

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри АВП

к.т.н., доцент

_____ Олександр ДІДИК

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Дослідження та модернізація мікропроцесорної
системи управління насосною станцією м.Мала Виска**

Виконав здобувач II курсу групи АК-24М
ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

_____ Сергій МОРГУН

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Віктор БОСЬКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

_____ **Іван САВЕЛЕНКО**

« ____ » _____ 2025 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра автоматизації виробничих процесів

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Дідик О.К.

“ ___ ” _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Моргуна Сергія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та модернізація мікропроцесорної системи управління насосною станцією м.Мала Виска

2. Керівник роботи Босько Віктор Васильович, канд. техн. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 02.12.2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи Метою розробки є дослідження та програмна реалізація мікропроцесорної системи управління насосної станції м.Мала Виска 1. Призначення системи; 2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми магістерської роботи; 3. Опис функціонування системи; 4. Реалізація роботи. розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують вірність проектних та програмних рішень. впровадження системи в промислову експлуатацію.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Жесан Р.В.</i>		

АНОТАЦІЯ

на випускну кваліфікаційну роботу студента групи АК-24М Моргуна Сергія Володимировича зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» на тему: «Дослідження та модернізація мікропроцесорної системи управління насосною станцією м.Мала Виска».

Випускна кваліфікаційна робота присвячена аналізу, вдосконаленню та практичній реалізації системи автоматизованого керування насосним обладнанням.

У роботі розглянуто структуру існуючої системи управління насосною станцією, проведено аналіз технічних характеристик, алгоритмів роботи та виявлено основні недоліки, що призводять до зниження ефективності та підвищених енерговитрат. На основі проведених досліджень запропоновано варіант модернізації з використанням сучасних мікроконтролерів, сенсорних систем і засобів зв'язку, які забезпечують автоматичне регулювання тиску в мережі, контроль рівня води, а також дистанційний моніторинг параметрів роботи насосів. Особливу увагу приділено розробці апаратної та програмної частин системи. Наведено структурну та принципову схеми, розроблено алгоритми управління насосними агрегатами, реалізовано програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера.

У результаті виконання роботи розроблено ефективну, надійну та економічну мікропроцесорну систему управління, придатну до впровадження на реальних об'єктах водопостачання.

Отримані результати можуть бути використані при модернізації подібних об'єктів комунальної інфраструктури та у навчальному процесі для підготовки фахівців з автоматизації.

Ключові слова: автоматизація, мікропроцесорна система, насосна станція, керування, модернізація, енергоефективність.

ABSTRACT

on final qualification work of the student of the AK-24M group, Serhiy Volodymyrovych Morgun, majoring in 174 “Automation, computer-integrated technologies and robotics” on the topic: “Research and modernization of the microprocessor control system of the pumping station in the city of Mala Vyska”.

The final qualification work is devoted to the analysis, improvement and practical implementation of the automated control system for pumping equipment.

The work considers the structure of the existing pumping station control system, analyzes technical characteristics, operation algorithms and identifies the main shortcomings that lead to reduced efficiency and increased energy consumption.

Based on the research, a modernization option is proposed using modern microcontrollers, sensor systems and communication means that provide automatic pressure regulation in the network, water level control, as well as remote monitoring of pump operation parameters.

Special attention is paid to the development of the hardware and software parts of the system. A structural and schematic diagram is presented, algorithms for controlling pumping units are developed, and software for a microprocessor controller is implemented.

As a result of the work, an effective, reliable and economical microprocessor control system suitable for implementation at real water supply facilities has been developed.

The results obtained can be used in the modernization of similar municipal infrastructure facilities and in the educational process for training automation specialists.

Keywords: automation, microprocessor system, pumping station, control, modernization, energy efficiency.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Сучасний стан технології та обладнання для автоматизації процесу управління насосними станціями.....	6
1.1 Описи автоматизованої системи управління насосною станцією	6
1.2 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи.....	10
2 Огляд об'єкта управління та створення структурної схеми системи автоматичного керування насоною станцією	42
2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи	42
2.2 Розгорнута постановка завдання	45
2.3 Опис функціонування системи.....	46
2.4 Розробка структурної схеми	50
2.5 Розробка функціональної схеми.....	52
2.5 Розробка діаграми процесів	58
3 Реалізація роботи. розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують правильність проектних рішень	62
3.1 Реалізації автоматизованої системи керування	62
3.2 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи	73
4 Впровадження системи в промислову експлуатацію.....	78
Висновки	82

Список літератури	84
Додаток А.....	87

ВСТУП

Актуальність даної теми. Насосні станції та групи насосів різного призначення є одними з найпоширеніших видів обладнання, що використовуються у виробничих системах, а також у систем холодного й гарячого водопостачання, теплових пунктах, котельнях, системах пожежогасіння та каналізації. Сучасні розробники систем автоматичного керування насосними агрегатами дедалі активніше застосовують новітні засоби електроніки - мікропроцесорні контролери та електронні перетворювачі частоти. Використання обчислювальної техніки зосереджує основну увагу не на апаратній частині, а на програмному забезпеченні. Завдяки гнучким можливостям мікроконтролерів стає можливим реалізовувати більш складні та вдосконалені алгоритми керування. Досвід провідних країн світу свідчить, що на сучасному етапі інвестиції в розвиток засобів і систем автоматизації управління є ефективнішими, ніж у створення нового обладнання чи технологій. Це пояснюється стрімким розвитком електроніки, комп'ютерних систем та інформаційних технологій, які дозволяють підвищити «інтелектуальний» рівень алгоритмів управління й максимально розкрити потенціал наявного устаткування та технологічних процесів.

Попри те, що розробка систем управління - зокрема їхнього алгоритмічного та прикладного програмного забезпечення - залишається доволі вартісним процесом і спостерігається нестача висококваліфікованих розробників, витрати на впровадження та експлуатацію таких систем постійно знижуються. Це зумовлено здешевленням елементів автоматизації, підвищенням їхньої надійності та спрощенням монтажно-налагоджувальних робіт. Основними джерелами економічної вигоди від автоматизації технологічних процесів є: запобігання аварійним ситуаціям і зменшення їхніх наслідків; скорочення втрат сировини й енергоресурсів; оптимізація чисельності обслуговуючого персоналу.

Використання комп'ютерних технологій в автоматизації управління технологічними процесами може стати одним із ключових чинників підвищення

ефективності діяльності підприємств. Однак для цього потрібно подолати усталені підходи, які зводять комп'ютеризовану систему управління технологічними процесами (КСУ ТП) лише до централізованої диспетчерської системи, що виконує традиційні функції автоматизованого управління. Крім того, слід відмовитися від практики впровадження таких систем одночасно - одразу в повному обсязі.

Більш ефективним шляхом є поетапне створення інтелектуальних підсистем КСУ ТП, які реалізують передусім найважливіші для підприємства функції. З часом ці підсистеми можуть бути об'єднані в єдину, логічно структуровану систему управління технологічними процесами (наприклад, у вигляді автоматизованих робочих місць АРМ), що максимально використовуватиме обчислювальні можливості сучасних контролерів і комп'ютерів.

Отже, з урахуванням наведених вище положень, розробка системи управління та розробка програмного забезпечення для системи керування насосними станціями є актуальним завданням, що потребує детального опрацювання та реалізації в межах даної магістерської роботи.

Метою даної роботи є дослідження та реалізація системи керування насосною станцією.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **основні завдання**:

- провести аналіз існуючих систем керування насосними станціями відповідного типу;
- дослідити роботу діючої системи управління насосною станцією;
- здійснити програмну реалізацію системи керування насосною станцією.

Об'єктом дослідження виступає процес управління насосною станцією.

Предметом дослідження є система автоматичного керування насосної станції.

Методи досліджень. У процесі вирішення поставлених завдань використовувалися методи теорії автоматичного управління, аналізу динамічних

систем, класичні методи теорії ймовірностей і математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу, а також теорії випадкових функцій.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі виконання завдань, визначених метою дослідження, були отримані такі результати:

- удосконалено систему керування насосною станцією шляхом впровадження сучасної автоматизованої системи з мікроконтролерним управлінням;

- проведено аналіз сучасних технологій управління системами водопостачання міст;

- розроблено вітчизняний програмний продукт для керування насосною станцією з підсистемою захисту передавання даних, який має ширші функціональні можливості порівняно з існуючими аналогами та забезпечує економічний ефект від його впровадження.

Практична цінність результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дають змогу ефективно розв'язувати завдання, пов'язані з реалізацією систем управління насосними станціями даного типу.

Достовірність отриманих результатів підтверджується теоретичними обґрунтуваннями, результатами комп'ютерного моделювання, експериментальними дослідженнями параметрів у діючій обчислювальній мережі, а також узгодженістю отриманих даних із результатами, наведеними в науковій літературі.

Отже, з урахуванням наведеного можна зробити висновок, що дослідження та реалізація системи управління насосною станцією є актуальним і практично значущим завданням, вирішення якого становить зміст даної магістерської роботи. Основні результати досліджень викладені в одній науковій публікації.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ НОСОСНИМИ СТАНЦІЯМИ

1.1. Описи автоматизованої системи управління насосною станцією

Розроблювана автоматизована система призначена для контролю та регулювання технологічних параметрів водопідйомної свердловини. Вона забезпечує моніторинг таких показників, як:

- напруга живлення електродвигуна насоса;
- струм навантаження насоса;
- тиск у трубопроводі;
- наявність води у свердловині (захист від «сухого ходу»);
- стан вимикачів та виконавчих механізмів системи управління насосом.

Система розрахована на роботу в широкому діапазоні умов:

- температура від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря до 98 % при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск у межах 80–106 кПа (630–800 мм рт. ст.).

Передбачається можливість використання системи в складі комплексів автоматизації водопідйомних станцій, зокрема для організації диспетчеризації та централізованого керування кількома віддаленими об'єктами.

Функціональні можливості системи

Під час проєктування системи управління водозабором були передбачені такі основні функції контролю:

- при досягненні максимального рівня води у водонапірній башті насос автоматично вимикається;
- при мінімальному рівні води насос вмикається;
- керування насосом здійснюється за сигналами датчиків рівня води;

- система забезпечує автоматичне вимкнення насоса у таких випадках:
- пониження рівня води в свердловині нижче допустимого (захист від «сухого ходу»);
- виявлення несправності насоса;
- пошкодження електрообладнання;
- також реалізовано функцію автоматичного повторного ввімкнення (АПВ) після відновлення живлення.

Електричний захист і режими управління:

- захист від роботи в неповнофазному режимі;
- можливість ручного або автоматичного керування насосним агрегатом;
- ступінь захисту оболонки обладнання — IP 54.

Індикація та моніторинг

Система забезпечує відображення таких параметрів:

- стан насосного агрегату (робочий / неробочий);
- положення електрифікованих засувок (відкрита / закрита);
- індикація спрацьовування АПВ;
- наявність напруги у всіх фазах живлення;
- наявність води у свердловині;
- аварійні ситуації з архівуванням протягом року;
- рівень води у резервуарі чистої води (РЧВ) або ВНБ;
- повідомлення про перелив РЧВ (ВНБ);
- струм електродвигуна працюючого насоса;
- сигналізація про несанкціоноване проникнення до приміщення;
- повідомлення про зниження температури повітря нижче +5 °С.

Склад системи:

- блок логіки;
- блок силовий;
- зовнішні датчики.

Силовий блок містить виконавчі пристрої, що отримують команди від контролера та забезпечують керування насосом і допоміжними силовими елементами станції.

Зовнішні датчики:

- датчик тиску «мінімум–максимум» (манометр);
- датчик «сухого ходу» (манометр);
- за потреби - додаткові датчики температури, охорони приміщення.

Режими роботи:

- автоматичний режим - повністю автономна робота системи за сигналами датчиків;
- ручний режим - керування насосом оператором.

У автоматичному режимі система здійснює повний контроль технологічних параметрів та виконує весь цикл роботи без участі оператора. Всі події, дії системи та аварійні ситуації відображаються на рідкокристалічному дисплеї, розташованому на передній панелі пристрою.

Інформація виводиться із фіксацією часу подій, що дозволяє вести детальний облік роботи обладнання.

У разі використання централізованої системи диспетчерського управління, усі сигнали про стан та несправності передаються до диспетчерського пункту та відображаються на екрані персонального комп'ютера.

Зв'язок між контролером і ПК може здійснюватися як дротовим способом, так і бездротовим каналом Wi-Fi.

Конструкцією передбачено можливість послідовного підключення до 255 пристроїв по одній парі проводів, що дає змогу реалізувати гнучку систему моніторингу кількох свердловин або насосних станцій.

У ручному режимі керування виконується за допомогою кнопок і перемикачів на передній панелі пристрою, що дозволяє оператору самостійно вмикати або вимикати обладнання, обходячи автоматичний алгоритм.

Додаткові можливості

За бажанням користувача система може бути оснащена пристроєм плавного пуску двигуна, який забезпечує м'який розгін насоса, знижує пускові струми та значно подовжує термін служби електродвигуна і насосного агрегату загалом.

Область застосування

Основною метою розробки автоматизованої системи управління є забезпечення ефективного, надійного та енергоощадного функціонування насосної станції.

Для досягнення цієї мети система реалізує такі основні завдання:

- автоматична підтримка стабільного тиску води в колекторі відповідно до заданих параметрів;
- оптимізація режиму роботи насосних агрегатів шляхом використання частотного регулювання (ЧРП), що забезпечує економію електроенергії;
- оперативний диспетчерський контроль за технологічними параметрами процесу в режимі реального часу.
- виявлення та діагностика аварійних ситуацій і несправностей технологічного обладнання з подальшою подачею попереджувальних сигналів і реєстрацією подій у журналі;
- обробка аналогових та дискретних сигналів відповідно до заданого алгоритму й формування керуючих впливів для технологічного обладнання;
- передача даних про стан системи та параметри процесу на верхній рівень ієрархії - у систему АСУ ТП підприємства, що забезпечує інтеграцію в загальну систему автоматизації.

Отже, розробка системи управління та програмного забезпечення мікропроцесорної системи управління насосною станцією є актуальним завданням, спрямованим на підвищення надійності, ефективності та рівня автоматизації водопостачальних об'єктів.

1.2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи

Сучасні АСУ ТП та диспетчерське управління

Сучасна автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) - це багаторівнева людино-машинна система, призначена для ефективного контролю, збору даних і регулювання параметрів складних виробничих процесів. Такі системи створюються з використанням автоматизованих інформаційних засобів збору, передавання та обробки даних, а також обчислювальних комплексів, які постійно вдосконалюються із розвитком технічних засобів і програмного забезпечення.

Розвиток АСУ ТП та систем диспетчерського управління відбувався поступово, і його можна умовно поділити на три основні етапи, кожен з яких характеризується появою нових наукових підходів і технічних рішень.

Перший етап - системи автоматичного регулювання (САР).

На початковому етапі автоматизації впроваджуються системи автоматичного регулювання, які беруть на себе частину функцій оператора.

Об'єктами керування є окремі параметри, установки чи агрегати, а основними завданнями стають стабілізація, програмне керування та стеження за процесами. Роль оператора полягає переважно у розрахунку заданих параметрів і налаштуванні регуляторів, тоді як безпосереднє керування процесами здійснюють САР.

Другий етап - автоматизація технологічних процесів

На цьому етапі об'єктом управління стає розподілена технологічна система, у якій застосовуються системи автоматичного управління (САУ). Вони реалізують складні алгоритми управління, зокрема оптимальні та адаптивні, а також здійснюють ідентифікацію об'єктів і станів системи. Характерною рисою цього етапу є впровадження систем телемеханіки, які дозволяють передавати дані на відстань і забезпечувати керування об'єктами без прямої участі людини. Між об'єктом і диспетчером формується багаторівнева структура - вимірвальні

системи, виконавчі механізми, телемеханічні засоби, мнемосхеми, системи відображення інформації (COI). Це забезпечує дистанційне керування та підвищує безпеку й ефективність роботи.

Третій етап - автоматизовані системи управління технологічними процесами.

На сучасному етапі управління технологічними процесами базується на використанні обчислювальної техніки. Спочатку впроваджувалися мікропроцесори для вирішення окремих завдань управління, а згодом повноцінні обчислювальні системи. Це дало поштовх розвитку людино-машинних інтерфейсів (НМІ), інженерної психології, моделювання технологічних процесів і методів оптимізації управління.

Сьогодні АСУ ТП - це інтелектуальні системи диспетчерського управління, що використовують автоматизовані комплекси збору та обробки інформації, інтегровані з комп'ютерними мережами і програмними засобами моніторингу в реальному часі.

Роль людини в автоматизованих системах управління

З переходом від одного етапу розвитку автоматизації до іншого змінювались і функції людини - оператора або диспетчера, відповідального за стабільне функціонування технологічного процесу. Якщо раніше основне завдання людини зводилося до безпосереднього керування об'єктом, то зі зростанням рівня автоматизації розширилося коло завдань, що вирішуються на рівні управління. До традиційних функцій контролю та регулювання додалися аналітичні, діагностичні, прогностичні й інформаційно-управлінські завдання, які раніше мали допоміжний характер або належали до іншого рівня управління.

Сучасна роль диспетчера в АСУ ТП

У багаторівневих автоматизованих системах диспетчер отримує інформацію в реальному часі з екрана персонального комп'ютера або через електронні системи візуалізації даних, після чого може впливати на об'єкти управління, що розташовані на значній відстані. Керування здійснюється за допомогою телекомунікаційних мереж, промислових контролерів та

інтелектуальних виконавчих механізмів, що забезпечує високу швидкість і точність прийняття рішень.

Інформаційна складова диспетчерського управління

Основою ефективності сучасного диспетчерського управління, яке має динамічний і безперервний характер, є робота з інформацією. До ключових процесів належать:

- збір і передача даних від об'єктів;
- обробка, фільтрація та аналіз інформації;
- відображення і подання відомостей у зручній формі для прийняття рішень.

Від диспетчера сьогодні вимагається не лише глибоке знання технологічного процесу, а й впевнене володіння інформаційними системами, уміння діяти в нестандартних або аварійних ситуаціях, приймати оперативні рішення у взаємодії з ЕОМ. Таким чином, диспетчер стає центральною фігурою в системі управління технологічним процесом.

