

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КН

_____ А. С. Довбиш

“___” _____ 2019 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: " Система керування процесом іонного обміну "

Дипломник

студент гр. СУ

К.А.Чмихун

Керівник роботи

(ст..викл., к.т.н.)

А.Г.Серяков

Суми – 2020

РЕФЕРАТ

Чмихун Катерина Анатоліївна. Система керування процесом іонного обміну. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський державний університет. Суми, 2020 рік. Дипломний проект містить 82 аркуша пояснювальної записки, з урахуванням 35 малюнків, 5 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 1 креслення; 1 демонстраційний плакат.

Розроблено технічне завдання. Розроблено систему управління технологічним процесом хімічної очистки води в ділянці іонного обміну на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК160. Виконано вибір основних засобів автоматизації. Розроблено систему сигналізації.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, що регулює мікропроцесорний контролер, регульований параметр.

РЕФЕРАТ

Чмыхун Екатерина Анатольевна. Система управления процессом ионного обмена. Квалификационная работа магистра. Сумский государственный университет. Сумы, 2020 год. Дипломный проект содержит 82 листа пояснительной записки, с учетом 35 рисунков, 5 таблиц; конструкторскую документацию, которая содержит 1 чертеж; 1 демонстрационный плакат.

Разработано техническое задание. Разработана система управления технологическим процессом химической очистки воды в участке ионного обмена на базе программируемого логического контролера ОВЕН ПЛК160. Выполнен выбор основных средств автоматизации. Разработана система сигнализации.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, регулируемый параметр.

SUMMARY

Chmykhun Ekaterina Anatolyevna. Ion exchange process control system. Qualification work of the master. Sumy State University. Sumy, 2020.

The thesis project contains 82 sheets of explanatory note, taking into account 35 figures, 5 tables; design documentation, which contains 1 drawing; 1 demo poster.

Developed a technical task. A process control system has been developed for the chemical treatment of water in the ion exchange section on the basis of the programmable logic controller ARIES PLC160. The choice of basic automation tools is made. An alarm system has been developed.

Keywords: technological process, control system, regulating microprocessor controller, adjustable parameter.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 Розробити систему управління технологічним процесом хімічної очистки води на ділянці іонного обміну.

2 Підстави для розробки

Завдання кафедри на дипломний проект.

3 Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є створення системи управління технологічним процесом хімічної очистки води на ділянці іонного обміну.

Очікувані мети реалізації даного проекту:

- підвищення ефективності технологічного процесу;
- підвищення рівня безпеки ведення технологічного процесу, зниження аварійності;
- поліпшення умов праці персоналу;
- скорочення часу пошуку та усунення несправностей;
- підвищення техніко - економічних показників за рахунок застосування сучасних методів управління технологічним процесом, а також використання новітніх засобів автоматизації;
- зниження енергетичного навантаження.

Дана розробка і результати проектування можуть бути використані при створенні системи управління технологічним процесом хімічної очистки води ділянки іонного обміну на промислових підприємствах і виробництва.

4 Джерела для розробки

Звіт з переддипломної практики. Регламент. Інструкція з експлуатації.

5 Режими роботи об'єкта

Технологічний процес хімічного очищення води на ділянці іонного обміну є безперервним виробництвом згідно чинного регламенту виробництва 24 години на добу, 7 днів на тиждень, цілодобовий режим роботи.

6 Умови експлуатації

Харчування технологічних установок здійснюється від цехової мережі змінного струму з напругою 380 В.

Система управління технологічним процесом хімічної очистки води на ділянці іонного обміну є безперервним виробництвом згідно чинного регламенту виробництва 24 години на добу, 7 днів на тиждень. Навколишнє середовище має бути не вибухонебезпечною, не містити пилу в концентраціях, що порушує роботу електрообладнання, а також не містити агресивних парів і

газів, що руйнують метал і ізоляцію. Умови експлуатації системи управління технологічним процесом представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Умови експлуатації системи хімічної очистки води на ділянці іонного обміну

Наименование и характеристика помещения	Климатические условия			Механические условия	
	Температура, °С	Влажность, %	Запыленность, г/м ³	Амплитуда и частота вибрации, Гц	Наличие колебаний
Производственное помещение	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Щитовая	22...25 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Операторская комната	22...25 ⁰ С	40...60%	-	-	-

АСУТП повинна бути розрахована на безперервний цілодобовий режим роботи.

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях по експлуатації.

Розташування технічних засобів АСУТП повинно бути раціональним як з точки зору монтажних св'ятей між ними, так і зручності і безпеки їх експлуатації та обслуговування.

7 Технічні вимоги

Система управління технологічним процесом хімічної очистки води на ділянці іонного обміну повинна забезпечувати:

- ведення технологічного процесу на основі автоматичного контролю технологічних параметрів;
- зниження трудомісткості при вимірюванні і управлінні технологічними параметрами;
- візуалізацію параметрів технологічного процесу і аварійних ситуацій;
- автоматичне керування виконавчими механізмами;
- безаварійний пуск / зупинка і перемикання технологічного обладнання;
- запобігання розвитку аварійних ситуацій і забезпечення безпечного завершення процесу за заданим алгоритмом;
- прийом інформації з верхнього рівня системи управління та формування керуючих впливів на виконавчі механізми.

До складу системи управління повинні входити:

- вузол управління на базі програмованого контролера;
- АРМ на базі ПК з відповідним програмним забезпеченням.

Показники надійності системи повинні відповідати вимогам ДСТУ 2863-94 «Надійність техніки».

Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги".

Програмне забезпечення повинно запобігати виникненню відмов у виконанні функцій АСУТП при відмовах технічних засобів і при помилках персоналу, який бере участь у виконанні цієї функції, або має забезпечити переклад відмов, що ведуть до великих втрат, в відмови, пов'язані з меншими втратами.

Система повинна бути багатофункціональною, відновлюваною та повинна відповідати наступним вимогам до надійності:

- коефіцієнт готовності, повинен бути не менше 0.95;
- середнє напрацювання на відмову комплексу засобів обчислювальної техніки системи повинна бути не менше 1000 годин.

Крім апаратного резерву, система повинна володіти тимчасовою і функціональною надмірністю (ступінь завантаженості контролерів, запас ємності пам'яті і вільних функціональних блоків і т.д.).

Система повинна відповідати вимогам відкритості (т. Е. Має використовувати стандартні міжнародні вхідні і вихідні сигнали, інтерфейси), що дозволить, при необхідності розширення, проводити підключення нових модулів і блоків без порушення загальної конфігурації системи і значних витрат.

При розробці системи управління необхідно забезпечити максимальну уніфікацію застосовуваних вузлів і деталей; використання стандартних кріпильних виробів.

Засоби автоматизації, які використовуються в даній установці, повинні бути сучасними і доступними на ринку.

8 Економічні показники

При розрахунку техніко-економічних показників на впровадження системи управління технологічним процесом хімічної очистки води на ділянці іонного обміну необхідно визначити витрати на впровадження мікропроцесорної техніки, визначити економічний ефект від економії природних ресурсів, а також термін окупності обраних засобів автоматизації.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи на тему:

"Система керування процесом іонного обміну"

Керівник проекту

А.Г.Серяков

Проектант:

Студентки групи СУмдн-91Ш

К.А.Чмихун

Шостка – 2020

Зміст

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	3
Вступ	4
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ ...	6
1.1 Опис технологічного процесу	6
1.2 Схема інформаційно- матеріальних потоків	9
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ	14
2.1 Вибір параметрів технологічного процесу	14
2.2 Вибір каналів управління, сигналізації і блокування	17
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	28
3.1 Вибір засобів автоматизації	28
4 Розрахункова частина	52
5 Алгоритм роботи системи.....	75
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	81

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ [31]

ХВО	Хімводоочистка
ВМ	Виконавчий механізм
ПЧ	Перетворювач частоти
ВПУ	Водопідготовча установка
ПЛК	Програмований логічний контролер
ПК	Персональний комп'ютер
АСУ ТП	Автоматизована система управління технологічним процесом
АРМ	Автоматизоване робоче місце
УФВ	Ультра фільтрована вода

ВСТУП

Технологічні рішення даного проекту визначають основні принципи реалізації технологічного процесу хімоводоочищення і є підставою для виконання робочого проекту, водопідготовчої установки (ВПУ) для води, що йде на підживлення тепломереж закритого типу і устаткування для підготовки знесоленої води для підживлення котлів високого тиску.[31]

В наш час складно обходитись без очищеної води. У воді на сьогоднішній день існує сила-силенна сторонніх речовин та домішок, таких що очисна система є необхідною складовою і повинна складатись з декількох потужних етапів.

Найбільш ефективним способом водопідготовки пом'якшеної води на сьогоднішній день є пом'якшення води методом іонного обміну. При водопідготовці методом іонного обміну вдається діяти максимально ефективно. Як відомо, жорсткість воді надають розчинені в ній солі кальцію і магнію. Найбільш поширеною проблемою на даний час залишається накип, що викликається жорсткістю води.

Однак реальна ситуація видається так, що на підприємствах процеси хімоводоочищення протікають неефективно, так як відсутні необхідні системи безперервного контролю (контроль ведеться періодично в лабораторних умовах) і управління. Це призводить до відхилення від норм показників очищення води і перевитрати реагентів.

Аналізуючи рівень автоматизації на підприємствах в даний час виникає проблема в малій кількості засобів автоматизації. Через відсутність автоматичних аналітичних

приладів , а звідси , і достовірної інформації вимірювань сповільнюється прийняття рішень по управлінню процесами очищення.

Вибір тієї чи іншої технології хімводоочищення, а отже, і коштів автоматизації зазвичай ув'язується зі специфікою очищується води і враховує собівартість вже існуючих споруд і технологій очищення, включаючи вартість енергії, матеріалів, плату за забруднення довкілля.

Специфікою процесу хімводоочищення (ХВО) є те, що він ведеться в режимі запізнювання реакції системи і залежить від багатьох вхідних сигналів. Ці сигнали є різнорідними, надходять з різною періодичністю, на обробку частини з них потрібен час, а також спеціальні лабораторні умови і дорогі реактиви.

Основною задачею автоматизації ХВО є підвищення пропускної спроможності та ефективності очищення, а також забезпечення найвищої якості очищеної води на виході з системи за рахунок стабілізації змінних стану процесів очищення.

Завданням проекту є вирішення питань, пов'язаних з побудовою системи управління, здатної забезпечити потрібний рівень безпеки хід технологічного процесу, поліпшення техніко-економічних показників, створення нормальних санітарно-гігієнічних і безпечних умови праці. Робота виконується на підставі завдання кафедри системотехніки та інформаційних технологій Шосткинського інституту Сум ДУ.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Освітлену воду подають на установку за допомогою насосної групи, яка складається з двох насосів, які паралельно підключені, один з цих насосів є робочим, а другий залишається в резерві на випадок аварійної ситуації. Робота насосів забезпечується в автоматичному режимі та повинна забезпечувати витрату води на заданому рівні $83 \text{ м}^3/\text{год}$. Щоб уникнути перевантаження насосної групи, кожні 24 години в указаній послідовності насос який знаходиться в резерві переходить в робочий стан. Вузол для дозування бісульфіта натрію має наступну будову: насос дозатор та ємність в якій знаходиться реагент. За допомогою насоса дозатора до трубопроводу з освітленою водою вводиться бісульфіт натрію. Контроль реагенту регулюється пропорційно до витрати води. Відповідно розрахунковий розхід бісульфіту натрію при номінальному потоці ($5 \text{ г}/\text{м}^2$). За допомогою аналізатора хлору проводиться контроль залишкової концентрації вільного хлору, яка не має перевищувати $0,05 \text{ мг}/\text{л}$.

