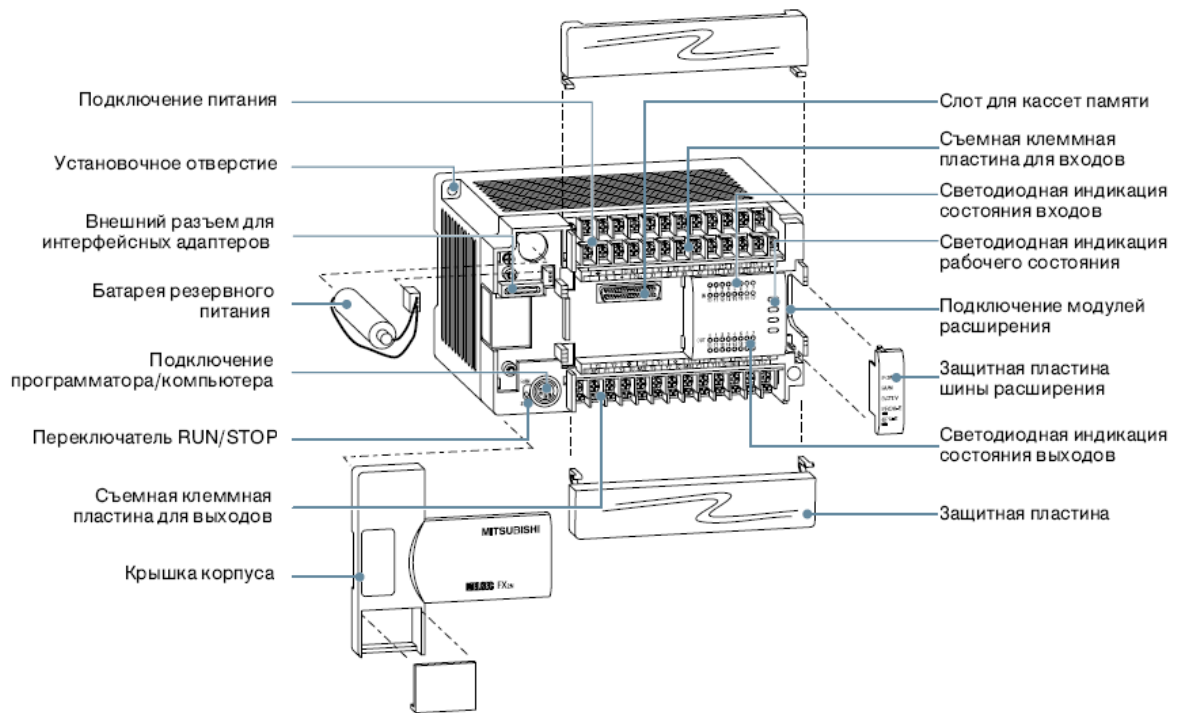
- Повнофункціональний базовий блок;

- Вбудований джерело живлення;

- Модулі розширення для забезпечення необхідної кількості І / О і необхідної функціональності;

- Програмне забезпечення відповідно до ІЕС 1131.1.

На малюнку 3.2.28 представлений зовнішній вигляд і деякі структурні особливості базового блоку MELSEC FX2N.



Малюнок 3.2.28 - Зовнішній вигляд і структурні особливості базового блоку MELSEC FX2N

Таблиця 3.2.14 - Технічні характеристики контролера MELSEC FX2N-32 MR-ES / UL

Кількість I/O	32
Живлення AC (+10%, -15%)	100-240V
Частота AC	50/60 (+10%) Hz
Живлення DC (+20%, -30%)	-
Споживана потужність	40VA
Піковий струм при включенні	60A < 5ms
Допустимий провал живлення	10 ms
Струм сервісного джерела живлення (24V DC)	250 mA
Струм джерела живлення внутрішній шини (5V DC)	290 mA
Входи	
Кількість входів	16
Струм входів	7/5 mA
Мінімальний струм логічної 1	4.5/3.5 mA
Максимальний струм логічного 0	1.5 mA
Гальваноразвязка	Опторазвязка між входами и живленням

Швидкодія	10 ms (заводська установка), регулювання від 1 до 15 ms з кроком 1ms
Виходи	
Кількість виходів	16
Тип виходів	реле
Швидкодія	< 0.2 ms
Термін служби контактів (число комутації)	3000000
Механічні параметри	
Вага	0.65 kg
Розміри (Ш×В×Г)	150×90×87 mm

б) ПЛК К202 ПЛК «Констар» К202 відноситься до класу малих контролерів з кількістю входів / виходів до 2048 і призначений для вирішення комплексних завдань автоматизованого контролю та управління з великим об'ємом обчислювальних операцій і обробкою масивів даних. На його базі можливе створення складних АСУ ТП з численними контурами регулювання технологічних параметрів і обміном інформацією по локальній мережі Ethernet.



Малюнок 3.2.29 - Зовнішній вигляд ПЛК К202

Таблиця 3.2.15 – Технические характеристики контроллера К202

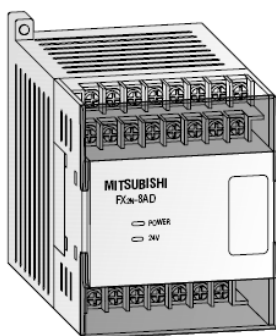
Максимальна кількість точок	2048
Процесор	VORTEX 86
Частота	133 МГц
Обсяг пам'яті робочої програми	4 М
Обсяг пам'яті проекту	610 Мб
Обсяг пам'яті таблиці даних (енергонезалежне ОЗУ)	32 К
Виконання 1 К логічних інструкцій	0,22 мс

Виконання 1 К послівних інструкцій	0,24 мс
Середній час виконання 1 К інструкцій (70% лог., 30% послів.)	0,23 мс
Годинник реального часу	є
Сервісний канал зв'язку	RS-232
Канал розширення введення-виведення	RS-485
Програмне забезпечення	K748v2, мова програмування LD, ST по IEC 61131-3
Струм споживання по шині 5 В	1.4 А
Споживана потужність одного блоку, Вт, не більше	40
Ступінь захисту по ГОСТ 14254-96	IP30, IP54
Діапазон робочих температур, °С:	
- звичайний	от 0 до 55
- розширений	от -40 до 55

З огляду на особливості проектованої системи, що використовуються датчики і виконавчі механізми в якості керуючого пристрою використовуватимемо програмований логічний контролер серії MELSEC FX2N-32 MR-ES / UL, який має модульну структуру і може бути оптимально налаштований під будь-яку систему. Крім того MELSEC FX2N більш швидкодіючий в порівнянні з K202 і має зовнішній резервне джерело живлення.

Зробимо вибір модулів розширення для ПЛК MELSEC FX2N-32 MR-ES / UL відповідно до вимог проекту.

Для опитування датчиків з струмовими виходами (датчики витрати, тиску і температури в приміщенні) будемо використовувати два модуля аналогових входів FX2N-8AD. Його зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.2.30.



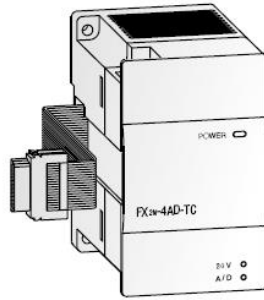
Малюнок 3.2.30 - Зовнішній вигляд модуля аналогових входів FX2N-8AD

Технічні характеристики модуля аналогових входів FX2N-8AD представлені в таблиці 3.2.16.

Таблиця 3.2.16 - Технічні характеристики модуля аналогових входів FX2N-8AD

Живлення	5V DC/50mA (від базового модуля)
Число входів	8
Діапазон аналогових сигналів	-10 - +10V DC/ -20 - +20 mA/ 4 - +20 mA
Вхідний опір	вхід по напрузі 200 кОм вхід по струму 250 кОм
Роздільна здатність	0.63-2.5 mV/ 2.0 – 5.0 mA (16 бит)
Загальна точність	±1%
Час перетворення АЦП	500 ms на канал
Внутрішня пам'ять	EEPROM
Число займаних I/O	8
Вага	0.3 kg
Разміри (Ш×В×Г)	75×105×75 mm

Для опитування датчиків температури підшипників (термопар) будемо використовувати модуль аналогових входів для термопар FX2N-4AD-TC. Його зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.2.31.



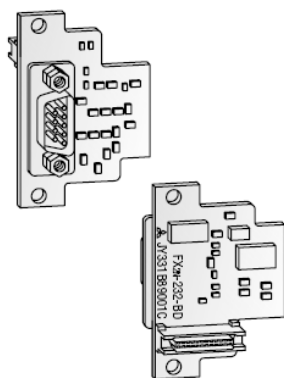
Малюнок 3.2.31 - Зовнішній вигляд модуля аналогових входів для термопар FX2N-4AD-TC

Технічні характеристики модуля аналогових входів для термопар FX2N-4AD-TC представлені в таблиці 3.2.17.

