

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А.С.

_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 151 – “Автоматизація та комп'ютерно-інформаційні технології”

на тему: “ Система керування процесом очистки питної води ”

Керівник роботи:

к.т.н., доцент

Толбатов В.А.

Виконав студент гр. СУ.м-91

Петрик Є.І.

Суми – 2020

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.

“ ____ “ _____ “ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студенту

Петрика Євгенія Ігоровича

- 1 Тема проекту Система керування процесом очистки питної води.
Затверджено наказом ректора університету № 1820 - III від 25.11.2020 р.
- 2 Термін здавання студентом закінченого проекту « 17 » грудня 2020 р.
- 3 Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису технологічного процесу відповідної установки.
- 4 Зміст пояснювальної записки: аналіз загальних відомостей про очищення води; обґрунтування вибору приладів для відповідних контурів регулювання; опис схеми автоматизації, експериментальна розрахункова частина, економічна частина а також охорона праці.
- 5 Перелік графічних матеріалів:
Г) Схема функціональна автоматизації; Д) принципова схема регулювання та управління.

6 Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури	01.10.2020- 11.10.2020
2	Розгляд загальних технологічних питань	12.10.2020- 18.10.2020
3	Розроблення функціональної схеми	19.10.2020- 28.10.2020
4	Розроблення пояснювальної записки	29.10.2020- 11.11.2020
5	Створення та моделювання розрахункової частини в MATLAB	12.11.2020- 06.12.2020
6	Вирішення питання економіки і охорони праці	07.12.2020- 14.12.2020
7	Технічне оформлення проекту. Здавання проекту керівнику	15.12.2020- 18.12.2020

7 Дата видачі завдання “25” вересня 2020 р.

Керівник проекту:

к. т. н., доцент

Толбатов В.А.

До виконання прийняв:

студент-дипломник групи СУ.м-91

Петрик Є.І.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра
Система керування процесом очистки питної води

Керівник роботи:
к. т. н., доцент
Толбатов В.А.

Виконав студент гр. СУ.м-91
Петрик Є.І.

РЕФЕРАТ

Петрик Євгеній Ігорович. Система керування процесом очистки питної води. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський державний університет. Суми, 2020. Система автоматизації розроблена на базі контролера Siemens S7-200. Проект містить 50 сторінок, 27 рисунків, 2 таблиці, 5 додатків. При виконанні магістерської роботи було використано 23 літературних джерел.

Розглянуті завдання магістерської роботи. У пояснювальній записці приведена характеристика процесу очистки питної води та описаний об'єкт дослідження, датчики, які застосовуються, розроблена функціональна схема автоматизації, схема регулювання та управління, описаний алгоритм роботи, побудована каскадна система та досліджена послідовно-паралельна корекція системи.

ABSTRACT

Petryk Yevhen Ihorovich. Drinking water treatment process control system. Qualifying work of the master. Sumy State University. Sumy, 2020. The automation system is developed on the basis of the Siemens S7-200 controller. The project contains 50 pages, 27 figures, 2 tables, 5 appendices. 23 literary sources were used in the master's thesis.

The tasks of the master's work are considered. The explanatory note describes the drinking water treatment process and describes the object of study, sensors used, developed a functional scheme of automation, control and management scheme, describes the algorithm, built a cascade system and investigated the serial-parallel correction of the system.

ЗМІСТ:

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПИТНОЇ ВОДИ.....	9
2. ЦІЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЕННЯ.....	11
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ.....	14
3.1 Характеристика об'єкта автоматизації.....	14
3.2 Схема автоматизації та її опис.....	18
3.3 Проектне компонування мікропроцесорних контролерів.....	22
3.4 Програмне забезпечення системи автоматизації об'єкту.....	28
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	35
4.1 Оброблення результатів дослідження.....	35
4.2 Аналіз результатів дослідження.....	37
4.3 Обґрунтування економічної ефективності.....	45
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	53
Додаток А (Декларація про академічну доброчесність студента).....	
Додаток Б (Відгук керівника кваліфікаційної роботи).....	
Додаток В (Рецензія на кваліфікаційну роботу магістра).....	
Додаток Г (Функціональна схема автоматизації).....	
Додаток Д (Принципова схема регулювання та управління).....	

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСР – автоматична система регулювання

АСУТП – автоматична система управління технологічним процесом

ФСА – функціональна схема автоматизації;

НМІ – human machine interface;

LD – Ladder diagram;

ОП – операторська панель;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПСВ – підігрівач сирої води;

ХВО – хімводоочищення.

БРУ – блок ручного управління

ДСП – державна система приладів

УФ – ультрафіолет

САУ – система автоматичного управління

СА – система авоматизації

ВСТУП

Актуальність теми: в даний час людство споживає щорічно майже 4 тис. км³ прісної води. Половина кількості цієї води споживається безповоротно, інша половина перетворюється в стічні води.

Збільшення промислового та сільськогосподарського виробництва, демографічне зростання, урбанізація регіонів призводить до посиленого забруднення водоймищ. Тому для очищення води, а також схем знезараження води при підготовці її для практичного використання створюють виробничі технології, що дозволяють більш економічно використовувати воду та розробляють ефективніші технологічні схеми для очищення води. [1]

Проблемою являється недостатній ступінь очистки води, перед її подачею до кінцевого споживача.

Мета даної магістерської роботи - модернізація системи управління очистки питної води, насамперед, вдосконалення контурів контролю і регулювання основних параметрів, підтримання на певному рівні яких забезпечує цілковиту очистку води, а також розрахунок системи підпорядкованого регулювання з послідовно-паралельною корекцією та забезпечення енергоефективності. Визначення перехідних характеристик системи з послідовно-паралельної корекцією, оцінка реакції системи на зміну параметрів.

При моделюванні системи потрібно враховувати всі види збурень і керовані величини. В результаті спростить модель об'єкта, але треба пам'ятати, що при зміні вхідних даних з певними коефіцієнтами ми можемо отримати взагалі інші вихідні сигнали. Тому для опису треба застосовувати підходи, такі як, моделювання динаміки системи і її оптимізація.

В моделюванні об'єкту під час теоретичних розрахунків, зазвичай, беруть «ідеальний» варіант, що не є реальним. На практиці ж реальний об'єкт має затримку, і не малу, від однієї хвилини і до десяти, що не є допустимим.

Об'єктом дослідження в даній роботі являється процес очистки води, та

доведення її показників до технічних умов.

Предметом дослідження є контур регулювання рН з регулятором, для дослідження принципу послідовно-паралельної корекції системи.

Завдання магістерської роботи: розглянути всі види систем підпорядкованого регулювання, проаналізувати їх вплив на об'єкт та дослідити принцип регулювання, що буде кращим для даної системи.

Наукова новизна передбачає впровадження нових принципів корекції системи, для більш точного та енергоефективного використання. Корекція системи дасть нам можливість зменшити перерегулювання в системі та дасть зрозуміти наскільки регулювання в цій системі задовольняє технологічні вимоги об'єкта управління.

Теоретична значущість полягає у процесі дослідження результатів, пов'язаних з підбором настройки регулятора, швидкодії системи та її енергоефективності, а також вибором методу корекції системи.

З практичної точки зору дані дослідження можуть бути застосовані у водоочистній промисловості, на модульних та промислових станціях водоочистки, де застосовують контури регулювання.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПИТНОЇ ВОДИ

Протягом останнього часу якість води постійно погіршується і досягає такого рівня забруднення, коли використання води в різних цілях сильно обмежене, або вода може бути шкідливою для людини.

Погіршення якості води пов'язане не тільки з соціально-економічним розвитком, але і з атмосферним перенесенням забруднювачів. Насамперед забруднення відбувається від скидання необроблених стічних вод, але тепер ці проблеми більш складні, в результаті викидів небезпечних відходів виробництв і швидко зростаючого застосування пестицидів у сільському господарстві.

На сьогоднішній день до найважливіших проблем, пов'язаних з розвитком промисловості, сільськогосподарського виробництва, енергетики, відносять комплексне використання та охорону водних ресурсів. Проблеми водоочищення є найактуальнішими і потребують грамотного рішення. [2]

Високі вимоги до якості питної води, зростання споживання води обумовлюють впровадження нових систем та методик водоочистки, реконструкцію та розширення вже існуючих систем.

У зв'язку з цим основними напрямками охорони навколишнього середовища від промислових відходів та забруднювачів повинні бути розробка маловідходних та безвідходних технологічних процесів. Дане стратегічне завдання розраховане на тривалий період.

В даний час найбільш поширеним методом вирішення даної проблеми є розробка та впровадження ефективних очисних установок для уловлювання і переробки різних відходів.

Водоочищення являє собою систему технологічних процесів спрямованих на покращення властивостей води, що надходить у водопровідну мережу, і доведення її властивостей до встановлених норм. Остаточним результатом процесу очищення є отримання питної води, придатної для використання з певною метою.

З кожним роком людство впроваджує нові методи очистки води, щоб досягти максимального ефекту водоочищення. Вже існуючі методи: фізичні методи очищення води, механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні, мембранні, доповнюються новими, такими як: електрофізичні, магнітні, електромагнітні, очищення світлом та багато інших.

На даний момент серед великої кількості способів очистки води найбільш поширеним є спосіб обробки води ультрафіолетовим випромінюванням. Також даний процес називають бактерицидною фільтрацією. Невидиме для ока УФ електромагнітне випромінювання знаходиться в діапазоні 10-400 нм, але максимальну ефективну дію дають хвилі в області 254 ± 10 нм. Бактерицидний ефект обумовлений його впливом на фотохімічні процеси в структурі ДНК та РНК. Якість знезараження (відсоток загиблих під дією УФ-випромінювання бактерій) пропорційно інтенсивності випромінювання ($\text{мВт} / \text{см}^2$) і тривалості його впливу.

Висновки:

1. У цьому розділі було розглянуто погіршення якості води останнім часом.
2. Обумовлено найважливіші проблеми, пов'язані з розвитком промисловості.
3. Розглянуті методи очистки води.

2 ЦІЛІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Головна ціль магістерської роботи є підвищення енергоефективності, покращення якості питної води та покращення часних характеристик. Одне з головних питань, що виникає в роботі з енергозбереження на будь-якому промисловому об'єкті (на підприємстві, в підрозділі або на окремій енергоустановці), це питання про те, раціонально чи нераціонально використовують енергію на конкретному об'єкті.

Щоб об'єктивно оцінити енергоефективність необхідно брати до уваги використання конкретні кількісні показники. Узагальнено їх можна назвати показниками ефективності енергопостачання-енергоспоживання. Такі показники повинні відображати корисну витрату й втрати одного або декількох видів енергії. [3]

Для оцінювання енергетичної ефективності цих процесів повинні бути показники ефективності перетворення енергії (наприклад, ккд котельної установки, питома витрата палива на вироблення електричної енергії й таке інше).

Подібно до показників перетворення енергії повинні бути показники: передавання, що характеризують ефективність і розподілення енергії. Такі показники можуть бути названі показниками ефективності розподілення енергії. Їх зміст аналогічний показникам ефективності перетворення енергії (наприклад, ккд електропередачі, коефіцієнт питомих втрат у мережах і таке інше). [4]

Вирішення питання про вибір конкретного показника для оцінювання енергетичної ефективності перетворення, розподілення або використання енергії залежить переважно від мети виконуваних розрахунків. Залежно від цільового призначення всі показники ефективності енергопостачання-енергоспоживання можуть бути розподілені на дві групи:

- показники для аналізу енергетичної ефективності окремих стадій процесу перетворення, розподілення та використання енергії;

– показники для планування енергоспоживання та техніко-економічного обґрунтування заходів щодо енергозбереження.

Метод, яким можна визначити групові норми питомої витрати енергії називається післяопераційним.

