

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ТЕРНОВИЧ Юрій Михайлович

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ
ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ / AUTOMATED
REGULATION SYSTEM FOR WATER SUPPLY AND
WASTEWATER DISPOSAL**

Спеціальність 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Випускна кваліфікаційна робота за ступенем вищої освіти "бакалавр"

Виконав студент групи АКІТ-42/1
Ю.М.Тернович

Науковий керівник:
д.т.н., проф. Я.М.Николайчук

Дипломну роботу допущено до захисту:
" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри
_____ А.І.Сегін

Тернопіль 2026

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Ступінь вищої освіти "бакалавр"
Спеціальність: 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін

“ _____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ТЕРНОВИЧ Юрію Михайловичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема роботи

_____ Автоматизована система регулювання водопостачання та водовідведення /
Automated regulation system for water supply and wastewater disposal _____

_____ керівник роботи _____ д.т.н., проф. Я.М.Николайчук _____

затверджені наказом по університету від "01" грудня 2025 р. № 894

2. Строк подання студентом закінченої дипломної роботи 25 травня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи:

- _____ 1. Технологічний процес водозабору системи водопостачання _____
- _____ 2. Основні технологічні параметри процесу _____
- _____ 3. Вимоги до системи автоматизованого керування _____
- _____ 4. Технічні засоби автоматизації _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- _____ 1. Аналіз об'єкта автоматизації та технологічного процесу водозабору _____
- _____ 2. Розроблення структури та вибір засобів автоматизації водозабірної установки _____
- _____ 3. Синтез автоматизованої системи керування водозабірною установкою _____

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- _____ 1. Структура автоматизованої системи регулювання водозабірною установкою _____
- _____ 2. Схема автоматичного регулювання тиску _____
- _____ 3. Модель системи управління зі збурюючими впливами і ПІ-регулятором _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Николайчук Я.М.		
2	Николайчук Я.М.		
3	Николайчук Я.М.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз об'єкта автоматизації та технологічного процесу водозабору	12.2025р. – 01.2026р.	
2	Розроблення структури та вибір засобів автоматизації водозабірної установки	02.2026р. – 03.2026р.	
3	Синтез автоматизованої системи керування водозабірною установкою	04.2026р. – 05.2026р.	

Студент

(підпис)

Ю.М. Тернович

Керівник роботи

(підпис)

д.т.н., проф. Я.М.Николайчук

АНОТАЦІЯ

Тернович Ю.М. Автоматизована система регулювання водопостачання та водовідведення. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», освітньо-професійна програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

У роботі розглянуто питання розроблення автоматизованої системи регулювання водозабірної установки системи водопостачання. Проведено аналіз систем водопостачання та водовідведення, а також технологічного процесу водозабору як об'єкта автоматизації.

Визначено основні параметри контролю та регулювання технологічного процесу, сформовано вимоги до автоматизованої системи керування та розроблено її структуру. Здійснено обґрунтований вибір технічних засобів автоматизації, зокрема датчиків технологічних параметрів, програмованого логічного контролера, частотних перетворювачів та SCADA-системи.

Проведено синтез системи автоматичного керування та виконано моделювання її роботи в середовищі MATLAB/Simulink із застосуванням ПІ-регулятора. Результати моделювання підтвердили ефективність запропонованої системи керування та її здатність забезпечувати стабільну роботу водозабірної установки.

Ключові слова: водозабірна установка, система водопостачання, автоматизована система керування, програмований логічний контролер, SCADA-система, датчики технологічних параметрів, частотний перетворювач, ПІ-регулятор.

ABSTRACT

Ternovich Yu. Automated regulation system for water supply and wastewater disposal. - Manuscript.

Research on obtaining a bachelor's degree in the specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics", educational and professional program. – West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

The bachelor thesis deals with the development of an automated control system for a water intake unit of a water supply system. The analysis of water supply systems and the technological process of water intake as an object of automation is carried out. The features of operation of water intake facilities for surface and groundwater sources are investigated.

The main parameters of control and regulation of the technological process are determined, the requirements for the automated control system are formulated and its structure is developed. The selection of automation equipment is substantiated, including sensors of technological parameters, a programmable logic controller, frequency converters and a SCADA system.

The synthesis of the automatic control system is performed and the operation of the system is modeled in the MATLAB/Simulink environment using a PI controller. The simulation results confirm the efficiency of the proposed control system and its ability to ensure stable operation of the water intake unit.

Keywords: water intake unit, water supply system, automated control system, programmable logic controller, SCADA system, process sensors, frequency converter, PI controller.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВОДОЗАБОРУ.....	11
1.1 Загальна характеристика систем водопостачання та їх основних елементів.....	11
1.2 Аналіз технологічного процесу водозабору як об’єкта автоматизації.....	13
1.2.1 Аналіз технологічного процесу водозабору поверхневих вод.....	14
1.2.2 Аналіз технологічного процесу водозабору підземних вод.....	16
1.3 Аналіз параметрів контролю та регулювання.....	17
2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОЗАБІРНОЇ УСТАНОВКИ.....	21
2.1 Формування вимог до системи автоматизованого керування водозабірною установкою.....	21
2.2 Обґрунтування обраного напрямку проектування.....	23
2.3 Визначення функцій проектованої системи	30
2.4 Вибір параметрів контролю та регулювання	32
2.5 Розробка структури системи автоматизованого керування водозабірною установкою	33
2.6 Вибір технічних засобів автоматизації	36
2.6.1 Технічні засоби автоматизації нижнього рівня.....	36
2.6.2 Технічні засоби автоматизації середнього рівня.....	40
2.6.3 Засоби автоматизації верхнього рівня.....	44

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тернович Ю..			Автоматизована система регулювання водопостачання та водовідведення / Automated regulation system for water supply and wastewater disposal	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Николайчук Я..					5	59
Консульт.						ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.								
Затверд.		Сегін А.І.						

3. СИНТЕЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОДОЗАБІРНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	49
3.1 Математичний опис об'єкта управління.....	49
3.2 Режими роботи системи автоматизованого регулювання водозабірною установкою.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	60

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПВ - автоматичне повторне включення;
АРМ – автоматизоване робоче місце;
АСУ – автоматизована система управління;
ВМ – виконавчий механізм;
ВНВ - водонапірна вежа;
НПВ - насос питної води;
ОУ - об'єкт управління;
ПЗО - пристрій зв'язку з об'єктом;
ПЛК – програмований логічний контролер;
РЧВ - резервуар чистої води;
СДД - сервер доступу до даних;
ТЗА – технічні засоби автоматизації;
ТП- технологійний процес;
ЧРП - частотно-регульований привід;
ЩУК - щит управління і контролю.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми. Вода є одним із найважливіших природних ресурсів, що безпосередньо впливає на здоров'я людини та якість її повсякденного життя. Для підтримання належного рівня здоров'я населення необхідно забезпечити споживання якісної та безпечної питної води. Під якісною водою розуміють очищену воду, яка не містить шкідливих домішок та хімічних сполук, небезпечних для здоров'я людини або для технологічного обладнання на підприємствах. Стан водних джерел і рівень якості питної води мають визначальний вплив на санітарно-епідеміологічну обстановку та показники здоров'я населення [1].

Нормативно-правові акти та урядові рішення орієнтовані на забезпечення раціонального використання водних ресурсів, підвищення ефективності їх споживання та недопущення виснаження водних запасів [1–3]. Значна увага приділяється модернізації систем водопостачання, впровадженню сучасних технологій очищення води, створенню водоохоронних об'єктів, а також підвищенню ефективності управління водогосподарськими комплексами.

Водозабірні споруди являють собою комплекс гідротехнічних конструкцій та технічних засобів, призначених для забору води з поверхневих або підземних джерел з метою забезпечення господарсько-питного та промислового водопостачання [4]. Основними функціями таких споруд є відбір води з природного джерела, її попереднє очищення та транспортування під необхідним напором до споживачів або на водоочисні станції.

Сучасні вимоги до якості води, що пред'являються споживачами, є досить високими і значною мірою залежать від призначення води. Для забезпечення відповідності питної води встановленим санітарним нормам необхідно здійснювати ефективні процеси її очищення, що потребує значних матеріальних та енергетичних ресурсів. Тому важливим напрямком розвитку

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

систем водопостачання є підвищення ефективності роботи водозабірних та водоочисних споруд.

Одним із найбільш ефективних шляхів підвищення надійності та енергоефективності систем водопостачання є впровадження сучасних автоматизованих систем керування. Автоматизація водозабірних установок дозволяє забезпечити оптимальні режими роботи насосного обладнання, стабілізацію технологічних параметрів, зменшення енергоспоживання та підвищення надійності функціонування системи.

У сучасних системах автоматизації широко використовуються програмовані логічні контролери (ПЛК) та SCADA-системи, які забезпечують централізований моніторинг, управління та архівування технологічних даних. Використання SCADA-систем дозволяє оператору отримувати інформацію про стан технологічного процесу у реальному часі, аналізувати історичні дані, формувати звітну документацію та оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Таким чином, розроблення автоматизованих систем керування водозабірними установками є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності функціонування систем водопостачання, покращення якості керування технологічними процесами та забезпечення надійності роботи обладнання.

Метою роботи є розроблення автоматизованої системи регулювання водозабірною установкою, яка забезпечує стабілізацію тиску у водопровідній мережі, оптимізацію режимів роботи насосного обладнання та підвищення енергоефективності системи водопостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз систем водопостачання та їх основних елементів;
- дослідити технологічний процес водозабору як об'єкт автоматизації;
- визначити основні параметри контролю та регулювання технологічного процесу;
- сформулювати вимоги до автоматизованої системи керування;

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- розробити структуру автоматизованої системи регулювання водозабірною установкою;
- здійснити обґрунтований вибір технічних засобів автоматизації;
- виконати синтез системи автоматичного керування та дослідити її роботу за допомогою моделювання.

Об’єкт дослідження. Технологічний процес водозабору та водопостачання..

Предмет дослідження. Автоматизована система керування водозабірною установкою.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні автоматизованої системи регулювання водозабірною станцією системи водопостачання, яка забезпечує автоматичний запуск та зупинку насосів за заданим алгоритмом, регулювання подачі насосних агрегатів, автоматичне підключення резервного насоса, а також сигналізацію нормальних режимів роботи та аварійних ситуацій.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення систем автоматизації водозабірних комплексів, впровадження сучасних систем диспетчеризації та підвищення ефективності функціонування систем водопостачання.

Апробація. Юрій Тернович Автоматизована система регулювання водозабірною установкою / Ю.Тернович, В.Шагала, О.Циквас // Збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2026), Тернопіль, 2026. -С.122-124.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВОДОЗАБОРУ

1.1 Загальна характеристика систем водопостачання та їх основних елементів

Система водопостачання населеного пункту являє собою сукупність інженерних споруд, технологічного обладнання та транспортних мереж, призначених для забору, підготовки, транспортування та розподілу води споживачам відповідно до встановлених санітарно-гігієнічних і технологічних вимог [5-10].

Функціонування таких систем спрямоване на забезпечення потреб населення та промисловості у воді для господарсько-питних, виробничих і протипожежних цілей.

Типова структура системи водопостачання включає послідовно з'єднані технологічні елементи (рисунок 1.1):

- водозабірні споруди;
- насосні станції;
- споруди водопідготовки;
- резервуари чистої води;
- водонапірні башти;
- водопровідні мережі.

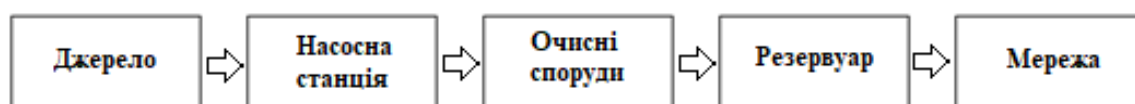


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема системи водопостачання

Водозабірні споруди забезпечують відбір води з природних джерел, якими можуть бути поверхневі (річки, озера, водосховища) або підземні води (артезіанські горизонти, ґрунтові води) [6]. Вибір джерела водопостачання

визначається його продуктивністю, якістю води, гідрогеологічними умовами та економічною доцільністю.

Насосні станції є ключовим елементом системи, що забезпечує транспортування води та підтримання необхідного тиску у водопровідній мережі. Залежно від функціонального призначення розрізняють насосні станції першого підйому (подача води від джерела) та наступних підйомів (транспортування і розподіл води споживачам). Робота насосних агрегатів характеризується змінними режимами навантаження, що обумовлює необхідність застосування систем автоматичного регулювання. Узагальнена схема насосної станції водопостачання показана на рисунку 1.2.