Концепція SCADA-систем

Концепція SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - диспетчерське керування та збір даних) сформувалася як результат еволюції систем управління та досягнень науково-технічного прогресу. Використання SCADA-технологій дозволяє досягти високого рівня автоматизації в розв'язанні завдань розробки систем керування, збору, передавання, обробки, зберігання та відображення технологічної інформації.

Переваги та особливості SCADA-систем

Однією з ключових особливостей SCADA-систем є зручний людино-машинний інтерфейс (HMI/MMI), який забезпечує:

- високу наочність і повноту відображення інформації на екрані оператора;
- зручність доступу до керуючих елементів і функцій системи;
- інтерактивну підтримку користувача у вигляді підказок і довідкових матеріалів.

Ці властивості сприяють підвищенню ефективності взаємодії диспетчера із системою та зменшують імовірність критичних помилок під час керування технологічними процесами.

Крім того, застосування SCADA-концепції дало змогу розв'язати низку завдань, які тривалий час вважалися складними або майже неможливими:

- скорочення термінів розробки автоматизованих систем управління;
- зменшення фінансових витрат на проектування і впровадження;
- підвищення масштабованості систем і можливості їх інтеграції у складні технологічні комплекси.

Світовий досвід впровадження SCADA

Технологія SCADA почала активно розвиватися в передових країнах Заходу у 1980-х роках. Вона набула широкого поширення в таких сферах, як:

- енергетика (електро- і водопостачання);
- хімічна, нафтохімічна та нафтопереробна промисловість;
- транспортні системи, зокрема залізничний транспорт і трубопровідний транспорт нафти та газу.

Завдяки гнучкості та надійності, SCADA стала основним і найперспективнішим методом автоматизованого управління складними динамічними процесами у промисловості.

Розвиток SCADA-технологій в Україні

В Україні системи диспетчерського управління тривалий час ґрунтувалися на досвіді та інтуїції оперативно-диспетчерського персоналу. Тому перехід до управління на основі SCADA-систем розпочався дещо пізніше, ніж у країнах Заходу.

Серед основних труднощів упровадження нових технологій можна виділити:

- нестачу практичного досвіду експлуатації SCADA-систем;
- обмежений доступ до технічної інформації про їх можливості;
- відсутність єдиних методичних матеріалів і навчальної літератури.

На світовому ринку нині існує декілька десятків компаній, що спеціалізуються на розробці та постачанні SCADA-програмних рішень. Кожна система є унікальною розробкою (власним know-how), тому детальна інформація про внутрішню структуру і принципи роботи зазвичай не є публічно доступною.

Проблеми вибору та підготовки кадрів

Ефективне впровадження SCADA-систем потребує вирішення двох ключових завдань:

- вибір оптимальної SCADA-платформи, з урахуванням особливостей технологічного процесу, вимог до надійності, масштабованості та сумісності з іншими системами;
- підготовка кваліфікованих фахівців, здатних розробляти, налаштовувати та експлуатувати системи на базі SCADA-програмного забезпечення.

Підготовка таких спеціалістів здійснюється на курсах підвищення кваліфікації, спеціалізованих тренінгах виробників SCADA-систем, а також у рамках навчальних програм технічних університетів. В останні роки у вищих навчальних закладах України почали з'являтися навчальні дисципліни, присвячені SCADA-технологіям, проте спеціалізована література поки що обмежена - переважно це окремі статті та рекламно-інформаційні матеріали.

Компоненти систем контролю і управління та їх призначення

На основі аналізу великої кількості проєктів автоматизованих систем контролю та управління (СКУ), що розробляються для різних галузей промисловості та сфер застосування, можна виділити узагальнену структуру (схему) їх побудови та реалізації. Ця типова схема відображає основні принципи побудови сучасних систем автоматизації - від збору первинної інформації до її обробки, аналізу та формування керуючих впливів представлену на рисунку. 1.1.

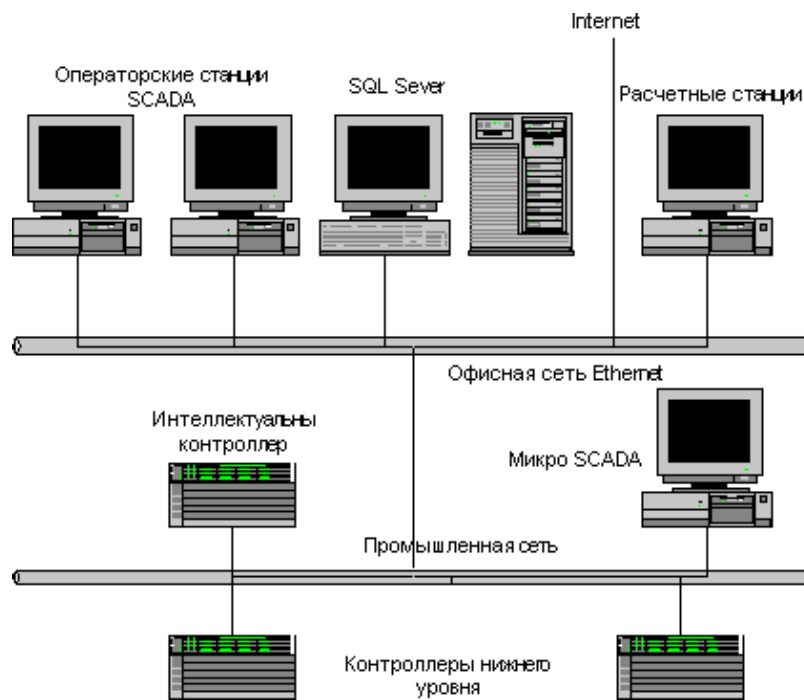


Рисунок 1.1 - Узагальнена схема системи контролю та управління

Структура дворівневої системи управління

Як правило, сучасні системи контролю та управління (СКУ) будуються за дворівневою структурою, оскільки саме на цих рівнях реалізується безпосереднє керування технологічними процесами. Специфіка кожної конкретної системи визначається апаратно-програмними засобами, які використовуються на кожному з рівнів.

Нижній рівень - рівень об'єкта (контролерний)

Нижній рівень, або рівень об'єкта, виконує функції безпосереднього збору, обробки та реалізації керуючих впливів. До його складу входять:

- датчики для вимірювання параметрів технологічного процесу;
- електроприводи та інші виконавчі механізми, що забезпечують реалізацію команд управління;
- локальні програмовані логічні контролери (PLC - Programmable Logic Controller), які здійснюють обмін даними з датчиками та виконавчими пристроями.

Контролери виконують такі основні функції:

- збір і попередня обробка інформації про стан технологічного процесу;
- керування електроприводами та іншими виконавчими пристроями відповідно до заданих алгоритмів;
- виконання логічних і регулювальних задач, у тому числі завдань автоматичного керування локальними об'єктами.

Оскільки частина інформації обробляється безпосередньо в контролерах, а деякі рішення приймаються локально, це дозволяє зменшити навантаження на канали зв'язку та знизити вимоги до їх пропускну здатності.

Контролери нижнього рівня систем управління

У сучасних системах контролю та управління технологічними процесами як локальні програмовані логічні контролери (PLC) застосовуються пристрої як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. На ринку представлено десятки, а подекуди й сотні типів контролерів, здатних опрацьовувати від кількох одиниць до сотень вхідних і вихідних сигналів.

Вимоги до контролерів контролерного рівня

До апаратно-програмних засобів контролерного рівня висувуються підвищені вимоги щодо:

- надійності функціонування у промислових умовах;
- мінімального часу реакції на сигнали від датчиків і виконавчих пристроїв;
- стійкості до збоїв і електромагнітних перешкод;
- точності обробки даних у режимі реального часу.

Програмований логічний контролер повинен гарантовано реагувати на зовнішні події за строго визначений проміжок часу, який установлюється для кожного типу події. Для критичних технологічних об'єктів, де затримка реакції неприпустима, рекомендується застосовувати контролери, що працюють під керуванням операційних систем реального часу (ОСРВ). Такі контролери забезпечують жорсткий режим реального часу, у якому реакція системи на подію

відбувається з гарантованою затримкою, незалежно від навантаження на систему.

Програмне забезпечення для розробки контролерних програм

Розроблення, налагодження та виконання програм для локальних контролерів здійснюється за допомогою спеціалізованого інженерного програмного забезпечення. На ринку представлені відкриті інструментальні середовища, серед яких найпоширенішими є:

- ISaGRAF (CJ International, Франція);
- InControl (Wonderware, США);
- Paradym 31 (Intellution, США).

Ці пакети підтримують відкриту архітектуру, що полегшує інтеграцію з різними типами контролерів і дозволяє розробникам гнучко налаштовувати системи під конкретні технологічні завдання.

Функції контролерів верхнього рівня

Інформація, що формується локальними PLC, може передаватися до мережі диспетчерського пункту як безпосередньо, так і через контролери верхнього рівня - концентратори, інтелектуальні або комунікаційні контролери. Залежно від архітектури системи та поставлених завдань, контролери верхнього рівня виконують такі функції:

- збір і обробка даних із локальних контролерів;
- масштабування виміряних параметрів;
- підтримання єдиного системного часу;
- синхронізація роботи підсистем;
- формування та ведення архівів технологічних параметрів;
- обмін інформацією між нижнім і верхнім рівнями управління;
- автономна робота у разі порушення зв'язку з диспетчерським рівнем;
- резервування каналів передавання даних для підвищення надійності системи.

Верхній рівень системи управління, або диспетчерський пункт (ДП), призначений для контролю, моніторингу та оперативного керування технологічним процесом.

До складу цього рівня, як правило, входять:

- одна або кілька станцій управління, що являють собою автоматизовані робочі місця (АРМ) диспетчерів або операторів;
- сервер бази даних, на якому зберігаються архіви параметрів і подій;
- робочі станції спеціалістів із супроводу, аналізу та технічного обслуговування системи.

У більшості випадків для реалізації АРМ використовуються персональні комп'ютери (типу IBM PC) різних конфігурацій. Станції управління забезпечують візуалізацію поточного стану технологічного процесу, відображення аварійних ситуацій і можливість оперативного втручання в роботу системи.

SCADA-системи як основа диспетчерського рівня

Функції диспетчерського рівня реалізуються за допомогою SCADA-систем (Supervisory Control and Data Acquisition) — спеціалізованого програмного забезпечення, що забезпечує інтерфейс між оператором і технічними засобами управління, а також комунікацію із зовнішніми системами.

SCADA-пакети виконують широкий спектр функцій, серед яких:

- автоматизоване проектування систем автоматизації без необхідності прямого програмування;
- виконання прикладних програм у реальному часі;
- збір первинної інформації від пристроїв нижнього рівня (контролерів, датчиків, модулів введення/виведення);
- обробка та фільтрація даних;
- реєстрація аварійних подій (алармів) і ведення архівів історичних даних;

- збереження інформації з можливістю її подальшої аналітичної обробки (часто через інтерфейси до популярних систем керування базами даних);
- візуалізація даних у вигляді мнемосхем, графіків, таблиць, діаграм;
- робота з наборами параметрів, що формують типові режими або конфігурації технологічних процесів (так звані ресіре або установки).

Завдяки SCADA-технологіям забезпечується зручна взаємодія людини з системою управління, висока інформативність інтерфейсу та оперативність прийняття рішень у разі відхилень у роботі обладнання.

Поняття Micro-SCADA

Окремий клас програмних рішень становлять так звані Micro-SCADA-системи. Вони реалізують стандартні, базові функції SCADA, але орієнтовані на вузькогалузеві або локальні завдання автоматизації. Такі системи зазвичай мають спрощену архітектуру, оптимізовану під конкретний тип об'єкта (наприклад, насосні станції, теплові пункти, невеликі виробничі установки).

На відміну від Micro-SCADA, універсальні SCADA-системи верхнього рівня призначені для масштабних розподілених об'єктів і дозволяють інтегрувати декілька підсистем в єдину інформаційно-керуючу мережу підприємства.

Комунікаційне забезпечення та програмні засоби систем управління

Усі компоненти автоматизованої системи управління об'єднані між собою каналами зв'язку, що забезпечують обмін інформацією між рівнями системи. Завдання взаємодії SCADA-систем із локальними контролерами, контролерами верхнього рівня, офісними й промисловими мережами виконує комунікаційне програмне забезпечення (ПО). Це широкий клас програмних продуктів, вибір яких залежить від типу застосованих контролерів, протоколів обміну даними, вимог до швидкодії, а також від обраної SCADA-платформи.

Комунікаційне ПО є ключовою ланкою, що забезпечує цілісність інформаційних потоків між усіма елементами системи управління.

Бази даних у системах управління

Велика кількість інформації, що постійно надходить від пристроїв введення/виведення, потребує використання баз даних (БД), які забезпечують зберігання, доступ і обробку даних у реальному часі. Основним завданням БД є своєчасне надання користувачам усіх рівнів управління необхідної інформації для прийняття рішень.

На вищих рівнях АСУ (адміністративному чи корпоративному) це завдання успішно вирішується традиційними реляційними базами даних. Проте на рівні АСУ ТП (реального часу) тривалий час реєстрація даних здійснювалась безпосередньо засобами інтелектуальних контролерів або SCADA-систем. Сьогодні ж, завдяки розвитку технологій, з'явилися високошвидкісні бази даних реального часу (Real-Time DataBase, RTDB), які забезпечують миттєве збереження та доступ до великих обсягів даних без затримок і втрат.

Використання Інтернет-технологій у системах управління

Швидкий розвиток мережевих технологій та Інтернету привернув увагу розробників SCADA-програмного забезпечення. Постало питання: чи можливо застосування Інтернет-технологій у системах управління технологічними процесами? Сучасна практика показує, що так - веб-інтерфейси, хмарні сервіси та віддалений моніторинг уже стали невід'ємною частиною нових поколінь SCADA-систем.

Компанії-розробники впроваджують рішення, які дозволяють:

- здійснювати дистанційний доступ до системи через браузер;
- керувати об'єктом у реальному часі через захищені канали зв'язку;
- реалізовувати мобільний моніторинг за допомогою смартфонів і планшетів;
- зберігати дані на віддалених серверах або у хмарних базах даних.

Такі можливості значно розширюють функціональність диспетчерських систем і спрощують роботу операторів та інженерного персоналу.

Підходи до розроблення програмного забезпечення

Під час створення спеціалізованого прикладного програмного забезпечення (ППЗ) для систем контролю та управління розробники (інтегратори або замовники) зазвичай обирають один із двох шляхів:

Традиційне програмування - використання класичних мов програмування (C/C++, Pascal, Python тощо) і стандартних засобів налагодження. Цей підхід доцільний лише для простих або нестандартних систем, коли відсутні готові бібліотеки чи драйвери.

Використання готових інструментальних засобів типу COTS (Commercial Off-The-Shelf) - тобто готових комерційних програмних платформ, орієнтованих на автоматизацію. Цей варіант є економічно вигіднішим і швидшим, оскільки дозволяє скоротити терміни розробки, зменшити витрати та залучати до процесу не лише програмістів, а й фахівців-технологів.

Для складних розподілених систем розроблення ПЗ «з нуля» традиційними методами може бути надто тривалим і витратним, тому використання COTS-рішень сьогодні є оптимальним стандартом галузі.

Вибір інструментальних засобів SCADA

Після визначення підходу до розроблення важливим кроком стає вибір інструментальних програмних засобів, зокрема SCADA-системи, яка відповідатиме вимогам конкретного об'єкта. На світовому ринку представлено десятки SCADA-продуктів, багато з яких активно застосовуються і в Україні.

Найпоширеніші критерії вибору SCADA-системи включають:

- сумісність із наявним обладнанням і контролерами;
- наявність підтримки промислових протоколів (Modbus, Profibus, OPC тощо);
- можливості масштабування;
- зручність розроблення інтерфейсів;
- стабільність і технічна підтримка виробника.

Вдалий вибір SCADA-платформи є запорукою надійності, гнучкості та довговічності системи управління. Найбільш популярні з них наведено нижче:

Таблиця 1.1 – Розповсюдженні системи SCADA

Назва	Розробник	Країна
InTouch	Wonderware	США
Citect	CI Technology	Австралія
FIX	Intellution	США
Genesis	Iconics Co	США
RealFlex	BJ Software Systems	США
Sitex	Jade Software	Великобрит
TraceMode	AdAstrA	Россія
Cimplicity	GE Fanuc	США
САРГОН	НВТ - Автоматика	Россія

Критерії вибору SCADA-систем

За умов широкої пропозиції SCADA-продуктів на ринку постає закономірне питання - як обрати оптимальну систему для конкретного об'єкта автоматизації.

Процес вибору є досить складним, оскільки передбачає прийняття рішення в умовах багатокритеріальності, де необхідно враховувати як технічні, так і економічні та експлуатаційні аспекти.

Нижче наведено орієнтовний перелік основних критеріїв оцінки SCADA-систем, який широко використовується у професійних колах і спеціалізованих публікаціях.

Всі критерії умовно можна поділити на три основні групи:

Технічні характеристики – визначають функціональні можливості, сумісність із різними пристроями та протоколами зв'язку, підтримку стандартів реального часу, масштабованість системи, надійність і швидкодію.

Вартісні характеристики – охоплюють загальні витрати на впровадження: вартість ліцензії, модернізації, технічної підтримки, навчання персоналу, а також витрати на супровід і оновлення системи.

Експлуатаційні характеристики – характеризують зручність роботи користувача з системою: простоту конфігурації, інтуїтивність інтерфейсу, доступність довідкової інформації, стабільність роботи, можливість розширення функцій і сумісність з іншими ПЗ-компонентами.

Програмно-апаратні платформи для SCADA-систем

Аналіз програмно-апаратних платформ, на яких може функціонувати SCADA-система, є важливим етапом при її виборі та впровадженні. Від цього залежить не лише можливість реалізації SCADA-системи на наявних обчислювальних засобах, але й економічна доцільність експлуатації.