В процесі очищення води по методу іонного обміну відбувається видалення солей жорсткості та іонів нітратів. В момент очищення води методом іонного обміну іоніти які знаходяться в воді виснажуються і щоб їх відновити потрібно їх пропустити через шар виснаженого іоніта, а саме через розчин кухонної солі, даний етап називається регенерація. Для того щоб відновити обмінну здатність Na іонітного матеріалу, який було виснажено, необхідно його обробити 8-10% розчином кухонної солі.

Наразі спосіб очищення від важких металів води по методу іонного обміну є найбільш ефективним способом, так як можна обробити великий об'єм води за короткий проміжок часу.

Якщо рідин має в своєму складі високий показник мінералізації- мг солей на літр, тоді проводять очищення води по методу іонного обміну. Спосіб очищення води методом іонного обміну має багато переваг, які і забезпечили його широке використання в багатьох сферах життя. Але окрім переваг є також і недоліки. Далі переглянемо недоліки та переваги очищення води методом іонного обміну.

Всі переваги:

- 1) Максимально якісне пом'якшення та очищення води: іоннообмінні фільтри найкраще переробляють будь-яку воду, незалежно від її забруднення.

Використовуючи будь-який інший метод очищення не буде можливості досягти такого результату.

- 2) Пом'якшувачі води іонним методом можуть знижувати не тільки кількість солей жорсткості, а ще можуть знижувати концентрацію інших речовин.
- 3) Простота у використанні: установка очищення води дуже легка у використанні, в її склад не входять складні вузли. Під час користування єдине, що доводиться робити, так це проводити регулярну заміну картриджів з іоннообмінною смолою.

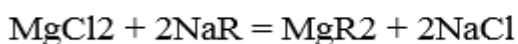
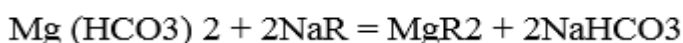
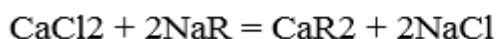
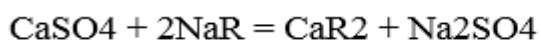
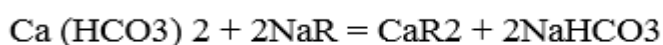
Всі недоліки:

- 1) Постійні витрати для відновлення всіх хімічних регентів, оскільки їх оновлення потрібно робити кожні три місяці.
- 2) В процесі очищення виникає потреба в утилізації всіх використаних регентів.

На сьогоднішній день винаходять поліпшені фільтри для пом'якшення води, які перекривають всі недоліки.

Під час процесу регенерації іони натрію кухонної солі роблять витиснення з виснаженого катіону катіони магнію та кальцію. Катіони магнію та кальцію роблять перехід в розчин під виглядом хлористого магнію та кальцію, їх видалення з розчину відбувається промивною водою та йде в дренаж.

Іони хлору кухонної солі витісняють з аніоніта аніони нітратів і сульфатів, які переходить в розчинні нітрату натрію та сульфату натрію. Катіоніт і аніоніт, збагачений обмінними катіонами натрію і аніонами хлору, знову отримує здатність знесолювати воду. Основними рівняннями Na^+ – катіонування для кальцієвих і магнієвих солей жорсткості є:



Де R - поліаніон катіоніта.

Установка складається з трьох фільтрів, які завантажують катіонітом та сильним аніонітом. Щоб процес очищення води проходив в нормальному режимі два фільтри

постійно мають перебувати в робочому стані , а третій фільтр може знаходитись в резерві або на відновленні. Далі представлені схема фільтра та його цикли , рис. 1.1.

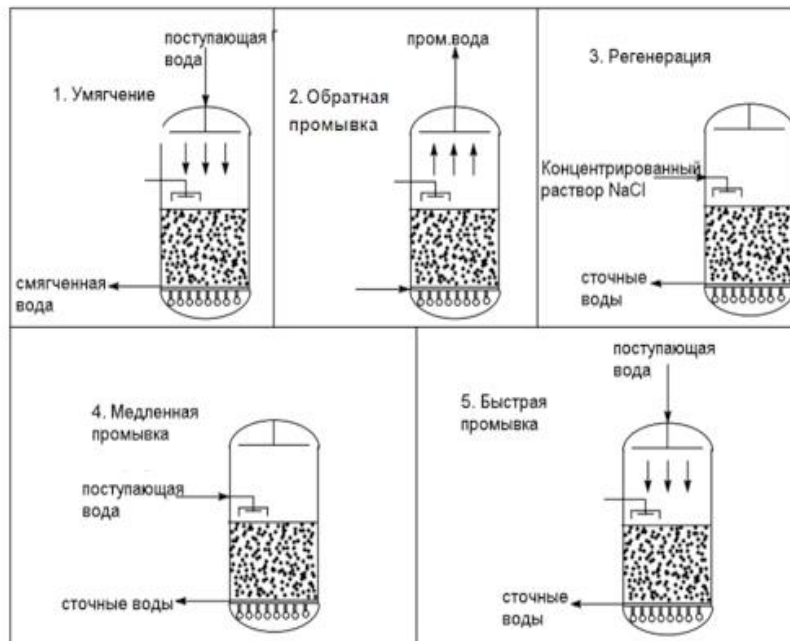


Рисунок 1.1 - Установка іонного обміну і її цикли.

В момент коли один з фільтрів які знаходяться в роботі переходить в режим регенерації, фільтр який перебував в резерві починає свою роботу, замінивши той фільтр який був в роботі. В режим регенерації фільтр виводиться в момент коли кількість обробленої води досягла максимального значення, якщо датчик жорсткості подав сигнал , або в ручну по команді оператора. Промивку фільтрів проводять пом'якшеною водою , а в завершення ущільнюється вихідним фільтратом. Регенерація смол проводиться 8-10% розчином кухонної солі.

Сольовий розчин для процесу регенерації виготовляється в автоматичному режимі . Виготовлення 26% розчину з технічної солі відбувається в ємності солерозчиннику. Для уникнення забруднень, під час процесу регенерації, розчин кухонної солі, який дуже насичений, пропускають через фільтр з сольовим розчином. На наступний етап відфільтрований 26%розчин у відповідності із заданим значенням витрати поступає до колектору для приготування робочого розчину солі NaCl. Потрібна кількість води яка надходить на підготовку робочого розчину має регулюватись відповідно до витрати насиченого розчину.

Після процесу змішування насиченого розчину, як результат отримуємо 8-10% розчин солі NaCl який потім поступає до іоннообмінної установки для подальшого процесу регенерації.

1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

Відповідно до технологічного процесу по підготовці води для живлення тепломереж по методу іонного обміну, розробили схему інформаційно-матеріальних потоків. Дана схема зображена на рисунку 1.2

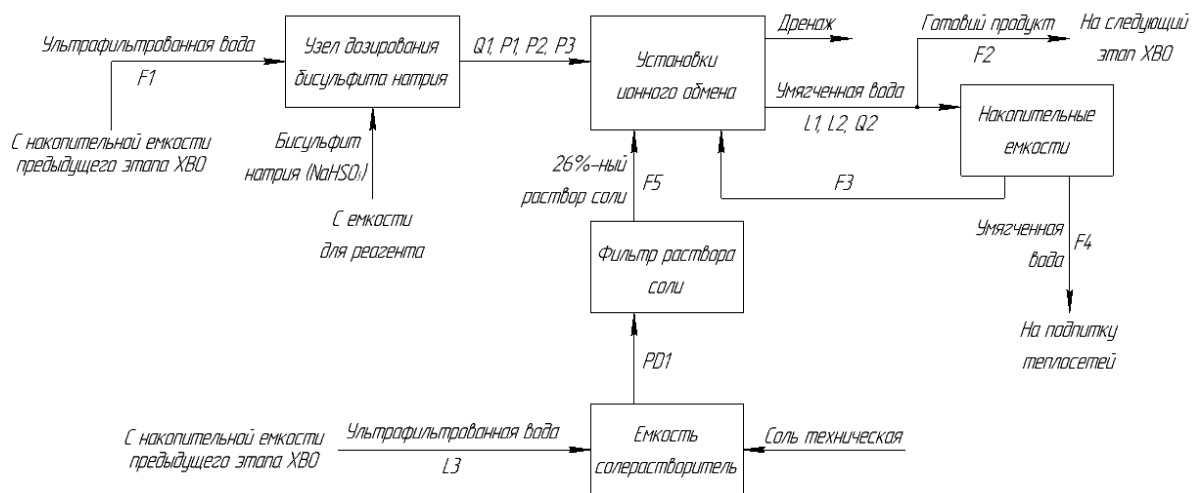


Рисунок 1.2 - Схема інформаційно-матеріальних потоків процесу підготовки води для тепломереж методом іонного обміну

Спочатку відфільтрована вода з розходом F1 потрапляє до вузла дозування бісульфіту натрія, звідки даний розчин вводять до трубопроводу. Розхід реагенту є пропорційним розходу води F1. Необхідно контролювати залишкову кількість вільного хлору Q1. Потім розчин потрапляє до установки іонного обміну, де проводиться контроль тиску P1, P2, P3 на вході кожної установки. Потім вода йде на вихід установок, звідки вона потрапляє до накопичувальної ємності, де необхідно підтримувати рівні L1, L2, а також контролювати жорсткість Q2. Залишок пом'якшеної води з розходом F2 йде наступний етап технологічного процесу. З накопичувальних ємностей пом'якшена вода з заданою витратою F4 йде на підживлення тепломереж.

До ємності солерозчиннику, яка заповнена сіллю, надходить пом'якшена вода, яку необхідно підтримувати на заданому рівні L3. Насичений 26% розчин протікає через фільтр з розчину солі, між входом та виходом даного фільтру необхідно контролювати перепад тиску PD1. Потім сольовий розчин змішується з ультра фільтрованою водою а далі йде до установки іонного обміну звідки потрапляє в дренаж.