Таблиця 3.2.17 - Технічні характеристики модуля аналогових входів для термопар FX2N-4AD-TC

Живлення	5V DC/30mA (від базового модуля)
Число входів	4
Діапазон аналогових сигналів	-10 - +10V DC/ -20 - +20 mA/ 4 - +20 mA
Діапазон вимірів	-100 ... + 600 °C (J типа) /-100 ... + 12000 °C (K типа)
Разширює здатність	0.3 (J тип) / 0.4(K тип)
Загальна точність	±0.5%
Час перетворення АЦП	240 ms на канал (±2%)
Число займаних I/O	8
Вага	0.3 kg
Розміри (Ш×В×Г)	55×90×87 mm

Для зв'язку насосної станції з диспетчерським пунктом через модем з інтерфейсом RS-232 використовуватимемо інтерфейсний адаптер FX2N-232BD. Його зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.2.32.



Малюнок 3.2.32 - Зовнішній вигляд інтерфейсного адаптера FX2N-232BD

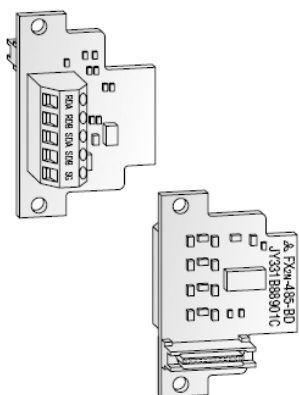
Інтерфейсний адаптер FX2N-232BD забезпечує інтерфейс RS-232 для послідовного обміну даними контролерів MELSEC FX2N з периферією. Дані та програми можуть передаватися по стандартному протоколу обміну. Пристрої програмування ідентифікуються автоматично. Вбудовані в модуль можливості автоматичної установки параметрів дозволяють також виконувати зв'язок по модему для дистанційного програмування або діагностування роботи програми.

Технічні характеристики інтерфейсного адаптера FX2N-232BD представлені в таблиці 3.2.18.

Таблиця 3.2.18 - Технічні характеристики інтерфейсного адаптера FX2N-232BD

Живлення	5V DC/60mA (від базового модуля)
Інтерфейс	RS -232 с 9 pin D-SUB раз'ємом
Швидкість передачі	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 бит/с
Допустима довжина кабелю	15 м
Режим передачі	полудуплекс
Протоколи	Вільно програмований через контролер
Число займаних I/O	-
Вага	0.08 kg
Розміри (Ш×В×Г)	35×54×22 mm

Для зв'язку ПЛК з датчиками і виконавчими пристроями, які оснащені інтерфейсом RS-485 використовуватимемо інтерфейсний адаптер FX2N-485BD. Його зовнішній вигляд представлений на малюнку 3.2.33.



Малюнок 3.2.33 - Зовнішній вигляд інтерфейсного адаптера FX2N-485BD

Інтерфейсний адаптер FX2N-485D забезпечує для контролера додатковий порт RS-485 для послідовного обміну даними контролерів MELSEC FX2N з периферією. Адаптер просто встановлюється в слот розширення базового модуля і дозволяє організувати многоточечную зв'язок, а також паралельну або однорангові з'єднання.

Технічні характеристики інтерфейсного адаптера FX2N-485BD представлені в таблиці 3.2.19.

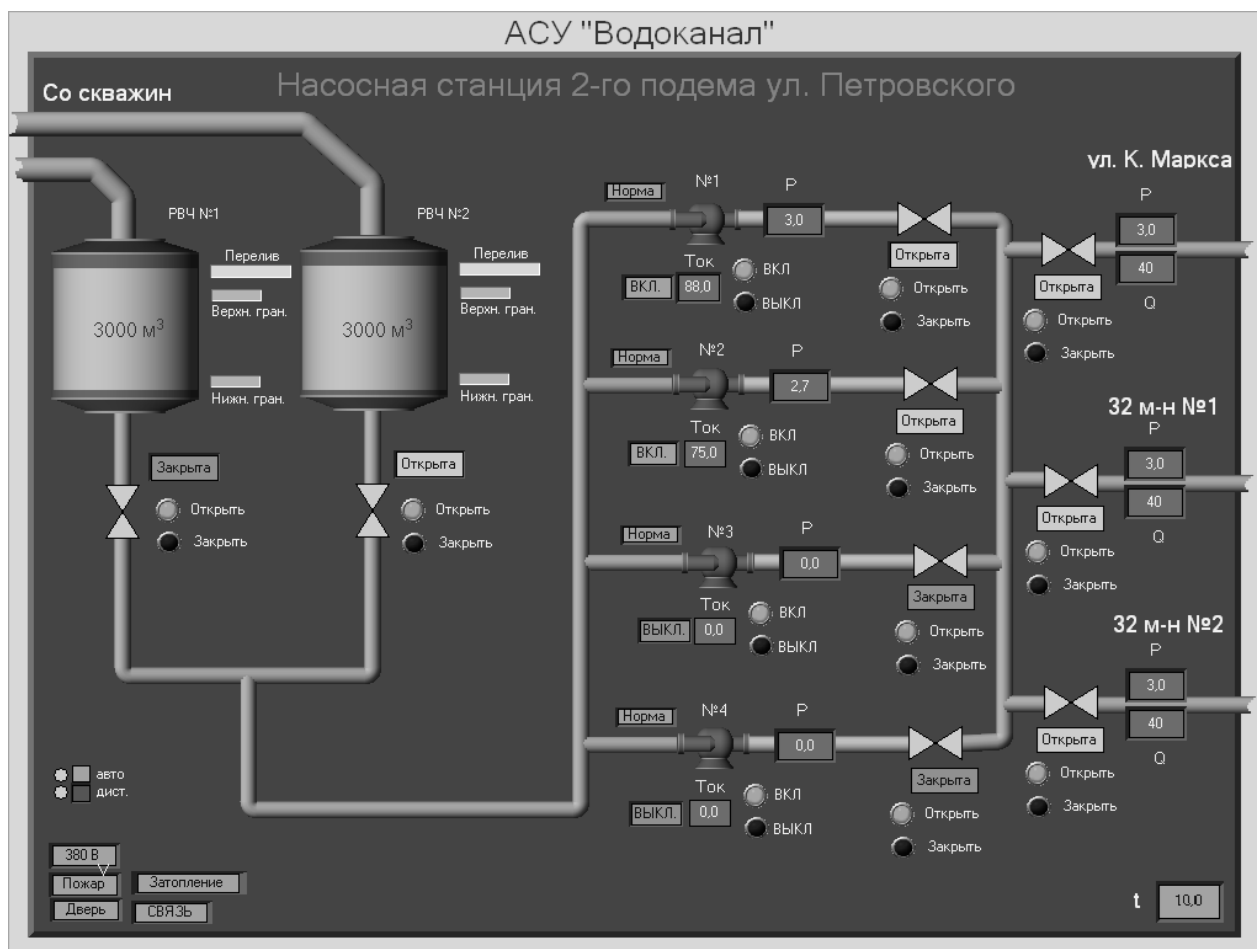
Таблиця 3.2.19 - Технічні характеристики інтерфейсного адаптера FX2N-485BD

Живлення	5V DC/60mA (от базового модуля)
Інтерфейс	RS-485/ RS-422
Швидкість передачі	300 - 19200 бит/с
Кабель	Витая пара
Допустима довжина кабелю	50 м
Протоколи	Свободно программируемый через контроллер
Число займаних I/O	0
Вага	0.08 kg
Розміри (Ш×В×Г)	35×54×22 mm

3.2.4 Організація автоматизованих робочих місць (АРМ)

На диспетчерських АРМ-ах повинна відображатися вся інформація про насосної станції, свердловинах і інших господарських об'єктах системи водопостачання (стан технологічного та електрообладнання), здійснюватися дистанційне керування обладнанням по заданих і прописаним в ПЛК алгоритмам, проводиться розрахунок продуктивності станції, висновок і друк рапортів, перегляд історії та повідомлень-тривог.

Один з варіантів мнемосхеми насосної станції 2-го підйому для АРМ, розробленої в SCADA-системі TRACE MODE зображений на рис. 3.2.34.



Малюнок 3.2.34 - Мнемосхема насосної станції 2-го підйому

Для організації АРМ-а підійде будь-який наявний ПК з наступними системними вимогами:

- ОС - Windows XP;

- процесор - P4;
- ОЗУ - 512 МБ;
- простір на жорсткому диску - 1,5 ГБ;
- роздільна здатність екрану - 1280x1024;
- якість передачі кольору - True Color;
- підтримка OpenGL v.1.1;
- CD, миша, послідовний порт або USB.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

4.1 Вибір середовища та технології передачі даних для каналів зв'язку

Аналізуючи даний об'єкт управління, можна констатувати, що він характеризується розподіленою структурою по відношенню до ЦДП. Така специфіка об'єкта призводить до необхідності приділити особливу увагу побудові каналів зв'язку.