Цей метод є основним при визначенні диференційованих групових норм питомої витрати енергії. При використанні цього методу розрахунок норм здійснюється шляхом побудови групової (сумарної) нормалізованої енергетичної характеристики цеху або підприємства, що належить до процесу виробництва того або іншого виду продукції. Таким чином, суть післяопераційного методу визначення групових норм питомої витрати енергії полягає в складанні індивідуальних енергетичних характеристик окремих агрегатів або технологічних операцій. [5]

Нормалізовані значення витрат холостого ходу з безперервних операцій із змінною продуктивністю обладнання встановлюються на підставі нормалізованих індивідуальних енергетичних характеристик агрегатів. При цьому зазначені витрати енергії розраховуються як різниця потужності холостого ходу відповідного агрегату на тривалість безперервної його роботи в даному календарному відрізку часу.

Пускові витрати з операцій визначаються як різниця нормалізованої пускової витрати енергії агрегату, встановленого на один його цикл зупинка-простій-пуск, на число пусків обладнання в даному календарному періоді (згідно зі встановленим графіком його роботи). При цьому потрібно пам'ятати, що розрахунок пускових витрат енергії необхідний тільки з технологічних операцій, для яких зазначені витрати енергії мають значну величину (печі, холодильні, сушильні установки і таке інше). З операцій з невеликими пусковими витратами

енергії останні окремо не розраховуються, а входять безпосередньо до відповідних індивідуальних норм питомої витрати енергії з цих операцій.

Витрати енергії на допоміжні потреби виробництва і втрати в мережах доцільно враховувати у складі диференційованих групових норм питомої витрати енергії тільки під час випуску однорідної продукції. В цьому разі ці витрати і втрати енергії можуть бути повністю віднесені на відповідний вид продукції. Під час цехом або підприємством різномірної продукції витрати енергії на допоміжні потреби і втрати в мережах враховуються в укрупнених групових нормах, що встановлюються на одиницю приведеної продукції, або по групах продукції різної енергоємності. В цьому випадку зазначені витрати і втрати енергії можуть враховуватися також у вигляді самостійних статей енергобалансу цеху або підприємства і нормалізуватися окремо.

Післяопераційний метод нормалізації групових питомих витрат енергії в чистому вигляді може застосовуватися лише для тих порівняно нескладних виробництв, де можна всі основні технологічні операції охопити диференційованими індивідуальними нормама питомої витрати енергії.

На даний момент існують безліч методів очистки води від різних домішків та мікроорганізмів.

Одним з нових методів являється процес ультрафіолетової дезінфекції. Даний метод хоч і не виконує безпосередньо очистку, але забезпечує смерть живих мікроорганізмів під випромінюванням УФ хвиль (частота хвиль 200-400 нм). Застосовується в процесі водопідготовки і заключається в обробці вже очищеної води. [6]

Висновки:

1. В даному розділі описуються цілі магістерської роботи.
2. Розглянута оцінка енергоефективності.
3. Розписаний післяопераційний метод питомої витрати енергії.
4. Обґрунтований метод УФ очистки води.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ

3.1 Характеристика об'єкта автоматизації

Водоочищення полягає у видаленні з води розчинених та зважених домішок, а також рослинних та тваринних мікроорганізмів, та бактерій. Водопідготовка полягає в обробці води для приведення її якості до відповідності вимог споживача. Наприклад, забезпечення постійної концентрації CaCO_3 , хлорування, фторування (для питних цілей), та пом'якшення. Склад питної води повинен відповідати вимогам державних стандартів та санітарному законодавству і відповідати мікробіологічним, органолептичним, фізико-хімічним, паразитологічним, радіаційними показникам якості. [7]

Таблиця 3.1 – Технічні умови на питну воду

Показник	Одиниці вимір.	СанПіН 2.1.4.1074-01	ВОЗ
Органолептичні показники			
Запах	бали	2	2-3
Привкус	бали	2	2-3
Каламутність	мг/л	1.5	0.5
Цвітність	градуси	20(35)	15
Хімічні показники			
Водневий показник	од. рН	6-9	6-9
Сухий залишок	мг/л	1000(1500)	1000
Жорсткість	мг-екв/л	7.0 (10)	10
Демінералізація	мг O_2 /л	0.1	0.1
ПАВ	мг/л	0.5	0.5
Лужність	мг HCO_3 /л	1	1

Продовження таблиці 3.1

Неорганічні сполуки			
Алюміній	мг/л	0.5	0.2
Залізо	мг/л	0.3	0.3
Марганець	мг/л	0.1	0.1
Нітрати	мг/л	45	50
Нітрити	мг/л	3	3
Сульфати	мг/л	500	250
Хлориди	мг/л	350	250
Цинк	мг/л	5	3
Фториди	мг/л	1.5	1.5

Також, очищення води проводиться і для інших цілей, що відповідають іншим вимогам, наприклад: для медичних цілей або для застосування у фармакологічній, хімічній або інших галузях промисловості. Загалом процеси очищення, включають в себе фізичні методи (фільтрування, відстоювання, зворотний осмос, проціджування, дистиляція), біологічні методи (піщані або біофільтри, аеротенки або біологічно активне активоване вугілля), хімічні методи (флокуляція, іонний обмін, електрохімічне окислювання, озонування, хлорування і використання електромагнітного випромінювання, наприклад УФ).

Хімводоочищення є дуже поширеним об'єктом, автоматизація якого дозволяє значно підвищити якісні показники питної води і зручність роботи персоналу. При цьому, з точки зору автоматизації, хімводоочищення (ХВО) має специфічні особливості, що впливають на ефективність застосування засобів автоматизації.

Устаткування споруд для водоочистки достатньо громіздке і воно розосереджене по всій території хімічного цеху і частково за його межами, тому складно досягти ефективного управління процесом вручну і впроваджується автоматизація. [8]

Технологічний процес хімічної підготовки води відноситься до класу дискретно-безперервних процесів, а при великій протяжності транспортних потоків прийняття оперативних рішень без автоматизованого і раціонального розподілу інформації неможливе.

Наявність потоків, що містять агресивні компоненти, такі як кислота, луг, вимагає безперервного контролю стану запірно-регулюючої арматури та трубопроводів.

Станції пом'якшення води реагентними методами складаються з таких самих споруд, що і станції освітлення води, але замість відстійників на них застосовують освітлювачі. При необхідності глибокого пом'якшення (до 0,04 мг-екв/л) воду додатково пом'якшують на катцонітових фільтрах. У цьому випадку декарбонізовану воду, що досягла освітлення пропуском через освітлювачі і зернисті фільтри, фільтрують через напірні або відкриті Na-катионові фільтри. [9]

В даній схемі автоматизації підтримка рН параметра здійснюється наступним чином: контур стабілізації рН-параметра в освітлювальному баку, є основним. Освітлення води складається з двох процесів: коагуляції і вапнування. Метою цих двох процесів є отримання на виході води із заданими показниками якості, значення рН якої буде відповідати ТУ.

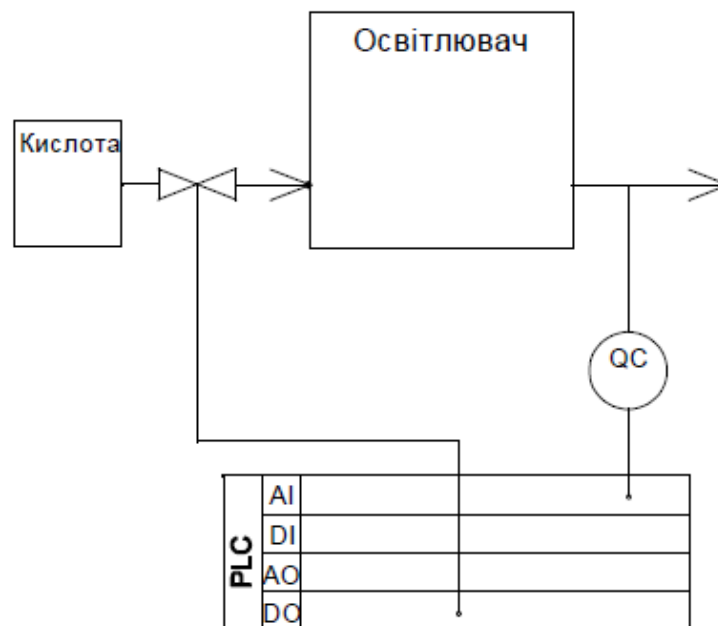


Рисунок 3.1 – Контур регулювання рН

Параметр рН необхідно підтримувати в діапазоні значень 7.5-7.7. Збільшення температурт води буде обуренням для даного процесу. Регулятор співвідношення дозволяє управляти, контролювати і змінювати рівень рН. На початку в освітлювачі знаходиться вода, підігріта до певної температури. Першим компонентом в освітлювач подається кислота, витрата якої визначається експериментальним методом і коливається в межах від 0,25-0,85 мг-екв/л. Далі, в залежності від витрати кислоти, буде визначена витрата лугу. Витрата кислоти ($F_{\text{кис}}$) є провідним потоком, а витрата лугу ($F_{\text{л}}$) - веденим. Отже основною технологічною метою процесів коагуляції та вапнування є отримання очищеної води з рН=7.5, а метою управління буде стабілізація значення рН на виході установки для процесу освітлення води.

Додатковим методом очистки води є її демінералізація. Цей метод призначений для зменшення мінералізації води, в тому числі загальної жорсткості, загальної лужності, вмісту кремнієвих з'єднань.

Пройшовши через фільтри вода подається в сепаратор, де проходить подальше очищення від ПАР (поверхнево-активних речовин). Пінна сепарація - це фізико-хімічний процес, що полягає в вибірковій адсорбції поверхнево-активних компонентів рідких систем.

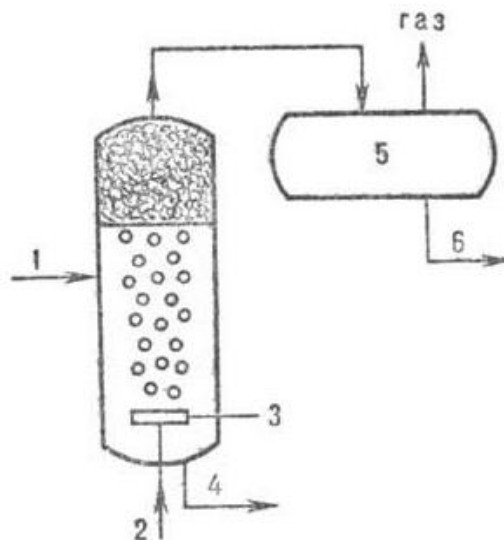


Рисунок 3.2 – Установка для пінної сепарації

1 – подача води; 2 – подача інертного газу; 3 – барботер; 4 – вивід обробленої рідини; 5 – відстійник піни; 6 – вивід пінної рідини.

Іонообмінний метод демінералізації води заснований на послідовному фільтруванні води через водень-катионітний, а потім HCO_3^- , OH^- або CO_3^{2-} -аніонітний фільтр. У водень-катионітних фільтрах катіони, що містяться у вихідній воді, головним чином Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} , обмінюються на водень-катиони. У фільтраті утворюється еквівалентна кількість кислоти з аніонів, з якими були пов'язані катіони. Утворений в процесі розкладання гідрокарбонатів CO_2 видаляється в декарбонізатора.

Кінцева фаза очищення – вапнування. Мета вапнування: зниження гідрогенкарбонатної лужності води, декарбонізація (видалення з води вільної карбонової кислоти), часткове пом'якшення води та зниження солевмісту, концентрування грубодисперсних домішок, сполук феруму та силікатної кислоти.

3.2 Схема автоматизації та її опис

Вода може містити дуже небезпечні та навіть отруйні речовини. Як нам відомо, водопровідна вода проходить через очисні станції, де її знезаражують і роблять придатною для пиття. Але дані станції не можуть очистити воду на 100 відсотків.

Водоочисна станція являє собою комплекс конструкцій, що призначені для послідовної очистки води, яка стає цілком придатною для вживання.