Виходячи з технологічного процесу та складеної схеми інформаційно-матеріальних потоків виділили наступні параметри управління, контролю та сигналізації. Всі отримані параметри було зведено до таблиці 1.1

№	Найменування параметру, місце відбору вимірювального імпульсу	Задане значення параметру, допустимі відхилення	Відображення інформації					Найменування регулюючої дії, місце установки регулюючого органу	Характеристика середовища в місцях установки				
			показання	реєстрація	підсумовування	сигналізація	регулювання		датчики		Регулюючий орган		
									агресивна	Пож.-неб	агресива	Пож.-	
1	Тиск на трубопроводі подачі УФВ	0,5 кгс/см ² ±0,01	+	+	-	+	-		ні	ні	ні	ні	
2	Витрата УФВ на трубопроводі установки іонного обміну	40м ³ / год ±2	+	+	-	+	+	Зміна подачі УФВ	ні	ні	ні	ні	
3	Витрата УФВ на фільтр розчину солі	40м ³ / год ±2	+	+	-	+	+	Зміна подачі УФВ	ні	ні	ні	ні	
4	Тиск на трубопроводі подачі розчину солі	0,5 кгс/см ² ±0,01	+	+	-	+	+	Зміна подачі розчину солі	ні	ні	ні	ні	
5	Концентрація хлору	0-0,5 %	+	+	-	+	+	Концентрація хлору в УФВ	ні	ні	ні	ні	
6	Рівень в солерозчиннику	0-3 м	+	+	-	+	+	Зміна рівня розчину солі	ні	ні	ні	ні	

7	Витрата УФВ на установку іонного обміну S11/1	40м ³ /год ±2	+	+	-	+	+	Зміна подачі УФВ	ні	ні	ні	ні
8	Витрата УФВ на установку іонного обміну S11/2	40м ³ /год ±2	+	+	-	+	+	Зміна подачі УФВ	ні	ні	ні	ні

№	Найменування параметру, місце відбору вимірювального імпульсу	Задане значення параметру, допустимі відхилення	Відображення інформації					Найменування регулюючої дії, місце установки регулюючого органу	Характеристика середовища в місцях установки			
			показання	реєстрація	підсумовування	сигналізація	регулювання		датчики		Регулюючий орган	
									агресина	Пож. - неб	агресина	Пож. - неб
9	Рівень в накопичувальній ємності TW-13/1	0-3 м	+	+	-	+	+	Зміна рівня підготовленої води	ні	ні	ні	ні
10	Рівень в накопичувальній ємності TW-13/2	0-3 м	+	+	-	+	+	Зміна рівня підготовленої води	ні	ні	ні	ні
11	Тиск на трубопроводі подачі УФВ на установку іонного обміну S11/3	0,5 кгс/см ² ±0,01	+	+	-	+	-		ні	ні	ні	ні

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів сигналізації, показання, реєстрації, регулювання

У відповідності до обраних параметрів управління, структурна схема буде виглядати наступним чином, вона представлена на рисунку 1.3

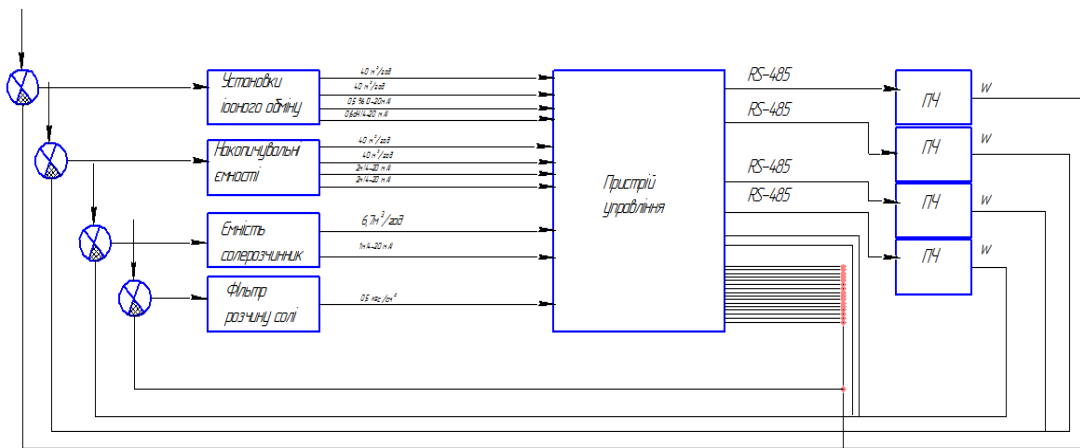


Рисунок 1.3 - Структурна схема автоматизації

Під час даного етапу необхідно контролювати параметр витрати води в 40 м³ / год, так як саме дана кількість води потрібна для установок знесолення води під час наступного етапу ХВО. Регулювання здійснюється зміною частоти обертання двигуна насоса за допомогою ПЧ.

2.1.3 Контроль і регулювання витрати води для промивання і регенерації

У відповідності з технологічним процесом необхідно регулювати подачу пом'якшеної води яка надходить з накопичувальних ємностей для проведення промивки іонної установки. Для режиму регенерації -13,4 м³ / год, розпушування- 40 м³ / год, повільної промивки - 20 м³ / год. Регулювання здійснюється зміною частоти обертання двигуна насоса за допомогою ПЧ.

2.1.4 Контроль і підтримання витрати води для підживлення тепломереж

У відповідності з технологічним процесом є необхідність в контролі подачі пом'якшеної води яка надходить з накопичувальних ємностей , а далі іде на підживлення тепломереж. Розхід готового продукту потрібно підтримувати на рівні 40 м³ / год. Регулювання здійснюється зміною частоти обертання двигуна насоса за допомогою ПЧ.

2.1.5 Контроль і підтримання витрати розчину солі

В момент коли ВПУ знаходиться в режимі регенерації відбувається подача 26% -го розчину солі. Витрату розчину необхідно підтримувати на рівні 6,7 м³ / год, розхід пом'якшеної води яка надходить з накопичувальних ємностей необхідно підтримувати на рівні 13,4 м³ / год.

2.1.6 Контроль і сигналізація значення перепаду тиску на фільтрі розчину солі

Необхідно проводити контроль тиску на фільтрі розчину солі, так як періодично роблять промивку фільтру. Необхідність промивки визначають в момент коли тиск досягає максимального перепаду на фільтрі розчину солі, не більше 0,5 кгс / см². В

такому випадку сигналізація робить оповіщення про перевищення допустимого значення параметра. Промивку фільтрів роблять освітленою водою в ручну.

2.1.7 Контроль і підтримання рівня води в ємності Солерозчинник

В солерозчиннику, який призначений для приготування насиченого сольового розчину, необхідно контролювати рівень води в межах 0,8 м. Для регулювання подачі води до солерозчиннику відбувається за допомогою регульованого клапана. Якщо параметр виходить за межі заданих значень, має спрацювати сигналізація, як сповістить про перевищення.

2.1.8 Контроль і сигналізація рівня пом'якшеної води в накопичувальних ємностях

Щоб технологічний процес проходив в нормальному режимі необхідно підтримувати потрібний рівень готового продукту в накопичувальних ємностях. Даний запас потрібний для під живлення тепло мереж, а також для промивки та регенерації іонних установок. Допустиме значення рівня води має бути не менше 1 м.

2.1.9 Контроль концентрації хлору в трубопроводі

Даний параметр необхідно контролювати для того щоб була можливість визначити концентрацію хлору в трубопроводі, яка не повинна перевищувати значення 0,5%.

2.1.10 Контроль і сигналізація ступеня жорсткості готового продукту

Жорсткість води виступає головним параметром в процесі іонного обміну. Жорсткість води повинна бути на рівні 0,6dH, або 2,1 ° Ж. В випадку перевищення даного параметра має спрацювати сигналізація.

2.2 Вибір каналів управління, сигналізації та блокування

2.2.1 Контроль і управління витратою

2.2.1.1 Контур управління витрати ультрафільтрованний води

У відповідності з технологічним процесом для того щоб підтримувати витрату ультра фільтрованої води яка надходить до установок , може бути використана наступна структурна схема, яка зображена на рисунку 2.1.

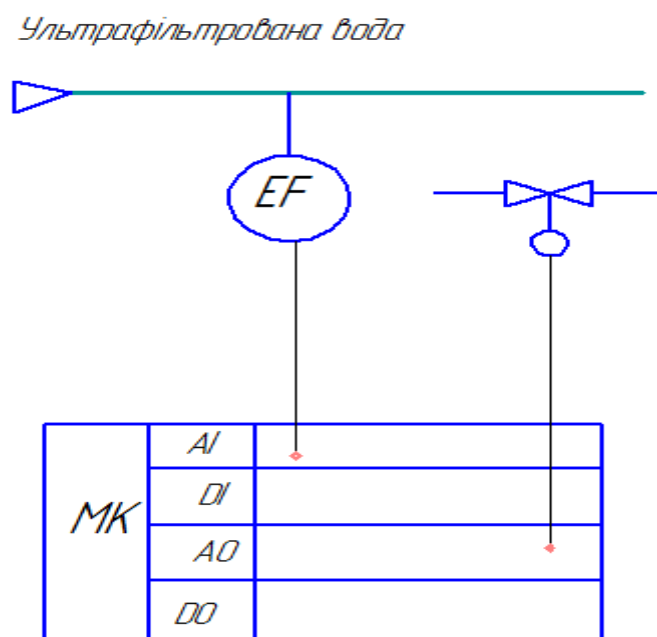


Рисунок 2.1 - Структурна схема контуру управління витрати води до установок

Витрата (F) ,вимір якої ми робимо, робить вплив на датчик для вимірювання витрати (EF). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал, який надходить на програмований логічний контролер (ПЛК), далі передає сигнал (4 ... 20 мА) на ПЧ. Далі від перетворювача частоти керуючий сигнал надходить на двигун насоса, а ще даний сигнал надходить до блоку перетворення інтерфейсів, а далі надходить на на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1.2 Контур контролю витрати води на наступний етап ХВО

У відповідності з технологічним процесом , щоб проводити контроль витрати готового розчину можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.2

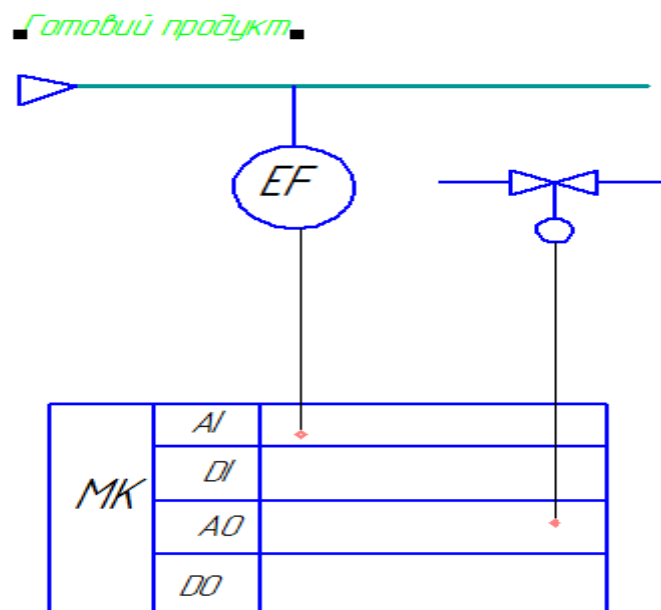


Рисунок 2.2 - Структурна схема контуру управління витратою води на наступний етап ХВО

Витрата (F) ,вимір якої проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання витрати (EF). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований

логічний контролер (ПЛК), а далі даний сигнал поступає на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1.3 Контур управління витратою води для промивання і регенерації

У відповідності з технологічним процесом для управління розходом води, яку використовують для процесу регенерації, можливо використати наступну структурну схему, зображену на рисунку 2.3

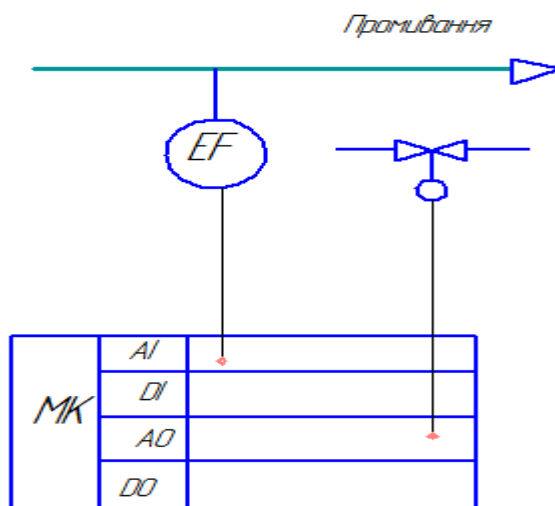


Рисунок 2.3 - Структурна схема контуру управління витратою води для промивання і регенерації

Витрата води (F), вимір якої проводимо, робить вплив на датчик для вимірювання витрати (EF). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає сигнал на перетворювач частоти. Після ПЧ сигнал управління поступає на двигун насоса, а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1.4 Контур контролю і підтримки витрати води для підживлення тепломереж

У відповідності з технологічним процесом для управління розходом води, яка йде на підживлення мереж, можливо використати наступну структурну схему, зображену на рисунку 2.4