Спочатку розглядалися два варіанти побудови каналів зв'язку:

1. На базі кабельних ліній;
2. На базі бездротових (радіо) каналів зв'язку.

При створенні системи бази кабельних ліній зв'язку виникає безліч труднощів в силу наступних причин:

- велика кількість об'єктів управління, віддалених на значну відстань;
- висока вартість самих кабельних ліній зв'язку та їх монтажу;
- невеликий об'єм інформації, що передається від (до) одному об'єкту управління;
- неминучі витрати на їх ремонт і утримання.

Застосування для передачі даних комутованих телефонних ліній також не забезпечує достатньої надійності: проблема прямого дозвону і якість зв'язку не гарантують своєчасну передачу аварійного сигналу від об'єкта.

Все це говорить на користь застосування систем передачі даних по радіоканалу. Однак використання радіомодемів з виділеної частотою теж має свої недоліки: по-перше, існує необхідність ліцензування частоти, а по-друге,

для отримання великої зони охоплення території буде потрібно установка репітерів (ретрансляторів).

В останні роки на ринку засобів АСУ ТП з'явилися модеми-термінали, що працюють в стандарті GSM.

GSM-стандарт передбачає передачу не лише голосу, а й даних, причому достовірність і надійність при обміні інформацією, високі швидкості, а також можливість організації віддаленого контролю і отримання відповідної реакції на поточну ситуацію відповідають основним вимогам, які висуваються для АСУ водопостачання міста.

В даний час при побудові розподілених АСУ ТП використовуються два варіанти побудови GSM - каналів зв'язку:

1. Використання GSM-модемів, що працюють в аналоговому режимі передачі даних;
2. Використання GPRS-модемів.

Можливості GSM-модемів, що працюють в аналоговому режимі, обмежені передачею SMS-повідомлень і даних в аналоговому режимі. Робота таких пристроїв в режимі забезпечує швидкість передачі даних всього 9,5 кбод, а оплата оператору зв'язку проводиться відповідно до часу знаходження в мережі. У підсумку експлуатація системи з такими модемами виявляється досить дорогим.

З введенням стільниковими операторами нової системи передачі даних GPRS, яка є доповненням до існуючого GSM-стандарту, становище стало змінюватися на користь застосування GPRS-модему.

GPRS (General Packet Radio Service - послуга пакетної передачі даних по радіоканалу) - по суті, розширення існуючих мереж GSM. Система GPRS забезпечує мобільних користувачів високою швидкістю передачі даних і максимально пристосована для переривчастого трафіку, характерного для мереж. Швидкість доступу від 14,4 кбіт / с (при використанні одного тимчасового слота) до 115 кбіт / с (при об'єднанні кількох слотів).

Стандарт GPRS підтримує всі найпоширеніші протоколи передачі даних. Крім того, GPRS надає послугу многоточечної передачі (мультівещання) між провайдером певної мережі і групою мобільних абонентів з терміналами GPRS.

При використанні GPRS-модемів фактична оплата нараховується тільки за обсяг переданої та прийнятої інформації, а не за час знаходження модему в стані прийому-передачі. Для об'єктів водопостачання, мають трафік щодо невеликої інтенсивності, застосування GPRS виявляється цілком виправданим, так як, з огляду на швидкість з'єднання, воно не більш затратно, ніж використання комутованій лінії, але при цьому більш надійно.

Таким чином для побудови каналів зв'язку будемо використовувати бездротові GSM-лінії на основі модемів підтримують технологію GPRS.

4.2 Вибір GPRS-модемів для організації мережі

а) Термінал Sony Ericsson GM29



Малюнок 4.2.1 - Зовнішній вигляд модему Sony Ericsson GM29

GSM-модем Sony Ericsson GM29 - це двохдіпазонний (GSM 900/1800 МГц) послідовний GSM / GPRS модем.

Таблиця 4.2.1 - Технічні дані модему Sony Ericsson GM29

Діапазони	Двохдіпазонний (GSM 900/1800 МГц) послідовний модем
Швидкість прийому даних	85,6 кбит/с (максимально в режимі GPRS)
Швидкість передачі даних	14,4 кбит/с (максимально в режимі GPRS)
Стандарт	GPRS класс B (4+1)

Вихідна потужність	Клас 4 (2Вт @ 900 МГц) Клас 1 (1Вт @ 1800 МГц)
Вхідна напруга живлення	5...32 В
Розміри	77 x 67 x 26 мм
Маса	< 130 г
Діапазон робочих температур	-25°C...+55°C
Роз'єм	Стандартный 9-way RS232 роз'єм
Вартість	980 грн

б) GSM-модем Siemens TC35i Terminal

GSM-модем Siemens TC35i Terminal - конструктивно закінчений термінал передачі даних і SMS в стандарті GSM 900/1800, розроблений на базі GSM-модуля TC35i. Містить тримач SIM карти, блок живлення і повний інтерфейс RS-232. Управління здійснюється модемними AT-командами.



Малюнок 4.2.2 - Зовнішній вигляд модему Siemens TC35i Terminal

Для роботи з GSM-терміналом необхідно підключити до його зовнішніх роз'ємів антену, джерело постійного струму і будь-який мікропроцесорний контролер або комп'ютер типу IBM PC по послідовному COM-порту (RS-232). Додатково можна підключити зовнішню телефонну трубку і використовувати TC35iTerminal як стаціонарний стільниковий телефон.

Таблиця 4.2.2 – Основні технічні характеристики модему MC35 Terminal

Діапазони	EGSM900/GSM1800 (двохдіапазонний)
Швидкість прийому даних	85,6 кбит/с (максимально в режимі GPRS)
Швидкість передачі даних	14,4 кбит/с (максимально в режимі GPRS)
Стандарт	GSM фаза 2/2+
Вихідна потужність	Клас 4 (2 Вт) для EGSM900 Клас 1 (1 Вт) для GSM1800
Управління	АТ-команди (сумісність с TC35T, M20T)
Вхідна напруга живлення	от 8 до 30 В
Разміри	65 x 74 x 33 мм
Маса	130 г
Діапазон робочих температур	-20...+55°C
Режими	SMS MT, MO, CB, Text, PDU
Вартість	910 грн

Для побудови ліній зв'язку вибираємо модем Siemens TC35i Terminal, так як при тих же характеристиках він володіє меншою вартістю. Крім того в комплект TC35i входить виносна зовнішня антена.

5 Розрахункова частина

В насосних станціях систем водопостачання основною технологічною завданням є стабілізація напору в водорозподільній магістралі, що досягається регулюванням вихідних параметрів насосного агрегату (НА) тим чи іншим способом. Постійний тиск в мережі водопостачання гарантує ефективне обслуговування споживачів і збільшує термін роботи технологічного обладнання, шляхом зменшення негативних впливів виникають при перехідних процесах (кавітація, гідравлічні удари).

Відхилення тиску в комунікаційній мережі від заданого значення обумовлено різними факторами: зміною статичного протипротиводавлення, опору мережі, режиму водоспоживання, графіком роботи промислових підприємств і ін. Для забезпечення заданих технологічних законів зміни напору в мережі споживача необхідно синтезувати замкнуту систему автоматичного регулювання (САР) параметрів насосного комплексу.

5.1. Отримання моделі об'єкта управління

Оскільки об'єкт управління є елементом або ланкою АСУ, то властивості АСУ залежать перш за все від властивостей об'єкта управління. Тому для створення працездатної АСУ, що забезпечує необхідну якість управління,

необхідно насамперед, знати властивості об'єкта управління (статичні і динамічні).

5.1.1 Загальна характеристика об'єкта управління

У нашому випадку ОУ є горизонтальний насосний агрегат 1Д500-63 з відцентровим одноступінчасті насосом з робочим колесом двостороннього входу.