Важливим елементом є споруди водопідготовки, де здійснюється очищення та знезараження води. Технологічні процеси водопідготовки включають механічне очищення, коагуляцію, фільтрацію та дезінфекцію. Якість цих процесів безпосередньо впливає на ефективність функціонування всієї системи водопостачання.

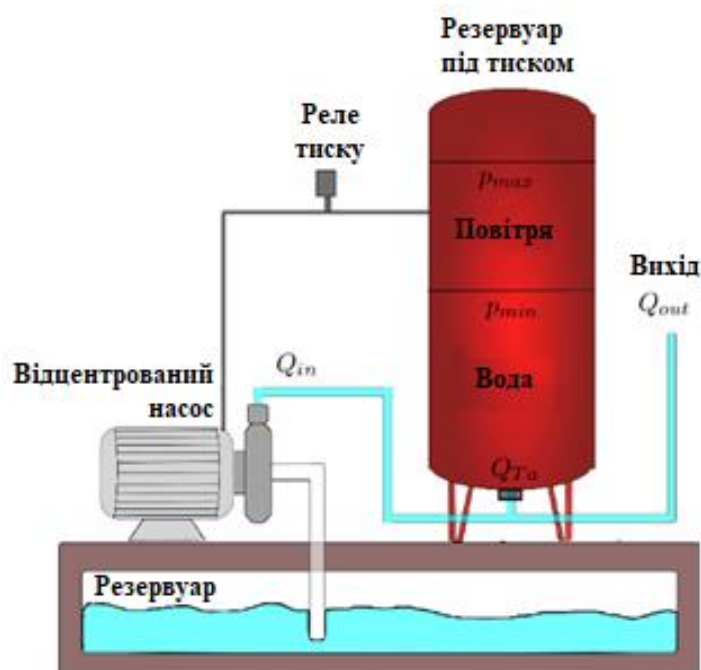


Рисунок 1.2 – Узагальнена схема насосної станції водопостачання

Резервуари чистої води виконують функції акумулювання запасів води, вирівнювання нерівномірності споживання та забезпечення аварійного

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

резерву. Вони також відіграють важливу роль у процесах регулювання режимів роботи насосного обладнання.

Системи водопостачання класифікують за різними ознаками: за призначенням (господарсько-питні, виробничі, протипожежні), за типом джерела (поверхневі, підземні, змішані), а також за способом подачі води (напірні та самопливні). У сучасних умовах найбільш поширеними є напірні системи з використанням насосного обладнання.

З точки зору автоматизації система водопостачання є складним динамічним об'єктом керування, для якого характерні змінні режими роботи, вплив зовнішніх збурень (нерівномірність водоспоживання, зміна рівнів води, коливання тиску) та необхідність забезпечення високої надійності функціонування. Основними керованими параметрами є витрата, тиск і рівень води, а також стан насосного обладнання.

Таким чином, ефективне функціонування систем водопостачання неможливе без впровадження сучасних автоматизованих систем керування, які забезпечують оптимальні режими роботи обладнання, зниження енергоспоживання та підвищення надійності водопостачання. Впровадження автоматизованих систем керування дозволяє підвищити ефективність, надійність та енергоефективність системи водопостачання.

1.2 Аналіз технологічного процесу водозабору як об'єкта автоматизації

Технологічний процес водозабору є початковою та однією з найважливіших ланок системи водопостачання, що забезпечує відбір води з природного джерела, її транспортування до споруд водопідготовки або безпосередньо до споживача, що демонструє узагальнена схема (рисунок 1.3) [5-10]. Особливістю даного процесу є його безперервний характер, змінні режими роботи та залежність від зовнішніх факторів, що обумовлює необхідність застосування автоматизованих систем керування.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Об'єктом автоматизації у даному випадку виступає водозабірна установка, яка включає комплекс гідротехнічних споруд, насосного обладнання, трубопроводів та допоміжних систем. Основною функцією водозабірної установки є забезпечення необхідної витрати води при заданих параметрах тиску та рівня.

Технологічний процес водозабору можна представити як сукупність взаємопов'язаних операцій:

- забір води з джерела
- первинне очищення (механічне);
- транспортування води насосними агрегатами;
- подача води до наступних технологічних етапів.

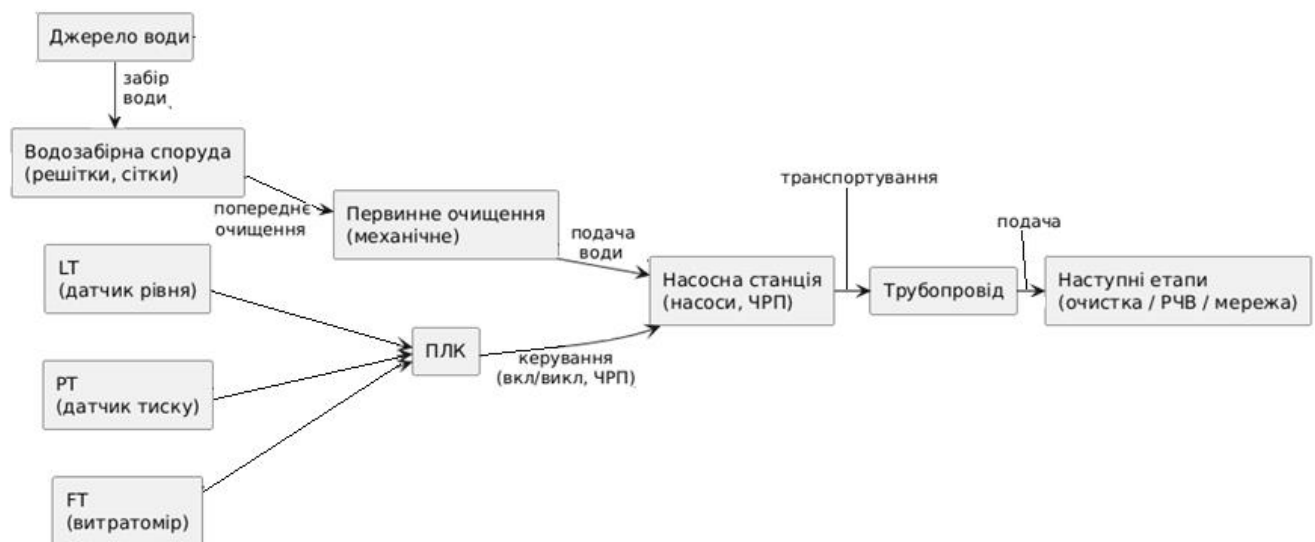


Рисунок 1.3 - Узагальнена схема технологічного процесу водозабору

Залежно від типу джерела водопостачання розрізняють водозабір поверхневих та підземних вод, які мають суттєві відмінності з точки зору організації процесу та автоматизації.

1.2.1 Аналіз технологічного процесу водозабору поверхневих вод

Водозабір поверхневих вод здійснюється з відкритих джерел, таких як річки, озера або водосховища. Типова технологічна схема включає

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

водоприймальні споруди, береговий або русловий водозабір, насосну станцію першого підйому та систему трубопроводів.

Процес водозабору починається з надходження води через водоприймальні вікна, обладнані захисними решітками, які запобігають потраплянню великих механічних домішок. Далі вода по самопливних трубопроводах надходить до приймального резервуара або берегового колодязя, звідки забирається насосами (рисунок 1.4).

Основними особливостями даного процесу є:

- значні коливання рівня води у джерелі;
- зміна якості води (каламутність, температура, наявність домішок);
- вплив сезонних факторів (льодоутворення, паводки).

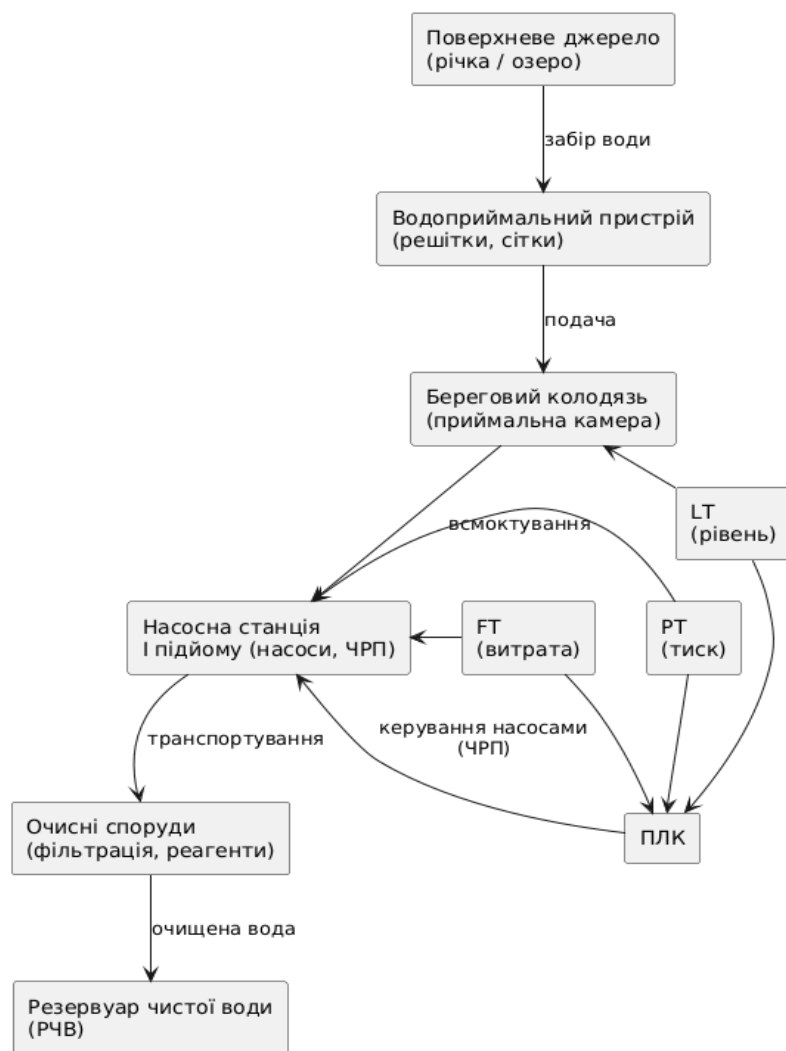


Рисунок 1.4 – Схема водозабору поверхневих вод

З точки зору автоматизації, це обумовлює необхідність: контролю рівня води у водоприймальних спорудах; регулювання продуктивності насосів; захисту насосного обладнання від «сухого ходу»; контролю витрати та тиску у трубопроводах.

Керування насосними агрегатами може здійснюватися як ступінчасто (включення/вимкнення насосів), так і плавно за допомогою частотного регулювання, що дозволяє підвищити енергоефективність системи.

1.2.2 Аналіз технологічного процесу водозабору підземних вод

Водозабір підземних вод здійснюється за допомогою свердловин, шахтних колодязів або горизонтальних водозаборів. Найбільш поширеним є використання артезіанських свердловин, обладнаних занурювальними насосами.

Технологічний процес включає (рисунок 1.5):

- підйом води з водоносного горизонту;
- подачу води у збірний трубопровід;
- транспортування до резервуарів або споживачів.



Рисунок 1.5 – Схема водозабору підземних вод

На відміну від поверхневих джерел, підземні води характеризуються більш стабільними параметрами якості та температури, однак процес їх забору має свої особливості: обмежена продуктивність свердловин; необхідність контролю дебіту; ризик зниження рівня водоносного горизонту; чутливість насосів до режимів роботи.

Основними параметрами, що підлягають контролю та регулюванню, є: рівень води у свердловині; тиск у напірному трубопроводі; витрата води; електричні параметри насосного агрегату.

Автоматизація процесу водозабору підземних вод передбачає:

- автоматичне керування насосами залежно від рівня або тиску;
- захист від «сухого ходу»;
- контроль перевантаження електродвигуна;
- дистанційний моніторинг параметрів.

Таким чином, технологічний процес водозабору є складним багатопараметричним об'єктом керування, для якого характерні змінні режими роботи та вплив зовнішніх збурень. Це обумовлює необхідність впровадження автоматизованих систем керування, що забезпечують стабілізацію основних параметрів процесу, підвищення надійності роботи обладнання та зниження енергоспоживання.

1.3 Аналіз параметрів контролю та регулювання

Ефективне функціонування систем водопостачання значною мірою залежить від правильного вибору та підтримання оптимальних значень технологічних параметрів. З точки зору автоматизації, водозабірна установка є багатопараметричним об'єктом керування, для якого характерна наявність взаємопов'язаних змінних, що підлягають контролю та регулюванню.