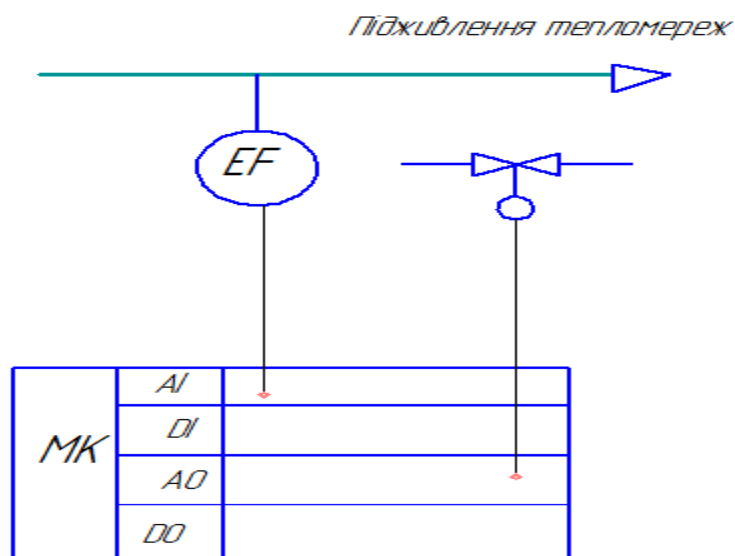


Рисунок 2.4 - Структурна схема контуру управління витратою води для підживлення тепломереж

Витрата розчину солі (F), вимір якої проводимо, робить вплив на датчик для вимірювання витрати (EF). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає сигнал на перетворювач частоти. Після ПЧ сигнал управління поступає на двигун насоса, а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1.5 Контур контролю і підтримки витрати розчину солі

У відповідності з технологічним процесом для управління розходом розчину солі, можливо використати наступну структурну схему, зображену на рисунку 2.5

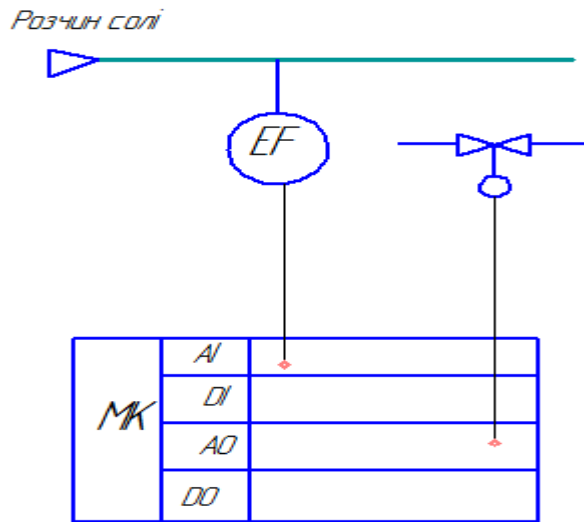


Рисунок 2.5 - Структурна схема контуру управління витратою розчину солі

Витрата води (F) ,вимір якої проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання витрати (EF). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає сигнал на перетворювач частоти . Після ПЧ сигнал управління поступає на двигун насоса, а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1.6 Контур контролю перепаду тиску на фільтрі розчину солі

У відповідності з технологічним процесом для контролю за перепадом тиску на фільтрі розчину солі , можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.6

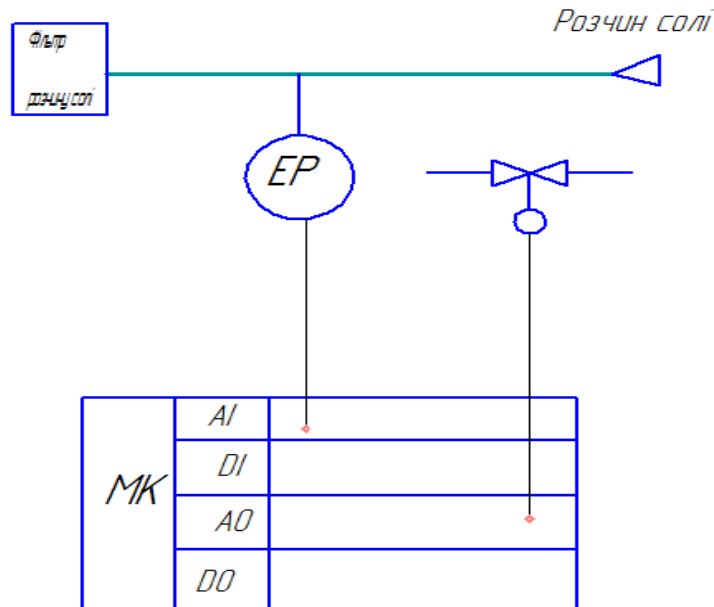


Рисунок 2.6 - Структурна схема контуру контролю перепаду тиску на фільтрі розчину солі

Вимір тиску проводиться перед фільтром (P1) та після фільтра (P2), він робить вплив на датчик для вимірювання різниці тиску(EP). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EF) поступає на елемент порівняння.

Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає дискретний сигнал (ДС) на світлодіод, а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1 Контроль і управління рівнем

У відповідності з технологічним процесом для контролю та управління за рівнем води в солерозчиннику, можливо використати наступну структурну схему, зображену на рисунку 2.7

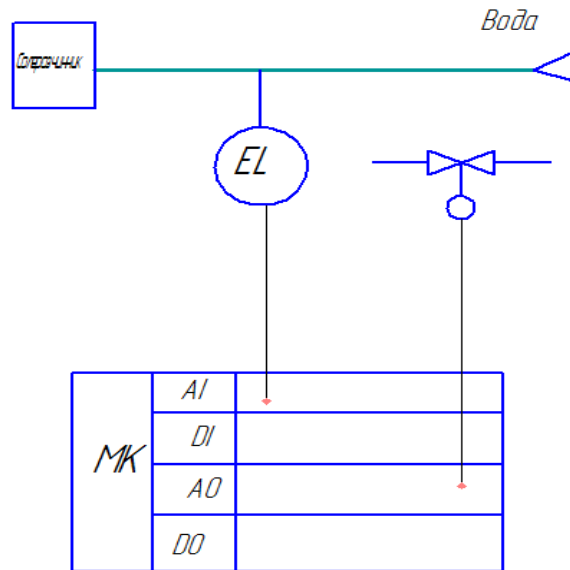


Рисунок 2.7 - Структурна схема контуру контролю і регулювання рівня води в солерозчиннику

Рівень води (L) в солерозчиннику вимір якого проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання рівня води (EL). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EL) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає дискретний сигнал (ДС) на світлодіод, і керуючий сигнал (0 ... 10В) на регулюючий клапан, а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.2.2 Контур контролю рівня пом'якшеної води в накопичувальних ємностях

У відповідності з технологічним процесом для контролю та управління за рівнем води в накопичувальній ємності , можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.8

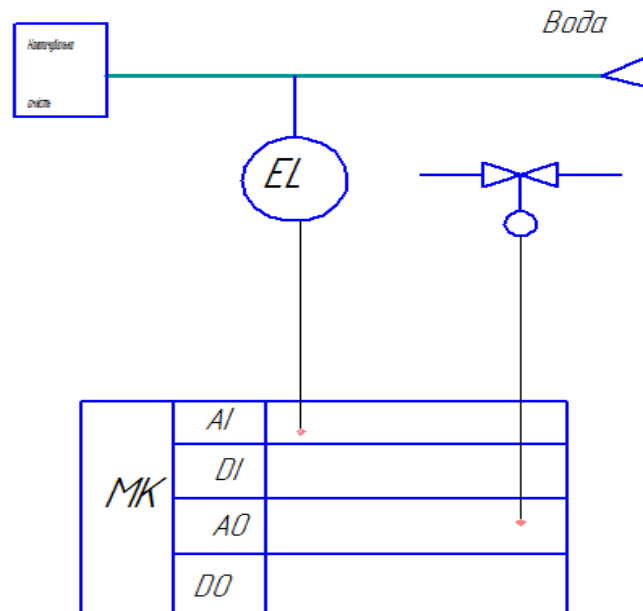


Рисунок 2.8 - Структурна схема контуру контролю рівня води в накопичувальній ємності

Рівень пом'якшеної води (L) в накопичувальній ємності вимір якого проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання рівня води (EL). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EL) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає дискретний сигнал (ДС) на світлодіод, , а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.1 Контроль концентрації

2.2.3.1 Контур контролю концентрації хлору в трубопроводі

У відповідності з технологічним процесом для контролю за концентрацією вільного хлору , можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.9

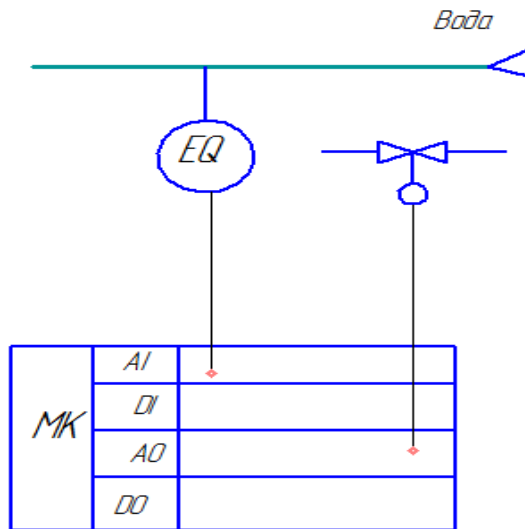


Рисунок 2.9 - Структурна схема контуру контролю залишкової концентрації хлору

Концентрація вільного хлору (Q) вимір якої проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання рівня води (EQ). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EQ) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає сигнал на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

2.2.4 Управління дозуванням бісульфіта натрію

У відповідності з технологічним процесом для дозування бісульфіта натрію , можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.10

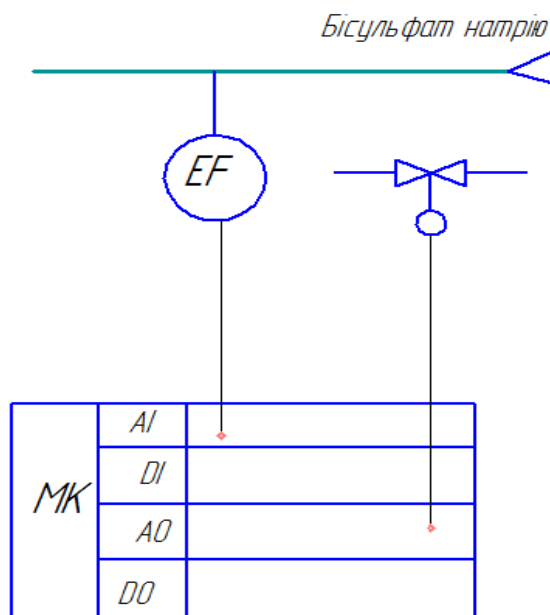


Рисунок 2.10 - Структурна схема контуру дозування бісульфіта натрію

Відповідно до технологічного процесу , потрібно тримати на необхідному рівні цикли промивки та регенерації фільтрів установки іонного обміну. Даний процес можна зробити закриттям або відкриттям окремих клапанів на трубопроводі, в цьому допоможе ПЛК.