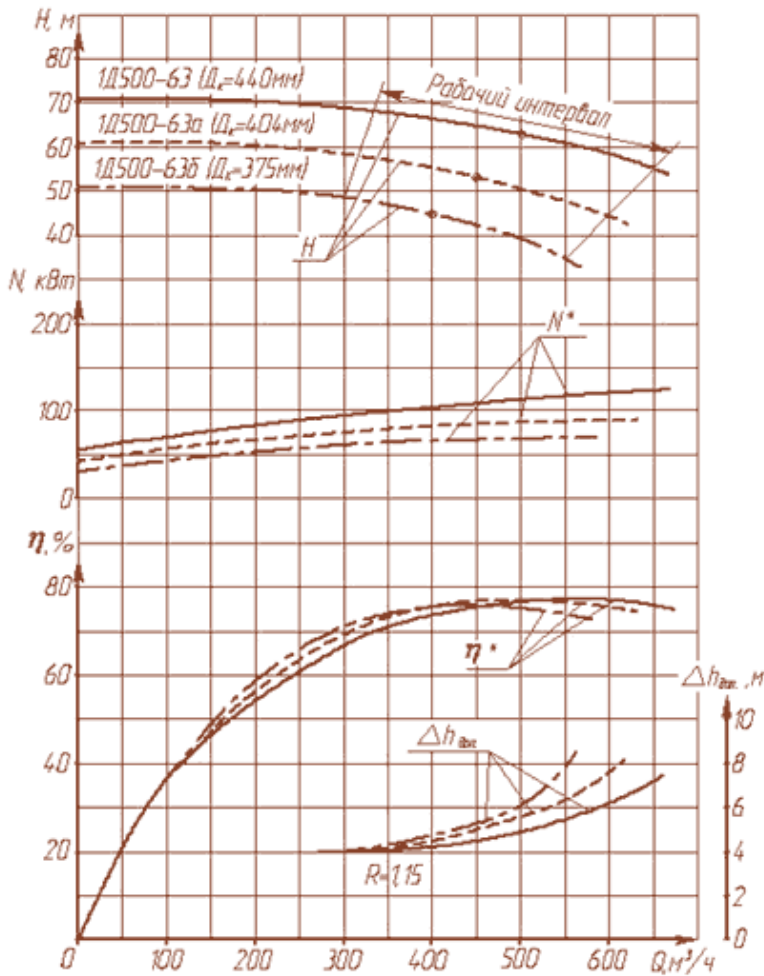
Малюнок 5.1.1.1 - Насосний агрегат 1Д500-63

Необхідні для подальших розрахунків технічні характеристики насосного агрегату 1Д500-63 представлені в таблиці 5.1.1.1.

Таблиця 5.1.1.1 - Технічні характеристики НА 1Д500-63 Малюнок 5.1.1.1 - Насосний агрегат 1Д500-63

Подача		Напор, м (предельное отклонение ± 5%)	Частота обертання, с ⁻¹ (об/мин)	Потужність насоса (не більше), кВт	Оптимальний ККД (не менше), %	Двигун		
м ³ /час	л/с					Тип	Потужність, кВт	Напруга, В
500	40	65	151 (1450)	135	76	4АМ280 М4У3	60	220/380 380/660

На малюнку 5.1.1.2 приведені графічні характеристики насосного агрегату.



Малюнок 5.1.1.2 - Графічні характеристики насосного агрегату 1Д500-63

Електроприводом НА 1Д500-63 є асинхронний двигун 4АМ280М4У3, його технічні характеристики представлені в таблиці 5.1.1.2.

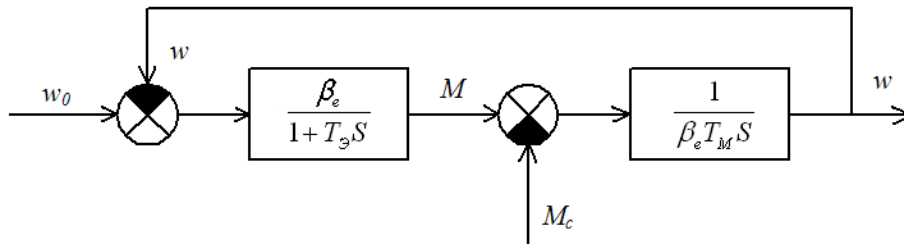
Таблиця 5.1.1.2 - Технічні характеристики двигуна 4АМ280М4У3

Потужність, кВт	Напруга, В	Ковзання, %	Момент інерції, кг×м ²	ККД, %	cos φ	k _{max}	K _п	k _{min}	α _п
160	220/380 380/660	2	0,025	93,5	0,9	2	1,2	1	6

5.1.2 Отримання структурної схеми об'єкта управління

Для подальшого дослідження отримаємо модель у вигляді структурної схеми. У ТАУ для дослідження систем містять у своїй структурі

асинхронний двигун застосовують лінеарізовану модель АД [5], структурна схема якої представлена на малюнку 5.1.2.1



Малюнок 5.1.2.1 - Структурна схема асинхронного двигуна

Параметрами для вищенаведеної схеми служать: β_e - жорсткість механічної характеристики АД, T_e - електромагнітна постійна часу, t_m - механічна постійна часу.

Для визначення жорсткості механічної характеристики використовують вираз [5]:

$$\beta_e = \frac{2M_k}{w_0 S_{кр}} \quad (5.1.2.1)$$

де - M_k це критичний момент АД, (Н × м);

W_0 - швидкість холостого ходу, сек-1;

$S_{кр}$ - критичне ковзання.

Швидкість холостого ходу визначимо із співвідношення:

$$w_0 = \frac{2\pi \cdot f}{p} \quad (5.1.2.2)$$

де - f частота живильної мережі, Гц;

p - число пар полюсів.

$$w_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ (сек}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна частота обертання АД визначається зі співвідношення:

$$w_{ном} = (1 - S_{ном})w_0 \quad (5.1.2.3)$$

де - $S_{ном}$ номінальне ковзання.

$$w_{ном} = (1 - 0,02) \cdot 157 = 153,86 \text{ (сек}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент на валу визначимо за виразом (5.1.2.4).

$$M_{н\text{о}\text{м}} = \frac{P_{н\text{о}\text{м}}}{\omega_{н\text{о}\text{м}}} \quad (5.1.2.4)$$

де $P_{н\text{о}\text{м}}$ номінальна потужність двигуна, Вт.

$$M_{н\text{о}\text{м}} = \frac{160000}{153,86} = 1039,9 \text{ (Н}\times\text{м)}.$$

Критичний момент АД визначимо із співвідношення:

$$M_{кр} = M_{н\text{о}\text{м}} \cdot k_{\text{max}} \quad (5.1.2.5).$$

де k_{max} коефіцієнт максимальної перевантаження.

$$M_{кр} = 1039,9 \cdot 2 = 2079,8 \text{ (Н}\times\text{м)}.$$

Критичне ковзання АД визначимо із співвідношення:

$$S_{кр} = S_{н\text{о}\text{м}} (k_{\text{max}} + \sqrt{k_{\text{max}}^2 - 1}) \quad (5.1.2.6)$$

$$S_{кр} = 0,02 \cdot (2 + \sqrt{4 - 1}) = 0,075.$$

За формулою (5.1.2.1) визначаємо коефіцієнт жорсткості механічної характеристики:

$$\beta_e = \frac{2 \cdot 2079,8}{157 \cdot 0,075} = 353,257 \text{ (Н}\times\text{с)}.$$

Для визначення електромагнітної постійної часу використовують вираз [5]:

$$T_{\text{э}} = \frac{1}{\omega_0 S_{кр}} \quad (5.1.2.7)$$

де ω_0 швидкість холостого ходу, сек⁻¹;

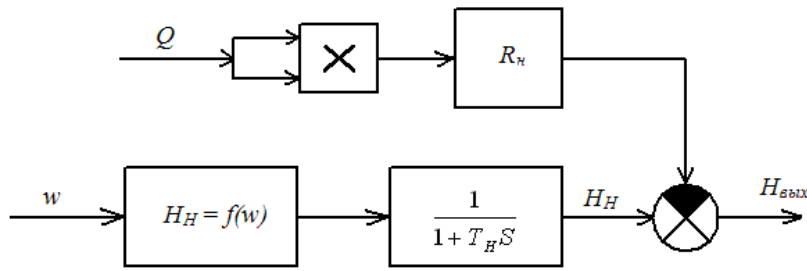
$S_{кр}$ - критичне ковзання.

Після підстановки отримаємо:

$$T_{\text{э}} = \frac{1}{157 \cdot 0,075} = 0,0849 \text{ (сек)}.$$

T_m визначати не будемо, так як момент інерції ротора АД можна визначити з співвідношення $J = \beta_e T_m$, а він заданий в таблиці 5.1.1.2 (кг \times м²) ($J = 0,025 \text{ кг}\times\text{м}^2$).

Для дослідження систем містять у своїй структурі відцентровий насос застосовують модель [6], структурна схема якої представлена на рис. 5.1.2.2.



Малюнок 5.1.2.2 - Структурна схема відцентрового насоса

Параметрами для вищенаведеної схеми служать: T_n - постійна часу насоса, R_n - гідравлічний опір насоса, $H_n = f(w)$ - функціональна залежність напору від частоти обертання робочого колеса ЦН.

У схемі також присутня рівноваги вплив Q , яке визначається величиною споживання рідини.

Постійна часу для ЦН насосного агрегату 1Д500-63 $T_n = 0,12$ сек. [7].

Для визначення гідравлічного опору насоса скористаємося співвідношенням для напірно-видаткової характеристики ЦН:

$$H_n = H_{H0} - R_n Q_n^2 \quad (5.1.2.8)$$

Де H_n -напор на виході насоса, м;

H_{H0} - напір насоса при нульовій витраті, м;

R_n -гідравлічний опір насоса;

Q_n - витрата рідини, що перекачується, м³ / с.