В її склад входить ПСВ (підігрівач сирої води), який здійснює підігрів води, для подальшої реакції, та освітлювач, в якому і проходять хімічні реакції з додаванням у воду кислоти і лугу, що у певній пропорції очищують воду. [10]

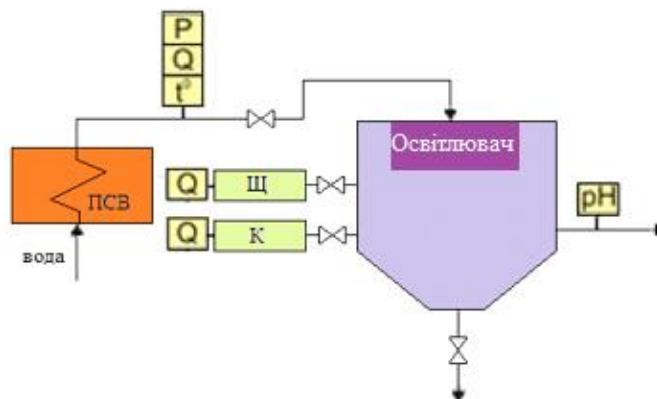


Рисунок 3.3 – Технологічна схема процесу очистки питної води

В якості ПСВ (підігрівача сирієї води) використовують вертикальні або горизонтальні підігрівачі мережевої води. За характером теплового навантаження вертикальні підігрівачі води розділяють на пікові та основні. Вертикальні підігрівачі можуть розміщуватися на невеликій площі, але висота приміщення повинна бути такою, щоб можна було провести ремонт та обслуговування підігрівача. Основними вузлами таких підігрівачів є верхня водяна камера та трубна система, по якій і надходить пара для підігріву води.



Рисунок 3.4 – Підігрівач сирієї води (ПСВ)

Включення ПСВ в роботу:

- Підігрівач сирієї води включається спочатку по водяній стороні, а потім по паровій;
- Спочатку треба переконатися, що всмоктуючий колектор насоса сирієї води знаходиться під тиском;
- Потім відкрити заслінку на всмоктуючому трубопроводі та заповнити насос водою; коли з повітряного вентиля пол'ється вода, то його треба закрити;
- Включити насос в роботу та перевірити його роботу;
- Відкрити вхідну заслінку ПСВ та поставити трубний сердечник підігрівача під тиск;

- По відсутності росту рівня в водомірному склі треба перевірити щільність трубної системи;
- Відкрити заслінку на виході води із підігрівача;
- Прогріти паропровід ПСВ до заслінки, шляхом відкриття вентилів на дренажних трубопроводах;
- Відкрити заслінку на вході пара в підігрівач та прогріти його протягом п'ятнадцяти хвилин;
- Включити в роботу регулятор рівня в підігрівачі;

Освітлювач - це апарат, в якому одночасно протікають хімічні реакції, пов'язані із введенням реагентів, а також фізичні процеси формування утворення осаду (шламу) в обсязі води освітлювача і фільтрування оброблюваної води через їх шар. Контактне середовище в освітлювачі, що називається шламовим фільтром, формується з раніше утворених частинок шламу, які знаходяться в підвішеному стані за рахунок дії висхідного потоку води. Вода, що пройшла через шламовий фільтр, звільняється від грубодисперсних частинок, які містяться у вихідній воді та сформованих в результаті хімічних реакцій в освітлювачі. Тому їх залишкова концентрація зазвичай знаходиться в межах 5 - 10 мг / дм³, якщо не порушені хімічний і гідравлічний режими в освітлювачі. При конструюванні освітлювача враховується, що гідравлічні процеси в ньому включають в себе наступні складові:

- підтримку в підвішеному стані твердих частинок, які утворюють контактне середовище висхідними потоками води;
- видалення надлишку твердих частинок із зони контактного середовища;
- режими руху води в контактному середовищі, а також у вхідній і вихідній частинах освітлювача.

В освітлювачі відбувається змішання води та реагентів, утворення шламу і відділення його від води, тобто освітлення. Із освітлювача вода прямує у сепаратор, а виділений осад - в бак шламових вод, звідки потряпляє в установку зневоднення шламу. [11]

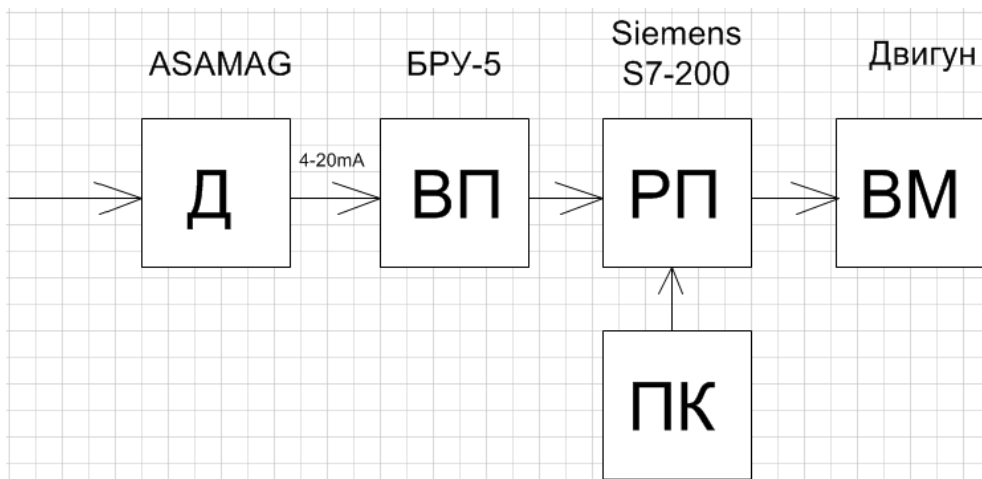


Рисунок 3.5 – Структурна схема регулювання витрати води

Навантаження даної системи очистки води визначається витратою сирі води. Для її регулювання використовується система, яка складається із електромагнітного витратоміра ASAMAG (поз.1а), з якого уніфікований струмовий сигнал 4..20 мА надходить на вторинний прилад БРУ-5 (поз.1б), і вже потім на контролер Siemens S7-200, який в свою чергу видає керуючий сигнал на двигун.

Одним з важливих технологічних параметрів, який визначає ступінь очистки води - є рівень рН. Для регулювання даного параметру застосовують концентратомір АЖК-3101К (поз.7а), що передає уніфікований сигнал на блок ручного управління (поз.7в), потім на контролер, з подальшим відображенням інформації на ПК, а вже з нього на виконавчий мехнізм МЭО-250 (поз.7г).

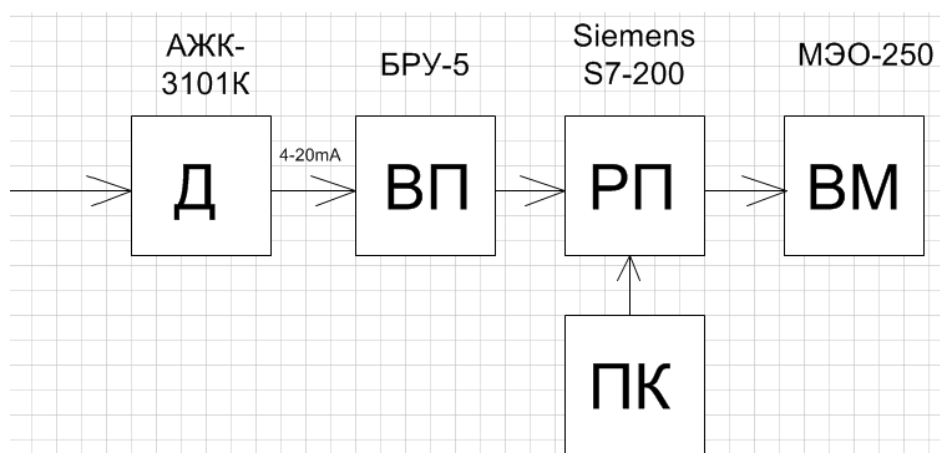


Рисунок 3.6 – Структурна схема регулювання витрати кислоти

Ще одним головним параметром є регулювання температури в ПСВ. Воду, яка надходить до ПСВ потрібно підігрівати до певної температури, приблизно (30 ± 2 °С), для того щоб в подальшому процесі очистки дана рідина вступила в реакцію з реагентами. Датчик, що вимірює температуру в ПСВ - ОВЕН ДТС-І-025 (поз.3а) він передає уніфікований струмовий сигнал 4..20 мА на вторинний прилад БРУ-5 (поз.3б) і далі на ПЛК та на виконавчий механізм МЭО-250 (поз.3г).

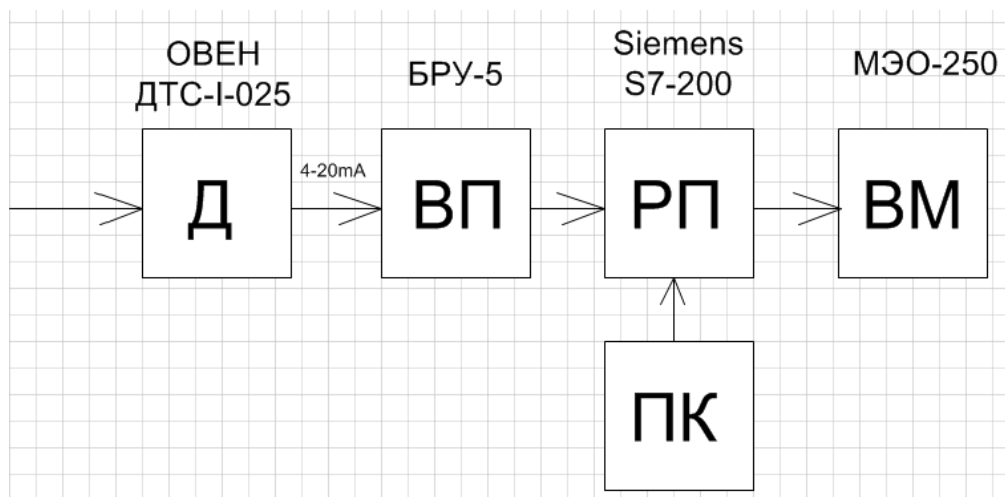


Рисунок 3.7 – Структурна схема регулювання температури

Разом зі стабілізацією основних технологічних параметрів очистки питної води, ситема забезпечує контроль тиску пари у колекторі пари за допомогою датчика Aplisens PC-28 (поз.2а), контроль перепаду тисків, за допомогою датчиків перепаду тисків Сапфір 22ДД (поз.4а,5а).

3.3 Проектне компонування мікропроцесорних контролерів

Програмуємий логічний контролер застосовується для контролю та регулювання обладнання на виробництві, тобто для автоматизації технологічних процесів.

Нижче представлена таблиця 3.2, в якій порівнюємо два контролери і підбираємо для ниших задач кращий з них. В даній системі автоматизації використовуємо програмуємий логічний контролер Siemens S7 - 200, він має більшу

кількість вбудованих входів-виходів, більший об'єм пам'яті і менший час на виконання операцій.

Таблиця 3.2 – Характеристики програмуємих логічних контролерів

Параметр	Siemens S7-200	ОВЕН ПЛК 150
Об'єм пам'яті програм	12Мб	8Мб
Об'єм пам'яті даних	8Мб	4Мб
Час виконання циклу	0,2 мкс	0,25 мкс
Інтерфейси	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Ступінь захисту	IP 20	IP 20
Кількість вбудованих входів-виходів	14 DI + 10 DO	6 DI + 10 DO
Середовище програмування	STEP 7 Micro / WIN	CODESYS

В даній системі автоматизації використовуємо програмуємий логічний контролер Siemens S7 - 200, він має більшу кількість вбудованих входів-виходів, більший об'єм пам'яті і менший час на виконання операцій.