2.2.5 Контроль тиску

2.2.5.1 Контур контролю тиску на трубопроводі подачі ультра фільтрованої води

У відповідності з технологічним процесом для контролю тиску в трубопроводі для подачі пом'якшеної води , можливо використати наступну структурну схему , зображену на рисунку 2.11

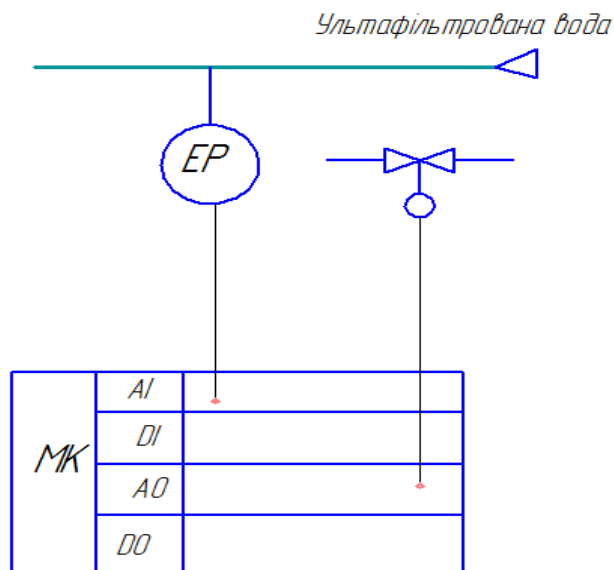


Рисунок 2.11 - Структурна схема контуру контролю тиску в трубопроводі подачі ультрафільтрованої води

Тиск УФВ (P) вимір якого проводимо , робить вплив на датчик для вимірювання рівня води (EP). Аналоговий сигнал 4 ... 20 мА який отримуємо на виході датчика (EQ) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал йде на програмований логічний контролер (ПЛК), далі контролер передає дискретний сигнал (ДС) на

світлодіод, , а ще поступає на блок перетворення інтерфейсів, а потім надходить на комп'ютер. Функції які виконує програмований логічний контролер: реєстрація, показання, регулювання.

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Для виконання управління процесом були обрані наступні засоби автоматизації які були обрані обґрунтовано відповідно до економічних факторів і необхідних технічних параметрів.

Конкретні типи пристроїв вибирають з урахуванням особливостей об'єкта управління. В першу чергу беруть до уваги такі фактори, як пожежо-і вибухонебезпечність, агресивність і токсичність середовищ, число параметрів, що беруть участь в управлінні, і їх фізико-хімічні властивості, а також вимоги якості контролю і регулювання. На підставі конструктивно-технологічного аналізу об'єкта управління можна зробити висновок, що даний технологічний процес не є пожежо- та вибухонебезпечним і не має токсичних середовищ.

Основний концептуальної лінією вибору датчиків і виконавчих механізмів на даному рівні є вартість, зручність монтажу та обслуговування, уніфікованість приладів під сучасні засоби прийому / передачі та обробки інформації, а також вибір засобів автоматизації від одного виробника.

3.1 Вибір засобів автоматизації

Вибір датчиків тиску

Для вимірювання тиску в трубопроводі, можуть бути використані наступні манометри:

а) Манометр ДМ 05160 (М) [8]

Застосовується для вимірювання надлишкового тиску рідин, газу і пари. Клас точності - 1,5. Корпус - сталь, пофарбована в чорний колір. Скло - технічне. Механізм - мідно-латунний сплав. Ступінь захисту - IP40. Експлуатація в діапазоні від -40 до 150 ° С. Вартість 456 грн.

б) Манометр ОБМ-100 [9]

Манометр ОБМ1-100 показують призначені для вимірювання надлишкового та вакуумметричного тиску неагресивних, некрystalлізуючихся по відношенню до мідних сплавів рідин, пари і газу, в тому числі кисню, ацетилену. Діаметр корпусу: 100 мм. Клас точності: 2,5. Робоча температура навколишнього середовища від -50 до + 60°С. Виконання корпусу: без фланця. Штуцер радіальний різьблення М 20x1,5. Діапазон показань приладів, кгс / см²:

- від 0 до 1000; 1600 (рідини)

- від -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24 (рідини, пар, газ, в т.ч. кисень)

Маса приладів: не більше 0,5 кг. Вартість 300 грн.

в) Манометр МТ-3У-М [10]

Прилади МТ-3У призначені для вимірювання надлишкового та вакуумметричного тиску неагресивних рідин і газів. Виготовляються по ТУ У

33.2-33884768-001: 2006. Відповідають ГОСТ 2405-88

Технічні характеристики:

Діаметр корпусу: 100 мм

Клас точності: 1,0; 1,5

Ступінь захисту: IP40

Вартість 281 грн.

Порівнявши технічні характеристики манометрів, а також їх вартість і взявши до уваги основний принцип вибору можна зробити висновок, що, манометр МТ-3У-М має найменшу вартість. Тому вибираємо манометр МТ-3У-М.

Зовнішній вигляд манометра представлений на малюнку 3.1.



Малюнок 3.1 - Зовнішній вигляд манометра МТ-3У-М 0 ... 1 МПа

Вибір датчиків тиску

Для вимірювання тиску в трубопроводі, можуть бути використані наступні прилади:

а) Датчик перепаду тиску Корунд-ДЦ-101. [11]

Датчики тиску-розрідження Корунд-ДІВ-001М призначені для вимірювання наднизьких рівнів тиску-розрідження (0,25 ... 4,0 kPa) з похибкою $\pm 0,25\% \dots \pm 1,5\%$ і діапазоном робочих температур $0 \dots + 60^\circ \text{C}$ неагресивних газоподібних середовищ (наприклад, повітря). Ці датчики виготовлені з мікропроцесорної компенсацією похибки у всьому діапазоні робочих температур.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.1.

б) Перетворювачі диференціального тиску ОВЕН ПД200-ДД. [12]

Перетворювачі загальнопромислового виконання ОВЕН ПД200 моделі 155 призначені для перетворення диференціального тиску. Датчики випускаються в польовому корпусі. ПД200-ДД оснащені металевим кабельним вводом і ємнісним сенсором з мембраною з нержавіючої сталі. Застосування ємнісного сенсора дозволяє проводити вимірювання з підвищеною точністю.

Перетворювачі ПД200 моделі 155 застосовуються для вимірювання перепаду тиску або рівня рідини в ємностях, що знаходяться під тиском, а також витрати середовища на звужуючих пристроях в системах автоматичного управління і регулювання на основних і вторинних виробництвах в різних галузях промисловості і ЖКГ: об'єктах енергетики, вузлах обліку природного газу, газорозподільних системах, утилізаторах пара в котельних, системах вентиляції і кондиціонування і т.п. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.1.

в) Датчик перепаду тиску ЗОНД-10-ДД. [13]

Датчик перепаду тиску ЗОНД-10-ДД-1161 призначений для вимірювання різниці (перепаду) тиску рідких та газових середовищ як всередині так і поза приміщеннями. Електронний блок перетворювача розміщений в литому корпусі з алюмінієвого сплаву з кабельним вводом. Вихідний кабель під'єднується до клемної колодки, розташованої на платі всередині корпусу.

Перетворювач може комплектуватися клапанним блоком, перехідниками, штуцерами під накидну гайку М20х1,5 або під зварювання, кронштейном зі скобою, кільцями, кріпильними елементами.

Основні характеристики датчиків наведені в таблиці 3.1.

Назва датчику	Функціональні особливості	Діапазон кгс/см ²	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
ОВЕН ПД200-ДД	Датчик перепада давления	от 0 до 20	±0,1%	4...20мА	16875,00
КОРУНД-ДД-101	Датчик перепада давления	от 0 до 15	±0,5 %	0...5 м А	4 821,56
ЗОНД-10-ДД	Датчик разности давления с ЖКИ	от 0 до 10	±0,25%	4...20мА	1 689,20

Порівнявши технічні характеристики датчиків, а також їх вартість і взявши до уваги основний принцип вибору можна зробити висновок, що датчик тиску ЗОНД-10-ДД, має найменшу вартість і також володіє достатньою точністю вимірювань.

Тому вибираємо датчик тиску ЗОНД-10-ДД.

Зовнішній вигляд датчика представлений на малюнку 3.2.

Приклад позначення для замовлення:

ЗОНД10-ДД- 1165м; 2,5 кПа ÷ 60 кПа; 4-20мА; 0.25%; -10 ± 500С.



Рисунок 3.2 - Датчик перепада тиску ЗОНД-10-ДД

Вибір датчиків рівня

Робочий рівень в першій і другій накопичувальних ємностях однаковий, тому для обох ємностей підійдуть однакові датчики рівня.

Для вимірювання рівня в ємностях можливе використання наступних датчиків:

а) Ультразвуковий рівнемір INNOLevel ECHO[14]

Ультразвуковий вимірювач рівня INNOLevel ECHO призначений для безконтактного безперервного виміру рівня рідких середовищ і сипучих матеріалів, які не схильні до підвищеного пилоутворення.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.2.

б) Датчик гідростатичного тиску САПФІР 22 ДГ 2520[15]

Перетворювачі Сапфір-22ДГ-2520 є многопредельними і можуть бути переналаштовані на будь-який з меж вимірювань для даної моделі. Перетворювачі Сапфір-22МПС-ДГ-2520 з цифровою обробкою сигналу, на замовлення, може бути налаштований на будь-який нестандартний межа вимірювання в діапазоні від 1,0кПа до 10,0кПа.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.2.

в) Поплавковий датчик рівня ОВЕН ПДУ-І[16]

Поплавкові магнітні рівнеміри ОВЕН ПДУ - це пристрої, призначені для моніторингу поточного рівня рідини в резервуарі і перетворення виміряного значення в уніфікований вихідний сигнал 4 ... 20 мА постійного струму.

Рівнеміри можуть застосовуватися в системах контролю рівня рідини в різних резервуарах, в тому числі і що знаходяться під тиском. Робочим середовищем для датчиків цього типу є хімічно нейтральні і агресивні рідини, не виявляють корозійної активності до матеріалу датчика (нержавіючої сталі 12Х18Н10Т) і не утворюють летючих вибухонебезпечних з'єднань.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця параметрів датчиків рівнів.

Назва датчика	Функціональні особливості	Діапазон вимірювання	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн.
INNOLevel ECHO	Ультразвукової урівнемер	0,6...15м	0,3 %	RS-485, 4-20 мА	16 221,16
САПФИР 22 ДГ 2520	Датчик гидростатического давления	0...15 кгс/см ²	0,25 %	0-5мА, 4-20 мА	14 423,93
ОВЕН ПДУ-І	Поплавковий датчик уровня	0...2м	0,6 %	4-20 мА	8 300,00

Порівнявши технічні характеристики датчиків рівня, а також їх вартість можна зробити висновок, що, так як висока точність вимірювання не потрібно і, взявши до уваги принцип вибору датчиків, то вибрали датчик з мінімальною вартістю і відносно невеликий величиною похибки ОВЕН ПДУ-І.2000.



Рисунок 3.3 – Датчик рівня ПДУ-И.2000

Вибір витратоміра

Для вимірювання витрат газів, можливе використання наступних лічильників:

а) Ультразвуковий витратомір US-800. [17]

Ультразвуковий витратомір призначений для: вимірювання витрати та об'єму гарячої та холодної води, теплоносія, стічних вод, водних і хімічних розчинів, агресивних і в'язких рідин. Макс. Тиск 1.6МПа (2.5МПа *)

Вихідні сигнали: індикація, архів, інтерфейс RS485 *, частотний 0-1000Гц * / імпульсний вихід *, струмовий вихід 4-20 мА *.

Можливості: під'єднання до ПК *, ноутбуку *, GSM-модему *, до контролерів *, регуляторам *, обчислювачам *, в АСУТП * та ін.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.3.