Скориставшись графічними характеристиками для НА 1Д500-63 (рис. 5.1.2.2) при номінальній частоті обертання робочого колеса визначимо що:

$$H_{H0} = 71 \text{ м};$$

$$Q_n = \frac{500}{3600} = 0,13889 \text{ (м}^3\text{/с)};$$

$$H_n = 62 \text{ м.}$$

Тоді висловивши з (5.1.2.8) гідравлічний опір отримаємо:

$$R_n = \frac{H_{H0} - H_n}{Q_n^2} \quad (5.1.2.9)$$

$$R_n = \frac{71 - 62}{0,13889^2} = 466 \text{ (с}^2\text{/м}^5\text{)}.$$

Функціональна залежність напору від частоти обертання робочого колеса ЦН квадратична [8] і визначається виразом:

$$H_H(w) = w^2 K_h, \quad (5.1.2.10)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, визначається $K_h = K_h = \frac{H_{H0 \text{ ном}}}{w_{H \text{ ном}}^2}$.

$$K_h = \frac{65}{151,77} = 0,002822.$$

Тоді залежність (6.1.2.10) набуде вигляду:

$$H_H(w) = 0,002822 * w^2 \quad (5.1.2.11)$$

Зворотній зв'язок ЦН на АТ обумовлюється навантаженням на вал двигуна, в якості якої виступає ЦН (його момент опору).

Момент опору на валу двигуна при навантаженні відцентровим насосом визначається зі співвідношення [8]:

$$M_c = \frac{H_n \cdot Q_n \cdot \rho \cdot g}{w_n \cdot \eta_n} \quad (5.1.2.12)$$

де ρ - щільність рідини, кг / м³ (для води = 1000 кг / м³);

g - прискорення вільного падіння, ($g = 9,81$ м / с²);

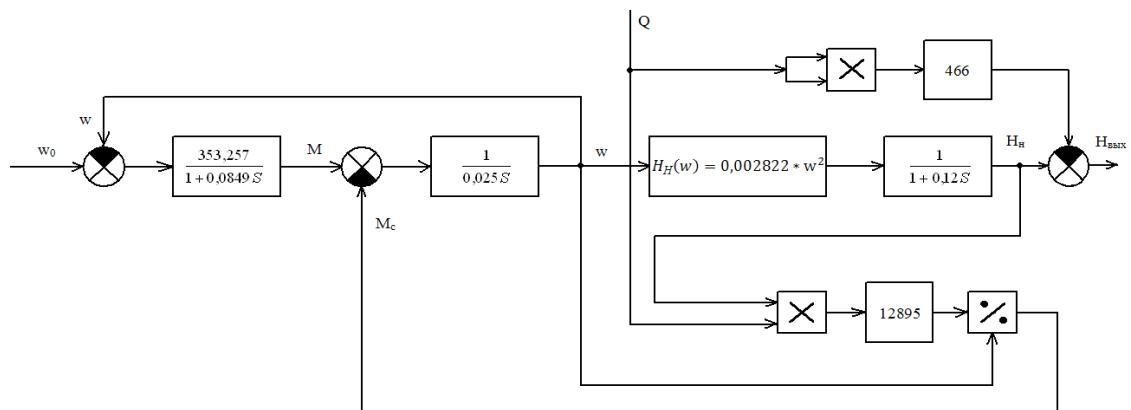
Q_n - продуктивність ЦН, м³ / с;

H_n - тиск, м;

η_n - коефіцієнт корисної дії ЦН;

ω - кутова швидкість робочого органу насоса, з-1.

З урахуванням всіх розрахованих коефіцієнтів, залежностей і обурення структурна схема ОУ буде мати вигляд представлений на рис. 5.1.2.3.



Малюнок 5.1.2.3 - Структурна схема об'єкта управління

5.2. Отримання передавальної функції виконавчого пристрою

Найбільш економічним способом регулювання тиску на виході НА є регулювання продуктивності НА зміною кількості його оборотів. Так як електроприводом НА 1Д500-63 є асинхронний двигун, то в якості виконавчого пристрою виступає частотний перетворювач. Зазвичай передавальна функція ПП описується аперіодическим ланкою першого порядку [5]:

$$W(S) = \frac{2\pi \cdot K_{np}}{1 + T_{np}S} \quad (5.2.1)$$

де K_{np} - коефіцієнт посилення частотного перетворювача,

T_{np} - постійна часу частотного перетворювача, сек.

Але так як інертність ПП в порівнянні з ОУ на два порядки нижче, то при побудові структурної схеми САУ частотний перетворювач дубі представляти у вигляді підсилювальної ланки (5.2.2).

$$W(S) = 2\pi \cdot K_{np} \quad (5.2.2).$$

Так як для частотного перетворювача MICROMASTER 430 при максимальному керуючого дії $I_{упр_max} = 20$ мА частота на виході дорівнює $f_{вих_max} = 650$ Гц, то коефіцієнт посилення ПП визначимо як:

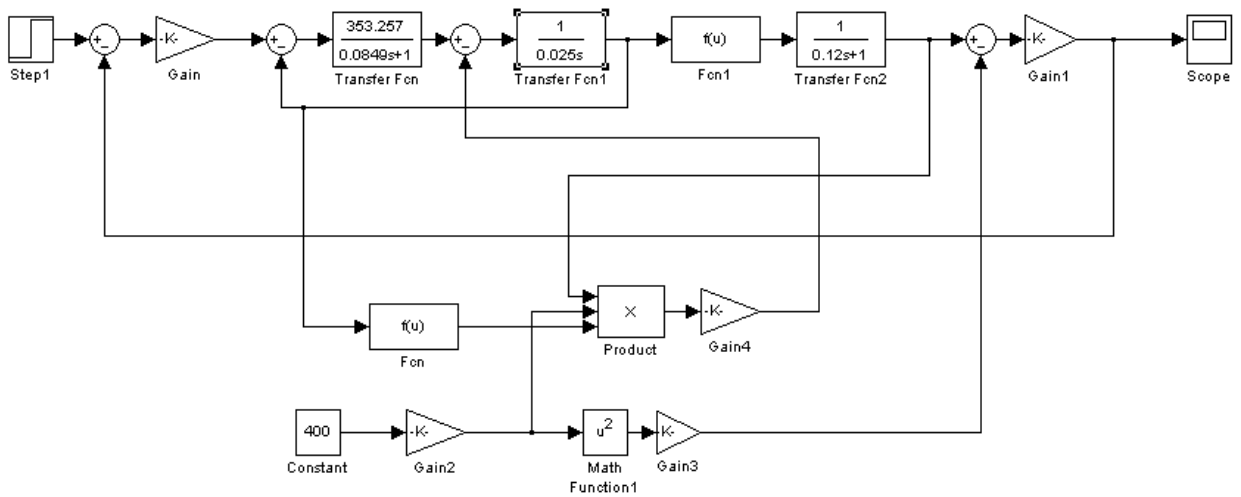
$$K_{np} = \frac{f_{вих_max}}{I_{упр_max}} \quad (5.2.3).$$

$$K_{np} = \frac{650}{20} = 32,5 \text{ (Гц/мА)}.$$

5.3 Дослідження отриманої моделі

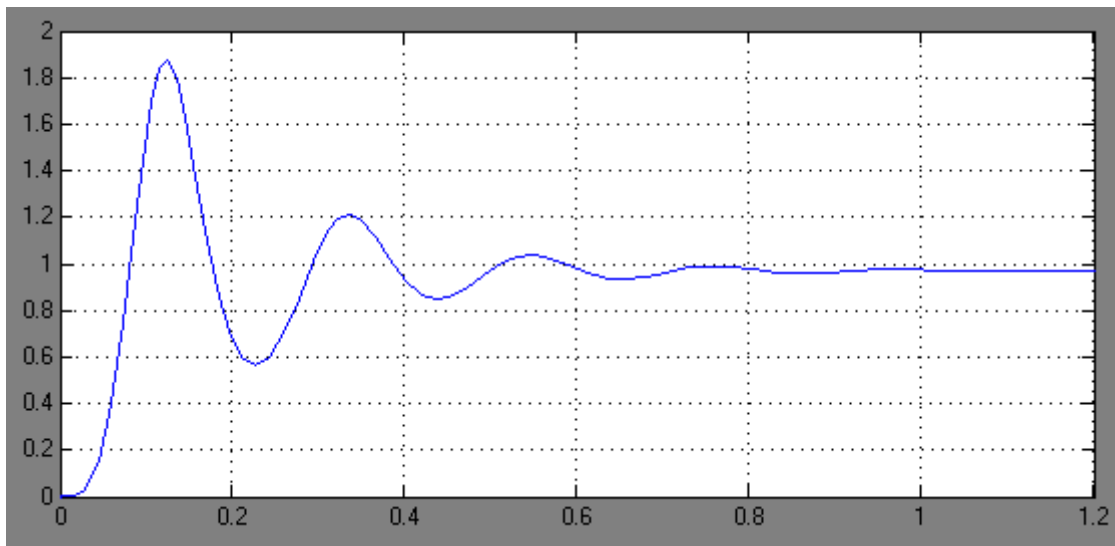
Отриману модель у вигляді структурної схеми можна досліджувати за допомогою програмної серед MatLab. Отримаємо реакцію замкнutoї системи на 1-е поетапне вплив без встановленого коефіцієнту.