Програмовані контролери SIMATIC S7-200 мають модульну конструкцію та є ідеальним засобом для побудови ефективних систем автоматичного управління при мінімальних витратах на придбання даного обладнання і розробку системи автоматизації. Контролери здатні працювати в реальному режимі часу і можуть бути використані як для побудови вузлів локальної автоматики, так і вузлів комплексних систем управління. Вони забезпечують підтримку обміну даними через такі мережі: PPI, MPI, Industrial Ethernet, а також через Internet / Intranet і системи модемного зв'язку, здатні обслуговувати системи розподіленого введення-виведення на основі AS-Interface, працювати в складі систем розподіленого вводу-виводу на основі

PROFIBUS DP. Також контролер може застосовуватися для створення систем автоматизованого управління технологічним обладнанням в енергетиці, на транспорті, в т. ч. залізничному, та інших сферах промисловості. [12]



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд контролера Siemens S7-200

Одна з головних особливостей даного контролера є його універсальність та компактність. Відомо, що використання розподіленої архітектури АСУ ТП на базі цифрових інтерфейсів передачі даних має цілий ряд переваг перед рішеннями на основі класичної централізованої архітектури. Серед них можна згадати зниження затрат на розсортування і обслуговування кабельної мережі, підвищення надійності за рахунок зменшення кількості з'єднань, переваги при розширенні системи і т.д. За допомогою модулів SIMATIC можна створювати системи збору даних і управління як з централізованої, так і з розподіленою архітектурою.

Для збільшення кількості входів і виходів було використано аналогові, дискретні модулі вводу/виводу.

Відмінні риси сімейства SIMATIC S7-200:

- час виконання 1К логічних інструкцій не перевищує 0.22 мс;
- наявність швидкісних лічильників зовнішніх подій;

- наявність швидкодіючих входів апаратних переривань;
- можливість нарощування кількості обслуговуваних входів-виходів (за винятком систем на основі CPU 221);
- наявність імпульсних виходів (широотно- або частотно-імпульсна модуляція);
- потенціометри аналогового завдання цифрових параметрів;
- годинник реального часу (вбудовані або встановлювані у вигляді знімного модуля);
- потужний набір інструкцій мови програмування;
- один або два порти RS 485 універсального призначення;
- функції ведучого пристрою AS-Interface, що забезпечуються комунікаційним модулем CP 243-2;
- функції веденого пристрою PROFIBUS DP, що забезпечуються комунікаційним модулем EM 277;
- функції обміну даними через Industrial Ethernet, підтримувані комунікаційним процесором CP 243-1;
- обмін даними через системи модемного зв'язку, що забезпечується модулями EM 241 і MD 720-1;
- оболонка програмування STEP 7 Micro / WIN;
- трирівневий парольний захист програм користувача;
- можливість роботи з пристроями людино-машинного інтерфейсу.

Даний контролер оснащений центральним процесором SIPLUS CPU 224. CPU 224 характеризується наступними показниками:

- 2 модифікації, що відрізняються напругою живлення і типом вихідних каскадів;
- Вбудований блок живлення = 24В / 280мА для живлення датчиків і перетворювачів;
- 14 вбудованих дискретних входів і 10 дискретних виходів;
- 1 комунікаційний порт (RS 485);

- Можливість підключення до 7 модулів розширення зі складу серії S7-22x;
- Входи переривань, що забезпечують виключно швидку реакцію на зовнішні події;
- 6 швидкісних лічильника (30 кГц) з параметризуемими входами дозволу праці та скидання, 2 незалежні входи для підключення інкрементальних датчиків позиціонування з двома послідовностями імпульсів, зрушених на 90° (20 кГц);
- Імітатор вхідних сигналів (опціональний), що дозволяє імітувати перемикачами вхідні сигнали контролера і виробляти налагодження програми;
- 2 потенціометра, підключених до АЦП контролера, що дозволяють виробляти установку цифрових параметрів. Наприклад, уставок лічильників або таймерів;
- 2 імпульсних виходи до 20 кГц (в моделях з транзисторними виходами), які використовуються для вирішення завдань позиціонування, частотного управління двигунами, а також керування кроковими двигунами. Підключення двигунів повинно проводитися через відповідні підсилювачі потужності.

Застосування модулів вводу-виводу дискретних та аналогових сигналів дозволяє збільшити кількість входів і виходів, що обслуговуються одним контролером, і забезпечує: оптимальну адаптацію контролера до вимог розв'язуваної задачі за рахунок підключення необхідного набору модулів розширення. Для розширення можуть бути використані 8-, 16- або 32-канальні модулі введення-виведення дискретних та аналогових сигналів, гнучку адаптацію програмованого контролера до вимог поставленого завдання, розширення системи управління в ході її модернізації.

Модулі вводу-виводу дискретних сигналів Siemens контролера S7-200: EM221, EM222, EM223.

Модулі вводу-виводу аналогових сигналів Siemens SIMATIC: EM231 / EM231TC / EM231RTD, EM232, EM235.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд модуля аналогових сигналів Siemens EM231

Модуль EM231 призначений для перетворення цифрових сигналів, переданих по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів.



Рисунок 3.10 – Загальний вигляд модуля дискретних сигналів Siemens EM221

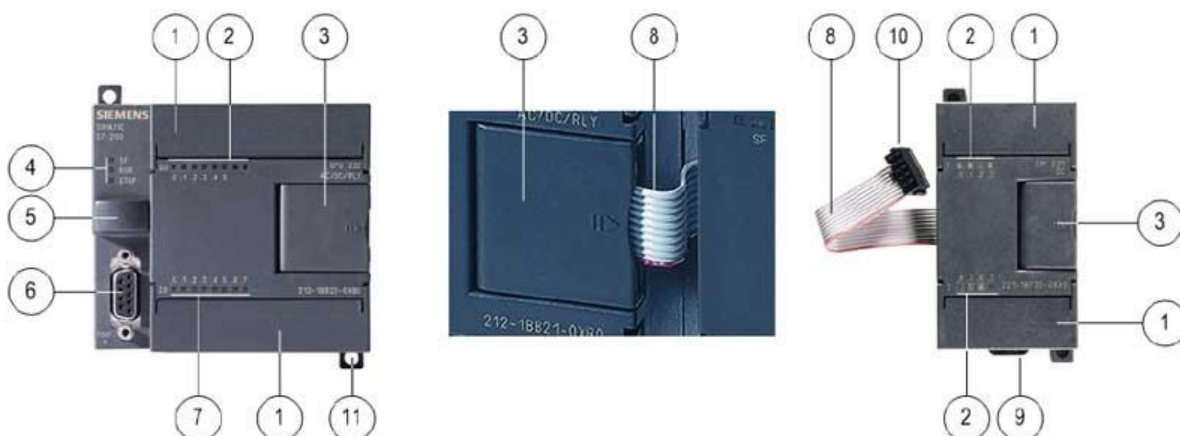


Рисунок 3.11 – Конструкція Siemens S7-200

1 - захисна кришка термінального блоку для підключення зовнішніх ланцюгів; 2 - світлодіоди індикації станів вхідних дискретних сигналів; 3 - захисна кришка інтерфейсу внутрішньої шини, органів управління і настройки; 4 - світлодіоди індикації станів і режимів роботи центрального процесора; 5 - відсік для установки опціональних модулів (пам'яті, батареї і годин); 6 - вбудований порт RS 485; 7 - світлодіоди індикації станів вихідних дискретних сигналів; 8 - плоский кабель внутрішньої шини контролера; 9 - засувка для фіксації модуля на профільній шині DIN; 10 - з'єднувач для підключення до гнізда внутрішньої шини контролера; 11 - отвір для кріплення модуля гвинтами.

3.4 Програмне забезпечення системи автоматизації об'єкту

Середовище розробки STEP 7-Micro / WIN дає можливість виконувати програмування центральних процесорів лінійки контролерів S7 - 200. Даний пакет ніяким чином не пов'язаний із програмою Simatic 7 і може самостійно використовуватися при вирішенні різноманітних завдань автоматизації. Основна перевага STEP 7-Micro / WIN - це лінійна побудова програмного коду, що містить як звичайні підпрограми, так і підпрограми обслуговування переривань.

Цей софт має 3 редактори для написання програм із вільними перемикальними між ними: список операторів STL, контактний план LAD та функціональна блок-схема FBD. Робоче вікно STEP 7- Micro/WIN взагалі розділене на 3 області: дерево команд, таблицю локальних змінних і сам редактор коду. Кожний проект складається із програмних і системних блоків, початкових даних, таблиць символів і діаграм станів.

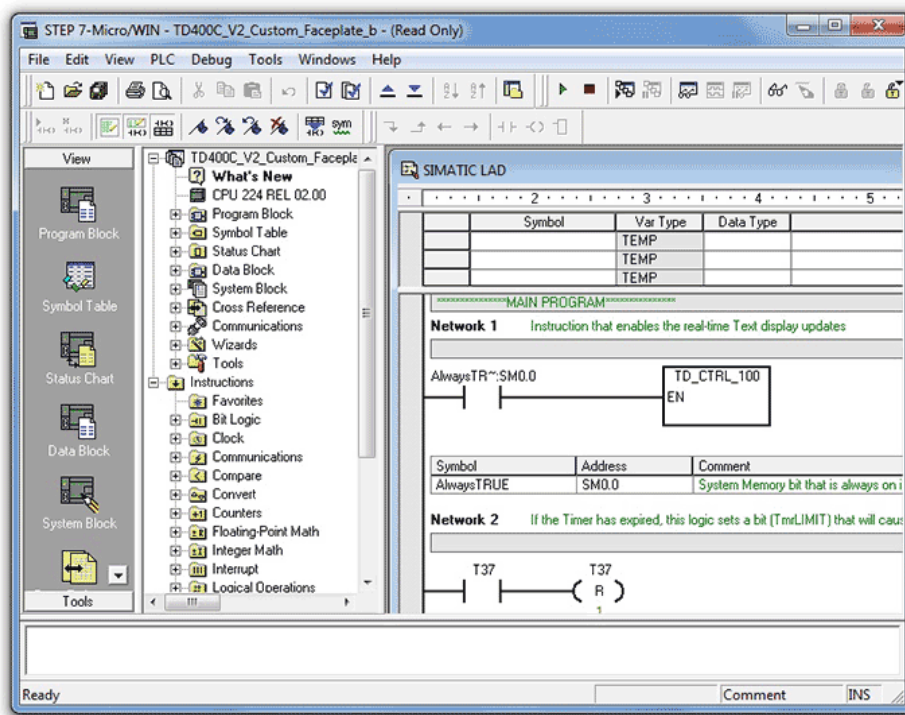


Рисунок 3.12 – Інтерфейс програми STEP 7-Micro / WIN

Доступність функцій і команди включають в себе різні операції з байтами і бітами, цілочисленної математики і з плаваючою комою, обробку імпульсних сигналів та табличних даних, опції швидкісного розрахунку, роботу з лічильниками та таймерами, функції порівняння, перетворення різних типів даних, організацію циклів, і також управління вільно програмованим інтерфейсом.

STEP 7-Micro / WIN містить необхідні функції тестування, налагодження та контролю виконання програмного коду, візуальне відображення помилок із використанням тимчасових діаграм зміни змінних. Для виконання конфігурації у програму включені набори самостійно працюючих майстрів: текстових дисплеїв, швидкісних лічильників, ПІД-регуляторів, комунікаційних пристроїв для зв'язку між

центральними процесорами, модулів позиціонування, модемів. Також присутні комплекти майстрів, які допомагають визначати ключові параметри при налаштуванні центральних процесорів, наприклад при установці паролів всіх рівнів, годин реального часу, комунікаційних параметрів, затримок на поширення вхідних сигналів, а також конфігурації модулів вводу-виводу і зберігається області пам'яті.

Середовище STEP 7-Micro / WIN виконує читання, запис та порівняння програм із пам'яті контролера. Також підтримується дистанційне програмування через модем, обмін даними за допомогою PG / PC інтерфейсу, імпорт / експорт файлів з SIMATIC Manager STEP 7 і STEP 7-Micro / DOS, управління проектом у стилі Windows Explorer. Разом із програмою поширюється величезна кількість прикладів. Крім цього утиліта містить в собі найширші призначені для користувача настройки (колірної гама, шрифтів, рядків меню і т.д.) і відмінну систему інтерактивної допомоги. [13]

Програмне забезпечення дозволяє зберігати усі дані проекту лише в одному файлі, а для спрощення операцій по копіюванню частин різних проектів можливий множинний запуск STEP7 - Micro/WIN. Підпрограми і бібліотеки розробника можуть захищатися паролем від несанкціонованого доступу.