До основних параметрів, що визначають роботу системи водозабору, належать: рівень води, тиск, витрата, а також параметри роботи насосного обладнання. Контроль і регулювання цих величин забезпечують стабільність

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

технологічного процесу, надійність роботи обладнання та енергоефективність системи.

Контроль та регулювання рівня води.

Рівень води є одним із ключових параметрів у системах водозабору. Його контроль здійснюється у водоприймальних спорудах, резервуарах чистої води, приймальних камерах та свердловинах.

Підтримання заданого рівня необхідне для:

- запобігання переповненню резервуарів;
- забезпечення безперебійної роботи насосів;
- уникнення аварійних ситуацій, пов'язаних із «сухим ходом» насосів.

Регулювання рівня, як правило, здійснюється шляхом зміни режиму роботи насосних агрегатів (вмикання/вимикання або зміна частоти обертання). Для вимірювання рівня використовують поплавкові, гідростатичні, ультразвукові та радарні датчики.

Контроль та регулювання тиску.

Тиск у системі водопостачання визначає умови транспортування води та стабільність її подачі споживачам. Недостатній тиск призводить до порушення водопостачання, тоді як надлишковий - до підвищених втрат енергії та можливого пошкодження трубопроводів.

Основними завданнями регулювання тиску є:

- підтримання стабільного напору в мережі;
- забезпечення необхідних гідравлічних режимів;
- захист обладнання від перевантажень.

Регулювання тиску здійснюється переважно за допомогою частотно-регульованих приводів насосів або шляхом ступінчастого керування кількістю працюючих насосних агрегатів. Вимірювання тиску виконується за допомогою тензометричних або п'єзоелектричних датчиків.

Контроль та регулювання витрати води.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Витрата води є інтегральним параметром, що характеризує продуктивність системи водозабору. Вона визначає кількість води, що подається споживачам, і безпосередньо пов'язана з режимами роботи насосного обладнання.

Контроль витрати дозволяє:

- забезпечити відповідність подачі води фактичному споживанню;
- оптимізувати режими роботи насосів;
- здійснювати облік водоспоживання.

Для вимірювання витрати застосовують електромагнітні, ультразвукові та турбінні витратоміри. Регулювання витрати здійснюється шляхом зміни продуктивності насосів або керування запірною арматурою.

Контроль параметрів насосного обладнання.

Надійність функціонування системи водозабору значною мірою залежить від технічного стану насосних агрегатів. У зв'язку з цим важливим є контроль електричних і механічних параметрів насосів, зокрема:

- струму та напруги електродвигуна;
- температури обмоток;
- стану підшипників;
- режимів роботи (включено/вимкнено, аварія).

Контроль цих параметрів дозволяє своєчасно виявляти несправності, запобігати аваріям та підвищувати термін служби обладнання.

Взаємозв'язок параметрів у системі керування.

Особливістю системи водозабору є тісний взаємозв'язок між основними параметрами. Зміна одного з них впливає на інші, що необхідно враховувати при розробці системи автоматичного керування. Наприклад: збільшення витрати призводить до зміни тиску в системі; зниження рівня у резервуарі викликає необхідність підвищення продуктивності насосів; зміна тиску впливає на режими роботи насосного обладнання.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

У зв'язку з цим система автоматизації повинна забезпечувати комплексне регулювання параметрів на основі узгоджених алгоритмів керування.

Таким чином, аналіз параметрів контролю та регулювання показує, що ефективне управління технологічним процесом водозабору можливе лише за умови комплексного контролю рівня, тиску, витрати та стану обладнання. Це обумовлює необхідність використання сучасних автоматизованих систем керування, які забезпечують стабільність роботи, підвищення енергоефективності та надійності систем водопостачання.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОЗАБІРНОЇ УСТАНОВКИ

2.1 Формування вимог до системи автоматизованого керування водозабірною установкою

На основі проведеного аналізу технологічного процесу водозабору та основних параметрів керування, система водозабірної установки розглядається як складний динамічний об'єкт, функціонування якого супроводжується впливом зовнішніх і внутрішніх збурень. До таких збурень належать нерівномірність водоспоживання, зміна рівня води у джерелі, коливання гідравлічних параметрів, а також зміна режимів роботи обладнання.

У зв'язку з цим до системи автоматизованого керування водозабірною установкою висувається ряд вимог, спрямованих на забезпечення стабільності, надійності та ефективності її функціонування.

Функціональні вимоги. Система автоматизованого керування повинна забезпечувати:

- автоматичне підтримання заданих значень тиску у водопровідній мережі;
- регулювання рівня води у резервуарах та приймальних ємностях;
- забезпечення необхідної витрати води відповідно до споживання;
- автоматичне вмикання та вимикання насосних агрегатів;
- реалізацію алгоритмів роботи насосів (робочий/резервний режим);
- можливість роботи у ручному, напівавтоматичному та автоматичному режимах.

Вимоги до надійності та безпеки. Надійність роботи системи є одним із ключових факторів, оскільки порушення водопостачання може призвести до значних технічних та соціальних наслідків. У зв'язку з цим система повинна забезпечувати:

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- безперервність процесу водопостачання;
- резервування основного обладнання (насосів, датчиків);
- автоматичний перехід на резервне обладнання у разі відмови;
- захист насосів від «сухого ходу»;
- захист від перевантаження та короткого замикання електродвигунів;
- контроль аварійних режимів та формування сигналів тривоги.

Вимоги до точності та якості регулювання. Для забезпечення стабільних параметрів системи необхідно досягти відповідної точності регулювання. Це передбачає:

- мінімізацію відхилень тиску від заданого значення;
- забезпечення плавності регулювання продуктивності насосів;
- зменшення коливань рівня води у резервуарах;
- швидкодію системи при зміні навантаження.

Виконання цих вимог досягається шляхом застосування сучасних методів автоматичного керування, зокрема використання ПІ- або ПІД-регуляторів та частотно-регульованих приводів.

Вимоги до енергоефективності. Система автоматизації повинна забезпечувати раціональне використання енергетичних ресурсів. Основними напрямками підвищення енергоефективності є:

- оптимізація режимів роботи насосних агрегатів;
- використання частотного регулювання електроприводів;
- зменшення втрат енергії за рахунок уникнення надлишкового тиску;
- забезпечення роботи обладнання в зоні оптимальних характеристик.

Вимоги до інформаційного забезпечення та диспетчеризації. Сучасна система автоматизації повинна забезпечувати можливість контролю та управління технологічним процесом у реальному часі. Для цього необхідно:

- здійснювати безперервний моніторинг основних параметрів (тиск, рівень, витрата);
- відображати інформацію на операторських панелях або SCADA-системі;

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- забезпечувати архівування технологічних даних;
- реалізувати систему сигналізації та повідомлень про аварійні ситуації.

Вимоги до технічної реалізації системи. З урахуванням сучасних підходів до автоматизації, система повинна будуватися за ієрархічним принципом і включати:

- нижній рівень (датчики та виконавчі механізми);
- середній рівень (ПЛК);
- верхній рівень (система диспетчеризації (SCADA або HMI)).

Такий підхід забезпечує гнучкість, масштабованість та зручність експлуатації системи.

Таким чином, сформульовані вимоги до системи автоматизованого керування водозабірною установкою визначають основні напрямки її проектування. Реалізація зазначених вимог дозволяє забезпечити стабільну, надійну та енергоефективну роботу системи водопостачання, що є необхідною умовою для подальшого синтезу структури та вибору технічних засобів автоматизації.

2.2 Обґрунтування обраного напрямку проектування

Для розробки автоматизованої системи регулювання водозабором насосної станції було обрано водопровід змішаного водоживлення. Тому розглянемо обладнання для водозбору поверхневих та підземних вод детально.

Для забезпечення водопостачання використовуються як підземні джерела (артезіанські свердловини), так і поверхневі водні ресурси (озеро). Водозабірні споруди розраховані на продуктивність 20000 м³/добу.

Забір води з річки здійснюється через бетонний оголовок, розміщений у металевій оболонці. Конструкція оголовка має еліптичну форму з розмірами 6,0×2,7 м та висотою 2,3 м. З обох сторін передбачено по три вхідних отвори, оснащених захисними решітками для затримання крупних

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

домішок. Швидкість надходження води через вікна становить 0,15 м/с.

Оголовок розташований на відстані 73,3 м від водоприймального колодязя. Вода транспортується до нього двома самопливними трубопроводами діаметром 600 мм. Продуктивність водоприймального колодязя складає 300 л/с. Він виконаний у вигляді залізобетонного циліндра внутрішнім діаметром 6,0 м і глибиною 10,0 м та поділений на дві секції: приймальну та всмоктувальну.

У кожній секції встановлено плоскі сітки для грубого очищення води (4 робочі та 4 резервні). Розміри рам сіток становлять 1090×2600 мм. Розмір комірок резервних сіток – 20×20 мм, основних – 4×4 мм.

Після проходження через сітки вода очищується від великих механічних домішок і подається насосами станції першого підйому по двох водоводах діаметром 500 мм.

Насосна станція першого підйому (рисунок 2.1) має напівзаглиблену конструкцію та складається з підземної і надземної частин. Її продуктивність становить від 200 до 1000 л/с.

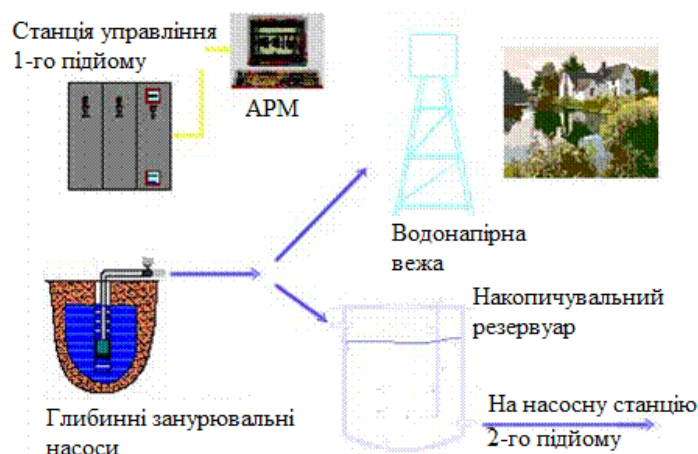


Рисунок 2.1 – Насосна станція першого підйому

Наземна частина має розміри 6,0×24,0 м і включає електричну підстанцію розміром 6,0×9,0 м. Підземна частина представлена машинним залом розмірами 6,0×15,0 м. Відмітка підлоги становить 111,08 м.

У машинному залі встановлено наступне обладнання [10].

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

На об'єкті встановлено три відцентрові насоси типу «Д» [11]: один перебуває в роботі, два інші є резервними. Насоси є одноступеневими, оснащені робочим колесом із двостороннім підведенням рідини та мають корпус із горизонтальним розніманням.

Насоси типу «Д» (рисунок 2.2) призначені для транспортування річкової води до водоочисних споруд. Основними елементами конструкції є корпус, кришка, робоче колесо, вал, підшипниковий вузол та ущільнювальні елементи.

У верхній частині кришки передбачений різьбовий отвір для підключення вентиля, який використовується для видалення повітря. Робоче колесо розміщене на валу, що встановлений у підшипниках кочення. Герметизація валу забезпечується сальниковими ущільненнями.



Рисунок 2.2 - Насос 350Д90

Під час роботи насоса необхідно забезпечувати постійний витік води через сальники у вигляді крапель або тонкого струменя.

Окрім основних насосів, у машинному залі встановлено два дренажні насоси (1 робочий і 1 резервний), призначені для відведення дренажних вод (рисунок 2.3) [12]. Вони можуть працювати як у ручному, так і в автоматичному режимі. В автоматичному режимі їх робота визначається рівнем води.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 2.3 - Дренажний насос

При досягненні першого рівня автоматично вмикається дренажний насос ДН-1. Після зниження рівня він вимикається. У випадку, якщо насос не справляється, при досягненні другого рівня активується сигналізація і вмикається резервний насос ДН-2.

Насос типу АНС (рисунок 2.4) [13] є відцентровим самовсмоктуючим агрегатом, з'єднаним з електродвигуном через пружну муфту. Робоче колесо встановлене на валу, що спирається на два кулькові підшипники..