Як правило, SCADA-пакет містить прикладні модулі, які можуть працювати в кількох операційних середовищах. Це означає, що розроблена програма управління в одній ОС може бути запущена в іншій, якщо вона підтримується обраною SCADA-системою. Такий підхід забезпечує гнучкість, зниження витрат на модернізацію та спрощення інтеграції з існуючими апаратними ресурсами підприємства. Різні SCADA-системи мають різний рівень підтримки програмно-апаратних платформ. Наприклад, FactoryLink вирізняється дуже широким переліком сумісних операційних систем і апаратних середовищ, що дозволяє ефективно застосовувати її в найрізноманітніших галузях промисловості - від енергетики до машинобудування.

Таблиця 1.2 – Список підтримуваних програмно-апаратних платформ

Операційна система	Комп'ютерна платформа
DOS/MS Windows	IBM PC
OS/2	IBM PC
SCO UNIX	IBM PC
VMS	VAX
AIX	RS6000
HP-UX	HP 9000
MS Windows/NT	Windows/NT на PC-платформі.

Операційні платформи та мережеві можливості SCADA-систем

У ряді SCADA-систем, таких як RealFlex і Sitex, програмна архітектура побудована на базі єдиної операційної системи реального часу QNX. Ця ОС забезпечує високу швидкодію, надійність і стійкість до збоїв, що особливо важливо для об'єктів критичної інфраструктури, де неприпустимі навіть короточасні затримки або відмови.

Однак переважна більшість сучасних SCADA-систем реалізовані на платформах сімейства Microsoft Windows. Саме вони пропонують найповніші можливості для побудови людино-машинного інтерфейсу (ММІ/НМІ) та зручне масштабування. З огляду на домінуючі позиції Microsoft на світовому ринку операційних систем, більшість виробників SCADA-систем розглядають Windows NT / 2000 і новіші версії (XP, 7, 10, 11) як основну платформу для подальшого розвитку своїх продуктів.

Навіть ті компанії, які раніше орієнтувалися на операційні системи реального часу (ОСРВ), поступово переходять на платформи Windows, використовуючи ОСРВ переважно у вбудованих контролерах та локальних пристроях керування, де вимоги до реакції системи є критичними. Таким чином, ринок SCADA-систем сьогодні концентрується навколо Windows-платформ, тоді як розробки під MS-DOS або застарілі ОС практично повністю припинені.

Інтеграція та мережеві стандарти

Важливою особливістю сучасних систем автоматизації є їх високий ступінь інтеграції. У межах однієї системи можуть одночасно функціонувати:

- об'єкти управління з датчиками та виконавчими механізмами;
- обладнання збору, реєстрації й обробки даних;
- автоматизовані робочі місця операторів і диспетчерів;
- сервери баз даних і архівів інформації.

Для ефективного функціонування в такому різноманітному інформаційному середовищі SCADA-система повинна мати розвинений мережевий сервіс, який забезпечує стабільний обмін даними між усіма компонентами.

Сучасні SCADA-пакети зазвичай підтримують роботу в стандартних мережових середовищах — ARCNET, Ethernet, Token Ring тощо — із використанням універсальних протоколів NETBIOS, TCP/IP, UDP. Окрім цього, вони повинні забезпечувати підтримку промислових мережових стандартів і інтерфейсів, таких як:

- PROFIBUS,
- CANBUS,
- LON,
- MODBUS,
- DEVICENET,
- INTERBUS-S.

Більшість сучасних SCADA-систем задовольняють цим вимогам, проте обсяг підтримуваних протоколів і мережових інтерфейсів може суттєво відрізнятися залежно від конкретного виробника та версії продукту.

Вбудовані командні мови SCADA-систем

Більшість сучасних SCADA-систем мають вбудовані мови програмування високого рівня, часто подібні до Visual Basic або VBasic-подібних синтаксисів. Вони дозволяють реалізовувати реакції системи на події — наприклад:

- зміну значення змінної;
- виконання логічних умов;
- натискання клавіш або комбінацій;
- періодичне виконання певного фрагмента коду із заданою частотою.

Такі мови забезпечують гнучкість налаштування поведінки системи, дозволяють автоматично реагувати на зміни параметрів та реалізовувати подієво-орієнтоване управління без потреби зовнішнього програмування.

Підтримувані бази даних

Однією з ключових функцій систем диспетчерського контролю та управління (SCADA) є обробка інформації, що включає:

- збір, аналіз і фільтрацію даних;

- збереження та архівацію;
- стиснення, передавання і подальше використання.

Отже, у складі будь-якої SCADA-системи повинна функціонувати база даних (БД). Більшість популярних рішень — таких як Genesis, InTouch, Citect — підтримують стандарт ANSI SQL, який є незалежним від типу конкретної СУБД. Це дозволяє:

- легко змінювати тип БД без суттєвої зміни прикладного ПЗ;
- створювати незалежні модулі для аналітики;
- використовувати готові інструменти обробки даних.

Таким чином, відкритість на рівні SQL робить SCADA-системи гнучкими, масштабованими та сумісними з різними корпоративними рішеннями (MS SQL, Oracle, PostgreSQL тощо).

Графічні можливості SCADA-систем

Для інженера-розробника й технолога однією з найважливіших характеристик SCADA-системи є графічний користувацький інтерфейс (GUI). Функціонально інтерфейси більшості SCADA-рішень схожі:

- вони мають об'єктно-орієнтований графічний редактор;
- підтримують анімацію, масштабування, прозорість та векторну графіку;
- забезпечують швидке оновлення зображень і відображення станів об'єктів у реальному часі.

Завдяки використанню векторної графіки, користувач може вільно змінювати властивості об'єктів, застосовувати ефекти анімації, створювати мнемосхеми та інші динамічні представлення процесів. Оскільки більшість SCADA-пакетів працюють під управлінням операційних систем сімейства Windows, підтримується стандартний набір GUI-функцій, що спрощує взаємодію оператора з системою.

Відкритість SCADA-систем

Під відкритістю SCADA-системи розуміють наявність описаних форматів даних і документованих процедурних інтерфейсів (API), які дозволяють

підключати зовнішні або власнорозроблені компоненти. Це забезпечує можливість:

- інтеграції додаткових програмних модулів;
- взаємодії з зовнішніми базами даних або інформаційними системами;
- розширення функціональності без зміни основного ядра SCADA.

Відкритість системи є важливим критерієм при виборі SCADA, оскільки вона визначає гнучкість і адаптивність платформи, а також можливість створення власних алгоритмів управління або спеціалізованих графічних функцій.

Розробка власних програмних модулів

У процесі розроблення систем автоматизації часто виникає потреба створювати власні програмні модулі, які не входять до стандартного складу SCADA-системи.

Відкритість програмного середовища дозволяє розробляти і вбудовувати власні модулі, використовуючи доступ до:

- графічних функцій;
- баз даних і тегів;
- подій та системних сервісів.

Це дає змогу адаптувати систему до специфічних потреб конкретного підприємства або технологічного процесу.

Експлуатаційні характеристики

Експлуатаційні показники є найбільш суб'єктивними критеріями, але саме вони часто визначають зручність і ефективність використання SCADA-системи. До них відносять:

Зручність інтерфейсу середовища розробки - подібність до Windows, наявність повного набору інструментів і довідкових систем.

Якість документації - її повнота, деталізація, ступінь локалізації (наприклад, наявність русифікації чи україномовної підтримки).

Підтримка розробника - кількість інсталяцій, розвинена дилерська мережа, наявність сервісу оновлення версій, технічна допомога та навчальні курси.

Як правило, оцінка експлуатаційних характеристик проводиться емпірично, у процесі тестування або дослідної експлуатації, оскільки саме практичний досвід дозволяє визначити зручність і надійність системи.

Основні етапи розроблення системи контролю та управління

Після вибору конкретної SCADA-платформи розпочинається етап проектування та створення прикладної системи управління, який включає такі кроки:

а) Розроблення архітектури системи автоматизації – визначення функціонального призначення кожного вузла та їх взаємозв'язків.

б) Планування розподіленої архітектури – визначення необхідності введення вузлів із «гарячим резервуванням» та механізмів відмовостійкості.

в) Створення прикладної системи управління – наповнення кожного вузла алгоритмами, що забезпечують реалізацію завдань автоматизації.

г) Узгодження параметрів прикладної системи з інформаційними потоками між ПЛК, датчиками та виконавчими механізмами.

д) Налагодження та тестування створеної програми в режимі емуляції для перевірки логіки роботи й коректності обміну даними.

Scada-система Intouch компанії Wonderware

SCADA-система InTouch - це потужний людино-машинний інтерфейс (НМІ), призначений для промислової автоматизації, керування технологічними процесами та диспетчерського контролю. В Україні InTouch активно використовується при створенні розподілених систем керування (DCS) та інших автоматизованих систем управління (АСУ).

Це дев'яте покоління провідного в промисловості програмного забезпечення типу НМІ, розробленого компанією Wonderware. Програмне забезпечення InTouch® НМІ є світовим стандартом у галузі візуалізації та управління виробничими процесами. Воно надає зручне середовище розробки та

потужний набір графічних інструментів, які забезпечують створення інтуїтивних і наочних інтерфейсів оператора.

Функціональні можливості InTouch

У версії InTouch 9.5 реалізовано низку суттєвих покращень, що дозволяють підвищити продуктивність, швидкодію та ефективність управління. Використання технології Wonderware® SmartSymbols забезпечує розширені можливості швидкого створення та розгортання спеціалізованих додатків автоматизації, які здійснюють передачу даних у реальному часі.

Додатки InTouch відрізняються високою гнучкістю та масштабованістю: вони здатні задовольнити як поточні, так і майбутні потреби підприємства без додаткових витрат. Доступ до InTouch-додатків може здійснюватися через:

- мобільні пристрої;
- мережевих клієнтів із низьким енергоспоживанням;
- персональні комп'ютери;
- веб-браузери через Інтернет.

Відкритий і розширюваний інтерфейс InTouch підтримує взаємодію з широким спектром промислових контролерів і протоколів зв'язку, що забезпечує високу сумісність і гнучкість інтеграції.

SCADA-система Citect

SCADA-система Citect, розроблена компанією CI Technology, є універсальним рішенням для систем будь-якого масштабу - від невеликих об'єктів із десятками параметрів до великих промислових комплексів із сотнями тисяч змінних.

Її головною перевагою є модульна клієнт-серверна архітектура, що забезпечує масштабованість і надійність. Кожен функціональний модуль може виконуватися на окремому комп'ютері або бути розподілений між кількома вузлами, що підвищує продуктивність системи. Таким чином, при зростанні об'єкта автоматизації Citect легко масштабується, зберігаючи попередні інвестиції користувача.

Вбудоване резервування

Для багатьох технологічних процесів неприпустима зупинка роботи обладнання, тому надійність системи має першорядне значення. У Citect реалізовано вбудоване резервування — тобто функцію дублювання основних компонентів без необхідності створення додаткових прикладних програм. Система дозволяє резервувати:

- будь-який функціональний модуль (сервер, клієнт тощо);
- канали зв'язку між модулями;
- канали обміну даними між контролерами введення/виведення.

Це забезпечує безперервність роботи SCADA-системи навіть у випадку відмови окремих компонентів.

Модульна архітектура Citect

SCADA-система Citect складається з п'яти основних функціональних модулів, кожен із яких виконує окрему задачу:

- I/O Server – сервер введення/виведення, який забезпечує обмін даними між фізичними пристроями (датчиками, контролерами) і програмними модулями системи.
- Display Client – клієнт візуалізації, що надає оператору графічний інтерфейс для моніторингу та керування процесами.
- Alarms Server – сервер тривоги, який відстежує зміни параметрів, перевіряє вихід за межі допустимих значень і відображає повідомлення оператору.
- Trends Server – сервер трендів, що збирає та зберігає історію змін параметрів для подальшого аналізу в реальному часі або в ретроспективі.
- Reports Server – сервер звітів, який автоматично формує звіти за часом, подіями або на вимогу користувача.

Кожен модуль працює як незалежний процес, незалежно від того, чи вони функціонують на одному комп'ютері, чи розподілені по локальній мережі. Це дозволяє створювати як компактні системи, де всі компоненти розміщені на

одному вузлі, так і розподілені системи, які охоплюють кілька виробничих ділянок або об'єктів.

Переваги Citect

- Висока масштабованість і надійність завдяки клієнт-серверній архітектурі.
- Вбудоване резервування без додаткового програмування.
- Гнучке налаштування структури системи під будь-яку конфігурацію підприємства.
- Потужні засоби збору, візуалізації та архівації даних.
- Можливість розподіленої обробки інформації на різних рівнях управління.

SCADA-система FIX (Intellution)

SCADA-система FIX, розроблена компанією Intellution, є одним із провідних програмних продуктів для промислової автоматизації, що забезпечує збір, обробку, візуалізацію та збереження технологічних даних у реальному часі.

Перший етап - організація збору даних

Початковий етап створення системи з використанням FIX полягав у налагодженні отримання даних від контролерів. Програмне забезпечення підтримує широкий спектр промислових протоколів обміну та дозволяє одночасну роботу з кількома типами контролерів. Ця особливість забезпечує гнучкість конфігурації системи та легку інтеграцію обладнання різних виробників.

Компанія Intellution активно просуває технологію OPC (OLE for Process Control), яка передбачає, що виробники контролерів самостійно забезпечують сумісність своїх пристроїв із ПЗ для Windows. Завдяки цьому FIX може взаємодіяти з великою кількістю контролерів, що було успішно реалізовано, зокрема, на Рубльовській та Східній водопровідних станціях, де система об'єднує контролери ROC та Modicon, що працюють за протоколом Modbus+.

Другий етап - розробка екранних форм

Наступний етап - створення інтерфейсу оператора для відображення даних. Однією з особливостей FIX є можливість динамічного відображення кількох груп параметрів на одній відеограмі. Наприклад, значення понад 100 параметрів напору води в міській мережі можуть відображатися по черзі на одному графічному екрані, що зменшує обсяг розробки і підвищує зручність візуалізації.

Третій етап - інтеграція з іншими додатками

FIX підтримує стандартні протоколи зв'язку Windows - DDE та ODBC, що забезпечує сумісність із офісними і промисловими застосунками. Наприклад: через DDE інженери можуть переглядати технологічні дані FIX безпосередньо в Microsoft Excel а через ODBC дані зберігаються в реляційних базах даних (наприклад, MS Access).

Для розробників Intellution надає бібліотеки програмного доступу до бази даних і історичних файлів мовами C++ та Visual Basic, що дозволяє створювати користувацькі модулі й аналітичні додатки.

SCADA-система Genesis32 (Iconics)

Genesis32, розроблена компанією Iconics Co., є комплексом програмних додатків для операційних систем Microsoft Windows (версії 98, NT, ME, 2000, XP, 2003). Це потужна SCADA/HMI-платформа, призначена для створення систем збору даних, керування та диспетчерського контролю верхнього рівня промислової автоматизації.

Програмна архітектура та інструментарій

Genesis32 містить середовище розробки та засоби виконання сценарних процедур VBA (Visual Basic for Applications 6.3), що входить до складу пакета Microsoft Office 2000. Завдяки цьому користувач може розробляти власні алгоритми управління, використовуючи знайоме середовище Visual Basic. Усі компоненти побудовані на багатопотоковій архітектурі з підтримкою технології ActiveX, що забезпечує високу продуктивність і сумісність.

Призначення та сфера застосування

Інструментарій Genesis32 орієнтований на системних інтеграторів та інженерів автоматизації, які розробляють великі АСУ ТП-проекти.

Система забезпечує:

- надійний збір і верифікацію даних;
- оптимальне налаштування SCADA-додатків;
- контроль цілісності інформації;
- високу продуктивність і гнучкість.

Для створення користувацьких додатків Genesis32 підтримує мови VBA, VBScript і JScript, що дозволяє розширювати її функціонал без складного програмування.

Компоненти Genesis32

Продукт Genesis32 7.0 орієнтований на платформи Windows 95/98/2000/XP/7/10 і підтримує сучасні мережеві технології Microsoft. До складу системи входять основні інструментальні модулі:

- AlarmWorX32 – управління тривогами;
- GraphWorX32 – створення графічних мнемосхем;
- TrendWorX32 – реєстрація та аналіз трендів;
- ScriptWorX32 – виконання сценаріїв;
- Security Server – управління доступом користувачів;
- Screen Manager – адміністрування інтерфейсів і екранів.

Система дозволяє підключати додаткові компоненти, включно з програмами сторонніх виробників, завдяки відкритій архітектурі та підтримці стандартів OPC і OLE Automation.

Галузі застосування

Genesis32 широко використовується для створення SCADA-рішень у харчовій, фармацевтичній, нафтохімічній, газовій і теплоенергетичній промисловості. Висока сумісність із системами Microsoft і гнучкі засоби розробки роблять Genesis32 одним із найзручніших і наймасштабованіших інструментів у галузі автоматизації виробництва.

Scada-система RealFlex компанії BJ Software Systems

Пакет RealFlex постачається з повним набором модулів, які забезпечують користувача всім необхідним для створення та функціонування автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП). До його складу входять утиліти конфігурації, процесори обробки даних у реальному часі, модулі тривоги, засоби для математичних обчислень, аналізу дискретних і аналогових сигналів, архівування історичних даних, а також інструменти для візуалізації та формування звітів.

Додатково можуть бути підключені такі засоби:

- BJScan – для зв'язку декількох систем RealFlex через глобальну мережу;
- RemFlex і LanFlex – утиліти для з'єднання з центральною базою даних RealFlex через послідовний канал або локальну мережу;
- Control Sequence Language (CSL) – мова для створення керуючих послідовностей;
- RealTalk – мовний сигналізатор, що реагує на події;
- Recipe Loader – засіб для завантаження початкових параметрів;
- Statistical Process Control (SPC) – модуль статистичного контролю процесів;
- TermFlex – забезпечує доступ до RealFlex через текстовий термінал;
- DDE Bridge – міст для зв'язку RealFlex із програмами під Windows

3.х.

RealFlex підтримує широкий спектр апаратних засобів відомих виробників контролерів і плат вводу-виводу. Серед них — Allen Bradley, Honeywell (серія TDC 3000), Metrabyte (M1000 / M2000), Modicon (інтерфейс J470), Yokogawa (HR 2300), Siemens Simatic S5. Список підтримуваних пристроїв постійно розширюється.