б) Ультразвуковий витратомір KROHNE UFM 3030[18]

Ультразвуковий витратомір для рідин в промислових цілях і для вимірювання теплової енергії

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Зведена таблиця параметрів витратомірів

Назва датчику	Діапазон м ³ /час	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
US-800	0...120	±1%	4-20мА, RS-485	52 465,94
KROHNE UFM 3030	0...75000	±0,3 %	4-20мА	45 200,00

Порівнявши технічні характеристики датчиків витрати, а також їх вартість можна зробити висновок, що ультразвуковий витратомір KROHNE UFM 3030 має більш високу точність вимірювань, і меншою вартістю, що більш необхідно в даній системі.

Зовнішній вигляд витратоміра-лічильника представлений на малюку 3.4



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд витратоміра KROHNE UFM 3030.

Вибір перетворювача частоти

У цьому технологічному процесі необхідно підтримувати витрата води на заданому значенні. Це здійснюється за рахунок зміни частоти обертання двигунів насосів, засобами перетворювача частоти.

а) Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ3-1К5-Б (рисунок 3.5). [19]

Нова лінійка ПЧВЗ має розширені функціональні можливості, менші масогабаритні характеристики, збільшений діапазон потужностей. Крім стандартного виконання ПЧВЗ зі ступенем захисту корпусу IP20 нова лінійка включає 17 модифікацій частотних перетворювачів в діапазоні потужностей від 0,75 до 90 кВт зі ступенем захисту корпусу IP54. Такі перетворювачі частоти можуть бути встановлені в приміщеннях з підвищеним пиломатеріалом та вологоутворенням без використання шафи управління, що значно спрощує монтаж обладнання, не вимагає створення системи примусової вентиляції і знижує загальні витрати на систему автоматизації. Функціонал лінійки ПЧВЗ заточений під найбільш популярні HVAC-застосування, забезпечуючи в тому числі:

«Сплячий» режим, необхідний в системах зі змінним розбором рідини для насосів;

спеціалізований протипожежний режим, необхідний для частотних перетворювачів, які керують вентиляцією в сучасній будівлі.

Разом з тим лінійка зберегла і навіть розширила можливості загальнопромислових ПЧ, тому може бути з успіхом використана в більшості завдань управління промисловим приводом за винятком випадків точного позиціонування і великих динамічних перевантажень. Прикладами таких застосувань можуть служити змішувачі, дозатори, ремінні приводи, конвеєри та ін. Основні функціональні можливості ПЧВЗ: плавний пуск і останов двигуна, в тому числі відкладений запуск; компенсація навантаження і ковзання; вольт-частотний або векторний алгоритми управління; автоматична адаптація двигуна без обертанн; автоматична оптимізація енергоспоживання, що забезпечує найвищий рівень енергоефективності.

Повна функціональна і апаратна діагностика і захист роботи ПЧВ.

Вбудований мережевий дросель, дросель в ланці постійного струму і додатковий вхідний дросель.

Вбудований ПП-регулятор для управління в замкнутому контурі (підтримання тиску, температури, рівня і т.д.).

Вбудований ПЛК для вирішення складних завдань управління і позиціонування приводу.

Підхоплення обертового приводу для безаварійного запуску систем з обертанням до подачі напруги харчування або при провалах напруги.

Пропуск резонансних частот (до 2 ділянок пропуску).

Гнучка структура управління з можливістю одночасного управління по фізичним входів і по інтерфейсу RS-485, що забезпечує зручну інтеграцію в сучасні системи управління і диспетчеризації.

Проста настройка в російськомовному конфігураторі або з використанням локальної панелі оператора. Швидкі меню і готові конфігурації під типові завдання.

Можливість підвищення ступеня захисту корпусу до IP21 при використанні кришки КО.

Можливості модифікації ОВЕН ПЧВ3 зі ступенем захисту IP54

Більш просте, надійне і бюджетне рішення в порівнянні з установкою Частотники зі ступенем захисту IP20 в шафу IP54.

Мінімальні масогабаритні характеристики серед аналогічних пристроїв (займає мало місця на стіні).

Інноваційна система охолодження (вентилятор ПЧВ НЕ обдуває плати пристрою, що дозволяє встановлювати їх в заповнених приміщеннях без періодичного розбору і продувки ПЧВ).

Відповідність вимогам EMC (вбудований фільтр EMC класу A1).

Зручний монтаж і підключення до двигуна і системою управління (можна встановити близько до насосу, фіксація всіх кабелів, що йдуть від ПЧВ).



Рисунок 3.5 - Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ3-1К5-Б

б) Перетворювачі частоти серії FR-F740-00023-EC Mitsubishi Electric (рисунок 3.6). [20]

Перетворювачі частоти FR-F700 мають модифікацію FR-F740 (до 630 кВт) з класами захисту IP00 / IP20, і FR-F740 (до 55 кВт) з класом захисту IP54.

Крім того, для перетворювачів частоти FR-F740 Mitsubishi Electric також пропонує монтажні шафи. У цих шафах перетворювачі можуть бути встановлені окремо і незалежно від розподільної шафи. Стабільні монтажні шафи FSU (Floor Standing Units) розраховані на клас захисту IP20 і вже попередньо змонтовані. Крім перетворювача, в них також можна розмістити згладжує реактор ланки постійного струму або додатковий помехоподавляючий фільтр.

Є шафи FSU різних розмірів, пристосовані для різних класів потужності перетворювачів частоти FR-F740. Шафа поставляється в вигляді повного монтажного комплексу, включаючи гвинти, кабель і клемний блок.

Розширені енергозберігаючі функції. Досягається суттєве енергозбереження в області низьких швидкостей, а також під час розгону і гальмування. Наприклад при стартовій частоті 35 Герц цей частотний перетворювач, в порівнянні зі звичайними рішеннями, економить 57% енергії. Новаторська технологія «ОЕС» (Оптимальне керування збудженням) від Mitsubishi Electric дає додаткове до 10% економії завдяки тому, що магнітний потік двигуна у всіх режимах підтримується незмінним. Це гарантує максимальну віддачу мотора при максимальному ККД.

Висока довговічність. Застосування різних нововведень в конструюванні і використання нових компонентів (наприклад, вентилятори і конденсатори), дозволяють збільшити термін служби перетворювачів частоти FR-F700 до 10-ти і більше років. Потужна система самодіагностики дозволяє запобігти відмовам, відображаючи на дисплеї термін експлуатації закінчується обраного компонента з метою його своєчасної заміни.



Рисунок 3.6 – Перетворювач частоти FR-F740-00023-EC Mitsubishi Electric.

Основні характеристики перетворювачів частоти наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Основні характеристики перетворювачів частоти.

Виробник	ОВЕН	Mitsubishi Electric
Назва	ПЧВ3-1К5-Б	FR-F740-00023-ЕС
Діапазон потужності	0,37-90 кВт	0,75...630 кВт
Живлення	3-фазное 380-480В	3-фазное 380-480В
Вихідна частота	0...200 Гц	0...400 Гц
Вартість	11 802,46 грн	12 634,86 грн

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів частоти, можна зробити висновок, що обидва перетворювача однаково підходять. І хоча перетворювач FR-F740-00023-ЕС має більший діапазон потужностей і вихідний частоти, перевагу віддано перетворювача ПЧВ3, так як він має достатній діапазон вихідної частоти для даного виміру, і значно меншу вартість - тому слід використовувати перетворювач частоти ПЧВ3-1К5-Б .

Вибір аналізатора хлору

Для вимірювання залишкової концентрації вільного хлору можуть бути використані:

а) Аналізатор активного хлору в воді ФЛЮОРАТ АС-2[21]

Аналізатор ФЛЮОРАТ АС-2 призначений для безперервного автоматичного контролю активного незв'язаного хлору в водних середовищах. Аналізатор здійснює автоматичний контроль водних потоків в технологічних процесах водопідготовки, на природоохоронних об'єктах, у питній воді. ФЛЮОРАТ АС-2 забезпечує високу чутливість і експресному аналізу, низьку витрату застосовуваного реагенту, може працювати в складі системи контролю і управління технологічним процесом.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.5.

б) Аналізатор вмісту хлору в воді (АСХВ) серії М1031С[22]

Аналізатор вмісту хлору в воді АСХВ / М1032С як технологічний прилад призначений для вимірювання і контролю залишкового або загального хлору в процесі підготовки питних, стічних і оборотних технічних вод, а також при водопідготовки в плавальних басейнах. АСХВ / М1032С конструктивно складається з модуля вимірювальної комірки, що складається з двох вимірювальних електродів і датчика температури, що знаходяться в окремій камері з механічною очищенням і блоку дистанційного керування (БДУ-РХ), побудованого на базі мікропроцесора, з графічним дисплеєм і клавішами управління. За допомогою БДУ-РХ проводиться посилення сигналу на виході модуля вимірювальної комірки. Використання температурної і рН компенсації забезпечує високу точність вимірювання. Вимірюється значення виводиться на дисплей БДУ-РХ.

Для забезпечення точного регулювання в БДУ-РХ реалізований алгоритм РІ-регулювання. Для зв'язку з іншими пристроями (аквапроцесором, дозуючим насосом, електромеханічним дозуючим вентиляем (ЕМДВ) і т.п.) передбачені два аналогових струмових виходу (4-20 мА). За допомогою цих виходів можуть ретранслювати такі сигнали: вмісту хлору в воді, температура води або продуктивність регулятора.

Основні характеристики датчика наведені в таблиці 3.5.

Назва	ФЛЮОРАТ АС-2	АСХВ/М1032С
Діапазон вимірювань	0...5 мг Cl ₂ /л	0,1...5 мг Cl ₂ /л
Вихідний сигнал	4...20 мА	4...20 мА, RS-485
Основна похибка	2%	2%
Вартість	8864,26 грн	4026,29 грн

Таблиця 3.5 - Основні характеристики аналізаторів хлору.

Порівнявши технічні характеристики аналізаторів хлору, а також їх вартість можна зробити висновок, що, так як висока точність вимірювання не

потрібно і, взявши до уваги принцип вибору датчиків, то вибрали датчик з мінімальною вартістю і прийнятною величиною похибки АСХВ / М1032С. Зовнішній вигляд аналізатора хлору представлений на малюнку 3.7.



Рисунок 3.7 – Аналізатора хлора АСХВ/М1032С

Вибір контролера

Відповідно до таблиці 1.1 і до аналізу технологічного процесу визначимо наступні вимоги до портів мікроконтролера. Всі вимоги до портів контролера зведені в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 - Вимоги до портів контролера.

Сигнали	Кількість сигналів
Аналогові вхідні	10
Дискретні вхідні	1
Аналогові вихідні	22
Дискретні вихідні	5

Орієнтуючись на технічні дані датчиків і виконавчих механізмів, для компоновки системи управління засобами обчислювальної техніки обрані модулі компанії ОВЕН, орієнтовані на споживачів країн СНД. Ці кошти є повністю російською розробкою найбільшого виробника засобів промислової автоматизації - компанії ОВЕН.

Це дозволяє отримати детальну документацію російською мовою, технічну підтримку і навчання, а також гарантійне і післягарантійне обслуговування в сервісних центрах по всьому СНД.

Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160[23]

ОВЕН ПЛК160 - лінійка програмованих моноблочних контролерів з дискретними і аналоговими входами / виходами на борту для автоматизації середніх систем. Оптимальні для побудови систем автоматизації середнього рівня і розподілених систем управління.

Рекомендується до використання у системах HVAC, сфері ЖКГ (ІТП, ЦТП), АСУ водоканалів (водопідготовка, насосні станції), для управління харчопереробної і пакувальними апаратами, для управління кліматичним устаткуванням, у сфері виробництва будівельних матеріалів

Відмінні риси лінійки:

Потужні обчислювальні ресурси і великий обсяг пам'яті.