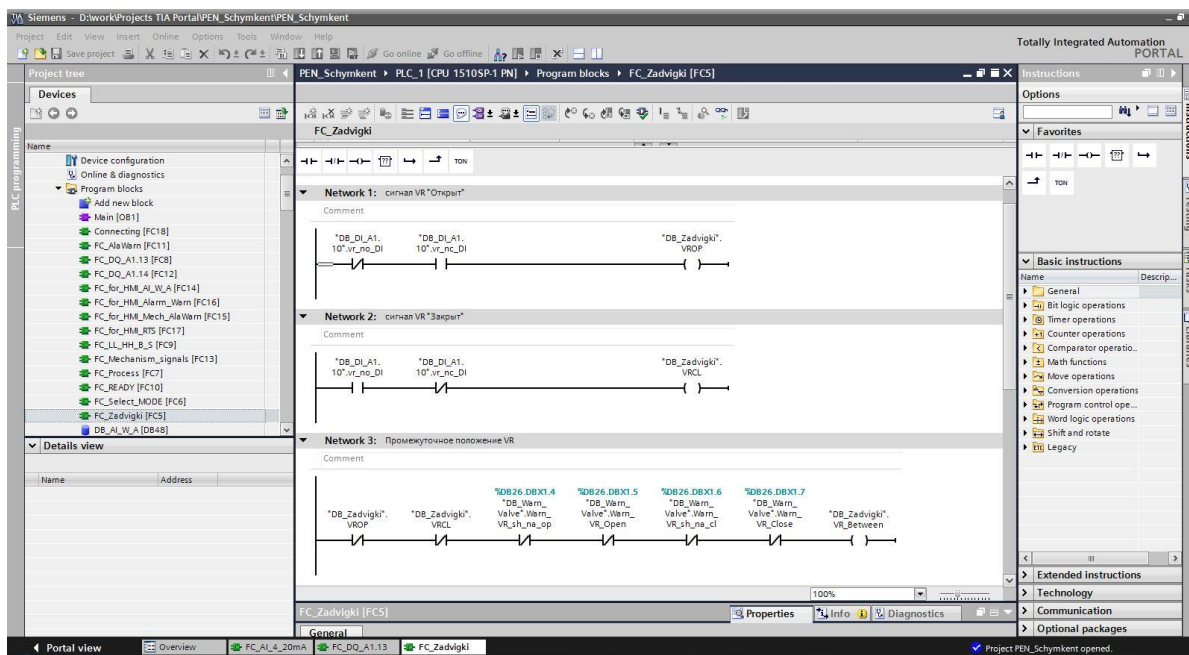


Рисунок 3.13 – Фрагмент програми керування задвижками

Усі модулі розташовані у шафі для збору та передачі сигналів від системи керування до контролера. Виробництво таких шаф автоматики, як ТОВ «TVD» успішно працює на ринку електротехнічного і телекомунікаційного обладнання з 1995 р.

Шафи автоматики виконані відповідно з міжнародним стандартом МЕК 529 (для забезпечення ступеня захисту IP55) і сертифіковані за міжнародним стандартом ISO9001 : 2000. Найширша гама типорозмірів шаф автоматики даного виробника дозволяє вирішувати завдання автоматизації будь-якого рівня складності.



Рисунок 3.14 – Загальний вигляд шафи збору та передачі даних

Системи диспетчеризації, управління та збору даних – тобто SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) це основний і найбільш перспективний методом автоматизованого управління складними динамічними системами й процесами в життєво важливих та критичних, з точки зору безпеки і надійності, областях.

Тільки використання SCADA-систем дозволить здійснювати ефективне управління автоматизованими системи в промисловості та енергетиці, транспорті,

машинобудуванні, автоматизації будівель, водопостачанні та водоочищенні, автомобілебудуванні.

Основні функції SCADA-системи:

- збір та передача даних, їх обробка;
- відображення даних в цифровому та графічному вигляді, ще називають (візуалізація);
- архівування бази даних, бібліотеки та паспортизація всього обладнання;
- оперативне інформування персоналу (тривоги і події);

SCADA Trace Mode – програмний продукт для управління технологічним процесом будь-якого промислового і господарського об'єктів.

SCADA Trace Mode – модульний продукт. В якому кожен модуль володіє унікальними характеристиками та застосовується в залежності від свого функціонального призначення:

- Інструментальна система – середовище розробки проекту;
- Виконавчі модулі «Монітор реального часу (МРВ)» - НМІ модулі для запуску і роботи проекту в режимі реального часу з різними функціями;
- OPC-сервер – для зв'язку з іншими SCADA;
- Micro Trace Mode – для програмування ПЛК WinPAC;
- Data Center - для візуалізації проекту з допомогою WEB-протоколу.

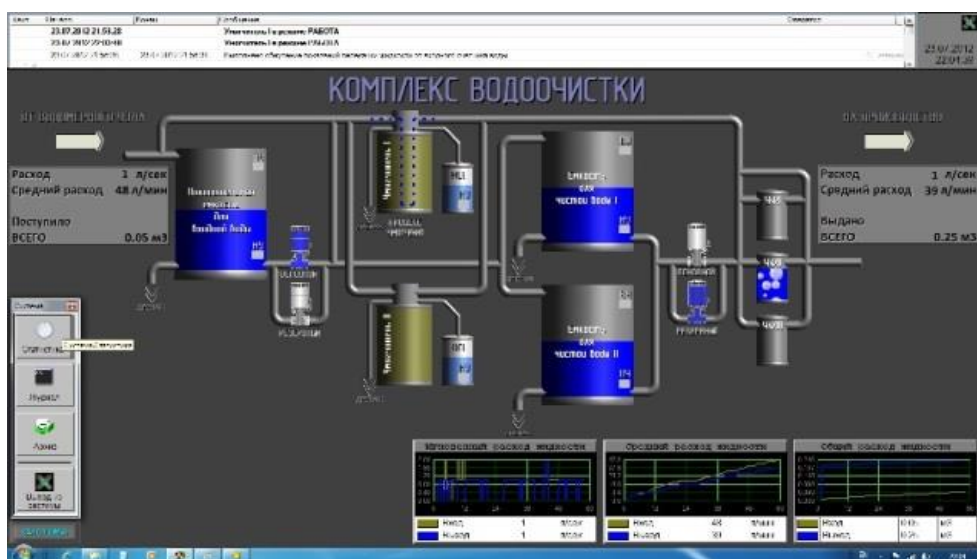


Рисунок 3.15 – Приклад SCADA-системи

Операторська панель являє собою конструкцію, яка має плоску передню частину з дисплеєм і / або органами управління, що захищена від впливу навколишнього середовища та механічної дії. Зазвичай, панель має невелику глибину, це дозволяє зручно розмістити її на панелі управління, пульті оператора, або на дверцятах шафи, що містить пристрої автоматизації. [14]

Внутрішній устрій панелі в загальних рисах аналогічно пристрою промислового комп'ютера, з поправкою на особливості експлуатації, що використовуються в промисловості.

Типова операторська панель має:

- засоби відображення інформації: як правило, у вигляді сенсорного текстового або графічного екрану; раніше застосовувалися всілякі електронні індикатори: електронні табло і групи ламп / світлодіодів, пізніше – рідкокристалічні дисплеї;

- технічні засоби, що забезпечують вибір і введення даних, а також навігацію по екранах: клавіатура, кнопки, сенсорний екран, вбудований або підключаємий джойстик або маніпулятор;

- інтерфейси зв'язку, вони потрібні для здійснення обміну даними із іншим обладнанням та системами (зазвичай за допомогою промислової мережі). Наприклад RS232, RS422, RS485, Ethernet, PROFIBUS.

- для зберігання операційної системи, програм управління об'єктом і підтримки проекту, є пам'ять: енергозалежна (ОЗУ) і незалежна (наприклад флеш-пам'ять).

Екран на панелі оператора для відображення параметрів і управління системи водоочищення зображений на рис. 3.15

Типова панель надає користувачеві наступну функціональність:

- Візуалізація технологічного процесу або об'єкта та його параметрів в текстовому або графічному вигляді;

- Обробка та управління аварійних повідомлень та повідомлень із реєстрацією часу й дати їх виникнення;

- Введення параметрів процесу та оперативне управління за допомогою функціональних кнопок або сенсорного екрану;
- Обмін даними із суміжним обладнанням та системами;
- Можливість вибору завантажених рецептів та їх редагування;
- Обмеження доступу користувачів до деяких функцій системи і адміністрування прав користувачів;
- Відображення діаграм та трендів, відображення зведених звітів;
- Архівування даних процесу;
- Виконання команд за розкладом. [15]

Висновки:

1. Розглянуто питання сутності водопідготовки.
2. Приведені технічні умови на питну воду (органолептичні, хімічні, біологічні показники та неорганічні сполуки).
3. Обумовлені методи очищення води (біологічні, хімічні, фізичні).
4. Розглянутій технологічний процес хімічної підготовки води.
5. Здійснюється опис основних контурів управління.
6. Висвітленні додаткові методи очистки такі, як: демінералізація, іонообмінний метод, вапнування.
7. Приведена технологічна схема процесу очистки води та зроблений її опис.
8. Обраний контролер для роботи з даною СА.
9. Докладно описане програмне забезпечення системи, розроблена SCADA система.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Оброблення результатів дослідження

В даний час до автоматичних систем управління пред'являють високі вимоги точності регулювання і управління та високої швидкодії. Тому в даному випадку використовуються принципи послідовної та паралельної корекції.

Принцип послідовної корекції передбачає поділ системи на ланки, які містять лише одну постійну часу і при цьому кожна ланка охоплюється контуром регулювання з регулятором, що компенсує більшу постійну часу. На вході кожного регулятора порівнюються два сигнали: завдання (бажаного значення) і дійсного значення регульованої величини, а вихідна напруга регулятора є сигналом-завданням подальшого регулятора іншої регульованої величини. [16]

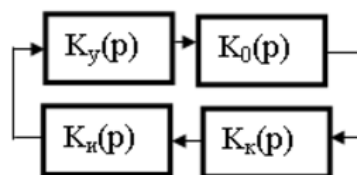


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи з послідовною корекцією

Принцип послідовної корекції включає коригуючий пристрій послідовно в контур управління. Послідовна корекція передбачає включення коригуючої ланки $W_k(P)$ послідовно з ділянкою структури САУ, що підлягають перебудові W_0 , для отримання еквівалентної передавальної функції $W_e(P)$

$$W_e(P) = W_0(P) * W_k(P) \quad (4.1)$$

При цьому передатна функція розімкнутої системи, незалежно від місця включення коригуючого пристрою дорівнює:

$$K'_p(p) = K_p(p) * K_k(p) \quad (4.2)$$

Так як коригуючий пристрій найчастіше представляє собою пасивний RC-фільтр, то ставити його в ланцюг, де передаються великі потужності, не раціонально з точки зору енергетичних витрат, так як при цьому необхідні дорогі коригувальні пристрої (великі втрати потужності). Якщо об'єкт управління є потужним пристроєм

то прийнято коригувальні пристрої включати на вході системи або виході вимірювального пристрою.

Принцип послідовної корекції дає можливість ввести в закон управління складові, пропорційні похідної та інтегралу від сигналу помилки. Дані складові похідної зменшують час регулювання, але збільшують чутливість системи до перешкод, а пропорційні інтегралу, в свою чергу, підвищують точність, але зменшують стійкість системи.

Принцип послідовної корекції широко застосовується на практиці. Але іноді більш доцільно використовувати принцип паралельної корекції (паралельних коригувальних пристроїв). Ці коригувальні пристрої включаються в ланцюг місцевих зворотніх зв'язків.