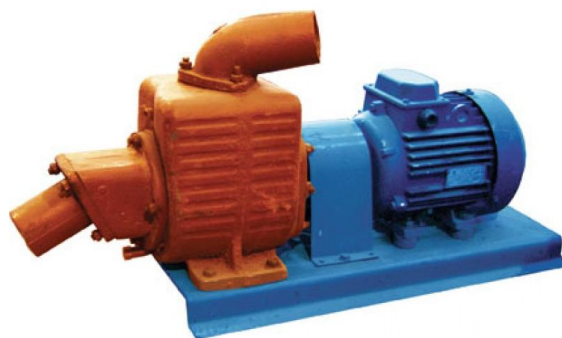


Рисунок 2.4 - Насос АНС-130

Для запобігання підсосу повітря та потрапляння води в підшипниковий вузол вал ущільнюється гумовими манжетами. У конструкції передбачено клапанний блок, який забезпечує роботу всмоктувального тракту.

Принцип дії насоса полягає у створенні циркуляції води у робочих камерах з поступовим видаленням повітря та забезпеченням

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

самозасмоктування протягом 3–5 хвилин.

Для контролю витрати води встановлено два ультразвукові витратоміри «Dnpr 7» (рисунок 2.5) [14], які забезпечують вимірювання об'ємної витрати та кількості води у трубопроводах.



Рисунок 2.5 - Ультразвуковий лічильник води

Від насосної станції першого підйому вода по двох трубопроводах діаметром 500 мм подається до водоочисної станції. Середньодобова витрата становить 10000–12000 м³/добу, а загальна продуктивність станції – 20000 м³/добу.

Водоочисна станція включає такі основні елементи: вхідну камеру, контактний резервуар, змішувач, контактні освітлювачі, реагентне господарство та допоміжні приміщення.

Вхідна камера обладнана барабаними сітками (2 робочі, 1 резервна), які забезпечують додаткове очищення води. Після цього вода надходить у контактний резервуар, де здійснюється первинне хлорування.

Далі вода подається у змішувач, де вводяться реагенти: вапно, коагулянт та флокулянт. Змішування забезпечує підготовку води до подальшого очищення.

Після змішування вода надходить у контактні освітлювачі, де відбувається фільтрація через багатошаровий фільтруючий матеріал. Для відновлення фільтруючої здатності проводиться водоповітряна промивка.

Реагентне господарство включає обладнання для приготування і дозування коагулянту та вапна, зокрема баки, насос-дозатори та повітрорудки.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Очищена вода надходить у резервуари чистої води об'ємом по 2000 м³ кожен. Резервуари обладнані системами вентиляції, контролю рівня та аварійного переливу.

Продуктивність насосної станції другого підйому (рисунок 2.6) становить 700 л/с. До її складу входять функціональні приміщення, зокрема машинний зал, у якому встановлено чотири відцентрові насоси з двостороннім підведенням рідини (один у роботі, три резервні), а також два дренажні насоси (один робочий і один резервний) [9].

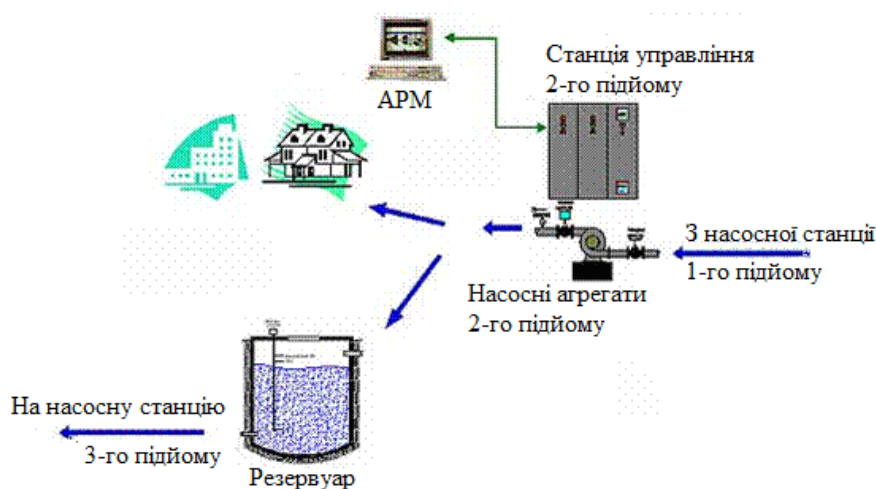


Рисунок 2.6 – Насосна станція другого підйому

На трубопроводі подачі очищеної води передбачено вузол введення хлору для здійснення вторинного знезараження. Із резервуарів чистої води рідина за допомогою насосів другого підйому транспортується водогонами діаметром 600 мм до насосної станції третього підйому; середньодобова витрата при цьому становить 12 000–14 000 м³/добу [8].

У машинному залі змонтовано засувки, оснащені електроприводами з можливістю вибору режиму керування — ручного або електричного — за допомогою перемикача, розміщеного на штурвалі. Живлення електроприводів здійснюється від щита управління засувками (ЩУЗ), на якому виведені кнопки «Відкрито», «Стоп», «Закрито», а також перемикачі сигналізації та світлові індикатори, що відображають поточне положення засувки.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У підсобному приміщенні розміщено комплекс електротехнічного обладнання, зокрема щит керування та контролю, щит випрямних пристроїв, розподільні установки напругою 0,4 кВ і 6 кВ, а також слюсарну майстерню та інші допоміжні зони.

Щит управління і контролю (ЩУК) виконаний у вигляді чотирьохпанельної конструкції. На першій панелі розміщено амперметри для насосних агрегатів №1–4, світлові індикатори їх увімкнення та вимкнення, а також сигнальні лампи, що відображають положення напірних засувок (відкрито/закрито). Тут же встановлено сигнальне реле та ключі керування насосами з фіксованими положеннями «Увімкнено» / «Вимкнено» і «Робота» / «Резерв».

Друга панель призначена для реалізації попереджувальної сигналізації, яка інформує про можливі відхилення або несправності в роботі насосної станції другого підйому.

На третій панелі зосереджені засоби аварійної сигналізації, включаючи сигнальне реле, що активується у разі виникнення аварійної ситуації. Передбачено контроль аварійного відключення електричних вводів і насосів, роботи витяжної вентиляції, рівня напруги в колах попереджувальної сигналізації, рівнів води в приймальних резервуарах, можливого підтоплення насосної станції, а також переповнення дренажного приямка. У випадку виявлення несправності спрацьовує відповідне реле, визначається її характер і формується сигнал для передачі в систему диспетчерського контролю водоочисної станції.

Четверта панель оснащена контрольно-вимірювальними приладами, що забезпечують відображення основних технологічних параметрів, зокрема рівнів води в резервуарах №1 і №2, тиску та витрати у водоводах №1 і №2 [8].

Насосна станція третього підйому (рисунок 2.7) аналогічна станції другого підйому [9].

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

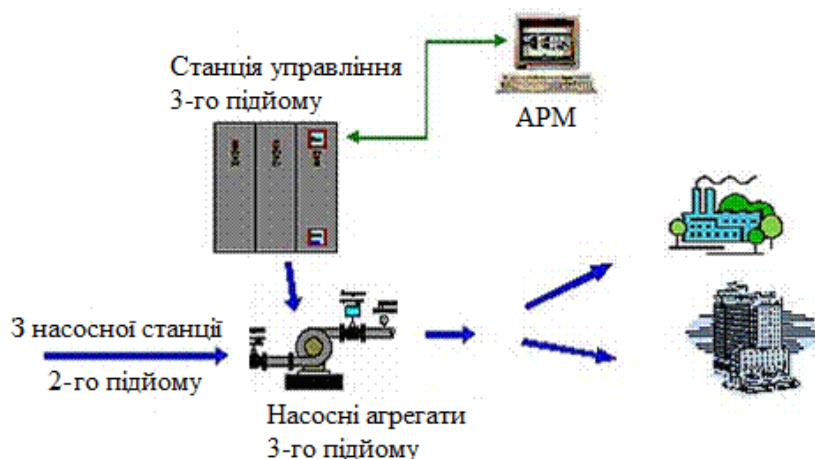


Рисунок 2.7 – Насосна станція третього підйому

На насосній станції третього підйому застосовується система керування насосними агрегатами потужністю до 300 кВт, призначена для регулювання подачі води споживачам шляхом оптимізації режимів роботи насосів питної води (НПВ). Передбачено можливість підключення одного з насосів (НПВ1–НПВ3) до частотного перетворювача, який у автоматичному режимі забезпечує підтримання заданого тиску у водоводі.

Використання частотного регулювання дає змогу відмовитися від роботи з частково відкритою засувкою, що, своєю чергою, сприяє суттєвому зниженню енергоспоживання.

2.3 Визначення функцій проектованої системи

Автоматизована система керування водозабором повинна забезпечувати виконання функцій регулювання [15] із використанням відповідних функціональних модулів.

Зокрема, модуль автоматизації свердловин (пристрій) призначений для моніторингу основних технологічних параметрів водопідйомної свердловини, таких як напруга живлення електродвигуна насоса, струм його навантаження, тиск у трубопроводі, а також для контролю режиму «сухого ходу», стану комутаційних елементів і дверей. Крім того, даний модуль

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

забезпечує керування насосним агрегатом, зокрема його вмикання та вимикання.

Інший модуль розрахований на експлуатацію в широкому діапазоні умов: за температур від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, відносній вологості до 98 % (за температури 25°C) та атмосферному тиску 80–106 кПа (630–800 мм рт. ст.). Він може бути складовою частиною систем автоматизації водопідйомних станцій, зокрема для реалізації диспетчерського контролю та централізованого керування групою віддалених об'єктів.

До складу автоматизованої системи управління водозабором також входять:

- блок логіки управління - сукупність комбінаційних схем, які на підставі інформації про заданий режим роботи та про поточний стан обладнання формують інформацію про наступний стан, що надходить на контролер;

- силовий блок - це сукупність виконавчих механізмів (ВМ), які отримують команди від контролера та інших силових елементів, що керують насосом водопідйомною станцією;

- зовнішні датчики, зокрема датчик мінімального та максимального тиску (манометр), а також датчик контролю «сухого ходу» (манометр). Додатково можуть встановлюватися температурні датчики, засоби охоронної сигналізації приміщення та інші допоміжні сенсори.

АСУ водозабором підтримує як автоматичний, так і ручний режими роботи [16]. В автоматичному режимі система здійснює безперервний контроль усіх технологічних параметрів і реалізує повний цикл функціонування без участі оператора. Інформація про стан об'єкта управління (ОУ), включаючи виконані дії, відхилення та аварійні ситуації, фіксується з часовою прив'язкою та відображається на рідкокристалічному дисплеї, розташованому на передній панелі пристрою.

У разі використання централізованої системи контролю дані з ОУ

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

передаються до диспетчерського пункту й візуалізуються на екрані персонального комп'ютера оператора. Передача інформації може здійснюватися як по дротових каналах, так і бездротовими засобами зв'язку (Wi-Fi). При цьому до однієї лінії зв'язку послідовно може бути підключено до 255 пристроїв.

У ручному режимі керування всі операції виконуються за допомогою органів управління, розміщених на передній панелі. За потреби система може бути додатково оснащена пристроєм плавного пуску електродвигуна, що сприяє зменшенню пускових навантажень і підвищенню ресурсу насосного обладнання.

2.4 Вибір параметрів контролю та регулювання

При досягненні максимального рівня води в резервуарах чистої води (РЧВ) або водонапірній вежі (ВНВ) насос на свердловині повинен відключатися, при досягненні мінімального рівня води - включатися. Сигнали на включення і відключення глибинного насоса повинні передаватися за сигналами датчиків рівня.

Система повинна автоматично відключати глибинний насос при:

- зниженні рівня води в свердловині нижче допустимого (захист від «сухого ходу»);

- несправності насоса;

- несправність електрообладнання.

Автоматичне повторне включення (АПВ) насосного агрегату після появи напруги живлення. Електричний захист від неповнофазного режиму; час - струмовий; максимально - струмовий.

Можливість управління насосним агрегатом - ручне (місцеве), автоматичне. Ступінь захисту обладнання IP 54.

Автоматизована система управління водозабором повинна ідентифікувати та сигналізувати про:

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- стан насосного агрегату (робочий, позаробочий);
- стан електрифікованих засувов (закрита, відкрита);
- індикація АПВ;
- наявність напруги в мережі (всіх фаз);
- наявність води в свердловині;
- відображення аварійних ситуацій, їх архівування протягом року;
- рівень води в РЧВ або ВНВ;
- інформація про перелив РЧВ (ВНВ);
- струм електродвигуна працюючого насоса;
- про несанкціоноване проникнення в будівлю;
- про зниження температури повітря в будівлях нижче, ніж 5°C;

2.5 Розробка структури системи автоматизованого керування водозабірною установкою

Найбільш економічним є такий режим роботи насосів, коли при змінних потребах споживачів тиск, що розвивається насосами відповідав би мінімально необхідному значенню та не перевищував його. Цього можна досягнути шляхом автоматичної зміни частоти обертання електродвигунів насосів за допомогою частотно-регульованих приводів (ЧРП).