Наявність дискретних і аналогових входів / виходів на борту контролера.

Наявність послідовних портів (RS-232, RS-485) на борту контролера.

Наявність порту Ethernet для включення в локальні або глобальні мережі верхнього рівня.

Підтримка протоколів обміну Modbus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCON.

Можливість роботи безпосередньо з портами контролера, що дозволяє підключати зовнішні пристрої з нестандартними протоколами.

Контролер має вбудований годинник, що дозволяє створювати системи управління з урахуванням реального часу.

Вбудований акумулятор, що дозволяє організувати ряд додаткових сервісних функцій: можливість короткочасного переключення зникнення живлення, переклад вихідних елементів в безпечний стан.

Контролер ПЛК160 має наступну кількість входів та виходів: дискретні входи-16; дискретні виходи-12; аналогові входи-8; аналогові виходи-4;

Аналогові виходи можуть бути

По струму 4 ... 20 мА

По напрузі 0 ... 10 В

Універсальні - програмно перемикаються ток \ напруга

Інтерфейси і протоколи

Всі контролери даної лінійки мають велику кількість інтерфейсів на борту, які працюють незалежно один від одного: Ethernet ;до трьох послідовних портів; USB Device для програмування контролера. Modbus RTU; Modbus ASCII ; RS-232; RS-485

Підтримка модулів введення / виведення і операторських панелей (наприклад, ОВЕН СП3хх), зв'язок з SCADA-системами: Modbus TCP , Ethernet 10/100 Mbps

Зв'язок зі SCADA-системами : DCON, RS-232, RS-485.

Підтримка модулів введення / виведення ICP DAS I-7xxx, Adam-4xxx, операторських панелей: GateWay (протокол CODESYS), RS-232, Ethernet 10/100 Mbps, USB-Device.

Програмування контролера, налагодження користувальницької програми

Зв'язок з контролерами інших виробників на базі CODESYS

Робота з OPC-сервером CODESYS

Mass Storage Device

USB-Device

Робота з файлами архівів даних і файлами проекту

Контролери даної лінійки також підтримують роботу з нестандартними протоколами за допомогою одного з портів, що дозволяє підключати такі пристрої, як електро-, газо-, водолічильники, зчитувачі штрих-кодів і т.п.

Програмування контролерів здійснюється в професійній, поширеною середовищі CODESYS v.2.3.x, максимально відповідає стандарту МЕК 61131:

підтримка 5 мов програмування, для фахівців будь-якої галузі;

могутній засіб розробки і налагодження комплексних проектів автоматизації на базі контролерів;

функції документування проектів;

кількість логічних операцій обмежується тільки кількістю вільної пам'яті контролера;

практично необмежену кількість використовуваних в проекті лічильників, тригерів, генераторів.

Інтерфейси для програмування і налагодження: Ethernet, USB, RS-232 (Debug).

При покупці програмованого контролера ОВЕН ПЛК надаються БЕЗКОШТОВНО:

Середовище програмування CODESYS

Готові бібліотеки програмних блоків

Спеціальні сервісні утиліти для роботи з ОВЕН ПЛК

Керівництво користувача і навчальні відеокурси

Для організації обміну з верхнім рівнем надаються безкоштовні OPC-драйвери, OPC-драйвер Gateway (від CODESYS) і OPC-драйвер Modbus (від OВЕН). Вартість ПЛК – 12 847,2 грн.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.8.



Рисунок 3.8 - ОВЕН ПЛК 160

Модуль введення аналогових сигналів ОВЕН МВ110-8А[24]

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних в різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Прилад працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має наступні групи гальванічески ізольованих ланцюгів:

- ланцюга живлення приладу;
- ланцюга інтерфейсу RS-485;
- ланцюга вимірювальних входів.

Прилад не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі. Наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Модель введення аналогових сигналів представлений на малюнку 3.9.



Рисунок 3.9 – ОВЕН MB110-8A

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів MB110-8AC:

- 8 каналів аналогового введення
- Типи вхідних сигналів: уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-мА) і напруги (0-10 В)
- Частота вимірів: до 200 вибірок в секунду
- Напруга живлення: ~ 220 В або 24 В (в залежності від модифікації)
- Вбудований джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації з змінним напругою живлення)

Приклад позначення при замовленні: ОВЕН MB110-224.8A

Вартість модуля – 3 402 грн.

Модуль виведення аналогових сигналів ОВЕН МВУ8-У[25]

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном 0 ... 10В для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

МВУ8 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. МВУ8 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Як майстри мережі можуть використовуватися прилади ОВЕН ТРМ151, ТРМ133, контролери ОВЕН ПЛК і т.п.

До МВУ8 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація МВУ8 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОВЕН АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор МВУ8», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Зовнішній вигляд модуля виведення аналогових сигналів представлений на малюнку 3.10.

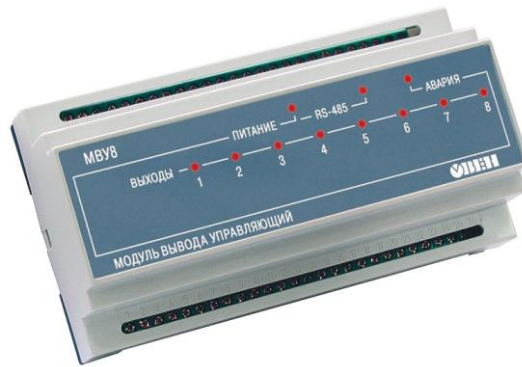


Рисунок 3.10 – ОБЕН МБУ8

Основні особливості модуля швидкісного виведення аналогових сигналів МУ110-8І

- 8 каналів аналогового виходу 0 ... 10В.
- Напруга живлення: ~ 220 В або -24 В (універсальне джерело живлення)

Приклад позначення при замовленні: ОБЕН МБУ8-У

Вартість модуля – 4 100 грн.

Вибір виконавчих механізмів

Для регулювання параметрів рівня і витрати необхідно вибрати виконавчі механізми, які змінюють положення клапана згідно керуючому сигналу.

В якості виконавчого механізму можна використовувати регулюючі кульові крани BELIMO R2032-16-S3 з електроприводом NR24A-SR. [26]

застосування

Використовується для плавного регулювання потоку рідини в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Принцип роботи

Управління регулює 2-х ходового кульового клапана здійснюється за допомогою електроприводу серії TR ..., LR..A, NR..A і SR..A (або електропривод зі вмонтованою зворотною пружиною LF / NRF..A / SRF..A). Електроприводу керується стандартними сигналами: аналоговим або по 3х-точкової схемою, подача напруги зміщує кулю клапана в положення, відповідне керуючому сигналу.

Особливості виробу:

-рівнопропорційна характеристика потоку, досягається спеціальним коригувальним диском.

-вбудоване ручне управління клапаном.

-модельний ряд 2-х ходових клапанів: (R229) R2032-10-B2 (!), (R231) R2032-16-S3. Вартість 1471.00 грн.

Зовнішній вигляд виконавчого механізму представлений на малюнку 3.11.

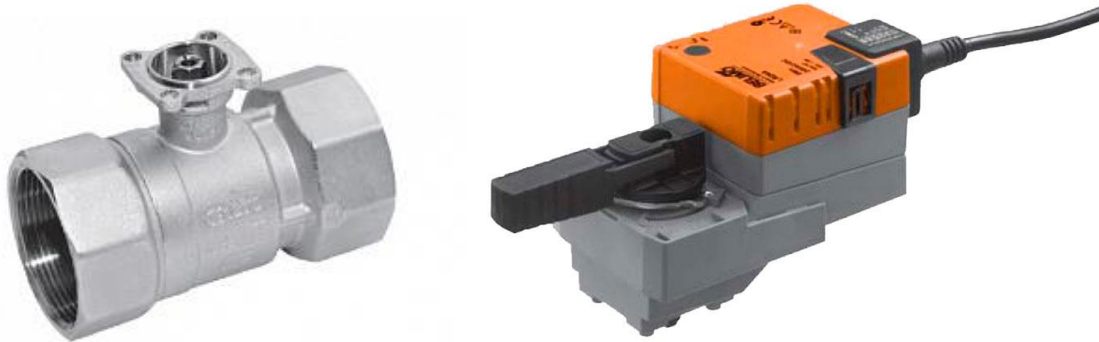


Рисунок 3.11-Виконавчий механізм BELIMO R2032-16-S3

3.2 Розробка системи сигналізації

Логічний контролер ПЛК 160 до дискретних виходів якого підключена сигнальна арматура, використовується для здійснення сигналізації. Якщо сигналізуємий параметр перевищує задане значення, то контролер замикає відповідний дискретний вхід на який підключено сигнальну лампу , призначенням якої є оповіщення про перевищення норм заданого параметра. За таким же принципом працює звукова сигналізація. Для зняття сигналізації оператору потрібно натиснути на кнопку SB1.

Принципова схема сигналізації зображена на рис. 3.12.

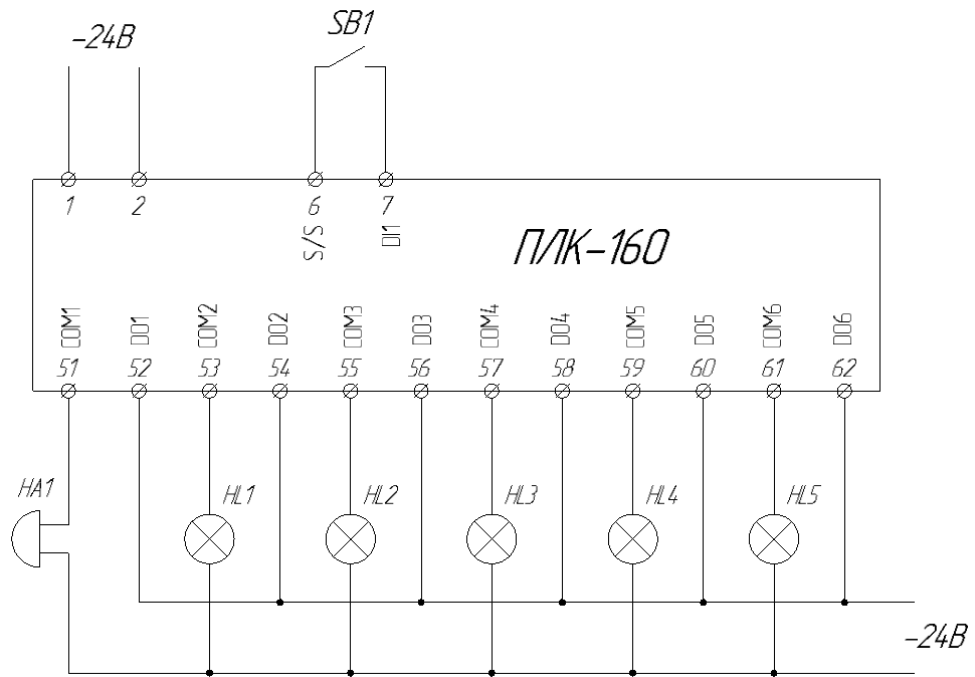


Рисунок 3.12 – Принципіальна схема сигналізації

4 Розрахункова частина

Під час процесу очищення води від зайвих домішок головним апаратом виступає об'єкт дослідження, витрата під час даного процесу виступає головним параметром, вона може змінюватись в межах 45 ... 45,8 м³ / год.