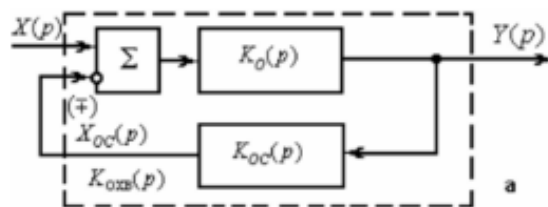


Рисунок 4.2 - Структурна схема системи з паралельною корекцією

Можливість корекції паралельними коригуючими пристроями впливає з можливості заміни послідовного коригуючого пристрою рівносильним паралельним. В цьому ми можемо впевнитися. Наприклад частина система з передавальною функцією $K_o(p)$ охоплена зворотнім зв'язком, що містить коригуючий вплив (пристрій) з такою функцією передачі $K_{oc}(p)$. Передоточна функція цієї частини відповідна до формули

$$K_{охв}(p) = Y(p) / X(p) = K_o(p) / [1 \pm K_o(p) * K_{oc}(p)] \quad (4.3)$$

де знак плюс - від'ємний зворотній зв'язок, а знак мінус – додатній.

Вираз (4.3) можна представити в наступному вигляді

$$K_{охв}(p) = K_o(p) / [1 \pm K_o(p) * K_{oc}(p)] = K_o(p) * K_n(p) \quad (4.4)$$

де

$$K_n(p) = 1 / [1 \pm K_o(p) * K_{oc}(p)] \quad (4.5)$$

Передавальна функція послідовно включеної ланки, еквівалентна за своєю дією паралельно коригуючому пристрою з функцією передачі $Kos(p)$. Таким чином, введення паралельного коригувального пристрою з функцією передачі $Kos(p)$ рівносильно включенню послідовного пристрою з функцією передачі.

У системах з послідовно-паралельною корекцією мала чутливість системи регулювання до змін параметрів, наприклад коефіцієнта посилення. При настройці на технічний оптимум часто приймають, що $a = 2$. Коефіцієнт налаштування a можна зменшити, але це призведе до збільшення коефіцієнта посилення системи і тоді автоматично зросте і перерегулювання системи.

4.2 Аналіз результатів дослідження

Параметри регулятора визначені за відомим співвідношенням з коефіцієнтом настройки рівним 2:

$$W_p(s) = \frac{20}{0.01s+1} * \frac{5}{0.1s+1} 0.1 = \frac{1}{2T_\mu s(T_\mu s+1)} \quad (4.6)$$

І отримуємо передаточну функцію регулятора:

$$W_p(s) = \frac{(0.1s + 1)}{2 * 0.01 * 20 * 50 * 0.1 * s} = \frac{0.1s+1}{0.2s} = 0,5 + \frac{5}{s} \quad (4.7)$$

$$\frac{T}{T_\mu} = 0,37; T = 0,37 * 0,024 = 0,00888.$$

Далі в пакеті MatLab ми налаштуємо систему автоматичного управління на послідовну корекцію. [17]

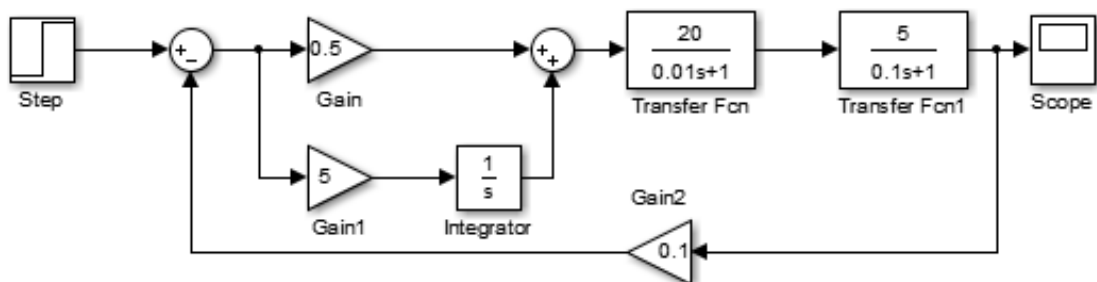


Рисунок 4.3 – Структурна схема САУ, що налаштована на послідовну корекцію

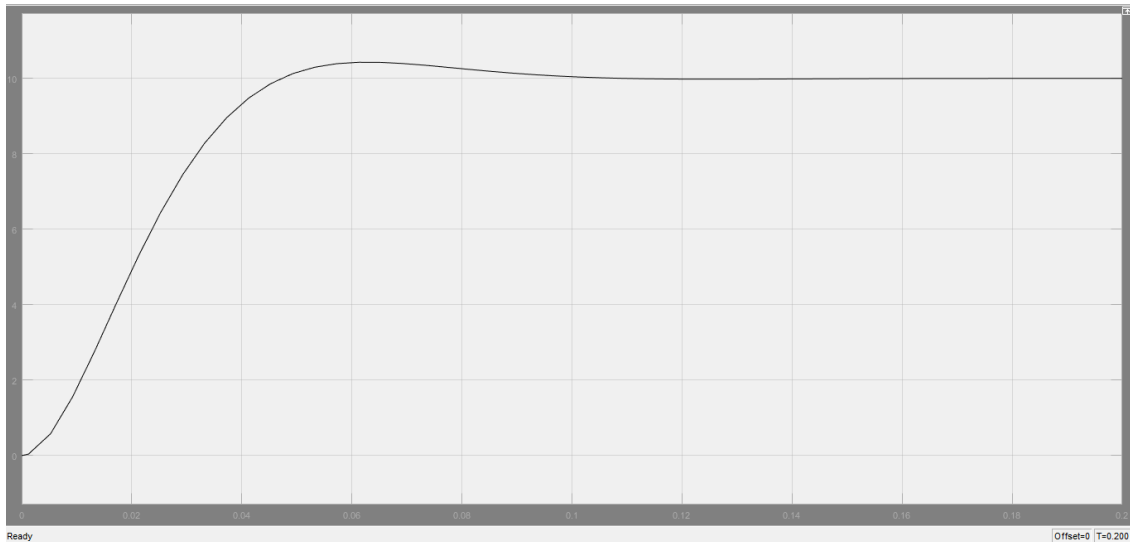


Рисунок 4.4 - Графік перехідного процесу системи, що налаштована на послідовну корекцію

Налаштовуємо нашу систему автоматичного управління на послідовно-паралельну корекцію.

Передаточна функція реальної диференціюючої ланки має вигляд:

$$W_{\partial}(s) = \frac{T_{\mu}s+1}{T_{\mu}^2s+1} \quad (4.8)$$

$$W_{\partial}(s) = \frac{0,088s+1}{0,000576s+1} \quad (4.9)$$

Для відношення $\frac{T}{T_{\mu}} = 0,37$ визначимо коефіцієнт налаштування $\frac{T_T}{T_{\mu}} = a$

$$0,85 = \frac{a+0,37}{2\sqrt{a}},$$

$$a^2 - 2,89a + 0,1369 = 0,$$

$$a_1 = 1,85 \quad a_2 = 0,056$$

Для розрахованих коефіцієнтів налаштування a_1 та a_2 визначимо нові параметри регуляторів. Зменшення коефіцієнтів налаштування призводить до збільшення коефіцієнта підсилення розімкненої системи з послідовно – паралельною корекцією, відповідно в 1.081 та 35.71 разів, в порівнянні з коефіцієнтом підсилення розімкненої системи з послідовною корекцією. Це призводить до суттєвого збільшення швидкодії при практично незмінній величині перегулювання.

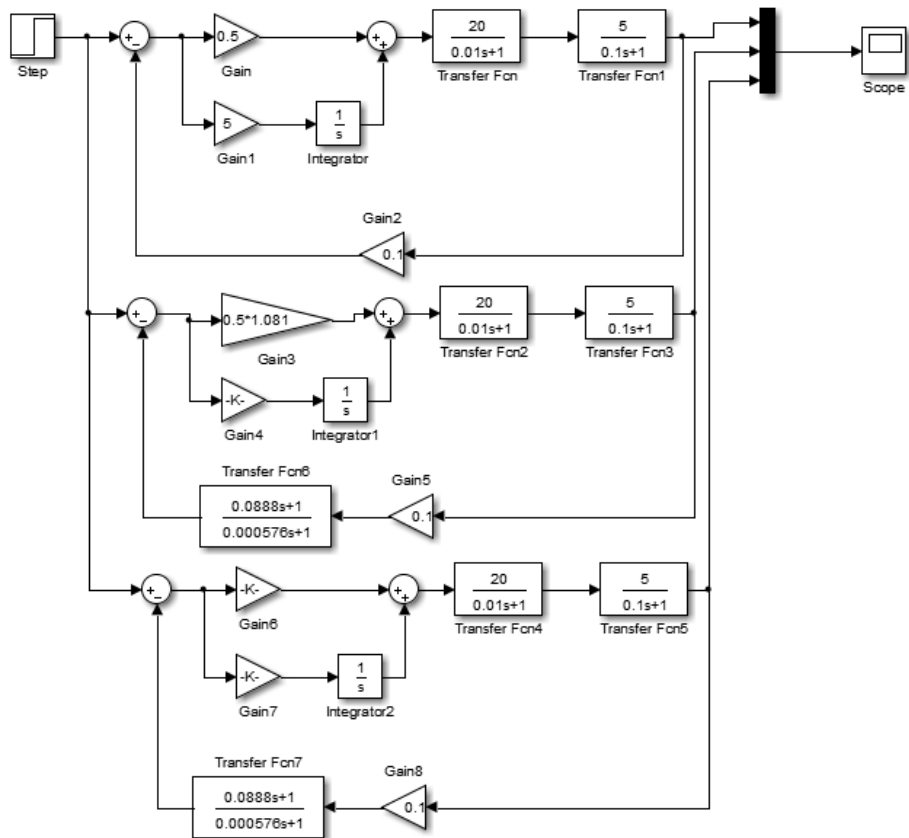


Рисунок 4.5 - Структурна схема, що налаштована на послідовно-паралельну корекцію

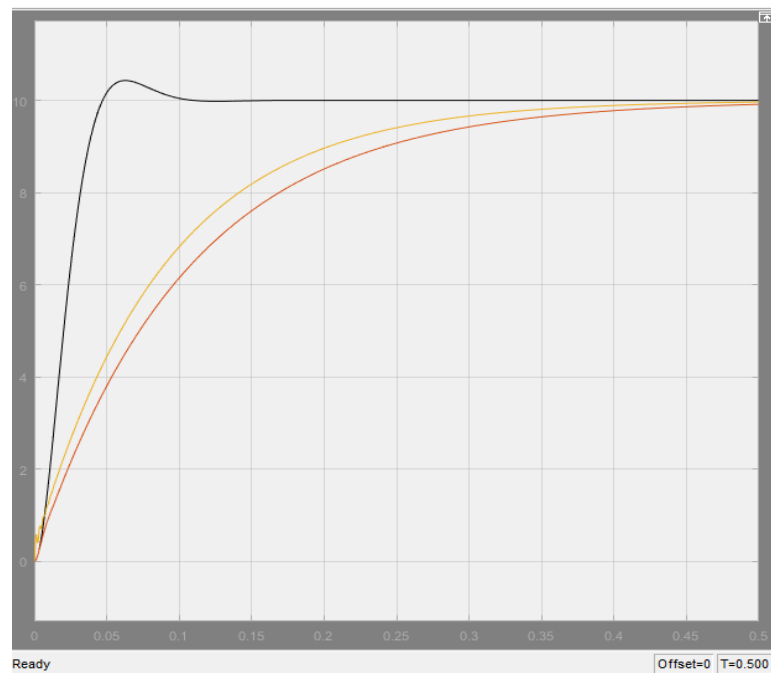


Рисунок 4.6 - Графік перехідного процесу системи, що налаштована на послідовно-паралельну корекцію


```

Визначемо логарифмічні і амплітудно-фазові характеристики
% Програма №1 (визначення характеристик)
% Визначення логарифмічних і амплітудно-фазових характеристик
% Параметри скоригованої системи
h1 = 0.5 * 35.71; % Пропорційна частина регулятора
h2 = 5 * 35.71 * tf(1, [1,0]); % Інтегральна частина регулятора
h3 = h1 + h2; % ПІ регулятор
h5 = tf(20, [0.01,1]); % Підсилювач потужності.
h6 = tf(5, [0.1,1]); % Об'єкт регулювання.
h7 = 0.1% Зворотній зв'язок.
h8 = tf([0.0888,1], [0.000576,1]); % Паралельна корекція.
h = h3 * h5 * h6 * h7 * h8; % Передавальна функція розімкнутої
% Системи.
% Параметри нескорректированной системи
w1 = 0.5; % Пропорційна частина регулятора
w2 = 5 * tf(1, [1,0]); % Інтегральна частина регулятора
w3 = w2 + w1; % ПІ регулятор
w = w3 * h5 * h6 * h7; % Передавальна функція розімкнутої
% системи
figure (1)
bode (h, w), grid on% ЛФЧ і ЛФЧ характеристики
% Досліджуваних систем.
figure (2)
nyquist (h, {100,4000})% АФХ коригувати системи.
figure (3)
nyquist (w, {1,200})% АФХ некорректированного системи.
figure (4)
x1 = feedback (h, 1); % Замкнута скоригована
x2 = feedback (w, 1); % Замкнута нескорректирована
step (x1, x2), grid on % Перехідні функції досліджуваних систем.