Таким чином, основною метою створення автоматизованої системи управління стало:

- автоматична підтримка заданого тиску води в колекторі;
- створення найбільш економічного режиму роботи насосів за допомогою ЧРП;
- оперативний диспетчерський контроль ОУ та параметрів технологічного процесу;
- виявлення аварійних ситуацій та / або несправностей технологічного обладнання з видачею аварійно-попереджувальної сигналізації і з занесенням в журнал подій;

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- обробка аналогової і дискретної інформації по заданому алгоритму і формування необхідних сигналів для керування технологічним обладнанням;
- передача інформації про поточний стан ОУ, про параметри і стан технологічного процесу на верхній рівень (при роботі в складі автоматизованої системи управління (АСУ) технологічними процесами (ТП) підприємства).

Для забезпечення функції оперативного контролю та управління спроектовано систему, що складається з трьох рівнів: ІІІ рівня - нижнього, ІІ рівня - середнього та І рівня - верхнього (рисунок 2.8).

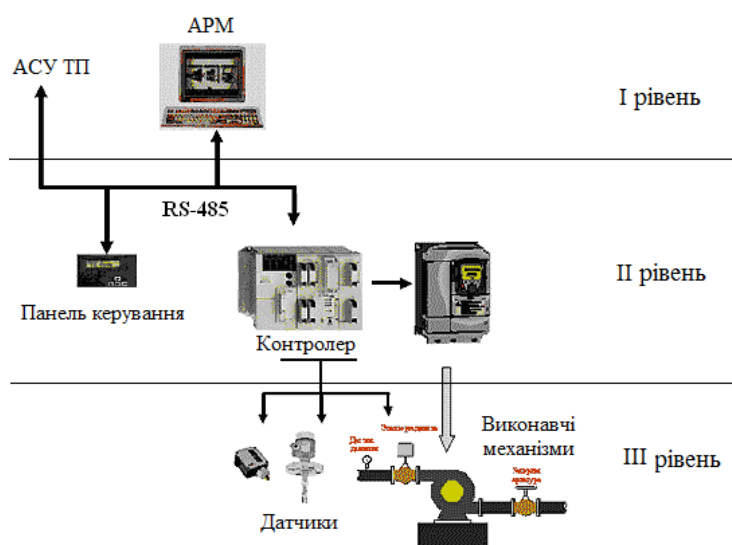


Рисунок 2.8 – Структура автоматизованої системи регулювання водозабірною установкою

Нижній рівень автоматизованої системи регулювання об'єкта автоматизації включає датчики та ВМ.

На нижньому рівні автоматизованої системи регулювання водозабірної установки реалізується комплекс базових функцій, зокрема:

- перетворення фізичних величин технологічного об'єкта в уніфіковані електричні сигнали, придатні для подальшої обробки в системі керування;
- зворотне перетворення уніфікованих сигналів автоматизованої системи в механічні та інші види керуючих впливів, що забезпечують регулювання перебігу технологічного процесу.

Основними компонентами середнього рівня автоматизованої системи регулювання об'єкта автоматизації є:

- модулі пристрою сполучення з об'єктом;
- програмований логічний контролер;
- програмне забезпечення контролера;

На середньому рівні автоматизованої системи регулювання водозабірної установки реалізується обробка та аналіз інформації, а також формування керуючих впливів. Зокрема, на цьому рівні виконуються такі функції:

- збирання та оброблення сигналів, що надходять від первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків);
- виявлення відхилень ТП ОУ від установлених нормативних значень;
- формування сигналів аварійного захисту та блокування роботи технологічного обладнання у разі порушення заданих уставок;
- обчислення та формування керуючих електричних сигналів для виконавчих механізмів (ВМ) і технологічних агрегатів з метою реалізації алгоритмів програмно-логічного керування та стабілізації параметрів процесу;
- забезпечення сигналізації при досягненні критичних значень контрольованих параметрів;
- організація обміну даними між пристроєм зв'язку з об'єктом (ПЗО), ПЛК та верхнім рівнем АСУ ТП;
- виконання функцій автоматичної самодіагностики, а також діагностики елементів нижнього рівня системи.

Основні компоненти верхнього рівня автоматизованої системи регулювання об'єкта автоматизації це робоча станція, автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, апаратні засоби для забезпечення обміну даними з контролерами, ПЗО.

На верхньому рівні автоматизованої системи регулювання водозабірної

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

установки реалізуються функції загального контролю, адміністрування та аналітичної обробки даних. Зокрема, на цьому рівні вирішуються такі завдання:

- проведення діагностики підсистем середнього та верхнього рівнів;
- налаштування і конфігурування контролерів, мереж передачі даних та вимірювальних каналів;
- накопичення та ведення архівів змін параметрів контролю і регулювання;
- формування звітної документації за запитами оператора.

2.6 Вибір технічних засобів автоматизації

2.6.1 Технічні засоби автоматизації нижнього рівня

До складу нижнього рівня автоматизованої системи входять такі групи технічних засобів автоматизації (ТЗА)

- системи вимірювання тиску.
- системи вимірювання витрати;
- частотні перетворювачі

Основними критеріями для вибору системи вимірювання тиску є:

- діапазон вимірювань - 0 ... 5,5 кг / см² (0 ... 550 кПа);
- межа похибки вимірювання - не більше 1%;
- вихідний уніфікований сигнал - бажано 4-20мА;
- середній термін служби.

Для обґрунтованого вибору засобів вимірювання тиску проведемо порівняльний аналіз датчиків тиску наступних виробників: ПД-1І виробництва ЗАТ «Автоматика», Метран-43-ДІ 3156-МП компанії ПП «Метран» та АІР-20-ДІ 130 фірми «Елемер».

Основні технічні характеристики розглянутих датчиків наведені в таблиці 2.4 [17-19].

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.4 – Технічні дані датчиків тиску

Назва	Діапазон вимірювання, кПа	Межа похибки вимірювань, $\pm\gamma$, %	Вихідний уніфікований сигнал, мА	Середній термін служби, рік
ПД-ІІ	700	0,5	4-20	—
Метран-43-ДІ 3156-МП	700	0,64	4-20	10
АІР-20-ДІ 130	1000	1	4-20	12

Аналізуючи наведені в таблиці 2.4 дані, можна зробити висновок, що датчик виробництва фірми «Елемер» доцільно виключити з подальшого розгляду, оскільки його діапазон вимірювання значно перевищує необхідні значення для даної системи.

Датчик ЗАТ «Автоматика» за своїми технічними характеристиками є співставним із датчиком ПГ «Метран» і навіть має кращу точність вимірювання. Проте датчик Метран-43-ДІ 3156-МП характеризується більшим середнім терміном служби (до 12 років), що є суттєвою перевагою при виборі засобу вимірювання.

Датчик тиску Метран-43-ДІ 3156-МП показаний на рисунку 2.9 [18].



Рисунок 2.9 - Датчик тиску Метран-43-ДІ 3156-МП

Критеріями вибору компонентів системи вимірювання витрат є:

- діапазон вимірювань - 0 ... 500 м³ / год;
- межа похибки вимірювання - не більше 5%;

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

- вихідний уніфікований сигнал - 4-20мА.

Для обґрунтування вибору проведемо порівняльний аналіз витратомірів: «Днепр 7» (ТОВ «Днепр»), Метран-300-ПР-25 (ПГ «Метран») та UFM 005-25 (фірма «Теплоприбор»). Основні технічні характеристики зазначених приладів наведені в таблиці 2.5 [14, 18, 20].

У витратомірах виробництва ТОВ «Днепр» та фірми «Теплоприбор» використовується ультразвуковий принцип вимірювання витрати, тоді як у приладі ПГ «Метран» реалізовано вихрово-акустичний метод. Перевагою ультразвукових витратомірів є відсутність конструктивних елементів, що перекривають потік, а також гладка внутрішня поверхня вимірювального каналу. З огляду на це, витратомір Метран-300-ПР-25 не розглядається для подальшого застосування.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики витратомірів

Назва	Діапазон вимірювання, кПа	Межа похибки вимірювань, $\pm\gamma$, %	Вихідний уніфікований сигнал, мА	Середній термін служби, рік
Днепр 7	0...550	4	4-20	12
Метран-300-ПР-25	1...500	3	4-20	12
UFM 005-25	0...800	5	0-5	—

Аналіз технічних характеристик, наведених у таблиці 2.5, показує, що витратомір UFM 005-25 фірми «Теплоприбор» також недоцільно використовувати, оскільки його діапазон вимірювання перевищує необхідні значення.

Таким чином, для подальшого використання обирається витратомір «Днепр 7», зображений на рисунку 2.10.

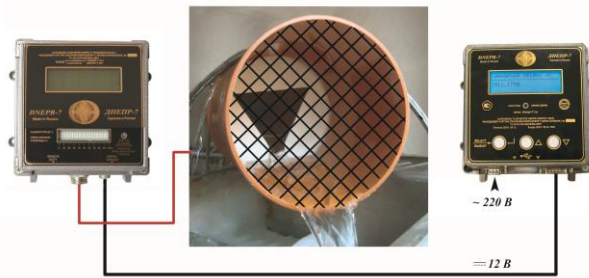


Рисунок 2.10 - Датчики витрати Днепр 7

До частотних перетворювачів, що застосовуються в системі, висуваються наступні вимоги: діапазон потужності - 0...200 кВт; допустима похибка - не більше 1%; наявність уніфікованого вихідного сигналу, бажано 4–20 мА; а також достатній середній термін експлуатації.

З метою обґрунтованого вибору проведено порівняльний аналіз частотних перетворювачів таких виробників: «Siemens» (Micromaster 430), «Hitachi» (L300P) та «Keb» (Combivert F5-M). Основні технічні характеристики зазначених пристроїв наведені в таблиці 2.6 [21-23].

Таблиця 2.6 - Технічні дані частотних перетворювачів

Назва	Діапазон вимірювання, кПа	Межа похибки вимірювань, $\pm\gamma$, %	Вихідний уніфікований сигнал, мА	Середній термін служби, рік
Micromaster 430	7,5...250	-10...+50	4-20	12
L300P	1,5...250	-10...+40	4-20	-
Combivert F5-M	0,37...315	-10...+45	4-20	10

Частотний перетворювач «Keb» Combivert F5-M доцільно виключити з подальшого розгляду, оскільки його робочий діапазон значно перевищує необхідні значення для даної системи.

Порівняння перетворювачів «Hitachi» L300P та «Siemens» Micromaster 430 показує, що їх технічні характеристики є близькими, однак останній має більший середній термін служби (на 2 роки більше), що визначає його

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

перевагу при виборі.

Отже, для подальшого використання обирається частотний перетворювач Micromaster 430, який наведений на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 - Частотний перетворювач Micromaster 430

2.6.2 Технічні засоби автоматизації середнього рівня

До складу ТЗА середнього рівня АСУ ТП входять: модулі дискретного виведення, ПЛК, програмне забезпечення контролера, а також технологічні мережі.

Технічні засоби автоматизації повинні функціонувати під керуванням програмного забезпечення, яке включає набір стандартних процедур і функцій, передбачених виробником, та забезпечує необхідні можливості для реалізації поставлених задач. Як правило, більшість сучасних пристроїв мають подібний функціонал. Основні відмінності між ними полягають у кількості входів і виходів, точності та розрядності аналого-цифрових перетворювачів, а також в архітектурних і конструктивних особливостях.

Крім того, ТЗА повинні забезпечувати просте та надійне інтегрування у складі АСУ ТП, мати надійні фізичні з'єднання, а також зрозуміле та узгоджене програмне забезпечення без конфліктів.

Для обґрунтування вибору розглянуто програмовані логічні контролери SIMATIC S7-200 та DeCont-182 [24-26]. Аналіз технічних характеристик показує, що ці контролери мають близькі параметри, однак вартість системи, побудованої на базі DeCont-182, є вищою порівняно з системою на основі

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

SIMATIC S7-200.

Разом з тим, за показниками надійності контролер SIMATIC S7-200 поступається DeCont-182. Оскільки для АСУ ТП одним із ключових критеріїв є забезпечення високої надійності, доцільно обрати контролер DeCont-182 (рисунок 2.12) [31].