Отримана для цієї мети модель з урахуванням всіх особливостей серед MatLab матиме вигляд представлений на малюнку 5.3.1.



Малюнок 5.3.1 - Модель САУ без регулятора

Отримана в результаті моделювання розгінна крива представлена на малюнку 5.3.2.



Малюнок 5.3.2 - Розгінна крива САУ при 1-ої зворотного зв'язку

З малюнка 5.3.2 бачимо що система не задовольняє вимогам висунутим в технічному завданні. Система має великий перерегулюванням ($\delta = 89\%$) і помилкою в сталому режимі ($\Delta = -3\%$). Час переходного процесу $t_p = 0,7$ сек. Таким чином, виникає необхідність застосування регулятора для проєктованої системи.

5.4 Розрахунок параметрів регулятора

Як регулятор доцільно використовувати ПІД-регулятор вбудований в раніше обраний програмований контролер. Залишається тільки розрахувати параметри ПІД-регулятора: коефіцієнт посилення k , постійну часу інтегрування T_i і постійну часу диференціювання T_d .

Щоб визначити установки ПІД-регулятора скористаємося формульним методом [9].

Метод використовується для швидкої, наближеної оцінки значень параметрів настроювання регулятора для трьох видів оптимальних типових процесів регулювання:

- аперіодический,
- з 20% перерегулюванням,
- з мінімальним значенням інтегрального критерію якості перехідного процесу J_{\min} .

Метод застосуємо як для статичних об'єктів з самовирівнюванням, так і для об'єктів без самовирівнювання.

Так як згідно з технічним завданням перерегулювання не повинно перевищувати 10%, то будемо використовувати формули для отримання аперіодического перехідного процесу.

Ці формули мають вигляд:

$$k = \frac{0,6}{\tau / T} \quad (5.4.1)$$

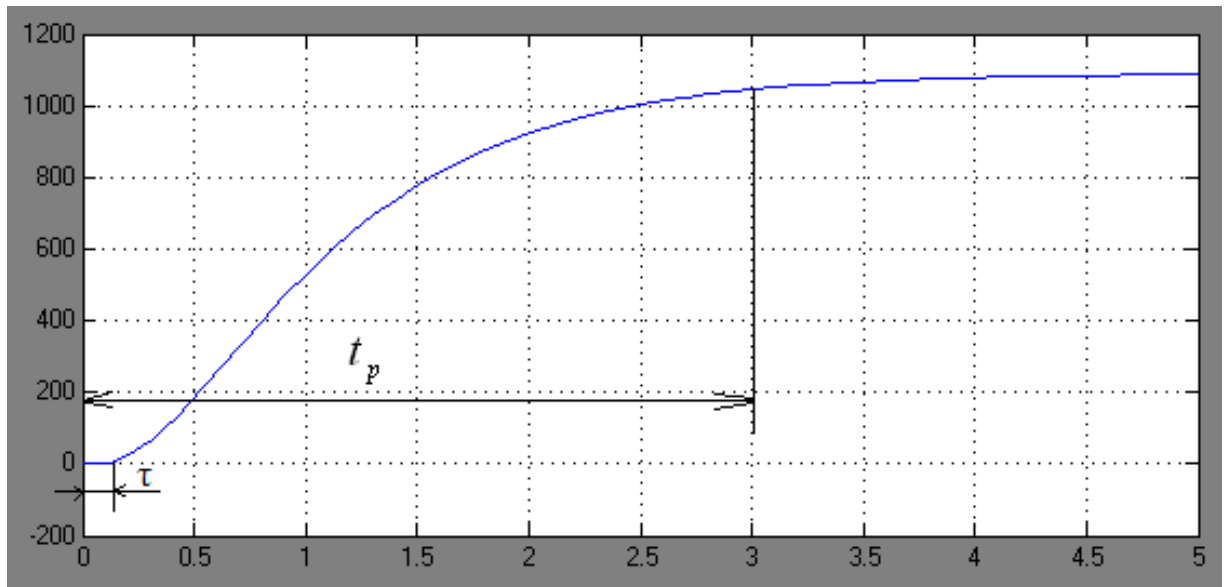
$$T_i = 5\tau \quad (5.4.2)$$

$$T_d = 0,2\tau \quad (5.4.3)$$

де τ - запізнювання системи без зворотного зв'язку, сек;

T - постійна часу системи без зворотного зв'язку, сек.

Для отримання τ і T необхідно отримати реакцію розімкнутої системи на 1-е поетапне вплив. Для цієї мети скористаємося моделлю зображеної на малюнку 5.3.1, попередньо видаливши зворотний зв'язок. Отримана розгінна крива показана на малюнку 5.4.1.



Малюнок 5.4.1 - Розгінна крива розімкнутої системи

Виходячи з розгінної кривої визначаємо запізнювання системи і постійну часу системи без зворотного зв'язку.

$$T = \frac{t_p}{3} = \frac{3}{3} = 1 \text{ сек}$$

$$\tau = 0,12 \text{ сек.}$$

Скориставшись формулами (5.4.1), (5.4.2) і (5.4.3) визначаємо настройки ПД-регулятора.