```

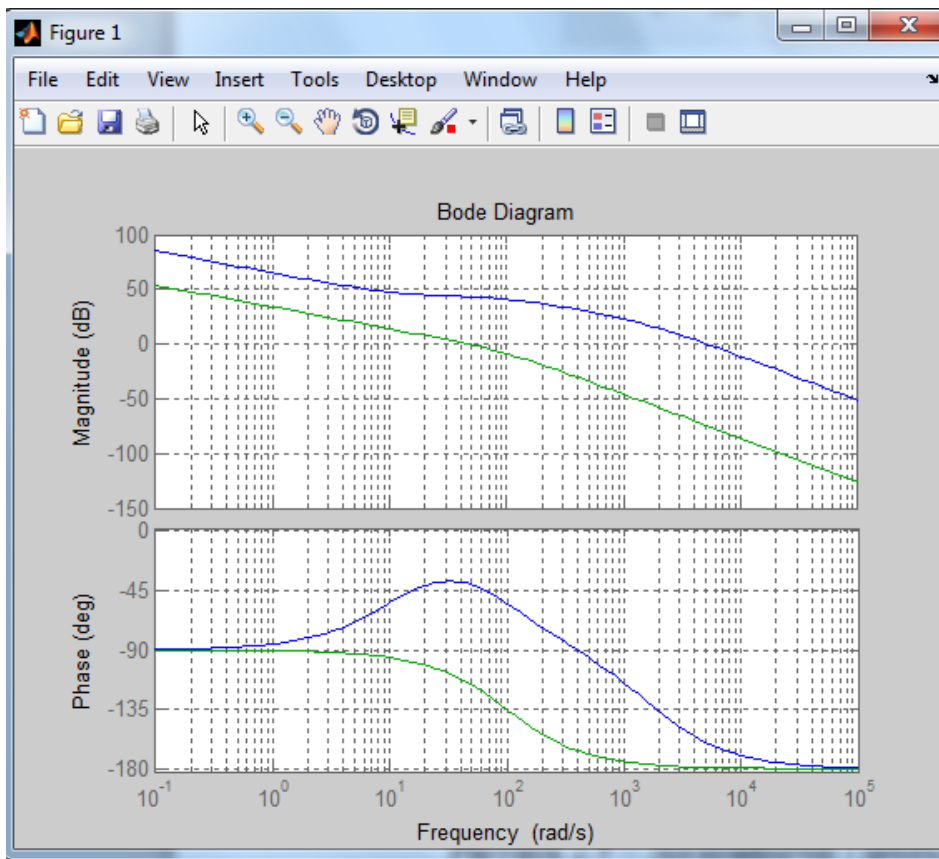


Рисунок 4.7 – Логарифмічні характеристики системи

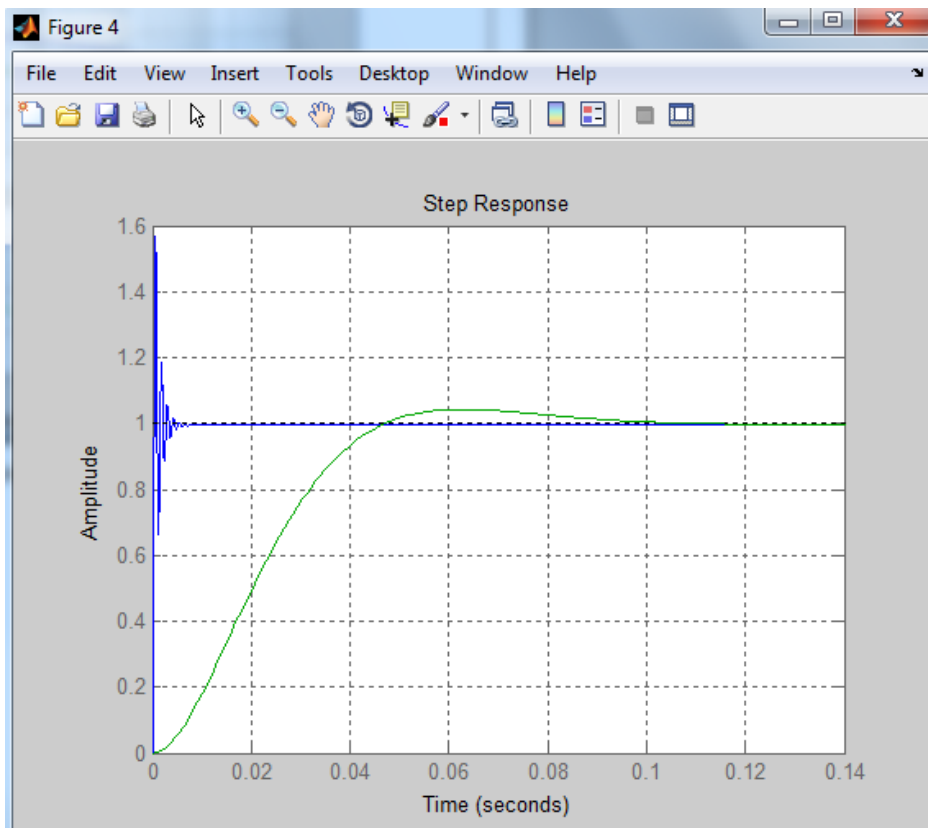


Рисунок 4.8 – Перехідні характеристики системи

Каскадна САУ складається з декількох контурів регулювання, кожен з яких регулює свою технологічну величину. Через те, що багато об'єктів управління характеризуються великим часом запізнювання та значною інерційністю необхідно застосовувати каскадні системи. [18]

Розрахунок передавальної функції датчика витрати.

Витратомір, використаний в даній системі автоматизації, призначений для вимірювання витрати агресивних рідин таких, як килоти і лугу.

Технічні характеристики витратоміра:

- Діапазон вимірювання: 0,013 ... 36000 м³ / год;
- Вихідний сигнал: 4 ... 20 мА, HART;
- Приєднання: фланцеве EN1092-1, DIN11851, TriClamp;
- Робоча температура: -30 ... + 160 ° С;
- Максимальний тиск: 10 бар;
- Похибка вимірювання: ± 0,5%;
- Напруга живлення: 220 В DC.
- Час реакції датчика на зміну 0.2 с.

Розрахунок передаточної функції датчика:

Вхідний сигнал датчика витрати рідини - витрата Q, вимірюваний в межах від 0,013 ... 36000 м³ / год. Таким чином, максимальний вхідний сигнал буде дорівнює 36000 м³ / год, або 10 м³ / с. Вихідний сигнал - напруга 20 В.

Таким чином

$$K = \frac{20}{10} = 2$$

A T - час запізнювання по технічним даним дорівнює 0.2 с.

Підсумовуючи всі розрахунки можна сказати, що передаточна функція датчика витрати буде дорівнювати

$$W_{д.р.} = \frac{2}{0,2p+1} \quad (4.10)$$

Каскадна модель системи зображена на рисунку 4.9

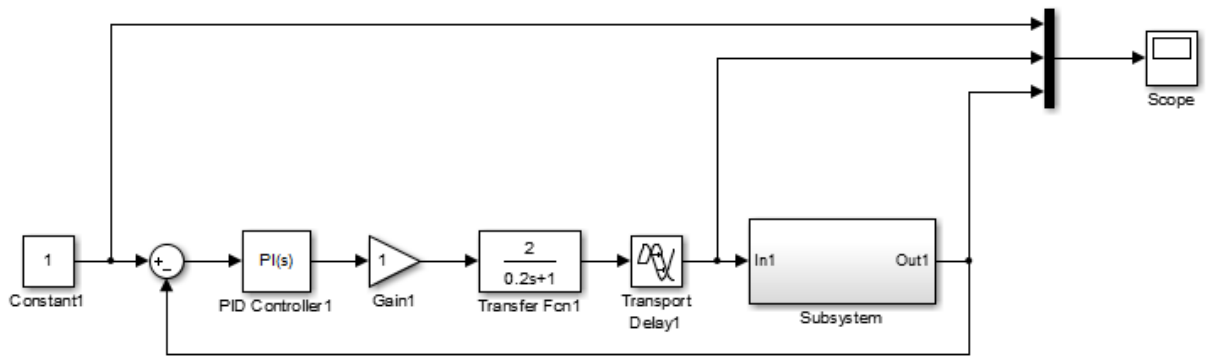


Рисунок 4.9 – Каскадна система об'єкта

При стандартних настройках регулятора на виході ми побачимо такий графік перехідної характеристики.

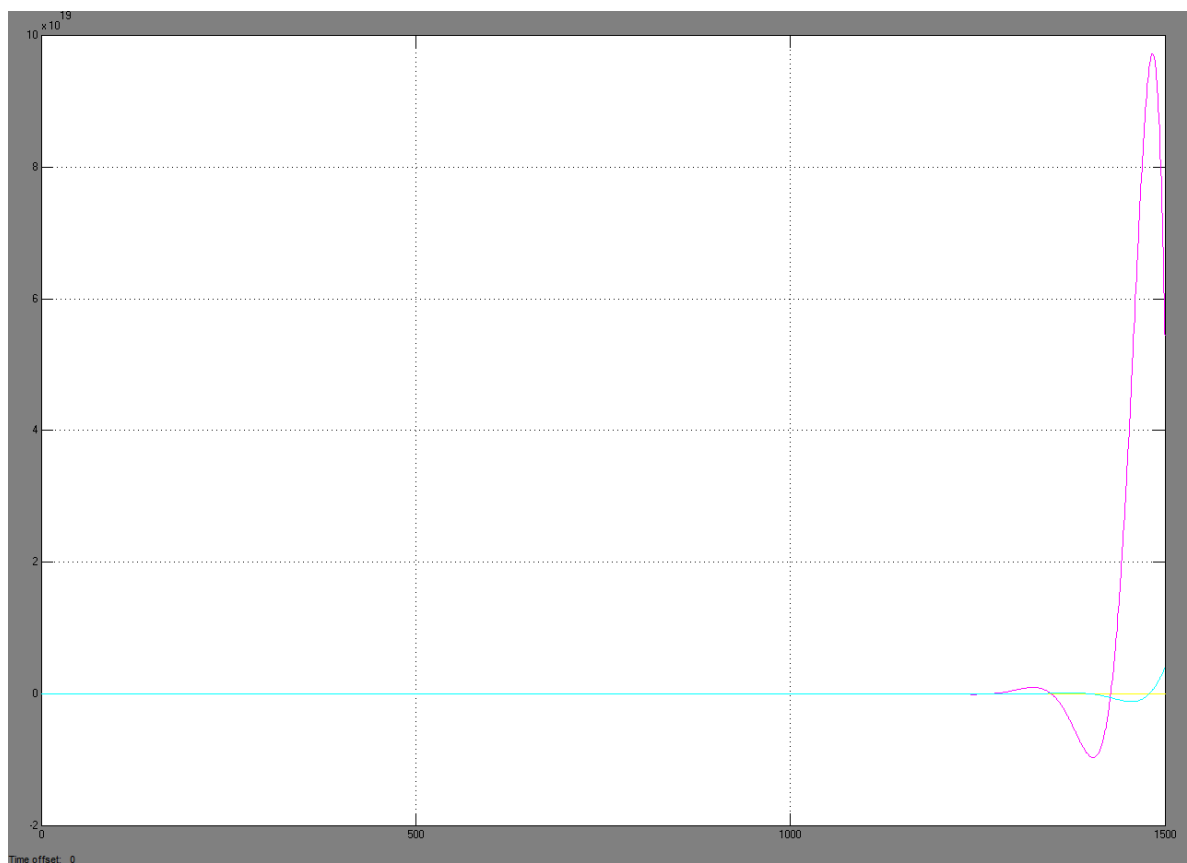


Рисунок 4.10 – Графік перехідної характеристики

Після введення нових параметрів регулятора в режимі «Tune» пропорційної і інтегральної складової, ми бачимо видозмінений графік на рисунку 4.12.