Одним із перспективних рішень для введення та виведення аналогової й дискретної інформації є використання комп'ютерів MicroPC (Octagon Systems, США) з операційною системою QNX 2.21 або QNX 4.22, розміщеною у ПЗП або

флеш-пам'яті. Для RealFlex також створено драйвери для українських контролерів TCM51, Ломіконт-110, Реміконт-110 і -130, ЕК2000, Ш711 та інших.

RealFlex може постачатися у двох варіантах — для розробників або як виконавча конфігурація (Run Time System). Крім того, версії відрізняються за обсягом підтримуваних записів у базі даних: 500 (MiniFlex) або 128 000 записів. На сьогодні RealFlex працює більш ніж на 5000 операторських станціях.

SCADA-система Sitex компанії Jade Software

Sitex - SCADA-пакет (Supervisory Control and Data Acquisition), створений британською компанією Jade Software у 1995 році. Попри відносну новизну на ринку СНД, Sitex поєднує сучасні теоретичні підходи до побудови SCADA-систем і практичний досвід розробників у сфері промислової автоматизації.

Цікаво, що Sitex був розроблений командою спеціалістів, які раніше працювали з пакетом RealFlex компанії BJ Software Systems (BJSS, Х'юстон, США). Головними ідеологами Sitex стали Глін Дурбан, який довгий час був дистриб'ютором RealFlex, і Барбара Джонсон, засновниця BJSS (ініціали якої й утворили назву компанії). Під час створення Sitex було враховано досвід впровадження RealFlex і сучасні концепції побудови SCADA-пакетів.

Sitex орієнтований на задоволення найвищих вимог у сфері моніторингу та управління технологічними процесами. Пакет має низку можливостей, яких зазвичай немає у більшості PC-базованих аналогів, при цьому його вартість нижча, ніж у типових систем реального часу, що працюють у середовищі POSIX.

Його потужність і стабільність забезпечуються завдяки операційній системі QNX, яка реалізує систему абсолютних пріоритетів у мікроядерній архітектурі. QNX має власні мережеві механізми (FLEET), що забезпечують швидкий, надійний і відмовостійкий зв'язок.

QNX працює у захищеному режимі, повністю використовуючи можливості 32-розрядних процесорів. Завдяки цьому можливе паралельне виконання завдань - наприклад, одночасне спостереження за трендами процесу та редагування бази даних у режимі онлайн. Файлова система, сумісна з POSIX, забезпечує високу надійність і безпеку даних користувача.

Графічний інтерфейс Open Look, що реалізується у середовищі QNX Windows, робить Sitex зручним у використанні: користувач може відкривати кілька вікон одночасно, які оновлюються у реальному часі (готується версія з інтерфейсом Photon).

Основу Sitex складають сервери - бази даних, вводу-виводу, архівів історичних і поточних даних - та адміністратори доступу, повідомлень і вихідних даних. Кожен сервер - це програмний компонент, а не окремий комп'ютер, і він може одночасно обслуговувати кілька модулів вводу-виводу.

Sitex постачається з усіма необхідними компонентами для повноцінної роботи системи без необхідності додаткового програмування.

З практичної точки зору SCADA-пакети можна умовно розділити на два класи:

Системно орієнтовані пакети (RealFlex, VTC) — створені фахівцями з АСУ ТП, де головна увага приділяється базі даних, що описує об'єкт керування, а графіка, звіти тощо мають допоміжне значення.

Графічно орієнтовані пакети (Genesis, Trace Mode) - акцентують увагу на візуалізації процесів, де база даних формується як похідна від графіки. Основна ідея цього підходу виражена гаслом: «Намалюй свою АСУ ТП».

Екранні форми в Sitex дозволяють динамічно відображати зв'язки та процеси у реальному часі, забезпечуючи гнучкість і наочність управління.

Scada-система TraceMode компанії AdAstrA

SCADA-система Trace Mode

Trace Mode - це одна з найпопулярніших SCADA-систем, призначена для створення великих розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) різного призначення. Система Trace Mode 5 була розроблена у 1992 році компанією AdAstra Research Group, Ltd (Росія) і нині має понад 10 000 інсталяцій.

Рішення, побудовані на базі Trace Mode, успішно функціонують у сферах енергетики, металургії, нафтової, газової, хімічної промисловості, а також у

комунальному господарстві. За кількістю впроваджень ця система суттєво випереджає інші зарубіжні аналоги подібного класу.

Trace Mode базується на інноваційних технологіях, що не мають прямих аналогів. Серед них:

- розробка розподіленої АСУ ТП як єдиного проекту;
- автоматичне побудування системи (автопроекування);
- оригінальні алгоритми обробки сигналів та управління;
- використання об'ємної векторної графіки для мнемосхем;
- застосування єдиного мережевого часу;
- унікальна технологія Playback, що дозволяє графічно переглядати архіви з робочих місць керівників.

Trace Mode стала першою інтегрованою SCADA- та softlogic-системою, яка підтримує наскрізне програмування як операторських станцій, так і контролерів за допомогою єдиного інструментарію.

SCADA-система SIMPLICITY компанії GE Fanuc

Proficy SIMPLICITY — це потужна, але водночас проста у використанні SCADA-система відкритої архітектури з модульною структурою, розроблена компанією GE Fanuc (спільне підприємство General Electric (США) та Fanuc (Японія)). Вона забезпечує доступ до даних у реальному часі без обмеження кількості точок.

Переваги системи SIMPLICITY:

- Оптимальне співвідношення ціни та можливостей. Вартість SIMPLICITY є конкурентною щодо вітчизняних SCADA-систем і значно нижчою, ніж у багатьох зарубіжних аналогів.
- Інтеграція з апаратними засобами GE Fanuc. У поєднанні з контролерами та іншим обладнанням компанії забезпечується створення завершених і збалансованих комплексів АСУ ТП.
- Широке застосування. Система успішно впроваджена на численних підприємствах Росії, країн СНД і світу. Серед її користувачів - провідні компанії:

AT&T, BMW, Boeing, Chrysler, Dell, Ford, Intel, Kodak, NASA, Nissan, Revlon, UPS тощо.

Характеристика системи Proficy HMI/SCADA – SIMPLICITY

Proficy SIMPLICITY - це людино-машинний інтерфейс (HMI) та система диспетчерського контролю і збору даних (SCADA), призначена для автоматизації технологічних процесів.

Вона поєднує модульну структуру, відкриту архітектуру, реальний час обробки й простоту використання, що забезпечує високу надійність, точність контролю та ефективне управління виробництвом.

Рішення на базі SIMPLICITY дозволяють:

- здійснювати постійний моніторинг технологічних процесів;
- забезпечувати точний контроль і оперативне управління обладнанням та ресурсами;
- своєчасно виявляти та усувати несправності;
- підвищувати ефективність і рентабельність виробництва;
- скорочувати терміни запуску нової продукції у серійне виробництво.

Особливості SIMPLICITY

Підтримка широкого спектра пристроїв і контролерів.

Система сумісна з практично всіма відомими моделями ПЛК, а вбудовані OPC-засоби забезпечують підключення тисяч пристроїв різних виробників.

Гнучка візуалізація даних.

Зібрані дані перетворюються у наочну інформацію - числові значення, текстові повідомлення, сигнали тривоги та графічні об'єкти.

Розвинуті засоби графіки та сигналізації.

Система оперативно повідомляє операторів і керівництво про стан ключових виробничих параметрів, забезпечуючи повний контроль над технологічними процесами.

Інноваційні технології в системі SIMPLICITY

SIMPLICITY - одна з найбільш досконалих клієнт-серверних систем HMI з відкритою архітектурою, створена на базі стандартів і програмних кодів

Microsoft Win32. Така основа забезпечує стабільну роботу навіть у найскладніших автоматизованих додатках та системах управління.

Високу ефективність управління виробничими процесами у SIMPLICITY забезпечують сучасні інноваційні технології, серед яких:

Складні та прості клієнти, що підтримують роботу як у локальній мережі, так і через Інтернет-технології та термінальні сервіси.

Мобільний доступ - підтримка роботи через портативні пристрої типу PDA (Personal Digital Assistant, «персональний цифровий секретар») і функції пейджингового зв'язку.

Інтеграція MES-технологій, Web-додатків та бездротового зв'язку, що дозволяє підключати до системи дедалі більшу кількість користувачів.

Таким чином, SIMPLICITY поєднує у собі технології управління виробництвом, мобільності та інформаційної інтеграції, створюючи основу для побудови гнучких, масштабованих і високоефективних систем автоматизації.

SCADA-система «САРГОН» компанії НВТ-Автоматика

Програмно-технічний комплекс (ПТК) «САРГОН» (Система автоматизації енергетичного обладнання) - це вітчизняна розробка, призначена для створення повнофункціональних АСУ ТП енергетичних об'єктів: енергоблоків, котлоагрегатів, турбін, цехів і електростанцій.

ПТК «САРГОН» забезпечує новий рівень розробки, впровадження та експлуатації систем автоматизації завдяки використанню сучасних інтерфейсів і інструментальних програмних засобів, зручних як для операторів, так і для інженерів-проектувальників.

Система передбачає дружній інтерфейс користувача, який відповідає специфіці предметної області. Формалізований опис задач здійснюється на рівні користувача, тоді як безпосередня їх реалізація - на системному рівні за допомогою компонентів комплексу.

Основні можливості та структура ПТК «САРГОН»

Компанією ЗАТ «НВТ-Автоматика» розроблено широкий набір програмно-апаратних рішень, що забезпечують глибоку автоматизацію енергетичних процесів, серед яких:

- бібліотеки типових алгоритмів автоматизації для енергетичних установок різних типів;
- типові структурні рішення та графічно-текстові оболонки для створення автоматизованих робочих місць (АРМ);
- потужна система наскрізного проєктування (TkAconf);
- повний набір інструментальних засобів для розробки, налагодження та впровадження систем управління.

Для комплексної автоматизації теплових електростанцій (ТЕС), компресорних і теплових станцій створено практично повний комплект проєктних рішень і програмного забезпечення. Це дозволяє значно скоротити етап проєктування, зводячи його до адаптації та прив'язки типових рішень до конкретного об'єкта.

Сертифікація та надійність ПТК «САРГОН»

Комплекс «САРГОН» пройшов повторну експертизу РАО «ЄЕС Росії» і отримав позитивний експертний висновок (№159-АСУ-2002 від 30.04.2002 р.), рекомендований до використання при створенні АСУ ТП енергетичних об'єктів.

АСУ ТП, побудована на основі цього комплексу, забезпечує: повний набір інформаційних, керуючих і сервісних функцій:

- можливість створення систем верхнього рівня з використанням стандартних технічних засобів та мережевих операційних систем;
- застосування інструментальних програмних засобів із складу ПТК;
- високу надійність і якість при оптимальній вартості;
- середній напрацювання контролерів на відмову — понад 100 000 годин;
- підтримка резервування та відмовостійкості компонентів;

- відкритість і масштабованість системи, завдяки підтримці стандартних протоколів і відкритих інтерфейсів;
- постачання прикладного програмного забезпечення у відкритих вихідних кодах.

Система управління, побудована на базі ПТК «САРГОН», є проектно-компонованою та вільно програмованою. Вона поєднує гнучкість архітектури, надійність апаратної частини та зручність розробки, що робить її ефективним рішенням для сучасних енергетичних підприємств.

2 ОГЛЯД ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ ТА СТВОРЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НАСОНОЮ СТАНЦІЄЮ

2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи

Використання SCADA-системи TRACE MODE для програмної реалізації мікропроцесорної системи керування

Для розроблення та дослідження мікропроцесорної системи керування в даній роботі обрано одну з найбільш поширених SCADA-систем - TRACE MODE (ТРЕЙС МОУД). Ця система призначена для створення великих розподілених автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП) широкого призначення.

SCADA-система TRACE MODE була розроблена у 1992 році компанією AdAstra Research Group Ltd (Росія) і на сьогодні має понад 4500 інсталяцій. Рішення, створені на базі TRACE MODE, успішно застосовуються у енергетиці, металургії, нафтовій, газовій, хімічній промисловості, а також у комунальному господарстві. За кількістю впроваджень TRACE MODE суттєво перевищує більшість зарубіжних аналогів SCADA-класу.

Інноваційні особливості TRACE MODE

TRACE MODE побудована на низці унікальних інноваційних технологій, які не мають аналогів серед інших SCADA-рішень. Серед ключових особливостей:

- концепція розроблення розподіленої АСУ ТП як єдиного інтегрованого проекту;
- технологія автопобудови (автоматичне створення баз даних каналів і зв'язків між вузлами системи);
- оригінальні алгоритми обробки сигналів і керування;

- об'ємна векторна графіка мнемосхем, що забезпечує наочність контролю процесів;
- підтримка єдиного мережевого часу, що гарантує синхронність подій у системі;
- інтеграція SCADA- і softlogic-технологій, яка дозволяє виконувати наскрізне програмування операторських станцій і контролерів за допомогою єдиного інструментального середовища.

Основні функціональні можливості TRACE MODE

Серед базових характеристик системи можна виділити:

- модульну структуру (від 128 до 64 000×16 точок введення/виведення);
- необмежену кількість тегів;
- мінімальний цикл опитування — 1 мс (0,001 с);
- відкритий формат драйверів для взаємодії з будь-якими пристроями збору даних (УСО);
- підтримку мов програмування Visual Basic, Visual C++ тощо;
- вбудовані бібліотеки з понад 150 алгоритмами обробки даних і керування, включно з PID-, PDD-, адаптивними, нечіткими та позиційними регуляторами, алгоритмами ШІМ, керування засувками, клапанами, приводами тощо;
- наявність статистичних функцій і можливість реалізації довільних алгоритмів користувача.

Технологія автопобудови TRACE MODE

Однією з головних переваг системи є автоматична побудова баз каналів і комунікацій між вузлами АСУ ТП. Принцип автопобудови полягає в автоматичній генерації баз даних операторських станцій і контролерів на основі інформації про:

- кількість точок введення/виведення;
- тип і кількість використовуваних контролерів та модулів введення-виведення (УСО);
- структуру зв'язків між ПК і контролерами.

У TRACE MODE 5 реалізовано такі процедури автопобудови:

Автопобудова баз каналів для PC-контролерів - автоматичне формування баз даних для кожного контролера та їх налаштування на відповідні УСО. Технологія підтримується у контролерах MicroPC, Круїз, МФК, MIC2000, Advantech PCL тощо.

Автопобудова баз каналів для стандартних контролерів — автоматичне генерування баз даних для взаємодії з контролерами типу Реміконт, Ломіконт, Ш-711, TCM, ЕК-2000, ADAM 4000, ADAM 5000, Allen Bradley, Siemens тощо.

Автопобудова зв'язків між вузлами системи (“ПК–ПК”, “ПК–контролер”) - автоматичне створення та відновлення мережових і послідовних комунікацій (Ethernet, RS-232/485, Profibus).

Автопобудова при імпорті баз технологічних параметрів - формування баз даних при інтеграції з іншими системами.

У процесі роботи в реальному часі система автоматично відстежує зміни у базах каналів на різних вузлах АСУ ТП і вносить необхідні корективи. Наприклад, у разі підключення або видалення датчика TRACE MODE автоматично додає або видаляє відповідні канали на всіх рівнях системи.

Розроблена АСКТП реалізується на базі контролерів Lagoon, а також комунікаційних, аналогових і дискретних модулів серії I-7000.

Базовим процесорним модулем системи є контролер I-7188, який є аналогом Lagoon.

Контролер I-7188 - це компактний PC-сумісний мікрокомп'ютер, що містить:

- процесор AMD 188 з тактовою частотою 40 МГц;
- 256 КБ SRAM (оперативна пам'ять);
- 512 КБ Flash-пам'яті (виконує функцію електронного диска);
- годинник реального часу;
- чотири послідовних порти зв'язку.

Таке апаратне забезпечення дозволяє реалізувати всі необхідні функції керування технологічними процесами на рівні контролера.

Програмна частина системи розроблена мовою Visual C#, яка була обрана завдяки її потужним можливостям і сумісності з платформою .NET Framework 4.5.

Мова Visual C# 5.0 є строго типізованою, об'єктно-орієнтованою та орієнтована на створення надійних і масштабованих застосунків. Вона підтримує:

- розроблення клієнтських застосунків Windows, XML-вебслужб, розподілених компонентів, систем типу “клієнт–сервер”, баз даних тощо;
- сучасний інтерфейс розробки з розширеним редактором коду, конструктором форм, налагоджувачем і засобами оптимізації;
- синтаксис, подібний до мов C, C++ і Java, що спрощує навчання та використання;
- підтримку інкапсуляції, спадкування та поліморфізму, типів Nullable, делегатів, лямбда-виразів, ітераторів і запитів LINQ;
- високий рівень безпеки та продуктивності при роботі з даними.

Visual C# забезпечує зручну інтеграцію з TRACE MODE, дозволяючи реалізувати алгоритми керування, обробки сигналів та візуалізації у єдиному середовищі розробки.

Використання SCADA-системи TRACE MODE у поєднанні з мікроконтролерами I-7188 і програмним забезпеченням Visual C# забезпечує:

- гнучкість і модульність побудови системи;
- високу швидкодію та точність обробки сигналів;
- простоту масштабування та налаштування;
- наочність моніторингу технологічних процесів.

Таким чином, TRACE MODE є оптимальним вибором для дослідження та програмної реалізації мікропроцесорної системи керування в рамках даного проєкту.

2.2 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на магістерську роботу, передбачається розроблення системи керування насосною станцією. У процесі виконання магістерської роботи необхідно реалізувати наступний обсяг проєктних робіт:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів з метою виявлення їхніх переваг і недоліків. Результати аналізу використати для формування технічних і програмних рішень у подальшій розробці системи.

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання у автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми мікропроцесорної системи управління насосною станцією.

в) створити програмне забезпечення системи, яке забезпечить виконання завдань, визначених технічним завданням. Побудувати блок-схеми алгоритмів основної програми та допоміжних підпрограм.

г) Розробити інтерфейс користувача, який забезпечить:

- зручність роботи оператора з системою;
- формування і виведення на екран повідомлень про некоректні дії користувача;

- індикацію аварійних і нестандартних ситуацій у роботі технологічного обладнання.