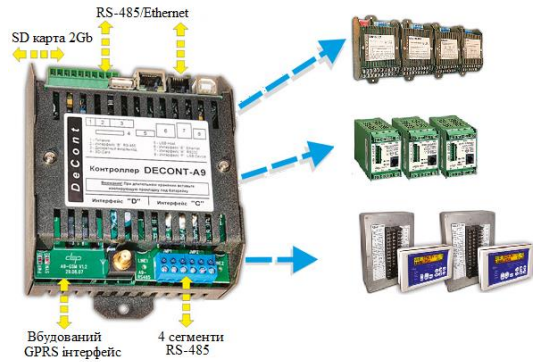


Рисунок 2.12 – Контролер DeCont-182

Комплекс ТЗА реалізовано на базі обладнання ДЕП; він відзначається простотою конструктивного виконання та не потребує застосування додаткових технічних пристроїв (рисунок 2.13) [31].

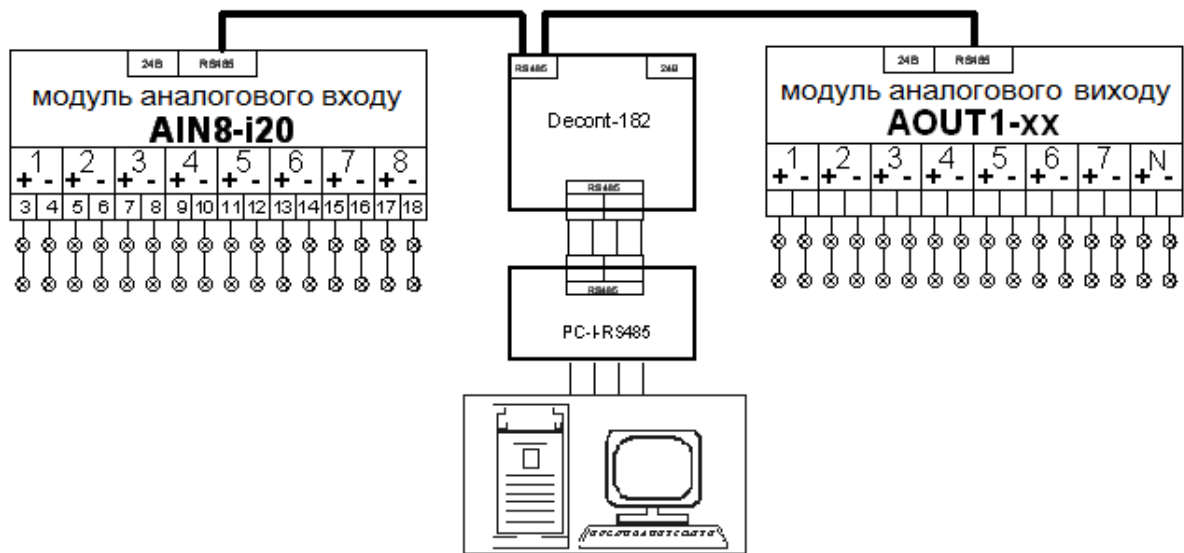


Рисунок 2.13 - Мережева архітектура модулів з контролером

Наявність ПЛК забезпечує автономність функціонування системи, роблячи її незалежною від верхнього рівня АСУ ТП. Крім того, його

використання сприяє формуванню більш зрозумілої та структурованої мережевої архітектури комплексу технічних засобів автоматизації.

Підключення контролера DeCont-182 до персонального комп'ютера здійснюється за допомогою адаптера RS485 PC-I-RS485, який виконує перетворення сигналів інтерфейсу RS485 у формат RS232 і використовується для з'єднання мережевого шлейфа SYNET із комунікаційним портом ПК. Адаптер оснащений вбудованим джерелом живлення від мережі 220 В, має роз'єм RS232 типу DB9, сумісний із відповідним портом комп'ютера через подовжувальний кабель, а також роз'ємний клемник для підключення інтерфейсу RS485.

Обмін даними на каналному рівні здійснюється відповідно до міжнародного стандарту ISO/IEC 7809:1993 (HDLC), що забезпечує надійну передачу інформації в мережі.

Основні технічні характеристики контролера DeCont-182 наведені в таблиці 2.7 [25].

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики контролера DeCont-182

Робочий діапазон температури	від - 40 до + 70°C
Вологість	5 ... 95%
Живлення: версія V6.1 і молодше 24	(22 ... 26) В
версія V7.1 і старше 24	(9 ... 30) В
Струм споживання при напрузі живлення 24В	75 мА
Тактова частота основного процесора	30 МГц
Ємність ПЗУ (на основі FLASH)	512 К
Ємність ОЗП	512 К
Збереження даних без живлення в ОЗП і ведення часу, при нормальних умовах, сумарно (не менше)	2

Модулі введення АІN8-і20 та виведення АОUТ1-20 комплексу DeCont являють собою локальні мікропроцесорні пристрої зв'язку з об'єктом, які виконують первинну обробку сигналів від датчиків як безперервного, так і

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

дискретного типу, а також формують керуючі впливи для виконавчих механізмів (ВМ) [25]. Кожен із модулів оснащений інтерфейсом RS-485 для підключення до технологічної мережі.

У конструкції модулів передбачено індивідуальну гальванічну розв'язку для кожного каналу, включаючи інтерфейс RS-485, що підвищує завадостійкість і надійність роботи системи. Живлення пристроїв здійснюється нестабілізованою напругою постійного струму в діапазоні 9–30 В. Реалізація алгоритмів керування покладена на контролер DeCont-182.

Технічні характеристики модулів введення AIN8-i20 та виведення AOUT1-20 наведені в таблицях 2.8 та 2.9 [25].

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики модуля AIN8-i20

Кількість каналів аналогового введення	8
Напруга живлення	24 (9 ... 30) В
Струм споживання при напрузі живлення 24В	80 мА
Межа допустимої похибки	0,25%
Додаткова похибка температури	на кожні 10 °С 0,1 %
Вхідний опір для режимів	0 - 10 V ... 100 кОм
	- 5 мА ... 400 Ом
	- 20 мА ... 100 Ом
Граничні рівні сигналів	0 - 10 V ... ± 150 В
	0 - 5 мА ... 13 мА
	0 - 20мА ... 50 мА

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики модуля AOUT1-20

Напруга живлення	24 (9 ... 30) В
Струм споживання при напрузі живлення 24В	70 мА
Розрядність ЦАП	12 бит
Межа допустимої похибки	0,1%
Додаткова похибка температури	на кожні 10 °С 0,05 %

Для взаємодії контролера DeCont-182 з модулями ПЗО використовується локальна технологічна мережа на основі фізичного інтерфейсу RS-485. Модулі в мережі пасивні, будь-який обмін даними ініціюється оператором мережі (DeCont-182) [25]. Оператор передає модулям параметри налаштування, команди управління та зчитує поточні дані.

2.6.3 Засоби автоматизації верхнього рівня

До верхнього рівня АСУ ТП належать АРМ оператора та база даних, до яких висуваються відповідні апаратні вимоги.

Основними вимогами є:

- відповідність мінімальній конфігурації обчислювальної техніки АРМ;
- типова конфігурація робочого місця диспетчера: процесор типу Pentium IV з тактовою частотою 3000 МГц, оперативна пам'ять обсягом 1024 МБ, вільний дисковий простір не менше 100 ГБ, джерело безперебійного живлення Smart UPS потужністю 1000 VA і більше;
- сервер бази даних: процесор Pentium IV 3500 МГц, оперативна пам'ять 2048 МБ, вільний дисковий простір не менше 4 ТБ, а також джерело безперебійного живлення потужністю від 1000 VA.

Для організації зберігання даних використовується сервер InterBase під керуванням операційних систем Windows 2000/XP, який забезпечує можливість накопичення значних обсягів інформації (до кількох терабайтів). Структура бази даних дозволяє зберігати повну інформацію про процес обміну даними щонайменше за три роки функціонування диспетчерського пункту, а також узагальнені аналітичні дані за триваліший період.

Програмне забезпечення АРМ реалізується на базі SCADA-системи, яка є ефективним інструментом для моніторингу, аналізу та керування технологічним процесом. Система розроблена з урахуванням зручності використання для операторів різного рівня підготовки, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та є простою в освоєнні. Завдяки розвиненій мережевій архітектурі SCADA-система забезпечує можливість масштабування, а також

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

гнучкого налаштування під конкретний технологічний процес шляхом комбінування необхідних функціональних модулів.

SCADA-система включає наступні складові:

Серверні модулі:

- сервер доступу до даних (СДД);
- інтерфейсні модулі доступу до даних;
- конфігуратор сервера доступу до даних.

Клієнтські модулі:

- модуль візуалізації технологічного процесу;
- модуль перегляду архівних даних;
- модуль формування звітності;
- модуль звукової сигналізації.

СДД виконує функції збору, обробки та накопичення інформації, ведення бази даних, аналізу даних, а також формування і передачі керуючих впливів. Зберігання інформації здійснюється у вигляді SQL-бази даних під управлінням сервера InterBase.

Інтерфейсні модулі забезпечують взаємодію із джерелами даних, тоді як конфігуратор СДД надає уніфікований інтерфейс (рисунк 2.14) для налаштування параметрів системи, зокрема формування переліку опитуваних пристроїв, створення тегів та встановлення параметрів опитування.

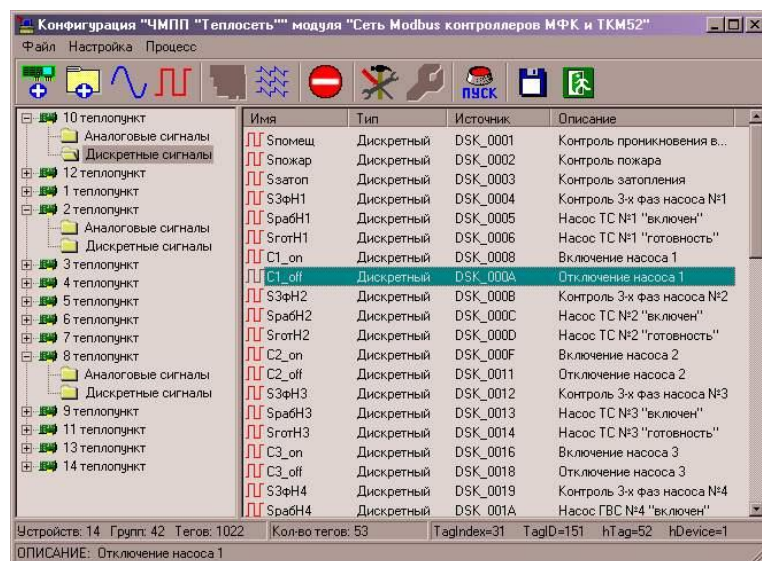


Рисунок 2.14 - Конфігуратор сервера доступу до даних

Модуль візуалізації технологічного процесу (рисунк 2.15) є основним засобом оперативного відображення поточних параметрів ТП, а також ключовим інструментом керування технологічними процесами.

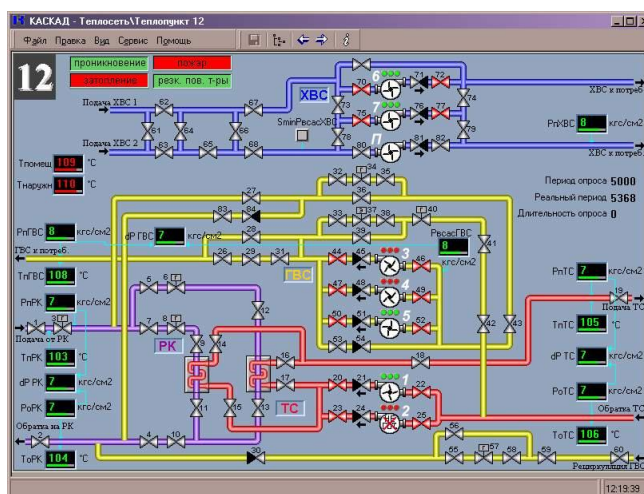


Рисунок 2.15 - Модуль візуалізації ТП

Інформація подається у вигляді панелей мнемосхем, де кожна панель може відображати дані у найбільш зручній для сприйняття та аналізу формі: текстовій, графічній (растрові або векторні зображення), у вигляді анімації, відеофрагментів, трендів, гістограм тощо. При цьому різні способи представлення інформації можуть поєднуватися між собою у довільних комбінаціях. Навігація між мнемосхемами є простою та інтуїтивно зрозумілою. Налаштування мнемосхем здійснюється за допомогою вбудованого редактора.