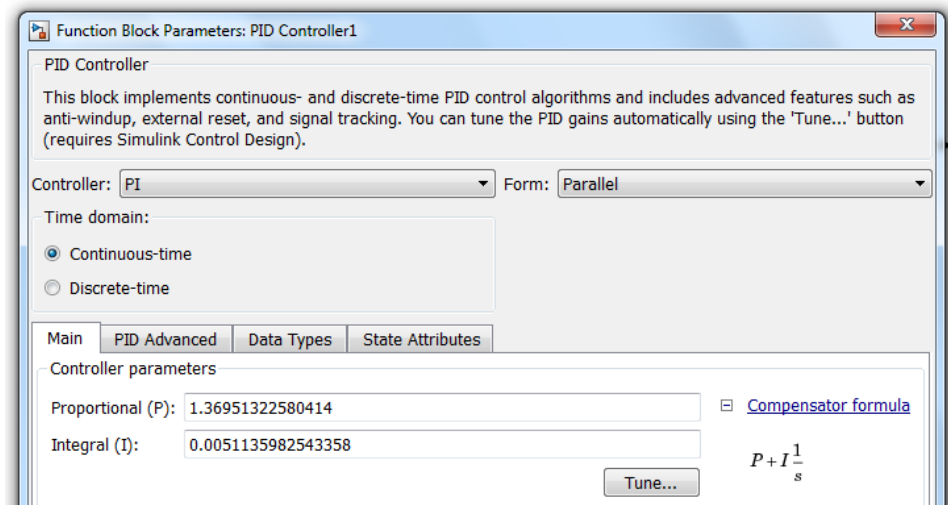


Рисунок 4.11 – Введення нових параметрів регулятора

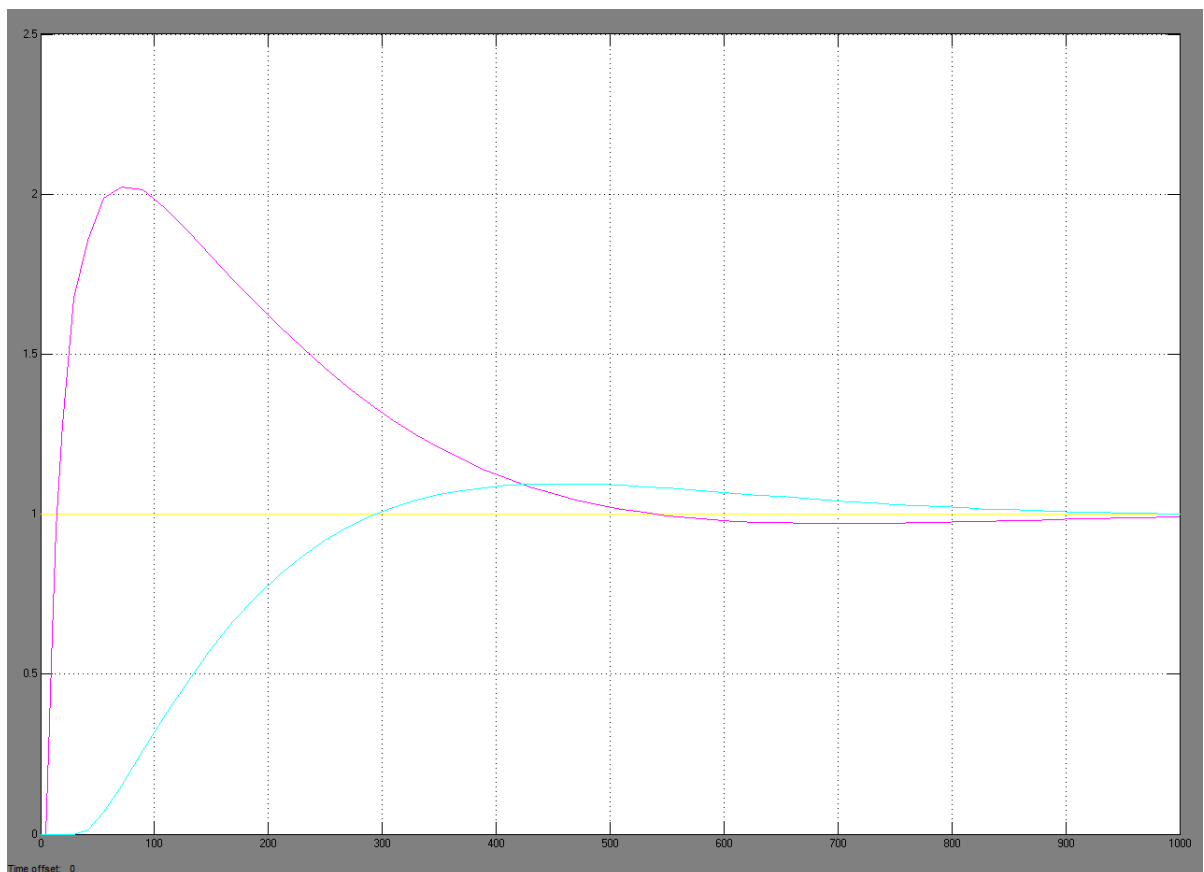


Рисунок 4.12 – Графік перехідної характеристики з новими параметрами регулятора

З нового графіку ми бачимо що значно покращилась швидкодія системи та зменшилось перерегулювання.

4.3 Обґрунтування економічної ефективності

За якістю питної води Україна займає 75 місце (із 122). До першої п'ятірки входять: Фінляндія, Нова Зеландія, Японія, Великобританія та Канада. Понад вісімдесят відсотків води українці споживають з поверхневих джерел (з річоч Дніпро і Дністер), а інші двадцять відсотків - з підземних джерел. На багатьох станціях очистки питної води застосовують реагентні і безреагентні методи очищення. Остаточний результат процесу очистки - це отримання питної води, придатної для використання із певною метою. [19]

Впровадження даної системи автоматизації технологічного процесу при очищенні води, дає нам можливість економії енергоресурсів та покращення якості питної води. Впровадивши дану систему автоматизації ми досягаємо виконання ТУ на питну воду, що є економічно вигідним показником. Також було застосовано додаткові етапи очищення питної води для покращення її хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників. [20]

Зазвичай, ефективність або (ступінь) очистки питної води визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{C_{зр} - C_{доп}}{C_{зр}} \times 100\% \quad (4.11)$$

$$\varepsilon = \frac{12.9 - 25}{12.9} \times 100\% = 93.8\%$$

Де, $C_{зр}$ - концентрація забруднюючих речовин у воді, $C_{доп}$ - допустима концентрація забруднюючих речовин у воді.

Висновки:

1. В цьому розділі наведений докладний опис принципів корекції системи (послідовний та послідовно-паралельний метод корекції).

2. Наведений аналіз результатів дослідження.
3. Розраховані передаточні функції регуляторів.
4. Побудовані графіки перехідних процесів.
5. Побудовані логарифмічні та перехідні характеристики системи, що має послідовно-паралельну корекцію.
6. Побудована каскадна модель системи.
7. Підібрані параметри регулятора.
8. Обґрунтована економічна ефективність даної системи.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання магістерської роботи розширено загальну теоретичну підготовку та у відповідності проекту розроблено систему автоматизації очистки питної води.

Проаналізовано загальний спосіб очистки води, а також автоматизацію та монтаж системи автоматизації водоочистки.

Розроблена каскадна система, підібрані параметри регулятора, що дозволяють значно підвищити швидкодію та зменшити перерегулювання в системі.

Впроваджено послідовно-паралельну корекцію системи, побудовані логарифмічні та перехідні характеристики системи.

Джерелами ефективності автоматизації водоочистки є впровадження нових установок автоматизації, що дозволяє оператору відслідкувати технологічні процеси, працездатність обладнання, а також управляти процесом на відстані від об'єкту, нових, більш ефективних, методів очищення води.

Впровадження даної системи дає можливість:

- покращити якість питної води (рН, жорсткість, лужність);
- досягти значного економічного ефекту;
- замінити морально застарілі прилади на ПЛК та мікропроцесорні засоби автоматизації;
- зменшити кількість обслуговуючого персоналу;
- підвищити ефективність і надійність роботи обладнання;

Проведений аналіз сучасних технічних засобів автоматизації і за отриманим результатом виконаний їх підбір, модулів вводу-виводу сигналів, модуля інтерфейсної мережі PROFIBUS.

Впроваджено додаткову систему очищення води ультрафіолетовим випромінюванням, розроблено систему пінної сепарації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Актуальність теми очистки питної води - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://estateline.ru/articles/20757/>
2. Сучасні проблеми питної води та методи її очищення - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://filtry.com.ua/problemi-vodi/>
3. Впровадження стратегії енергозбереження - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916>
4. Альтернативные источники энергии и энергосбережение В. Германович, А. Турилин. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2014. — 317с.
5. Energy Efficiency: The Definitive Guide to the Cheapest, Cleanest, Fastest Source of Energy Steven Fawkes, 2013. – 288с.
6. Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment Shamim I. Ahmad, 2017. – 996с.
7. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 1 липня 2020р.
8. Nanotechnology for water treatment and Purification Anming Hu, Allen Apblett, 2014. – 373с.
9. Water quality engineering Mark M. Benjamin, 2015. – 904с.
10. Відомості про промислову автоматизацію – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.smar.com/>
11. Waste water treatment and resourse recovery George Tchobanoglous 2016. – 2048с.
12. Відомості про ПЛК Siemens S7-200 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-200.htm>
13. Відомості про програмне забезпечення STEP 7-Micro / WIN -[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://cxem.net/software/step7.php>
14. Practical Modern SCADA Protocols Gordon Clarke, Deon Reynders 2017. – 544с.

15. Cyber-security of SCADA and Other Industrial Control Systems (Advances in Information Security Edward J. M. Colbert , Alexander Kott 2016. – 368с.
16. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета К.П. Власов 2013. – 544 с.
17. MATLAB Programming for Engineers Stephen J. Chapman 2020. – 305с.
18. Відомості про каскадні АСР - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/2910649/page:4/>
19. Планування діяльності підприємства Тарасюк Г.М., Шваб Л.І. Навч. Посіб. – К.: Каравела, 2016. – 432с.
20. Первов А.Г. Сучасні високоефективні технології очистки води Київ Ліра-К 2015. – 233с.
21. Основи охорони праці В. Ц. Жирдецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников. – Львів: Афіша, 2015. – 348 с.
22. Петрик Є.І. Бакалаврська робота на тему «Система керування очистки питної води» 2019 - Репозитарій СумДУ.
23. Петрик Є.І. Научна робота на тему «Керування системою очистки води» ІМА 2019.