д) підготувати рекомендації щодо організаційних і методичних заходів, які забезпечать ефективне впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальше надійне функціонування.

е) розробити заходи з охорони праці під час впровадження, налагодження та експлуатації системи автоматизації.

ж) сформулювати висновки щодо виконаного обсягу робіт, отриманих результатів і практичної значущості розробленої системи.

2.3 Опис функціонування системи

Автоматизована система керування насосною станцією призначена для контролю технологічних параметрів водопідйомної свердловини та забезпечення надійного функціонування насосного обладнання.

Система здійснює вимірювання та контроль таких параметрів:

- величина напруги живлення електродвигуна насоса;
- струм навантаження двигуна;
- тиск у напірному трубопроводі;
- контроль режиму «сухого ходу» насоса;
- стан вимикачів і систем керування насосним агрегатом.

Умови експлуатації

Розроблювана система призначена для роботи в різних кліматичних умовах і відповідає вимогам промислової надійності:

- робочий температурний діапазон - від - 40 °С до +85 °С;
- відносна вологість повітря - до 98 % при температурі 25 °С;
- діапазон атмосферного тиску - 80-106 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
- ступінь захисту корпусу обладнання - IP54.

Система може застосовуватись як локальний контролер насосної свердловини, так і як елемент централізованої системи диспетчеризації водопідйомних станцій.

Контрольовані параметри та алгоритми роботи

У процесі функціонування системи здійснюється моніторинг рівня води у водонапірній башті (ВНБ) або резервуарі чистої води (РЧВ):

- при досягненні максимального рівня води насос автоматично вимикається;
- при зниженні рівня води до мінімального – насос автоматично вмикається;
- сигнали керування подаються за допомогою датчиків рівня води;
- система також передбачає автоматичне вимкнення насоса у випадках:
 - зниження рівня води в свердловині нижче допустимого значення (захист від «сухого ходу»);
 - виникнення несправності насоса;
 - пошкодження або аварії електрообладнання.

Після відновлення живлення система реалізує автоматичне повторне вмикання (АПВ) насосного агрегату.

Електричний захист

У системі реалізовано захисні функції:

- від неповнофазного режиму живлення;
- забезпечення ручного та автоматичного режимів керування насосом;
- контроль параметрів живлення та навантаження двигуна;
- захист обладнання відповідно до вимог класу IP54.
- Індикація та візуалізація станів

Автоматизована система забезпечує індикацію технологічних і аварійних параметрів, зокрема:

- стан насосного агрегату (робочий / неробочий);
- стан електрифікованих засувок (відкрита / закрита);
- стан АПВ;
- наявність напруги по всіх фазах мережі;
- наявність води у свердловині;
- рівень води у ВНБ або РЧВ;
- інформація про перелив у резервуарі;
- струм споживання електродвигуна;
- попередження про несанкціоноване проникнення у приміщення;
- сигналізація про зниження температури повітря в будівлі нижче +5°C;
- архівування аварійних подій протягом одного року.

Структура системи

До складу автоматизованої системи входять:

- блок логіки – основний обчислювальний модуль, який забезпечує збір, обробку та аналіз даних, а також формування команд для виконавчих механізмів.

- блок силовий – сукупність виконавчих пристроїв, які реалізують команди контролера, забезпечуючи керування насосом та іншими силовими елементами системи.

- зовнішні датчики, що здійснюють вимірювання технологічних параметрів.

Використовувані датчики

- датчики тиску (манометри) для контролю мінімального та максимального рівня;

- датчик «сухого ходу», що реагує на зниження тиску у свердловині;

- датчики температури - для контролю мікроклімату у приміщенні;

- охоронні датчики - для виявлення несанкціонованого доступу до обладнання.

Система підтримує два основних режими керування:

- автоматичний режим - робота насоса регулюється за показаннями датчиків рівня, тиску та стану електроживлення;

- ручний режим - оператор здійснює керування насосним агрегатом через інтерфейс системи або безпосередньо з пульта управління.

Розроблена автоматизована система забезпечує надійний контроль і керування насосною станцією, підвищує ефективність її роботи, зменшує ризик аварійних ситуацій і дозволяє реалізувати централізовану диспетчеризацію водопідйомних об'єктів.

Автоматичний режим роботи

У автоматичному режимі система здійснює повний контроль усіх технологічних параметрів і виконує повний цикл роботи без участі оператора. Всі процеси контролюються в реальному часі, а результати та стан обладнання відображаються на рідкокристалічному дисплеї, розташованому на передній панелі пристрою.

У разі виникнення аварійних або нештатних ситуацій система автоматично фіксує подію та виводить на екран повідомлення з позначкою часу.

Це забезпечує зручність аналізу і можливість ведення хронологічного журналу подій.

При інтеграції у систему централізованого диспетчерського управління, усі дії, зміни стану та повідомлення про несправності передаються на диспетчерський пункт, де вони відображаються на екрані персонального комп'ютера.

Обмін даними між локальним контролером і центральною станцією може здійснюватися:

- дровим способом - через стандартну послідовну лінію зв'язку;
- бездротовим способом - за допомогою технології Wi-Fi.

Система підтримує послідовне підключення до 255 пристроїв по одній парі провідників, що забезпечує побудову масштабованої мережі контролю насосних станцій.

Ручний режим роботи

У ручному режимі керування всіма процесами виконується оператором за допомогою органів управління, розташованих на передній панелі пристрою. Цей режим призначений для налагодження, технічного обслуговування або аварійних ситуацій, коли потрібне безпосереднє втручання персоналу.

Додаткові можливості

За бажанням замовника система може бути доукомплектована пристроєм плавного пуску електродвигуна, що:

- забезпечує зниження пускових струмів;
- зменшує механічні навантаження на насосний агрегат;
- значно підвищує ресурс і термін служби насосного обладнання

2.4 Розробка структурної схеми

Структурна схема системи - це узагальнене графічне подання об'єкта, яке відображає складові елементи системи, їх функціональні частини та взаємозв'язки між ними.

Вона призначена для демонстрації загальної структури системи, показуючи основні блоки, вузли, частини та головні інформаційні, енергетичні й керуючі зв'язки між ними. Структурну схему мікропроцесорної системи представлено на рисунку 2.2.

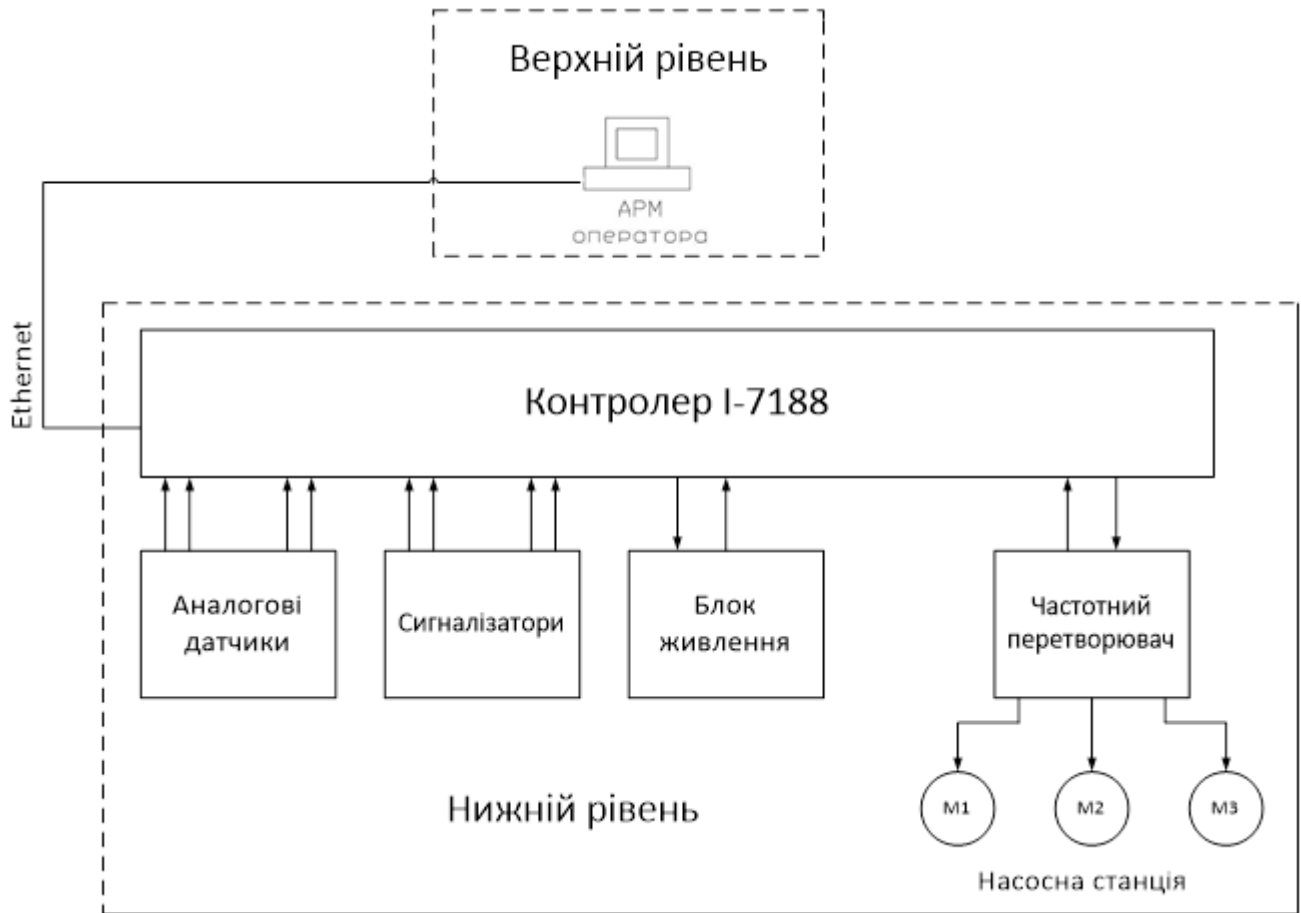


Рисунок 2.2 - Структурна схема мікропроцесорної системи

Автоматизована система керування насосною станцією має дворівневу архітектуру, яка включає верхній та нижній рівні.

Нижній рівень містить основні технічні елементи системи: датчики для вимірювання технологічних параметрів (тиску, рівня, температури тощо);

- насосне обладнання;
- частотний перетворювач для регулювання швидкості обертання електродвигуна;

- контролер, який здійснює локальне управління обладнанням та забезпечує обмін даними з верхнім рівнем.

Верхній рівень представлений персональним комп'ютером (ПК) із встановленим розробленим програмним забезпеченням, яке виконує функції моніторингу, диспетчеризації, аналізу даних і централізованого керування системою.

2.5 Розробка функціональної схеми

На рисунку 2.3 зображена функціональна схема системи. Нижче розглянемо її більш докладно.

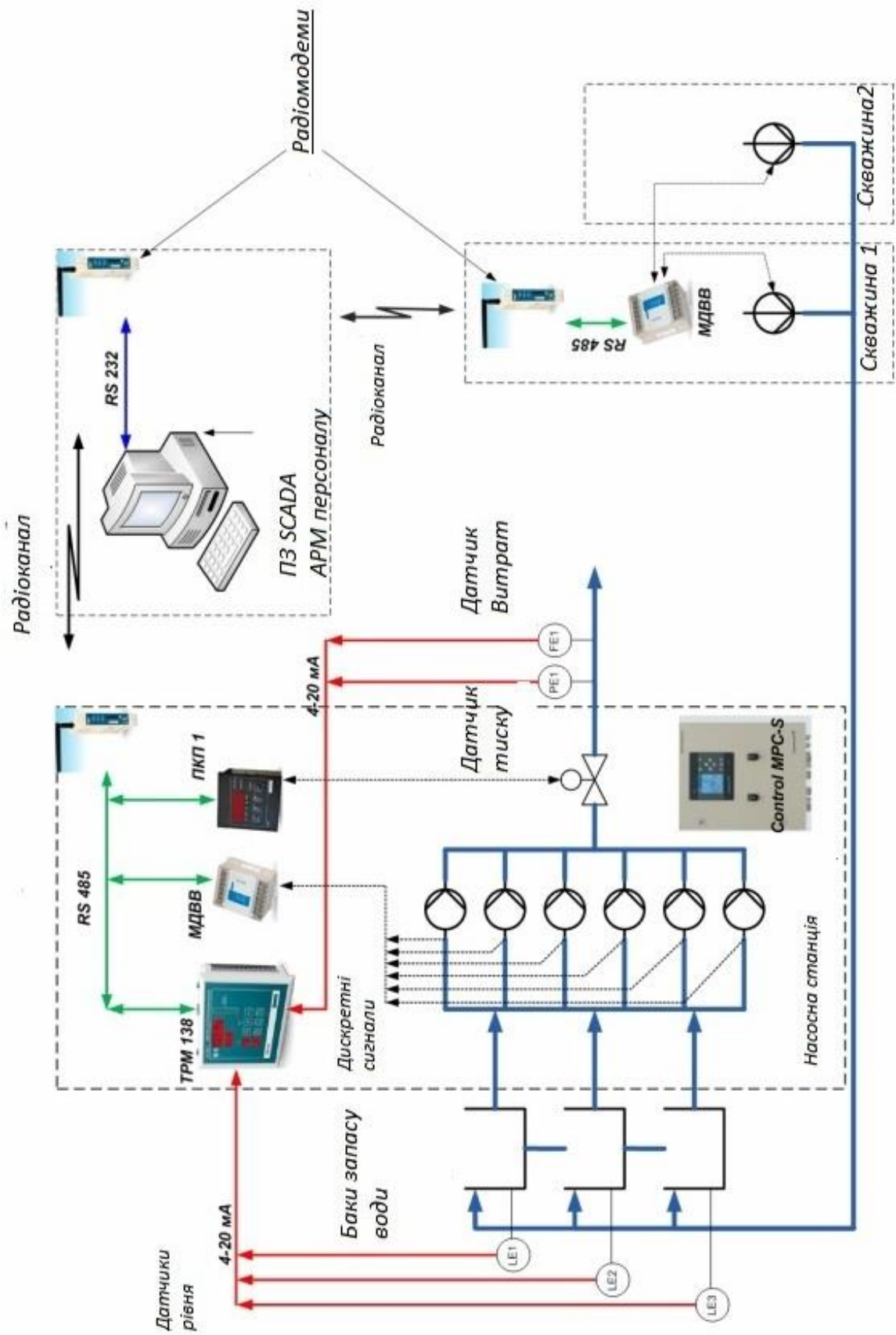


Рисунок 2.3 – Функціональна схема системи

Автоматизована система управління водопостачанням (АСУ) являє собою апаратно-програмний комплекс (АПК), призначений для забезпечення безперебійної подачі води споживачам та автоматичного регулювання технологічних процесів системи водопостачання.

АПК складається з двох основних частин:

- програмної частини - SCADA-пакета MasterSCADA компанії ІНСАТ, встановленого на персональному комп'ютері в приміщенні оперативного персоналу.

- апаратної частини, розробленої на базі мікропроцесорних пристроїв серії ОВЕН, які виконують функції збору, передавання та обробки інформації, а також керування технологічним обладнанням.

Функціональні можливості системи

АСУ водопостачання реалізує такі основні функції:

- автоматичне управління двома віддаленими свердловинами;
- дистанційне та автоматичне керування шістьма мережевими насосами з автоматизованого робочого місця (АРМ) оперативного персоналу;
- вимірювання технологічних параметрів - рівня води у резервуарах, тиску в трубопроводі, витрати води до споживачів;
- управління пожежною засувкою відповідно до значень тиску або витрати води;
- передавання аварійних сигналів і технологічної інформації на АРМ персоналу;
- архівацію даних та подій з можливістю їх подальшого аналізу.

Принцип роботи системи

АСУ підтримує необхідний тиск у водопровідній мережі шляхом каскадного включення шести насосів. Алгоритм послідовності вмикання насосів задається користувачем у середовищі MasterSCADA. Система здійснює контроль справності насосів і автоматичне вмикання резервних агрегатів у разі відмови основних.

Інформація про роботу насосів і аварійні ситуації передається через модулі введення-виведення ОВЕН МДВВ, МУ110-16Р, МВ110-16ДН, об'єднані у локальну мережу з багатоканальним вимірювачем-регулятором ОВЕН ТРМ138 та контролером засувки ОВЕН ПКП1.

На екрані АРМ відображаються:

- показники датчиків рівня у баках запасу води (L1, L2, L3);
- тиск у напірному трубопроводі (P1);
- витрата води до споживачів (F1).

При збільшенні витрати води тиск у системі зменшується, тому MasterSCADA автоматично підключає додатковий насос. У випадку перевищення допустимих меж витрати система вмикає засувку обхідного трубопроводу, спрямовуючи потік води в обхід блоку водопідготовки. Керування засувкою може здійснюватися в автоматичному або ручному режимі — з АРМ чи безпосередньо з пристрою ПКП1.

Контроль рівня води

Для контролю рівня у баках запасу води використовуються датчики тиску, які передають дані на регулятор ТРМ138. Інформація відображається у цифровому вигляді на дисплеї регулятора та у графічному або табличному вигляді на екрані АРМ.

- при зниженні рівня нижче мінімального значення (MIN) система формує команду на вмикання свердловинних насосів.
- при досягненні максимального рівня (MAX) - формується команда на їх вимкнення.

Зв'язок із модулем МДВВ, розташованим у приміщенні свердловини №1, здійснюється по радіоканалу, що дозволяє передавати дані на великі відстані без прокладання кабельних ліній.

Архівування та відображення інформації

Усі параметри, що надходять на АРМ, архівуються без обмеження глибини зберігання. MasterSCADA забезпечує відображення поточних і архівних даних у зручній формі:

- цифрові таблиці;
- тренди (графіки зміни параметрів у часі);
- списки подій і аварій.

Це дозволяє персоналу аналізувати динаміку роботи системи, своєчасно виявляти відхилення та оптимізувати роботу насосного обладнання.

Розроблена автоматизована система управління водопостачанням забезпечує:

- стабільну роботу насосних агрегатів;
- підтримання необхідного тиску та рівня води;
- централізований контроль і диспетчеризацію процесів;
- автоматичну реакцію на аварійні ситуації;
- повну інформаційну підтримку операторів через APM MasterSCADA.