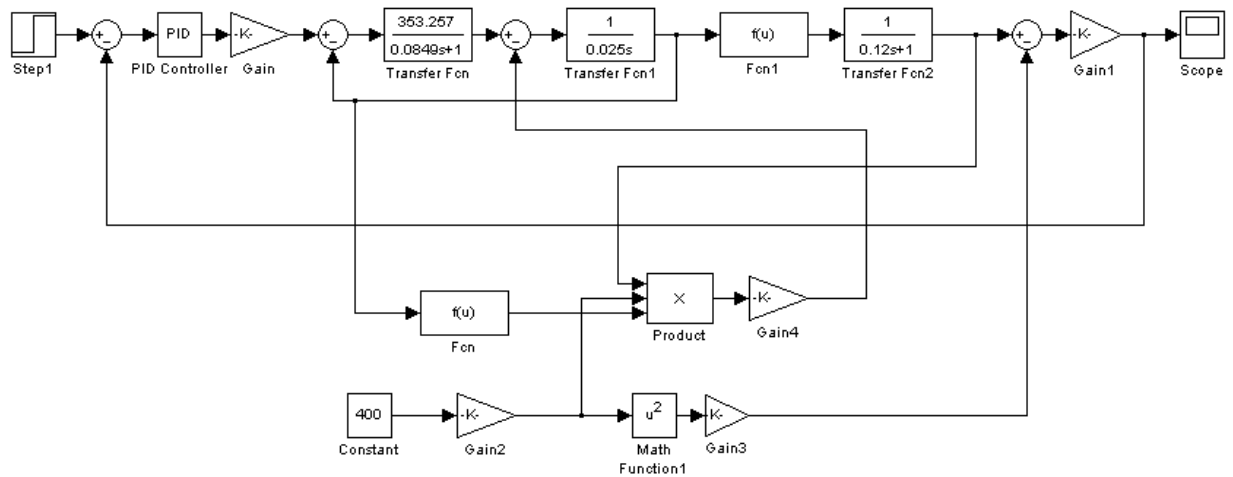
$$k = \frac{0,6}{0,12/1} = 5,$$

$$T_i = 5 \cdot 0,12 = 0,6 \text{ сек,}$$

$$T_d = 0,2 \cdot 0,12 = 0,024 \text{ сек.}$$

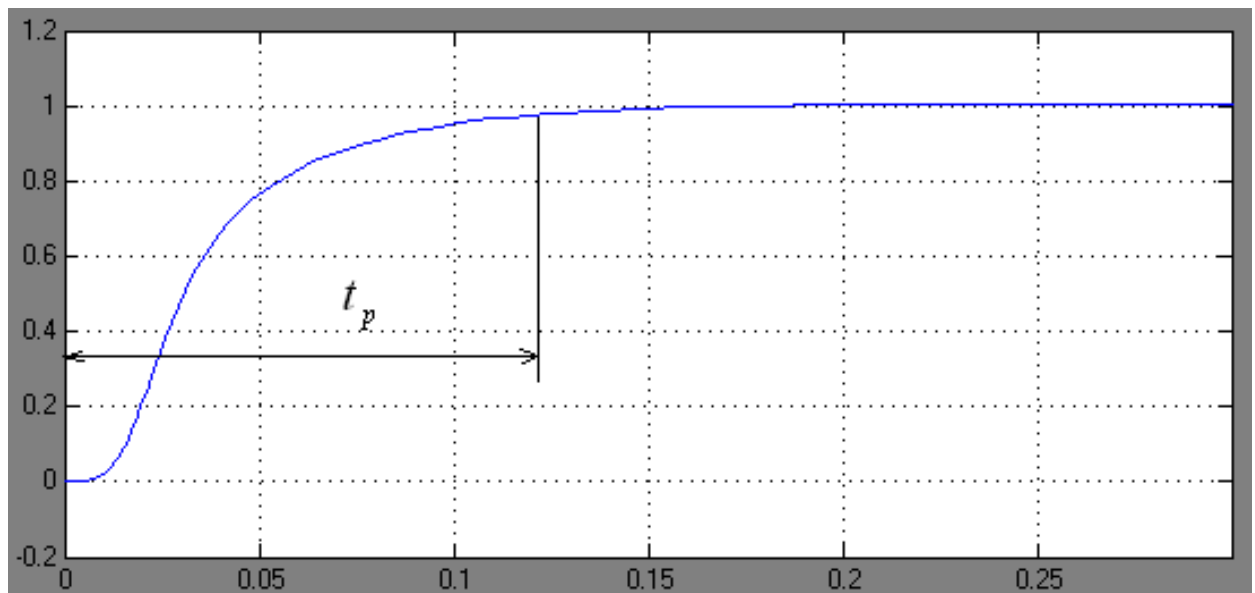
Для перевірки внесемо в пряму ланцюг системи (рис. 5.3.1) ПД-регулятор, встановивши розраховані значення параметрів

. Отримана модель в цьому випадку зображена на малюнку 5.4.2.



Малюнок 5.4.2 - САУ з розрахованим ПІД-регулятором

Отримана розгінна крива системи з застосуванням ПІД-регулятора при одиничному східчастому вплив показана на малюнку 5.4.3.



Малюнок 5.4.3 - Розгінна крива системи з розрахованим ПІД-регулятором

Виходячи з розгінної кривої бачимо що розрахована система з запасом задовольняє висунутим до неї вимогам:

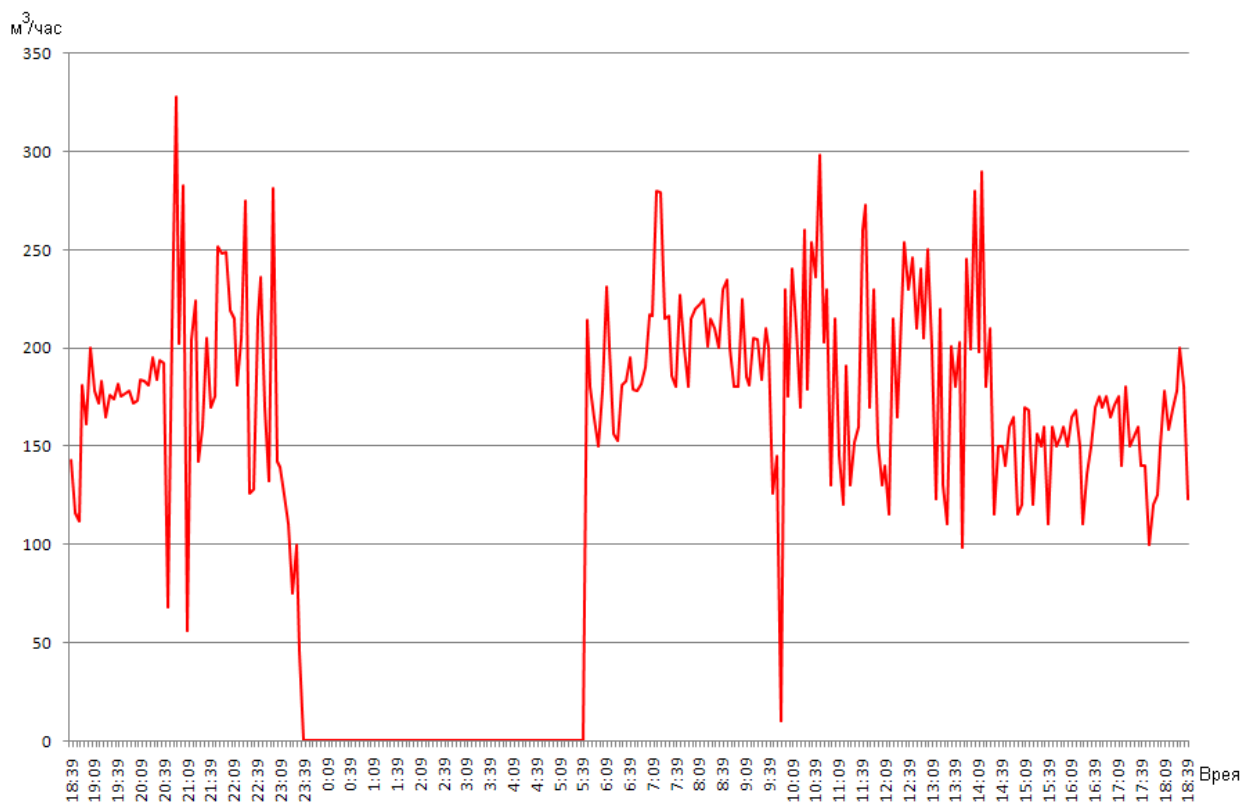
$$t_p = 0,23 \text{ сек,}$$

$$\delta = 0 \%$$

5.5 Розрахунок передбачуваного скорочення енергоспоживання насосної станції

Основним джерелом економії електроенергії споживаної насосною станцією після автоматизації буде робота частотно-керованого електроприводу насосних агрегатів.

Для визначення економії скористаємося графіком залежності споживання води від часу доби представленим на малюнку 5.5.1. Ця залежність була отримана на НС 2-го підйому вул. Петровського 20 жовтня 2006 р



Малюнок 5.5.1 - Залежність споживання води від часу доби на НС 2-го підйому вул. Петровського 20 жовтня 2006 р

Розрахунок добового споживання електроенергії до застосування автоматизації

До застосування частотного управління електроприводів насосні агрегати працювали тільки в двох режимах:

- Режим роботи або пряме включення в мережу (від 5:00 до 23:40);

б) Режим простою (від 23:40 до 5:00).

Потужність насоса визначається зі співвідношення [8]:

$$N_H = \frac{Q_H H_H \rho g}{\eta_H}, \quad (5.5.1.1)$$

де N_H - механічна потужність на валу відцентрового насоса, Вт;

Q_H - продуктивність ЦН, м³ / сек;

H_H - натиск ЦН, м;

ρ - щільність рідини, що перекачується, кг / м³ (для води 1000 кг / м³);

g - прискорення вільного падіння, м / с² ($g = 9,8$ м / с²);

η_H - коефіцієнт корисної дії ЦН.

Так як при прямому включенні в мережу швидкість обертання двигуна ЦН незначно відхиляється від номінальної, то можна зробити припущення що $W_H = W_{H \text{ ном}}$.

Тоді можна стверджувати, що продуктивність насоса дорівнює

номінальній продуктивності $Q_H = Q_{H \text{ ном}} = \text{const} = 500 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{час}} \right) =$

$0,13889 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{сек}} \right)$, а натиск насоса при нульовій витраті води $H_{\text{но}} = \text{const} = 71$ м

(з графічних характеристик ЦН (рис. 5.1.1.2)).

Напір на виході ЦН при ненулевом витраті води визначається зі співвідношення:

$$H_H = H_{\text{но}} - R_H Q_{\text{потр}}^2, \quad (5.5.1.2)$$

де H_H - натиск на виході ЦН, м;

$H_{\text{но}}$ - натиск ЦН при нульовій витраті води, м;

R_H - гідравлічний опір ЦН (466 для насоса 1Д500-63);

$Q_{\text{потр}}$ - споживання води мережею, м³ / сек.

Визначимо потужність споживану насосом в першій точці графіка рис.

5.5.1. У цій точці споживання води мережею $Q_{\text{потр}} = 143$ м³ / сек.

Тоді після підстановки в співвідношення (5.5.1.2) отримаємо:

$$H_H = 71 - 466 * \left(\frac{143}{3600} \right)^2 = 70,26 \text{ (м)}.$$

Потужність насоса в першій точці за формулою (5.5.1.1) дорівнює:

$$N_H = \frac{0,13889 * 70,26 * 1000 * 9,8}{0,76} = 125839,6 \text{ (Вт)}.$$

Потужність споживана двигуном насоса з електромережі визначається зі співвідношення:

$$N_{ДВ} = \frac{N_H}{\eta_{ДВ}}, \quad (5.5.1.3)$$

де $N_{ДВ}$ - потужність споживана електродвигуном, Вт;

$\eta_{ДВ}$ - ККД двигуна.