Модуль перегляду історичних даних технологічного процесу (рисунк 2.16) є ефективним інструментом для аналізу динаміки ТП шляхом візуалізації архівних даних у графічній формі. Інформація може відображатися як у двовимірному, так і у тривимірному вигляді, в абсолютних значеннях (з урахуванням одиниць вимірювання) або у відносних величинах (у відсотках).

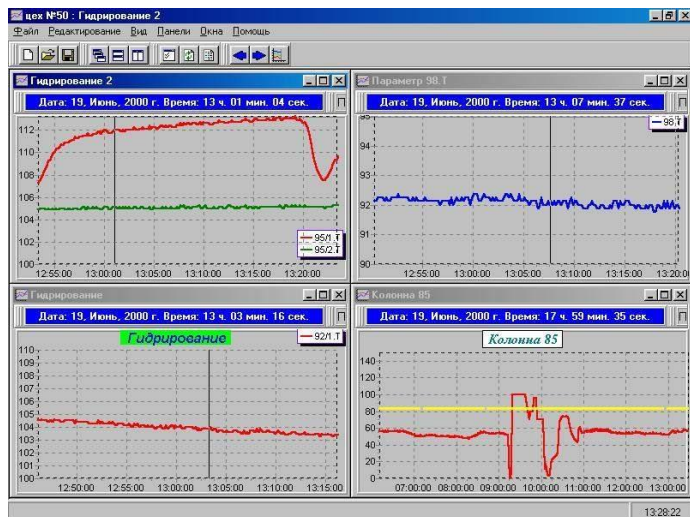


Рисунок 2.16 - Модуль перегляду історичних даних ТП

Передбачено можливість одночасного перегляду як архівних, так і поточних даних (режим спостереження). Дані при цьому організовуються у вигляді панелей передісторії, які можуть функціонувати як незалежно одна від одної, так і синхронно. Додавання або видалення графіків здійснюється оперативно, як і зміна масштабу відображення. Кількість панелей і графіків, що можуть відображатися одночасно, не обмежується та визначається з урахуванням зручності сприйняття інформації оператором.

Модуль формування звітної документації (рисунок 2.17) призначений для створення звітів за довільні проміжки часу, ведення змінної та наскрізної документації, а також виконання аналізу технологічних даних.

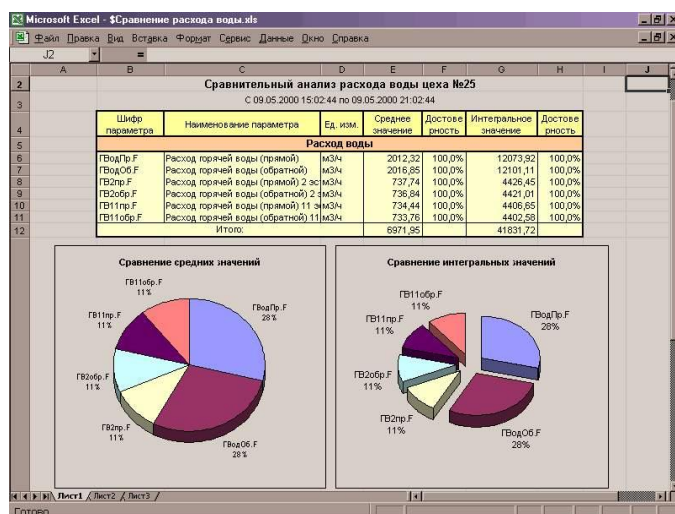


Рисунок 2.17 - Модуль формування звітної документації

Формування звітів здійснюється у середовищі Microsoft Excel, що надає користувачеві широкі можливості для налаштування вигляду вихідних документів із використанням вбудованих інструментів програми. Це також забезпечує можливість подальшого використання сформованих звітів без необхідності додаткової обробки чи конвертації. Структура документа налаштовується один раз і зберігається у вигляді шаблону, який у подальшому може бути використаний для автоматичного формування звітів за будь-який вибраний момент або період часу.

Модуль звукової сигналізації призначений для контролю відповідності параметрів технологічного процесу встановленим режимам роботи. У випадку виникнення аварійної ситуації здійснюється оповіщення оператора шляхом відтворення звукових сигналів або повідомлень. Завдяки гнучким налаштуванням модуль може також використовуватись для супроводу технологічного процесу голосовими повідомленнями. Звукові сигнали можуть формуватися з кількох елементів та відтворюватися циклічно.

Місце виникнення аварійної ситуації відображається у модулі візуалізації, що дає можливість оперативно реагувати та вживати необхідні заходи. Для кожного контрольованого параметра встановлюється відповідний пріоритет, що забезпечує першочергову обробку найбільш важливих сигналів.

Модулі системи функціонують автономно, що дозволяє одночасно виконувати кілька задач, зокрема формування звітів, аналіз архівних даних та моніторинг поточного стану технологічного процесу.

Для забезпечення розмежування доступу до інформації реалізовано систему автентифікації користувачів із використанням логінів і паролів. Кожному користувачеві надаються індивідуальні права доступу, які визначають можливість запуску додатків, перегляду даних та внесення змін до налаштувань системи.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. СИНТЕЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОДОЗАБІРНОЮ СТАНЦІЄЮ

3.1 Математичний опис об'єкта управління

На насосній станції третього підйому необхідно забезпечити стабілізацію вихідного тиску, який не повинен перевищувати заданих меж або знижуватися нижче допустимого рівня внаслідок нерівномірного водоспоживання протягом часу.

У зв'язку з цим доцільно розглянути контур регулювання [26], у якому швидкість обертання електродвигуна змінюється залежно від значення вихідного тиску. Розроблена система автоматичного регулювання тиску може бути подана у вигляді структурної схеми, наведеної на рисунку 3.1.

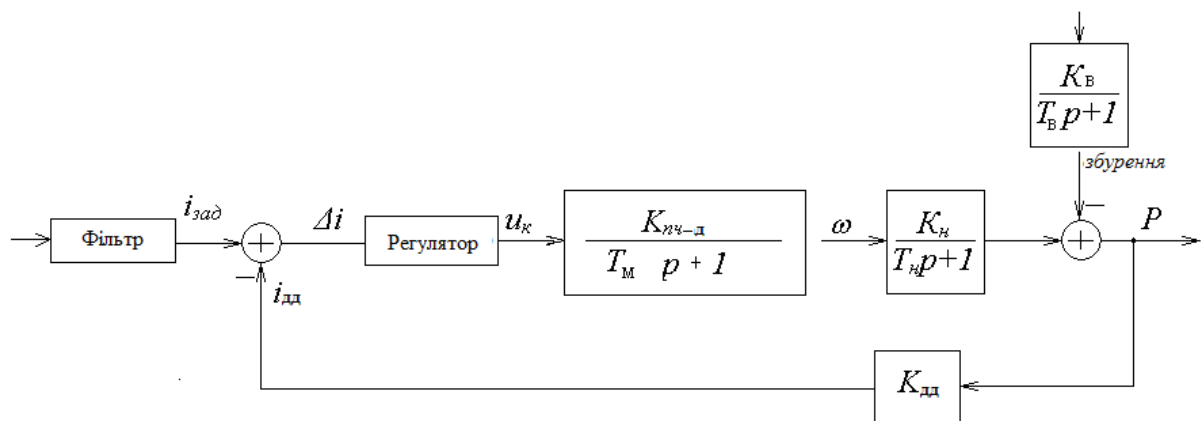


Рисунок 3.1 - Схема автоматичного регулювання тиску

На схемі автоматичного регулювання тиску:

$i_{зад}$ — сигнал заданого тиску;

P - тиск в трубопроводі;

$i_{дт}$ - сигнал зворотного зв'язку з датчика тиску;

Δi - відхилення поточного значення від заданого;

$u_к$ - сигнал управління по напрузі на перетворювач частоти;

$K_{пч-д}$ - коефіцієнт передачі перетворювача частоти-двигуна;

$T_м$ - постійна часу перетворювача частоти-двигуна;

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

ω - швидкість двигуна насосу;

K_n - коефіцієнт передачі насоса;

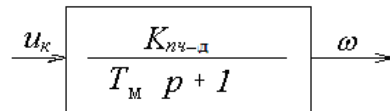
T_n - постійна часу насоса;

$K_{дт}$ - коефіцієнт передачі датчика тиску.

K_b - коефіцієнт передачі збурюючого впливу.

Кожен елемент системи це аперіодична ланка. Розглянемо кожен з них окремо.

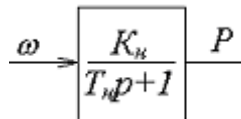
Перетворювач частоти-двигун:



$$K_{пч-д} = \frac{\omega}{U_k} = 50, \quad W_{пч-д} = \frac{50}{0,01p + 1},$$

$T_m = 0,01$ зважаючи на високу швидкість спрацьовування.

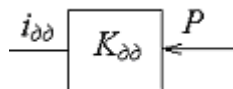
Насос перетворює циклічну частоту двигуна в тиск:



$$K_n = \frac{P}{\omega} = 0,6, \quad W_n = \frac{0,6}{p + 1},$$

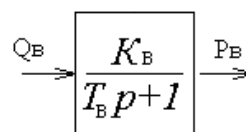
$T_m = 1$ - час розгону насоса.

Датчик тиску перетворює тиск в струмовий сигнал:



$$K_{дд} = \frac{i_{дд}}{P} = 0,03.$$

Збурюючий вплив:



					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

$$K_{\epsilon} = \frac{P_{\epsilon}}{Q_{\epsilon}} = 1.11, \quad W_{\epsilon} = \frac{1.11}{p+1} = 1.11.$$

Розрахувавши перераховані параметри ланок структурної схеми, проведемо моделювання в спеціалізованому програмному пакеті візуального моделювання MatLab Simulink. Результат представлений на рисунку 3.1.

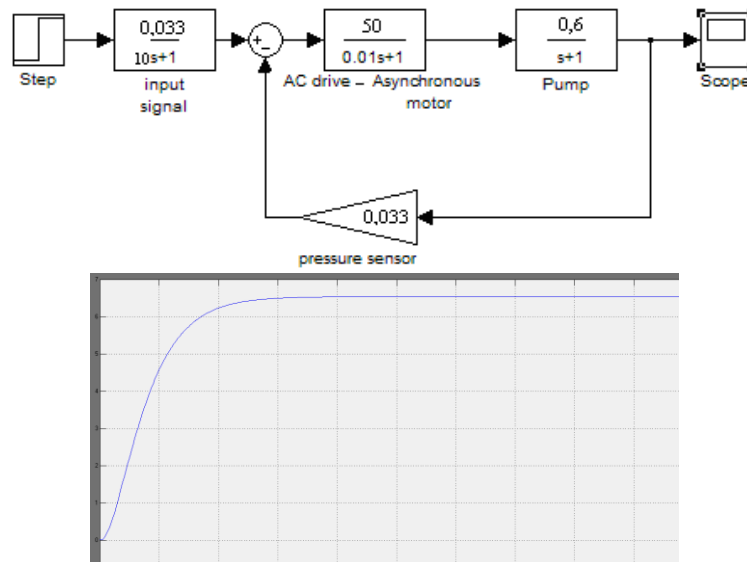


Рисунок 3.2 - Моделювання системи управління без регулятора і збурюючих впливів

Проведемо моделювання із зовнішнім збурюючим впливом за допомогою відкриття відсічного клапана (рисунок 3.3).

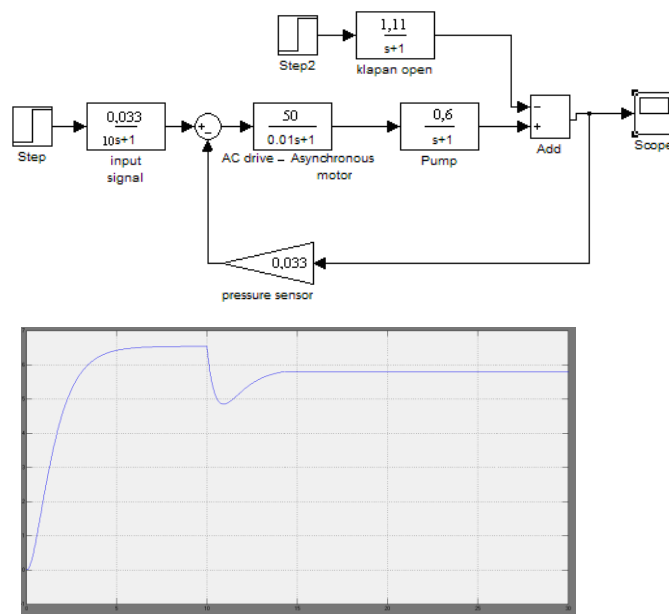


Рисунок 3.3 - Моделювання системи управління зі збурюючим впливом

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

У момент відкриття клапана спостерігається різке зниження тиску, після чого система переходить у новий усталений режим із меншим значенням цього параметра.