Завдяки використанню мікропроцесорних пристроїв ОВЕН і SCADA-системи MasterSCADA, комплекс відзначається гнучкістю, масштабованістю, надійністю та зручністю експлуатації.

У розробленій автоматизованій системі управління водопостачанням використано обладнання виробництва компанії ОВЕН та низку пристроїв інших виробників, які забезпечують збір, передавання, обробку та відображення інформації про технологічний процес.

Основне обладнання ОВЕН

1. Перетворювачі гідростатичного тиску (занурювальні) ОВЕН ПД100 - ДГ0,06 – 3 шт. Призначені для вимірювання рівня води в резервуарах за гідростатичним тиском.

2. Перетворювачі надлишкового тиску ОВЕН ПД100-ДІ (діапазон вимірювання 0...1,6 МПа, вихідний сигнал 4...20 мА) – 2 шт. Використовуються для контролю тиску в трубопроводах.

3. Універсальний 8-канальний вимірювач-регулятор ОВЕН ТРМ138 – 1 шт. Виконує функції збору, обробки, регулювання та передавання аналогових сигналів у систему управління.

4. Модуль дискретного введення-виведення ОВЕН МДВВ – 1 шт. Забезпечує зчитування стану дискретних датчиків і формування керуючих сигналів.

5. Модуль дискретного вводу ОВЕН МВ110-16ДН – 1 шт. Призначений для приймання сигналів від кнопок, вимикачів, датчиків положення.

6. Модуль дискретного виводу ОВЕН МУ110-16Р – 1 шт. Забезпечує формування команд на керування виконавчими механізмами.

7. Прилад контролю і управління засувкою ОВЕН ПКП1 – 1 шт. Використовується для дистанційного або локального керування електроприводом засувки без застосування кінцевих вимикачів.

8. Блоки живлення:

- БП14Б-Д4.4.24 – 2 шт.;

- БП30Б-Д3.24 – 2 шт.; Забезпечують стабілізоване живлення елементів системи постійним струмом.

9. Блок мережевого фільтра БСФ-Д3-1,2 – 1 шт. Виконує функцію придушення електромагнітних завад у мережі живлення.

10. Перетворювачі інтерфейсів АС4 і АС5 – по 1 шт. Призначені для узгодження інтерфейсів обміну даними (USB ↔ RS-485, RS-232 ↔ RS-485).

Додаткове обладнання інших виробників

- радіомодеми НЕВОД-5 – 4 шт. (для організації телеметричного зв'язку між віддаленими вузлами);

- антени SIRO SA703 та АН5-433 – для забезпечення стабільного радіоканалу;

- витратомір РСМ-05 – для вимірювання витрати води до споживача.

Прилади в шафах автоматики

11. Шафа автоматики №1:

- універсальний вимірювач-регулятор восьмиканальний ТРМ138.Р-Щ7 з RS-485 – 1 шт.;

- пристрій управління і захисту електроприводу засувки ПКП1-ТИ з RS-485 – 1 шт.;

- модуль дискретного введення MB110-16ДН з RS-485 – 1 шт.;
- модуль дискретного виводу МУ110-16Р з RS-485 – 1 шт.;
- радіомодем НЕВОД-5 – 1 шт.

12. Шафа автоматики №2:

- модуль дискретного введення-виведення МДВВ з RS-485 (12 каналів введення, 8 каналів виводу) – 1 шт.;
- радіомодем НЕВОД-5 – 1 шт.

13. АРМ оператора:

- радіомодем НЕВОД-5 – 1 шт.;
- перетворювач інтерфейсу АС4 USB/RS-485 – 1 шт.;
- персональний комп'ютер зі встановленим SCADA-пакетом MasterSCADA MSRT100 (на 100 точок введення-виведення).

Наведений перелік апаратних засобів забезпечує повну автоматизацію процесу водопостачання, реалізацію дистанційного контролю та керування, а також надійну передачу інформації між віддаленими об'єктами та центральним диспетчерським пунктом.

2.6 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів, зображену на рисунку 2.5. Основне призначення діаграми полягає у графічному відображенні структури та взаємодії сукупностей даних, що характеризують інформаційні потоки в системі. Діаграма дозволяє представити взаємозв'язки між частинами системи та здійснити візуалізацію обробки інформації в процесі її функціонування.

Побудова діаграми процесів базується на графічному поданні складу даних і їх взаємозв'язків за абсолютними та відносними показниками, що сприяє глибшому аналізу роботи системи та її компонентів. Таке відображення допомагає не лише зрозуміти загальну логіку функціонування системи, а й забезпечує можливість оптимізації структури потоків даних.

Призначення та побудова діаграми взаємодії процесів

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних під час структурного проектування інформаційної системи.

На етапі початкового проектування розробник створює контекстну діаграму, яка показує взаємодію системи з зовнішнім середовищем, тобто із зовнішніми об'єктами та потоками даних, що надходять до системи або виходять із неї.

Після побудови контекстної діаграми виконується її деталізація, у результаті якої формується ієрархічна структура процесів. На наступних рівнях уточнюються окремі підпроцеси, внутрішні потоки даних та взаємодія між функціональними елементами системи. Цей підхід дозволяє послідовно розкрити логіку роботи системи та показати всі етапи обробки інформації.

Структура діаграми потоків даних

Діаграма потоків даних (Data Flow Diagram, DFD) відображає основні елементи системи та їх взаємодію. Вона містить чотири основні типи компонентів:

1. Зовнішні сутності - об'єкти або системи, які взаємодіють із розроблюваною системою, передаючи чи отримуючи інформацію.
2. Процеси - функціональні елементи, що виконують трансформацію даних (обробку, розрахунки, перетворення тощо).
3. Сховища даних (репозиторії) - місця зберігання інформації, яка використовується або формується у процесі роботи системи.
4. Потоки даних - інформаційні зв'язки між процесами, зовнішніми сутностями та сховищами, які показують напрям і характер передачі інформації.

Діаграма процесів є основним інструментом структурного аналізу системи, що дозволяє розробнику:

- наочно представити логіку обробки даних;
- визначити межі системи та її взаємодію з зовнішнім середовищем;
- виявити можливі дублювання або неузгодженості у потоках інформації;
- оптимізувати структуру системи ще на етапі проектування.

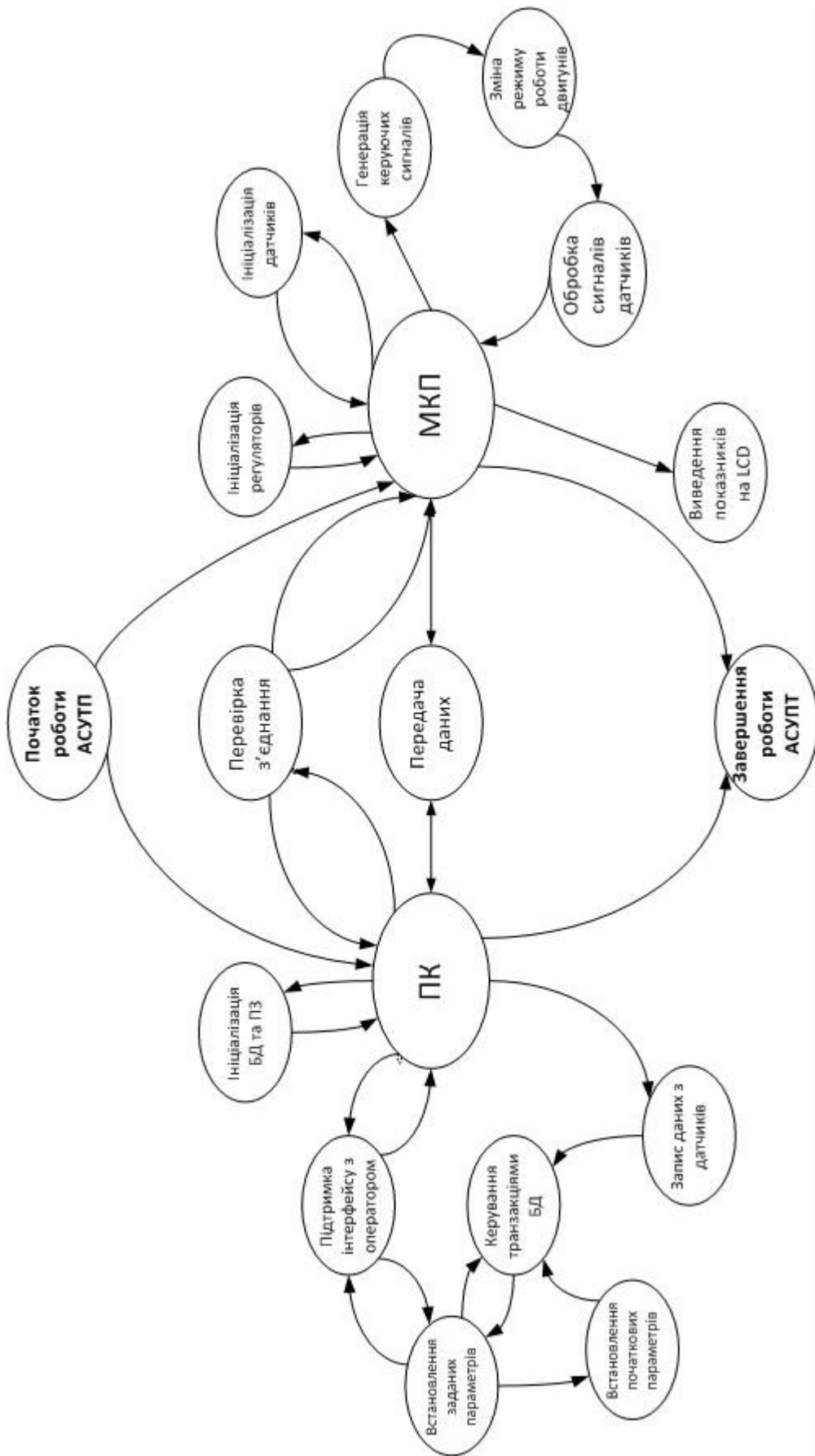


Рисунок 2.5 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином, після розгляду загального опису системи, її структурної та функціональної схем, а також діаграми взаємодії процесів, можна перейти до опису блок-схем основної програми та допоміжних підпрограм, які забезпечують реалізацію функцій автоматизованої системи керування.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Реалізації автоматизованої системи керування

Для реалізації автоматизованої системи керування використано одну з найпоширеніших SCADA-систем - TRACE MODE (ТРЕЙС МОУД). Ця система призначена для створення масштабних розподілених АСКТП різного призначення. Вона була розроблена у 1992 році компанією AdAstra Research Group Ltd і на сьогодні налічує понад 4500 встановлень. Розробки на базі TRACE MODE ефективно функціонують у сферах енергетики, металургії, нафтовидобутку, газової та хімічної промисловості, а також у комунальному господарстві. За кількістю впроваджень TRACE MODE істотно перевищує зарубіжні аналоги свого класу.

TRACE MODE базується на низці унікальних інноваційних рішень, що не мають аналогів. Серед них — можливість створення розподіленої АСУТП як єдиного проекту, технологія автопобудови, оригінальні алгоритми обробки сигналів і керування, тривимірна векторна графіка мнемосхем, а також синхронізація за єдиним мережевим часом. TRACE MODE є першою інтегрованою SCADA- та softlogic-системою, яка забезпечує наскрізне програмування операторських станцій і контролерів за допомогою одного інструменту.

Основні функціональні можливості системи TRACE MODE:

- модульна архітектура (від 128 до 64 000×16 I/O);
- необмежена кількість тегів;
- мінімальний системний цикл - 0,001 с;
- відкритий формат драйверів для підключення будь-яких УСО;
- підтримка мов програмування Visual Basic, Visual C++ тощо;

- наявність вбудованих бібліотек із понад 150 алгоритмами обробки та керування, включно з фільтрацією, PID- і PDD-регулюванням, нечіткими, адаптивними та позиційними методами, ШИМ, керуванням виконавчими механізмами (клапани, засувки, приводи), статистичними функціями та довільними алгоритмами;

- інші розширені можливості.

Технологія автопобудови полягає в автоматичному створенні баз каналів операторських станцій і контролерів на основі даних про кількість точок введення/виведення, тип використовуваних контролерів і УСО, а також характер зв'язків між ПК і контролерами. У TRACE MODE 5 реалізовано такі процедури автопобудови:

- автоматичне формування баз каналів контролерів для зв'язку з УСО на основі їх типу та кількості (підтримуються Micro PC, Круїз, МФК, MIC2000, Advantech PCL тощо);

- автопобудова баз каналів для зв'язку з типовими контролерами (Реміконт, Ломіконт, Ш-711, ТСМ, ЭК-2000, ADAM 4000/5000, Allen Bradley, Siemens та ін.);

- автоматичне створення і підтримка комунікацій між вузлами типу «ПК–ПК», «ПК–контролер» через мережеві, RS-232/485, Profibus та інші інтерфейси;

- автопобудова під час імпорту баз технологічних параметрів.

- У процесі роботи в реальному часі технологія автопобудови відстежує зміни в базі каналів на різних вузлах розподіленої АСКТП (операторських станціях і контролерах) і автоматично оновлює відповідні параметри. Наприклад, при додаванні або видаленні датчика TRACE MODE самостійно додає або видаляє відповідні канали на всіх вузлах системи.

АСКТП реалізація на базі контролерів Lagoon

Автоматизована система керування технологічним процесом (АСКТП) побудована на основі контролерів Lagoon, а також комунікаційних модулів і

модулів введення/виведення серії I-7000, які забезпечують збір і передачу як аналогових, так і дискретних сигналів.

Основним процесорним модулем, що використовується при розробці системи, є контролер I-7188, який є аналогом Lagoon. По суті, I-7188 являє собою компактний комп'ютер, сумісний із ПК. Він оснащений процесором AMV 188 з тактовою частотою 40 МГц, оперативною пам'яттю 256 КБ SRAM, вбудованим Flash-диском обсягом 512 КБ, який виконує функції твердотілого накопичувача, а також має годинник реального часу і чотири послідовні порти. Така апаратна конфігурація забезпечує контролеру всі необхідні можливості для виконання завдань промислової автоматизації.

Організація бази каналів

У Редакторі бази каналів формується математична модель системи керування. На цьому етапі описуються конфігурації всіх робочих станцій, контролерів і пристроїв збору та обробки сигналів (УСО), а також налаштовуються інформаційні потоки між ними.

У цьому середовищі задаються вхідні та вихідні сигнали, визначається їх зв'язок із відповідними пристроями, налаштовуються періоди опитування, методи первинної обробки сигналів, технологічні межі та алгоритми математичної обробки даних. Додатково встановлюється, які параметри зберігаються в архівах, за яких умов здійснюється запис, і як реалізується обмін даними в мережі.

Редактор також використовується для конфігурації завдань, пов'язаних із веденням архівів, документуванням, синхронізацією часових характеристик системи керування та іншими допоміжними процесами.

Структура проєкту автоматизації

Для реалізації проєкту автоматизації процесу фільтрування передбачено створення двох основних вузлів системи:

- ARM (Автоматизоване робоче місце) - забезпечує моніторинг, відображення даних і взаємодію оператора з системою;

- Lagoon - виконує функції керування технологічним процесом, збір даних із датчиків та передачу керуючих сигналів на виконавчі пристрої.

Головне вікно бази каналів має наступний вигляд:

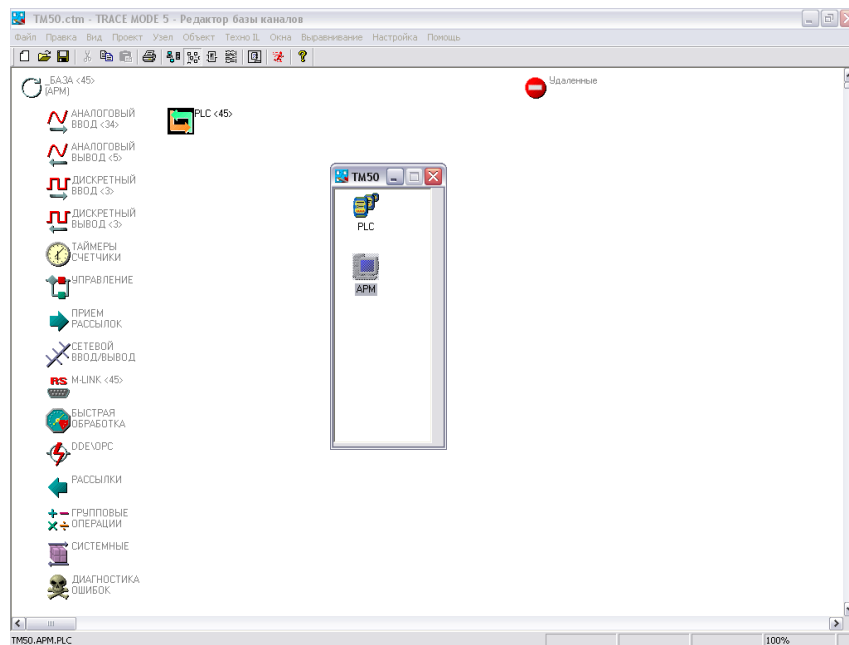


Рисунок 3.1 - Головне вікно бази каналів

Канали, які входять до AWP:

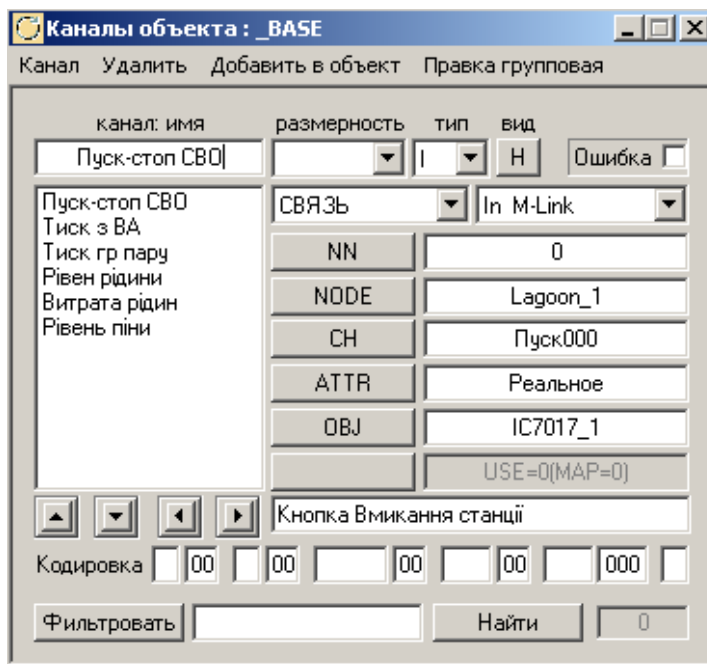


Рисунок 3.2 – Канали AWP

Розробка FBD-програм

Для реалізації програмної частини системи в базі каналів створюються FBD-програми. У вікні редактора бази каналів здійснюється розробка та редагування завдань обробки даних і керування, які подаються у вигляді окремих програм, написаних мовою Техно FBD (Function Block Diagram).