Після підстановки отримаємо:

$$N_{ДВ} = \frac{125839,6}{0,935} = 134587,8 \text{ (Вт)}.$$

Для визначення енергії споживаної двигуном на інтервалі часу між першим і другим виміром витрати води скористаємося співвідношенням:

$$E_{ДВ_N} = \frac{N_{ДВ} * t_{\text{инт}}}{3600 * 1000}, \quad (5.5.1.4)$$

де $E_{ДВ_N}$ - енергія споживана двигуном на N-те інтервалі, кВт × год;

$t_{\text{инт}}$ - інтервал між вимірами, сек (в нашому випадку він дорівнює 5 хв = 300 сек).

Після підстановки отримаємо:

$$E_{ДВ_1} = \frac{134587,8 * 300}{3600 * 1000} = 11,2 \text{ (кВт * час)}.$$

Усі наступні точки розраховуємо по вищеописаному наприклад, але із застосуванням програмного середовища Microsoft Excel.

Отримані результати складає і отримуємо сумарну споживану двигуном енергію на добу:

$$E_{ДВ\Sigma} = \sum_{k=1}^n E_{ДВk} = 2404,8 \text{ (кВт * час)}.$$

Так як на НС використовуються чотири насосних агрегати аналогічного типу, то сумарна споживана насосною станцією енергія на добу становить:

$$E_{НС_Σ} = 4 * E_{ДВ\Sigma} = 4 * 2404,8 = 9619,2 \text{ (кВт * час)}.$$

5.5.2 Розрахунок добового споживання електроенергії після застосування автоматизації

застосуванні частотного управління електроприводів насосні агрегати будуть працювати цілодобово, але в оптимальному режимі. Цей режим полягає в підтримці постійного тиску в мережі при змінюваному споживанні.

Розрахунок добового споживання електроенергії в цьому випадку істотно ускладнюється.

Потужність насоса визначається з вищеописаного співвідношення (5.5.1.1).

Тиск на виході насосного агрегату підтримується системою на постійному рівні $P_n = 4,9 \text{ кгс} / \text{см}^2$ (за технічним завданням), що відповідає напору $H_n = \text{const} = 49 \text{ м}$. Але продуктивність насоса Q_n в даному випадку є змінною величиною, яка прямопропорційна швидкості обертання робочого колеса [8].

$$Q_n = w_n K_Q, \quad (5.5.2.1)$$

де w_n - швидкість обертання робочого колеса, сек^{-1} ;

K_Q - коефіцієнт пропорційності, визначається $K_Q = \frac{Q_{n \text{ ном}}}{w_{n \text{ ном}}}$.

Напір насоса при нульовій витраті води H_{n0} також залежить від швидкості обертання робочого колеса, але залежність квадратична [8].

$$H_{n0} = w_n^2 K_h, \quad (5.5.2.2)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, визначається $K_h = \frac{H_{n0 \text{ ном}}}{w_{n \text{ ном}}^2}$.

Провівши ряд взаємопреобразованій між виразами (5.5.1.2), (5.5.2.1) і (5.5.2.2) можна отримати співвідношення (5.5.2.3) яке дозволяє визначити продуктивність насоса за відомим витраті споживчої мережі.

$$Q_n = K_Q * \sqrt{\frac{H_n + R_n Q_{\text{потр}}^2}{K_h}}, \quad (5.5.2.3)$$

де H_n - натиск на виході ЦН, м;

R_n - гідравлічний опір ЦН (466 $\text{с}^2 / \text{М}^5$ для насоса 1Д500-63);

$Q_{\text{потр}}$ - споживання води мережею, м³ / сек.

K_Q і K_H - коефіцієнти пропорційності.

Після підстановки даних для першої точки графіка рис. 5.5.1 отримаємо:

$$Q_H = 0,00091515 * \sqrt{\frac{49 - 466 * (\frac{143}{3600})^2}{0,002822022}} = 0,121491 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{сек}} \right).$$

Потужність насоса в першій точці графіка споживання (рис. 5.5.1) за формулою (5.5.1.1) дорівнює:

$$N_H = \frac{0,121491 * 49 * 1000 * 9,8}{0,76} = 76763,18 \text{ (Вт)}.$$

Потужність споживана двигуном насоса з електромережі визначається зі співвідношення (5.5.1.3):

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{76763,18}{0,935} = 82099,65 \text{ (Вт)}.$$

Для визначення енергії споживаної двигуном на інтервалі часу між першим і другим виміром витрати води скористаємося співвідношенням (5.5.1.4):

$$E_{\text{ДВ}_1} = \frac{82099,65 * 300}{3600 * 1000} = 6,84 \text{ (кВт * час)}.$$

Усі наступні точки розраховуємо по вищеописаному наприклад, але із застосуванням програмного середовища Microsoft Excel.

Отримані результати складає і отримуємо сумарну споживану двигуном енергію на добу:

$$E_{\text{ДВ}\Sigma} = \sum_{k=1}^n E_{\text{ДВ}k} = 1943,68 \text{ (кВт * час)}.$$

Так як на НС використовуються чотири насосних агрегати аналогічного типу, то сумарна споживана насосною станцією енергія на добу становить:

$$E_{\text{НС}_\Sigma} = 4 * E_{\text{ДВ}\Sigma} = 4 * 1943,68 = 7774,72 \text{ (кВт * час)}.$$

5.5.3 Розрахунок скорочення енергоспоживання

Так як до автоматизації добове енергоспоживання НС становить 9619,2 (кВт × год), а після автоматизації передбачається споживання 7774,72 (кВт × год), то середньодобове скорочення енергоспоживання складе:

$$\Delta E = 9619,2 - 7774,72 = 1844,48 \text{ (кВт} \times \text{ час),}$$

що в процентному вираженні одно:

$$\frac{1844,48}{9619,2} * 100\% = 19,17 \%$$

ВИСНОВКИ

Дана випускна робота виконувалася, відповідно до поставленим завданням розробки системи управління насосної станції другого підйому з цілю економії системою водопостачання м.Шостка таких ресурсів, як електроенергія і чиста питна вода.

Рішення поставлених завдань здійснювалося за допомогою впровадження систем на основі сучасних засобів автоматизації та інформаційно-комп'ютерних технологій.

В ході роботи проведено аналіз системи водопостачання м.Шостка, розглянуті можливі структури побудови сучасних АСУ ТП, розроблено інформаційне забезпечення АСУ, обрані канали управління, сигналізації та блокувань. Також зроблений вибір сучасних засобів автоматизації.

Вирішено питання забезпечення зв'язку між територіально розподіленими об'єктами на основі бездротових ліній GSM. Обрано GSM-модем для організації мережі.

У розрахункової частини роботи побудована модель системи управління насосним агрегатом і на підставі її досліджень виконано розрахунок параметрів для налаштувань ПД - регулятора.

Зниження енерговитрат стало можливим після застосування частотно керованого електроприводу насосних агрегатів.

В роботі також розглядалися питання економічної ефективності від впровадження автоматизації, техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Нововведення дозволять:

- формувати об'єктивний енергетичний баланс за рахунок отримання належної, достовірної інформації;
- поліпшити якість обслуговування споживачів;
- забезпечити безперебійну подачу води;
- скоротити енерговитрати на 19,17%.

Список використанні літератури

1. Лобачов П.В. Насоси та насосні станції. М.: Стройиздат. 1900.
2. Попкович Г.С. Основи автоматики і автоматизації водопровідно-каналізаційних споруд. -М.: Вища школа, 1975, 355с.
3. Ковальов В.З., Мельников В.Ю., Бородацький Є.Г. Енергозберігаючі алгоритми управління взаємопов'язаним електроприводом відцентрових турбомеханізмів. Омськ: ОмГТУ. 2000.
4. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Справ сел. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, С.А. Ключев. - М.: Вища школа, 1990.-464 з
5. Ключів В.І. Теорія електроприводу: Підручник для вузів. - М.: Вища школа, 1985. - 560 с.
6. Карелін В.Я., Новодережкіна Р.А. Насосні станції з відцентровими насосами. - М.: Стройиздат, 1983. - 204 с.
7. Балигін В.В., Крижановський О.М. Насоси: Каталог-довідник. - Новосибірськ: НГАСУ, 1999. - 97 с.
8. Семідуберській М.С. Насоси, компресори, вентилятори. - М: Вища школа, 1981, 279с.
9. Ротач В.Я. Розрахунок настройки промислових систем регулювання - М.-Л.: Госенергоіздат, 1986. - 344 с.

10. Методичні вказівки по оформленню курсових і дипломних проектів. Інструк-тивні матеріали. Для студентів спеціальності 7.091401 "Комп'ютеризовані системи управління і автоматики". - Суми .: СумДУ, 1998. - 77 с.
11. Довідник з автоматизованого електроприводу / Под ред. Єлісєєва В.А., Шінянського А.В. - М: Вища школа, 1983. - 588 с.
12. Курсове та дипломне проектування по автоматизації виробничих процесів /Ф.Я. Ізак і ін. - М .: Агропромиздат, 1989.