Завершальним етапом є моделювання системи керування із застосуванням регулятора тиску, призначеного для компенсації збурювальних впливів. Для цього доцільно використати ПІ-регулятор, який поєднує пропорційну та інтегральну складові й характеризується покращеними динамічними властивостями: пропорційна частина підвищує якість перехідного процесу, тоді як інтегральна забезпечує зменшення статичної похибки, тобто підвищує точність регулювання.

Як критерій якості приймається бажана передавальна функція розімкнутого контуру. Для даної системи доцільно застосовувати налаштування за технічним оптимумом, при якому бажана передавальна функція розімкнутого контуру подається у відповідному аналітичному вигляді:

$$W_{p, \text{жел}}(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p \cdot (T_{\mu} p + 1)},$$

Передавальна функція оптимального регулятора матиме вигляд:

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{W_{p, \text{жел}}(p)}{W_{\text{оу}}(p) \cdot W_{\text{оз}}(p)},$$

де $W_{\text{оу}}(p)$ - передавальна функція об'єкта управління; $W_{\text{зз}}(p)$ - передавальна функція ланки зворотного зв'язку; $W_{p, \text{баж}}(p)$ - бажана передавальна функція розімкнутого контуру.

$$W_{\text{оаа}}(p) = \frac{\frac{1}{2T_1} \frac{p \cdot (T_1 p + 1)}{K_{I \times \text{А}}}}{\frac{K_I}{(T_1 p + 1)} \cdot K_{\text{аа}}} = \frac{(T_1 p + 1)}{2T_1 K_{I \times \text{А}} K_I K_{\text{аа}} p} = \frac{4p + 1}{0,02p}$$

В результаті синтезу була отримана передавальна функція ПІ-регулятора. У загальному вигляді передавальна функція ПІ-регулятора виглядає наступним чином:

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W_{PI} = K_{\Pi} + \frac{K_I}{p} = \frac{K_{\Pi} p + K_I}{p} = \frac{\frac{K_{\Pi}}{K_I} p + 1}{K_I p},$$

де K_{Π} - коефіцієнт пропорційної частини; K_I - коефіцієнт загальної частини, які необхідно обчислити для побудови регулятора в реальній системі регулювання тиску.

Проведено моделювання системи з ПІ-регулятором з урахуванням дії збурювальних впливів. Результати наведено на рисунку 3.4.

Аналіз отриманих характеристик свідчить, що система оперативно реагує на збурення та повертається до початкового усталеного стану із забезпеченням заданих показників якості. Це підтверджує коректність виконаного синтезу ПІ-регулятора.

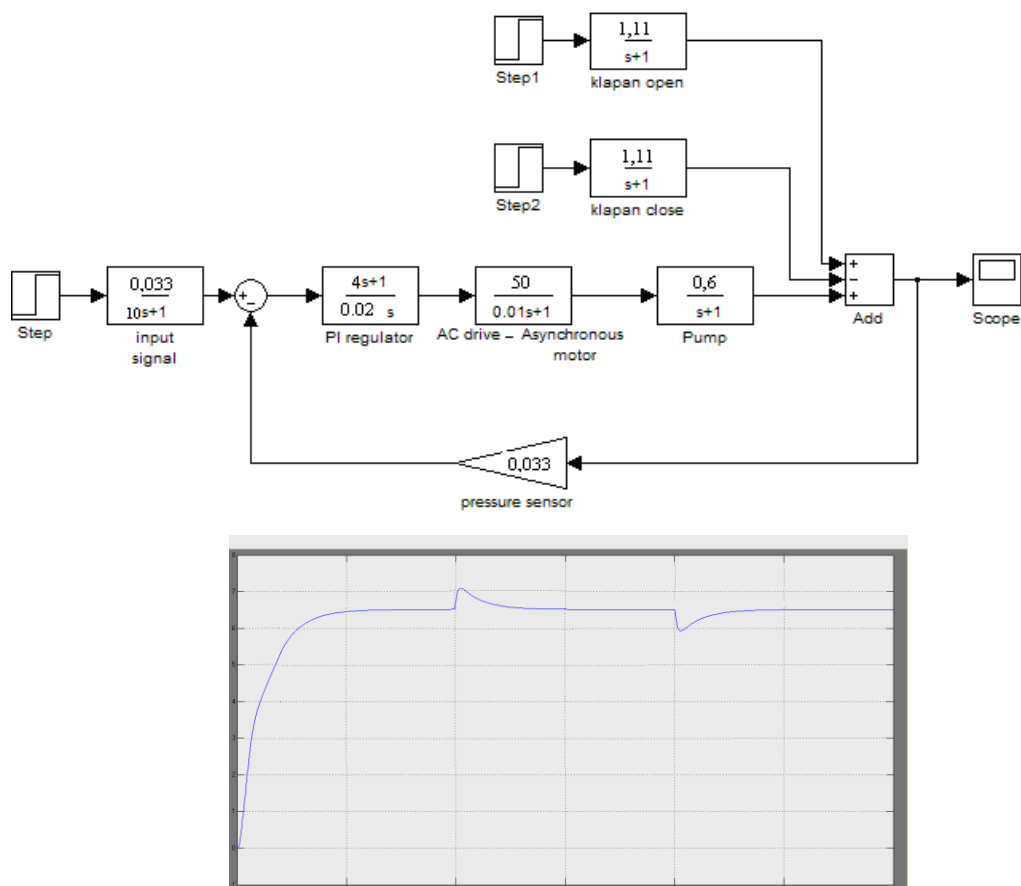


Рисунок 3.4 - Моделювання системи управління зі збурюючими впливами і ПІ-регулятором

3.2 Режими роботи системи автоматизованого регулювання водозабірною установкою

До складу системи автоматизованого регулювання водозабірною установкою входять:

- 4 насоси, які розбиті на дві групи - основні та додаткові;
- частотний перетворювач Micromaster 430 фірми Siemens - комутується з одним з основних насосів;
- програмований логічний мікроконтролер DeCont-182 фірми ДЕК- збирає інформацію з датчиків здійснює управління технологічним обладнанням і регулює тиск;
- панель PanelView 550 фірми Allen-Bradley - відображає поточні параметри системи, аварійні повідомлення, передісторію подій, звіт з напруцювання, здійснює введення команд оператора.

У роботі автоматизованої системи передбачено два режими функціонування насосного обладнання: штатний і автоматичний.

У штатному режимі керування насосами здійснюється за допомогою наявних контакторів і кнопок постів, тобто зберігається традиційна схема управління.

В автоматичному режимі контроль роботи насосів і засувки виконується мікроконтролером. Підтримання необхідного тиску води в колекторі забезпечується одним із основних насосів, оснащеним частотно-регульованим приводом. Залежно від сигналу, що надходить з аналогового датчика тиску, привід змінює частоту обертання електродвигуна, тим самим регулюючи подачу.

У разі досягнення основним насосом максимальної швидкості обертання та подальшого зниження тиску система ініціює плавний пуск додаткового насоса з обмеженням пускових струмів і зменшенням гідродинамічних навантажень. Після введення додаткового агрегата в роботу точне регулювання тиску продовжує здійснювати основний насос.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

При зростанні тиску, зумовленому зменшенням водоспоживання, система формує команду на відключення додаткового насоса та знижує частоту обертання електродвигуна основного насоса до мінімально необхідного рівня.

Уставка тиску в колекторі автоматично коригується залежно від часу доби. Передбачено три режими налаштування: нічний, денний і вечірній. Крім того, система враховує відмінності між робочими та вихідними днями, забезпечуючи підтримання різних рівнів тиску та плавний перехід між заданими значеннями.

У разі виникнення несправностей насосного обладнання або засувки, а також при досягненні граничних значень тиску на виході, система автоматично відключає аварійний насос, вводить у роботу резервний агрегат і продовжує функціонування на справному обладнанні до моменту втручання оператора.

Через панель PanelView оператор може змінювати:

- режим роботи системи - автоматичний / штатний;
- готовність до пуску насосів - готовий / не готовий;
- вибір основних і додаткових насосів;
- налаштування тиску води в колекторі.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

ВИСНОВКИ

У даній роботі розроблено систему автоматизованого регулювання водозабірної установки, яка забезпечує стабілізацію тиску у водопровідній мережі, підвищення надійності роботи насосного обладнання, збільшення міжремонтного періоду експлуатації агрегатів, а також зменшення витрат електричної енергії.

У процесі виконання роботи проведено аналіз систем водопостачання та їх основних елементів, а також розглянуто класифікацію систем водопостачання за різними ознаками. Досліджено технологічний процес водозабору та проаналізовано особливості споруд для забору як поверхневих, так і підземних вод. Визначено їх основні переваги та недоліки. На основі проведеного аналізу встановлено, що для розроблення системи автоматизованого керування доцільно використовувати водопровід змішаного водоживлення.

У роботі виконано аналіз технологічного процесу водозабору як об'єкта автоматизації, визначено основні параметри контролю та регулювання, зокрема тиск, витрату та рівень води. Встановлено, що одним із головних завдань системи керування є підтримання стабільного вихідного тиску в умовах нерівномірного водоспоживання.

Розроблено структуру автоматизованої системи керування водозабірною установкою, яка має трирівневу архітектуру та включає польовий рівень (датчики та виконавчі механізми), середній рівень (програмований логічний контролер) і верхній рівень (SCADA-систему та автоматизоване робоче місце оператора). Проведено обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації для кожного рівня системи.

У процесі роботи виконано синтез системи автоматичного керування водозабірною установкою. Розроблено контур регулювання швидкості електродвигуна насосного агрегату залежно від значення вихідного тиску. Проведено визначення передавальної функції розімкненого контуру та

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

виконано моделювання системи у середовищі MATLAB Simulink із застосуванням ПІ-регулятора та збурюючих впливів.

Результати моделювання показали, що розроблена система забезпечує швидке реагування на збурення та повернення до стійкого режиму роботи з необхідними показниками якості регулювання. Це підтверджує правильність синтезу ПІ-регулятора та ефективність запропонованої структури системи автоматизованого керування.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Чинний від 2014–10-23. – Київ, 2015. – 56 с.
2. Про Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2011–2020 роки : Закон України від 03.03.2005 № 2455-IV. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2455-15>
3. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 115 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – Київ : Вища школа, 2005. – 674 с.
5. Тугай А. М. Водопостачання / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с.
6. Орлов В. О. Технологія підготовки питної води : навч. посібник / В. О. Орлов, А. М. Орлова, В. О. Зошук. – Рівне : НУВГП, 2010. – 176 с.
7. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.:Кондор, 2003. – 288 с.
8. Запольський А.К. Водопостачання / А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М., Астрелін М.Т. Брик, П.І., Гвоздяк Т.В. Князькова. – К.: Лібра, 2005. – 538 с.
9. Чобан А.Ф. Водопостачання, водовідведення та поліпшення якості води: Конспект лекцій / А.Ф.Чобан, О.С.Лявинець. – Чернівці: Рута, 2008. – 84. с.
10. Кравченко В.С. Водопостачання і каналізація. К.: ЦНЛ, 2006.- 270 с.
11. Насос типу «Д». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nasosenergo.com.ua/>
12. Дренажний насос. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://f.ua>

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

13. Насос АНС-130. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nasossng.com.ua>

14. ТОВ «Днепр». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dnepro-ukr.com.ua>

15. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого керування (інтегровані автоматизовані системи керування): Навчальний посібник. / В.Г. Трегуб– К.: НУХТ, 2005.– 191 с.

16. Проць Я. І. Автоматизація виробничих процесів. / Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О. Л. Ляшук. - 2011. - 344 с.

17. ЗАТ «Автоматика». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ua-region.com.ua/>

18. ПГ «Метран» [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://energobelarus.by/company/izmeritelnye_pribory/metran_pg_zao/

19. «Елемер» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://elcom.ua>

20. «Теплоприбор» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://satu.kz/>

21. «Siemens» - Micromaster 430. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/13064312/430_PLI_en_0802.pdf

22. «Hitachi» - L300P. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.vfds.com/manuals/hitachi-l300p-manual.pdf>

23. «Keb» - Combivert F5-M. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.keb.com.tw/Files/Other/PDF/keb/combivert/ct_dr_000000052f5_en.pdf

24. Контролер SIMATIC S7-200. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.monada.com.ua/

25. Контролер DeCont-182. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bookucheba.com>

26. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

					ДП.АКІТ.10994379.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