Доступ до цього вікна забезпечується через головне меню або за допомогою натискання лівої кнопки миші (ЛКМ) на відповідній піктограмі на панелі інструментів.

Створена FBD програма регулювання рівня

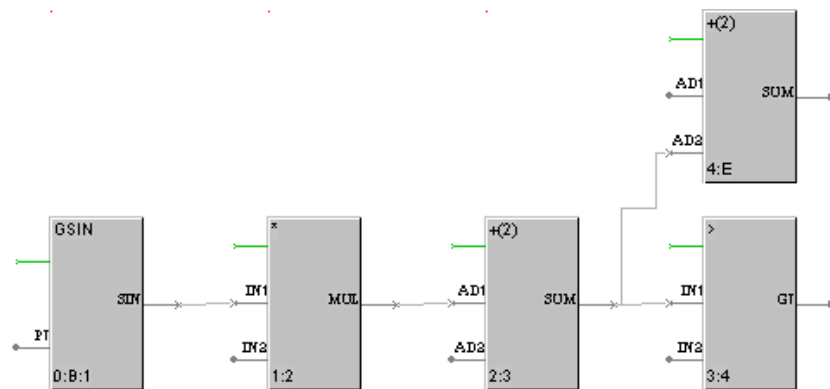


Рисунок 3.3 - FBD програма регулювання рівня

Система КАСКАД

Компоненти системи КАСКАД

Система КАСКАД складається з таких основних компонентів:

- сервер доступу до даних - виконує функції отримання, обробки та накопичення даних, веде базу даних, здійснює аналіз інформації та передає керуючі сигнали. Збереження даних реалізовано у вигляді SQL-бази, що працює під керуванням сервера InterBase.

- інтерфейсні модулі доступу до даних - забезпечують взаємодію системи з джерелами даних, такими як мікроконтролери та інші пристрої збору інформації.

- конфігуратор СДД - надає уніфікований інтерфейс для налаштування модулів доступу до даних, включаючи формування списку

опитуваних пристроїв, створення тегів і визначення параметрів опитування.



Рисунок 3.4 – Конфігуратор системи «каскад»

Клієнтські модулі

Модуль візуалізації технологічного процесу (ТП) є основним засобом відображення та контролю поточних параметрів системи, а також головним інструментом оперативного управління технологічними процесами.

Інформація в модулі подається у вигляді панелей мнемосхем, які дозволяють відображати дані в різних форматах:

- текстовому,
- графічному (растровому або векторному),
- анімаційному,
- відеоформаті,
- у вигляді трендів, гістограм тощо.

Різні типи візуального подання можуть комбінуватися між собою для забезпечення максимально зручного сприйняття й аналізу інформації.

Навігація між мнемосхемами є інтуїтивно простою та зручною для користувача. Конфігурація й налаштування мнемосхем здійснюються безпосередньо у вбудованому редакторі, що забезпечує швидке створення і коригування інтерфейсів керування.

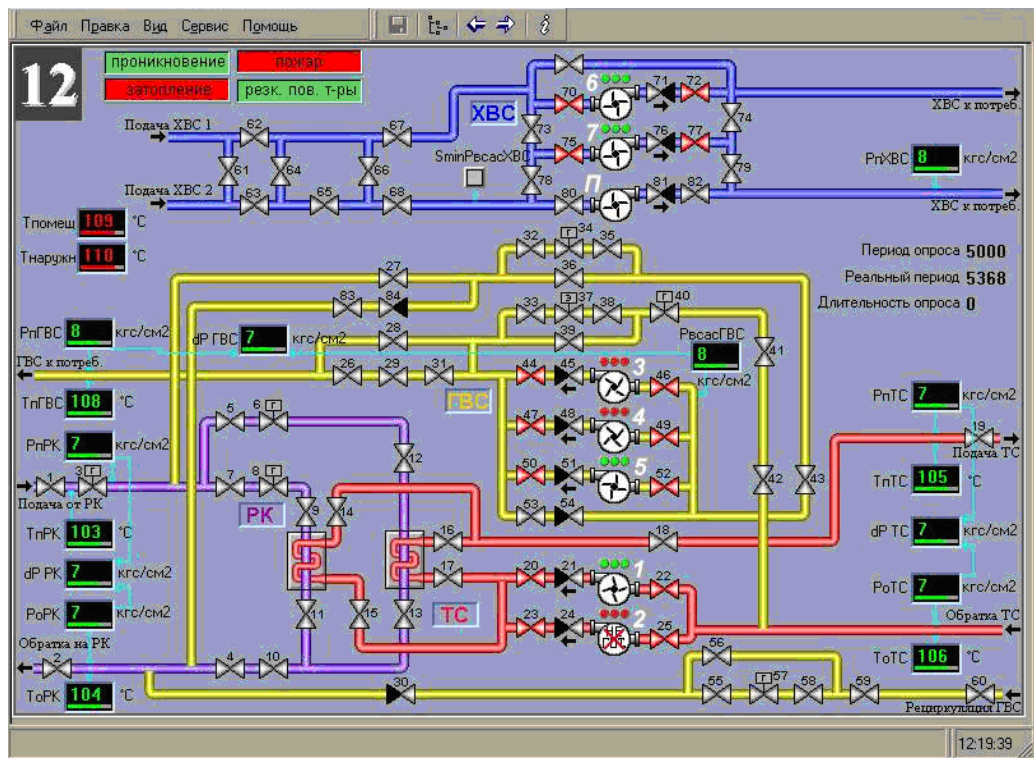


Рисунок 3.5 – Редактор системи «Каскад»

Модуль перегляду історії даних ТП

Модуль перегляду історії даних є потужним і зручним інструментом для аналізу динаміки технологічного процесу. Його основне призначення - наочне відображення історичних даних у графічному вигляді, що дає змогу простежити зміни параметрів ТП у часі.

Інформація може відображатися у двовимірному або тривимірному форматі, як у абсолютних одиницях вимірювання, так і у відсотковому відображенні. Модуль підтримує два режими роботи - перегляд історичних даних та спостереження поточних параметрів у реальному часі.

Для зручності аналізу дані групуються у вигляді панелей передісторії. Кожна панель може функціонувати незалежно або синхронно з іншими, забезпечуючи паралельне відстеження кількох процесів.

Додавання або видалення графіків виконується в режимі реального часу, без необхідності перезапуску системи. Також користувач може змінювати масштаб відображення для детальнішого аналізу. Кількість одночасно відкритих панелей та графіків не має жорстких обмежень і

визначається виключно зручністю сприйняття інформації та доцільністю аналізу.

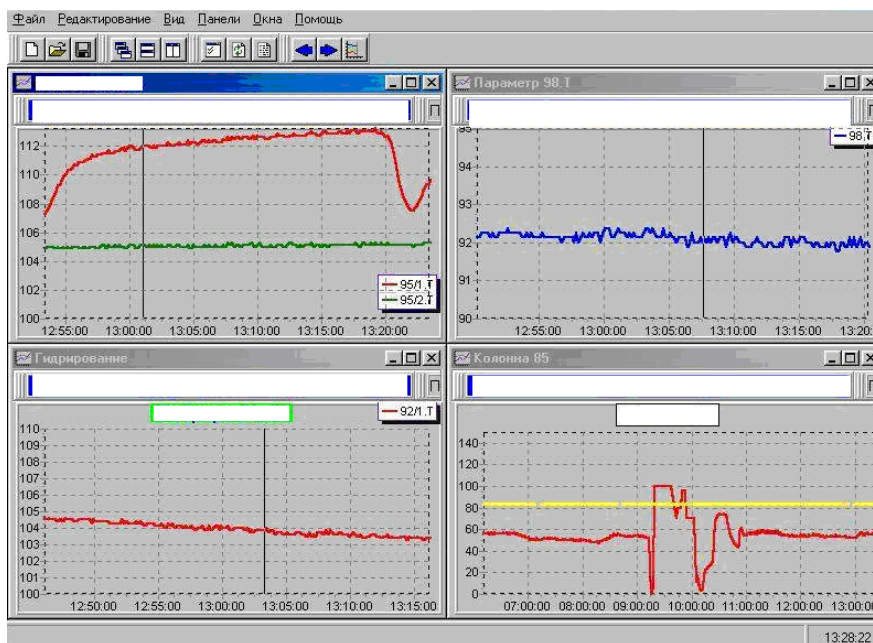


Рисунок 3.6 - Модуль перегляду історії

Модуль формування звітної документації

Модуль формування звітної документації призначений для створення звітів будь-якого типу за довільний проміжок часу. Він забезпечує ведення змінної та наскрізної документації, а також здійснює аналітичну обробку отриманих даних.

Формування звітів виконується у середовищі Microsoft Excel, що надає користувачеві широкі можливості для налаштування зовнішнього вигляду вихідних документів і використання всіх інструментів, доступних у цьому програмному продукті. Такий підхід має дві ключові переваги:

1. Користувач може самостійно визначати структуру, формат і стиль звіту, користуючись стандартними засобами Excel.
2. Отримані звіти можна безпосередньо використовувати у подальшій роботі без необхідності додаткового форматування або конвертації.

Конфігурація звіту виконується один раз і зберігається у вигляді шаблону. На основі цього шаблону у будь-який момент часу може бути автоматично сформований вихідний документ із актуальними даними системи.

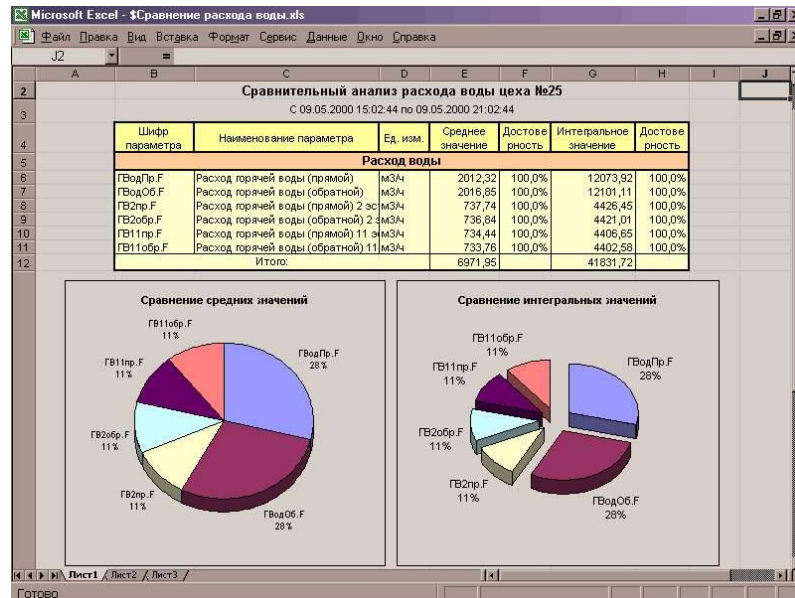


Рисунок 3.7 - Модуль формування звітної документації

Модуль звукової сигналізації

Модуль звукової сигналізації призначений для контролю відповідності параметрів технологічного процесу заданим режимам. У разі виявлення відхилень від нормальної роботи система автоматично інформує користувача шляхом програвання звукових повідомлень.

Завдяки гнучким можливостям налаштування, модуль може застосовуватися не лише для подачі попереджувальних сигналів, а й для озвучення поточного стану або етапів технологічного процесу. Як звукову інформацію можна використовувати голосові повідомлення, які формуються з окремих елементів, що дає змогу створювати послідовності повідомлень, а також циклічно повторювати певні фрагменти.

При виникненні аварійної ситуації або відхилення параметрів модуль візуалізації відображає вузол, що спричинив спрацювання аларму, що дозволяє оператору швидко ідентифікувати проблему та вжити необхідних заходів.

Кожному контрольованому параметру може бути призначено певний пріоритет, що забезпечує послідовну обробку сигналів відповідно до їх важливості - критичні сповіщення відображаються першочергово.



Рисунок 3.8 - Модуль звукової сигналізації

Комплекс апаратного забезпечення АСУ ТП

До складу автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСУ ТП) входить комплекс апаратних засобів, призначених для забезпечення збору, обробки, відображення та регулювання параметрів роботи насосної станції.

Склад апаратної частини системи

- до системи входять:
- шість насосів, поділених на дві групи - основні та додаткові;
- частотний перетворювач (ПП) Micromaster 430 фірми *Siemens*, який керує одним із основних насосів;
- програмований логічний контролер DeCont-182 виробництва *ДЕП*, що здійснює збір інформації з датчиків, управління технологічним обладнанням та регулювання тиску;
- панель оператора PanelView 550 фірми *Allen-Bradley*, призначена для візуалізації поточних параметрів системи, відображення аварійних повідомлень, передісторії подій, звітів про напрацювання, а також для введення команд оператором.

Режими роботи насосів.

У системі реалізовано два режими роботи насосів - штатний та автоматичний:

- у штатному режимі управління здійснюється за допомогою

існуючих кнопок і контакторів;

– в автоматичному режимі процесами керує мікроконтролер, який забезпечує автоматичне вмикання, вимикання та регулювання насосного обладнання.

Автоматичне регулювання тиску

Регулювання тиску води в колекторі в автоматичному режимі виконується одним із основних насосів. На основі сигналу з аналогового датчика тиску частотний перетворювач змінює швидкість обертання електродвигуна.

Коли основний насос досягає максимальної частоти обертання, і тиск продовжує знижуватись, система через м'який пускач запускає додатковий насос. Такий запуск відбувається плавно, з мінімальними пусковими струмами та гідродинамічними навантаженнями. Після підключення додаткового насоса основний продовжує точне регулювання тиску.

У разі зменшення водоспоживання тиск у колекторі підвищується, і система відключає додатковий насос, зменшуючи швидкість обертання основного до мінімально необхідної.

Графік уставок тиску.

– уставка тиску змінюється автоматично залежно від часу доби та типу дня (робочий/вихідний). Визначено три базові рівні тиску:

- нічний;
- денний;
- вечірній.

Перехід між уставками виконується плавно, що запобігає гідравлічним ударам і забезпечує стабільність роботи системи.

Аварійні ситуації та резервування.

У випадку виникнення несправності насоса або засувки, а також при досягненні гранично допустимих значень тиску система автоматично зупиняє несправне обладнання, вмикає резервний насос і продовжує роботу в штатному режимі до втручання оператора.

Можливості панелі оператора

Через панель PanelView 550 оператор може виконувати:

- вибір режиму роботи системи (автоматичний / штатний);
- керування готовністю насосів до пуску (готовий / не готовий);
- вибір активних насосів (основних / додаткових);
- зміну уставок тиску в колекторі.

Особливості взаємодії програмних модулів

Програмні модулі системи КАСКАД працюють незалежно один від одного, що дозволяє одночасно виконувати декілька завдань — наприклад, формувати звіт, переглядати історичні дані та контролювати поточний хід технологічного процесу.

Система доступу та безпеки

Для забезпечення контролю за діями користувачів і захисту даних передбачено механізм авторизації з використанням логінів і паролів. Кожному користувачу призначаються права доступу до запуску програм, перегляду технологічних параметрів і зміни налаштувань системи, що підвищує надійність і безпеку експлуатації.

3.2 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Опис роботи основної програми

На рисунку 3.9 наведено блок-схему основної програми, яка реалізує послідовність дій системи. Робота програми складається з виконання таких етапів:

1. Ініціалізація інтерфейсу користувача

Після запуску програми на екран виводиться головне вікно, що забезпечує доступ до основних функцій системи.

2. Перевірка наявності нових пристроїв.

Програма перевіряє, чи необхідно додати нові пристрої до бази даних. У разі потреби виконується додавання нових записів до БД.

3. Перевірка підключення обладнання. Визначається, чи є активні підключення до пристроїв. Якщо підключення встановлено, на екран виводяться поточні параметри роботи пристроїв.

4. Керування роботою пристроїв. Якщо користувач активує режим керування, виконуються такі дії:

5. – налаштування параметрів зв'язку з пристроями;

6. – призначення керуючих команд;

7. – налагодження обміну та перевірка команд;

8. – запуск виконання команд у реальному часі;

9. Обробка вимірювальних даних. За необхідності викликається підпрограма обробки поточних значень параметрів пристроїв для аналізу змін і формування керуючих дій.

10. Формування звітів. Якщо користувач ініціює створення звітності, програма формує звіти на основі архівних даних за заданий період.

11. Вибір подальших дій користувача. Після виконання основних операцій користувачу пропонується продовжити роботу або завершити сеанс.

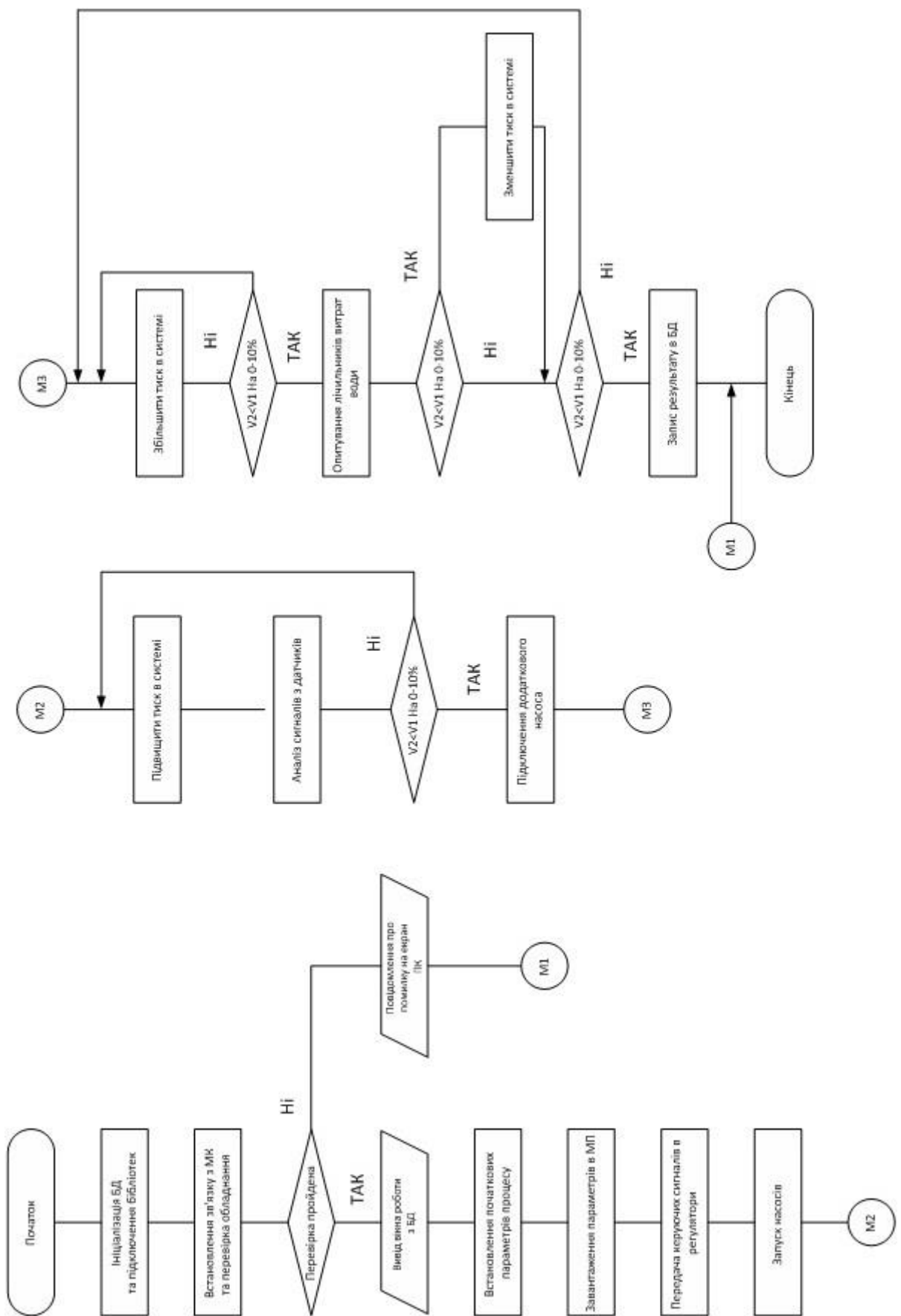


Рисунок 3.9 – Блок-схема основної програми

Застосування принципів ризик-менеджменту при розробці програмного забезпечення

Під час розробки програмного забезпечення було застосовано підходи ризик-менеджменту - системи управління ризиками, що охоплює стратегію та тактику дій, спрямованих на досягнення поставлених цілей і мінімізацію можливих негативних наслідків.

Ефективний ризик-менеджмент передбачає наявність трьох основних складових:

- системи управління, яка визначає принципи, методи та організаційну структуру роботи з ризиками;
- системи ідентифікації та вимірювання ризиків, що дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози та оцінювати їх рівень;
- системи супроводження (моніторингу та контролю), яка забезпечує постійне відстеження ризиків на всіх етапах життєвого циклу програмного продукту.

У сучасній науковій літературі ризик розглядається як ймовірна подія, настання якої може призвести до позитивних, нейтральних або негативних наслідків.

- якщо ризик може мати як позитивні, так і негативні результати, він відноситься до категорії спекулятивних ризиків.
- якщо ж можливі лише негативні наслідки або їх повна відсутність, такий ризик класифікується як чистий ризик.

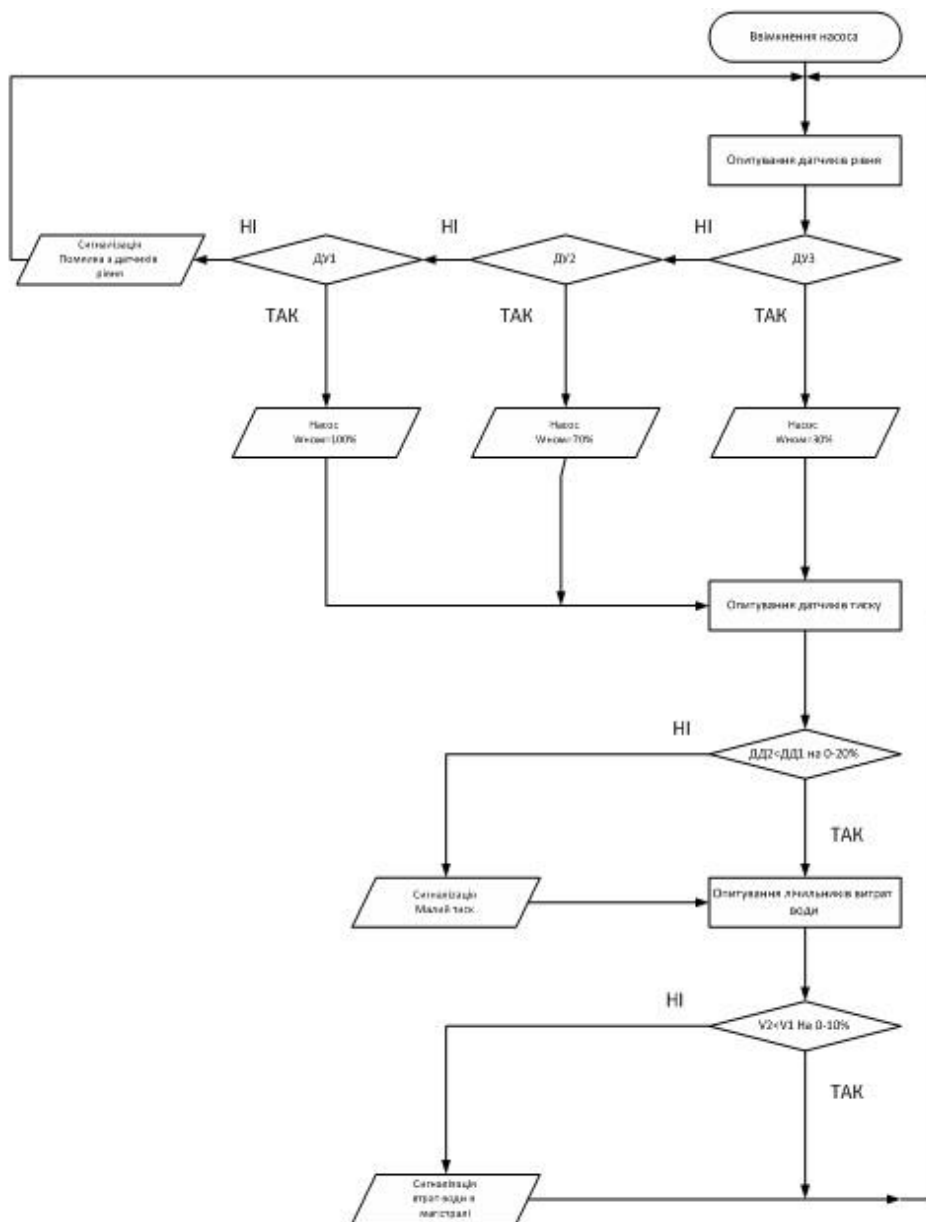


Рисунок 3.10 – Блок-схема роботи підпрограми

4. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Пробне впровадження системи диспетчеризації водопостачання на КП «Мала Виска Водоканал»

03 листопада 2025 року на комунальному підприємстві «Мала Виска Водоканал» було впроваджено в промислову експлуатацію систему диспетчеризації станцій водопостачання.

Система побудована на основі надійних промислових станцій збору та передачі даних, що використовують бездротові канали зв'язку, а також програмного забезпечення власної розробки, призначеного для управління технологічним обладнанням, збору, обробки, зберігання та візуалізації даних.

Основні переваги впровадження системи:

- підвищення оперативності збору інформації про стан об'єктів водопостачання;
- можливість дистанційного керування насосними станціями та технологічними вузлами;
- автоматичне підтримання рівня води у резервуарах чистої води;
- автоматичне регулювання тиску та витрати води у напірних трубопроводах першого та другого підйомів;
- зменшення експлуатаційних витрат за рахунок скорочення необхідності регулярних виїздів персоналу;
- скорочення часу на технічний огляд і діагностику віддаленого обладнання;
- можливість дистанційного визначення причин несправностей технологічних елементів;
- оперативне реагування на нештатні ситуації, що суттєво підвищує якість і надійність водопостачання для населення та промислових споживачів.



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд розробленого АРМ

На рисунку 4.2 подано розроблену візуальну систему управління, що забезпечує відображення та контроль основних параметрів технологічного процесу.

На рисунку 4.3 наведено мнемосхему управління насосною станцією, яка відображає стан обладнання, параметри роботи насосів та дозволяє здійснювати керування в автоматичному або ручному режимі.

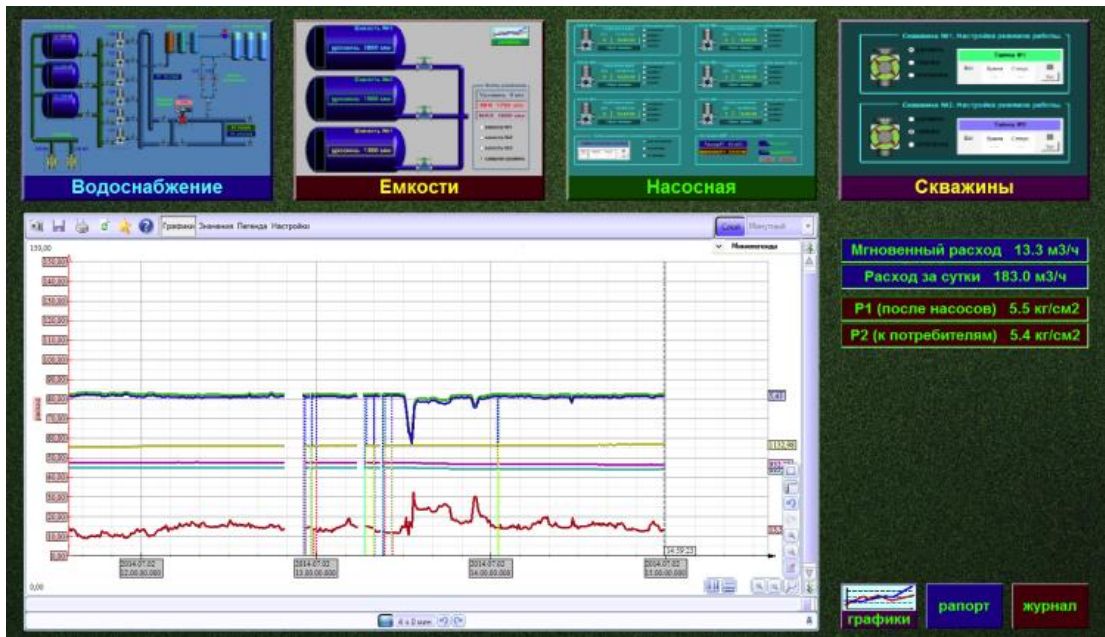


Рисунок 4.2 - Работа SCADA системы

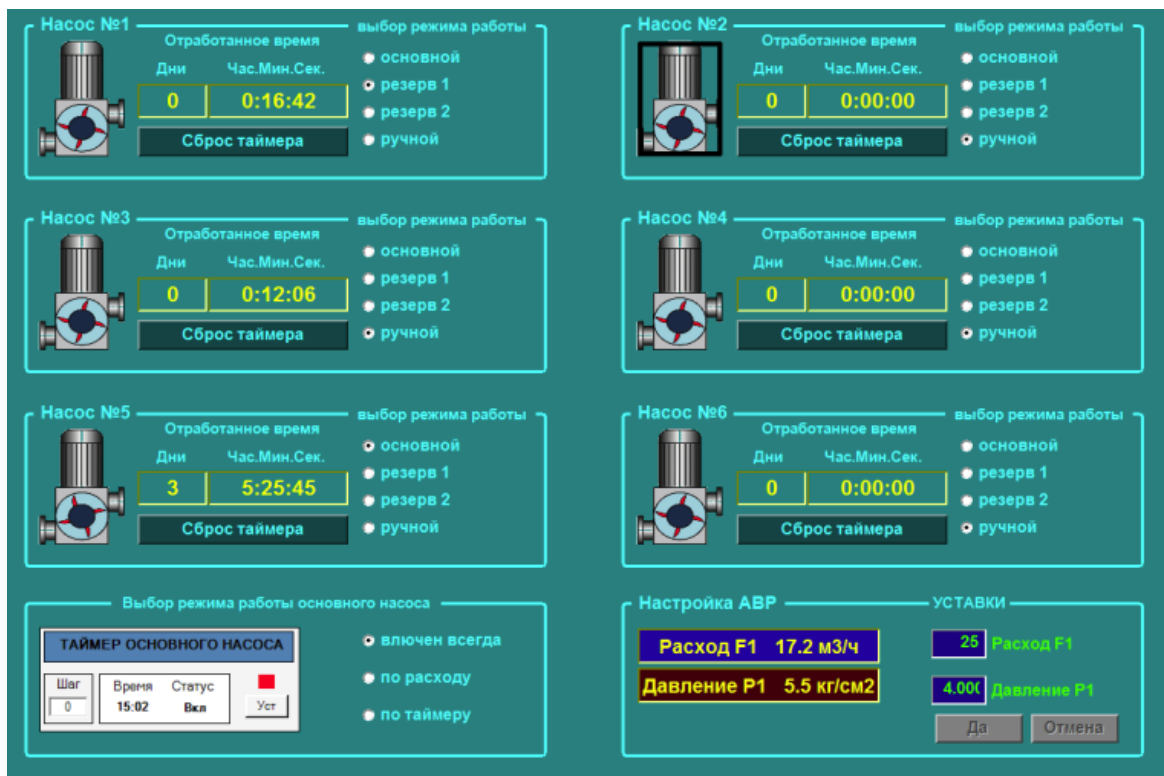


Рисунок 4.3 – Мнемосхема управління насосною станцією

ВИСНОВКИ

У межах України в даній галузі існує недостатня кількість вітчизняних розробок, тому створення власного рішення має як практичну, так і наукову цінність.

У магістерській роботі наведено теоретичне узагальнення та вирішення науково-технічного завдання, пов'язаного з дослідженням методів управління насосними станціями з передачею даних до диспетчерського пункту.

Вирішення цього завдання передбачало виконання таких етапів:

- проведено аналіз існуючих систем управління насосними станціями подібного типу;
- досліджено структуру та принципи роботи діючої системи управління;
- на основі отриманих результатів розроблено програмну реалізацію системи управління насосною станцією.

Розроблені в межах роботи алгоритми управління дозволяють ефективно вирішувати задачі автоматизації насосних станцій зазначеного типу.

У ході аналізу предметної області було визначено основні об'єкти системи, досліджено їх взаємодію та характеристики, побудовано алгоритм роботи і обрано середовище розробки програмного забезпечення.

Розроблена система керування має зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, що забезпечує простоту освоєння і не потребує спеціальної підготовки.

У роботі наведено необхідні рекомендації щодо встановлення та налаштування розробленого програмного комплексу.

У цілому створена система підтвердила ефективність обраних проєктних рішень і повністю відповідає вимогам технічного завдання. Розроблений продукт має потенціал для подальшого вдосконалення та може бути

адаптований для використання в інших галузях промисловості, де необхідне автоматизоване управління технологічними процесами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Саліхов М.М. Самокеровані автомобілі та системи їх навігації// Навч. посібник / В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.Г. Теорія технічних систем. - К.: Тернопіль, 1998.-310с.
3. Стеклов В.К. Проектування систем автоматичного керування. - К.:Вища школа,1995.-231 с.
4. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
5. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій.- К.:Вища школа,1995.-519 с.
6. Рудик А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи.
7. Koval V., Adamiv O., Proc. of the Third IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2005). – Sofia (Bulgaria). – 2005. – P. 120- 124.
8. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Бріцький О.І. Теорія автоматичного управління. – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
9. Довідник по автоматизації с/г виробництва //За ред. І.І. Мартиненка.- К.:Урожай,1985.-212 с.
10. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
11. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., – К.: Либідь, 2007. - 656 с.
12. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.П.,Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001 – 224 с.

13. Навігаційні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 80 с
14. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.
15. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підруч. Львів : Афіша, 2005. 350 с.
16. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Основи охорони праці : навч. посіб. 3-є вид., стереотипн. Львів : «Новий Світ – 2000». 2006. 232 с.
17. Босов Є. П., Жесан Р. В., Каліч В. М., Голик О. П., Зубенко В. О. Охорона праці при проектуванні систем автоматизації виробництва : навч. посіб. 2-е вид., перероб. і доп. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 208 с.
18. Конституція України. Київ : Андронум, 2020. 60 с.
19. Про охорону праці : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12#Text> (дата звернення: 21.10.2024).
20. Основи законодавства України про охорону здоров'я : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text> (дата звернення 03.11.2024).
21. Про систему громадського здоров'я : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#n840> (дата звернення 03.11.2024).
22. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 29.10.2024).
23. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14> (дата звернення 24.10.2024).
24. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/5403-17#Text> (дата звернення: 17.11.2024).
25. Кодекс законів про працю України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/322-08#Text> (дата звернення: 07.10.2024).

26. Правила улаштування електроустановок : вид. офіц. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

27. Вікіпедія. Вільна енциклопедія : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 31.09.2024).

28. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І. Практикум з охорони праці. Львів : Афіша, 2000. 352 с.

29. Іванов В. Г., Дзюндзюк Б. В., Олександров Ю. М. Охорона праці в електроустановках : навч. посіб. / за ред. В. Г. Іванова. Київ : Око, 1994. 226 с.