Перехідний процес отриманий в результаті синтезу має наступні показники якості: [31]

- час перехідного процесу - $t_p = 400$ сек
- перерегулювання - $\sigma \leq 20\%$
- витрата - $F = 44 \dots 45.8$ м³ / год
- τ запізнювання- 2с

4.1 Отримання математичного опису об'єкта управління

Подавши на вхід одиничний ступінчатий сигнал було отримано криву розгону, яка зображена на рисунку 4.1

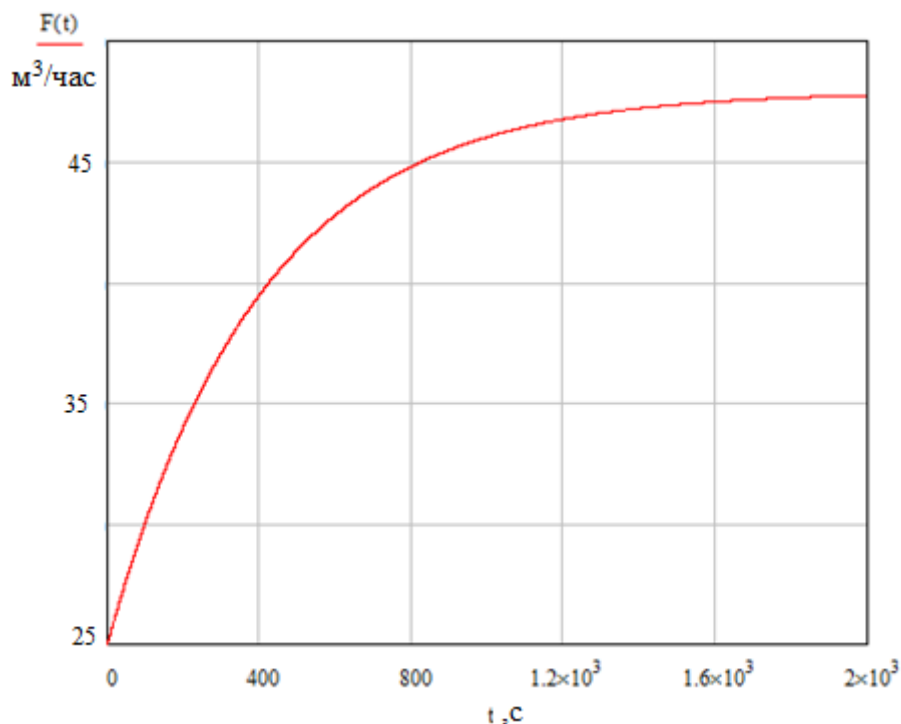


Рисунок 4.1 - Крива розгону об'єкта управління.

4.1.1 Отримання передавальної функції об'єкта управління

Щоб отримати криву розгону в нормованому вигляді потрібно все значення вихідної змінної розділити на сталі значення ($F_{уст} = 45.8 \text{ м}^3 / \text{год}$).

Як результат отримуємо криву розгону представлену в нормованому вигляді, яка зображена на рисунку 4.2

Для спрощення розрахунків крива розгону нормується, а саме значення вихідної змінної наближують до діапазону 0..1, котре відповідає одиничному вхідному впливу.

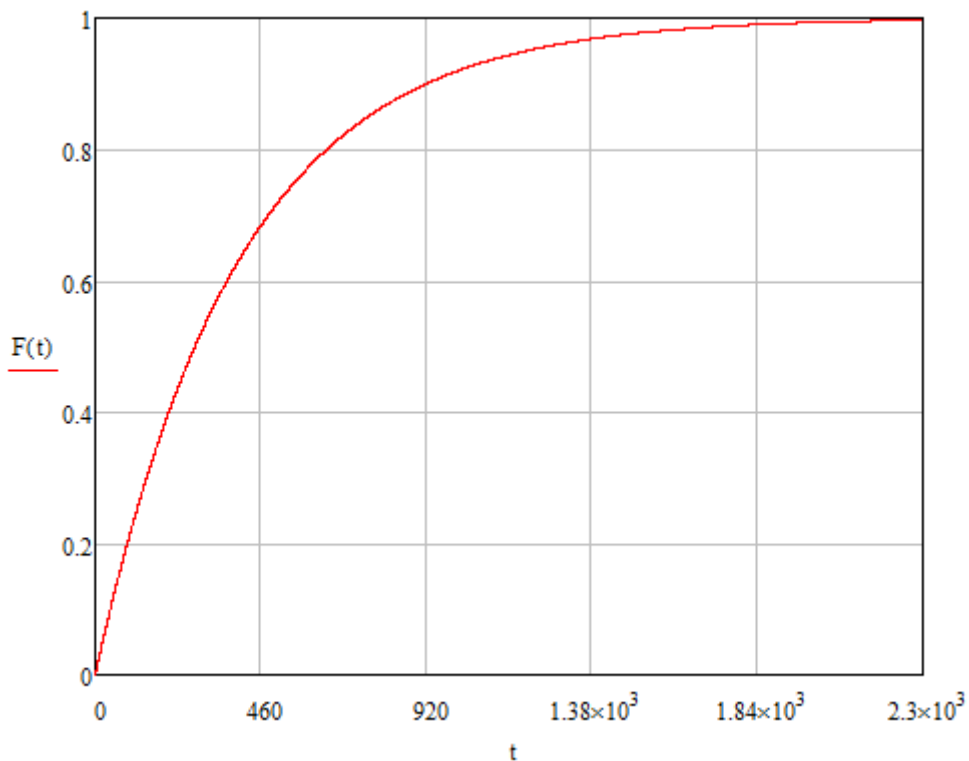


Рисунок 5.2 – Крива розгону в нормованому вигляді

Для визначення передавальної функції використаємо метод Орманса. Використавши даний метод можна визначити дві постійні об'єкта управління

Відповідно до кривої розгону:

$$W(p) = \frac{K e^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

Передаточна функція визначається наступним чином :

1) З отриманої нормованої кривої знаходимо час, який відповідає значенню $hN = 0,7$ та обзначимо його t_7 . Відповідно до графіка цей час рівний 483 секунди.

2) Отриману величину інтервалу розділимо на три рівні частини. Для визначення величини h_{H4} підіймаємо перпендикуляр до кривої розгону. У відповідності з отриманим графіком $h_{H4} = 0,33$. Всі виконані побудови показані на рисунку 4.3.

3) Аналітично був доведений зв'язок між отриманими точками кривої розгону і параметрами даної моделі, відповідно $t_7 = 1,2(T_1 + T_2)$.

4) Для розрахунку постійних часу ОУ застосовується допоміжний параметр Z^2 , який знаходять по номограмі рисунок 4.4.

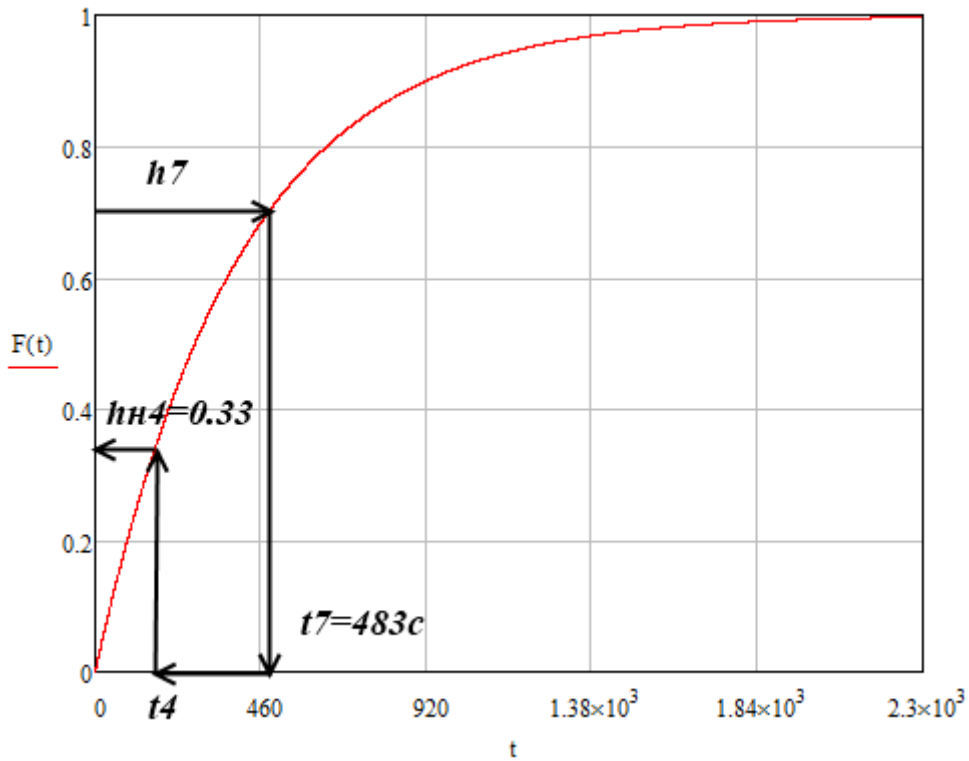


Рисунок 4.3 – Крива розгону з необхідними побудовами

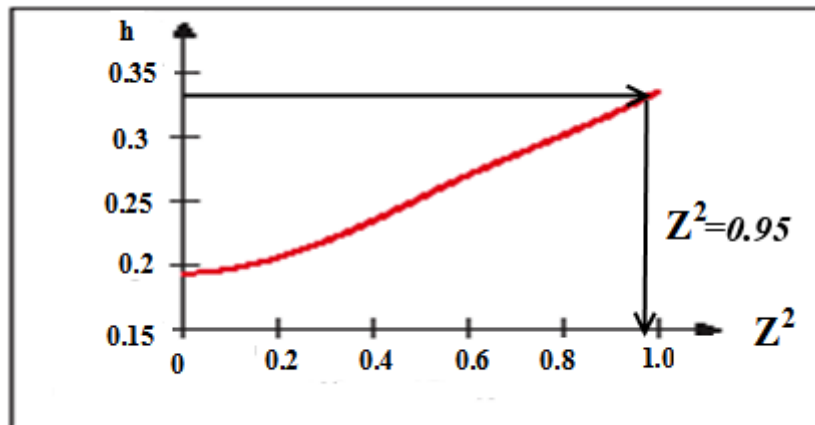


Рисунок 4.4 - Номограма для визначення величини Z^2

5) Для розрахунку постійних часу ОУ T_1 та T_2 були використані наступні формули:

$$T_1 = \frac{t_7}{2.4} (1+z) \quad T_2 = \frac{t_7}{2.4} (1-z)$$

$$T_1 = \frac{483}{2.4} (1 + 0.975) = 397 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{483}{2.4} (1 - 0.975) = 5 \text{ с}$$

Т.к. $T_1 \gg T_2$, то можна перейти до моделі першого порядку:

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{1+Tp}$$

В результаті поділу коефіцієнту $k = 45,8 \text{ м}^3 / \text{год}$ вихідної ПФ на $P = 1 \text{ кгс} / \text{см}^2$ була отримана результуюча передаточна функція без впливу зовнішніх чинників на неї.

$$k = \frac{45,8}{1 \text{ кгс} / \text{см}^2} = 45,8 \text{ м}^3 \text{ см}^2 / \text{час} * \text{кгс}$$

Результуюча передаточна функція представлена в наступному вигляді:

$$W(p) = \frac{45.8e^{-2p}}{397p+1}$$

Відповідно до отриманої передаточної функції побудуємо перехідну характеристику і порівняємо її з вихідною кривою розгону. На рисунку 4.5 зображені нормовані графіки перехідних характеристик. А саме на графіку зображена крива розгону отримана експериментально і позначена як $F(t)$, а також зображена перехідна характеристика, яку було отримано аналітичним способом- $h(t)$.

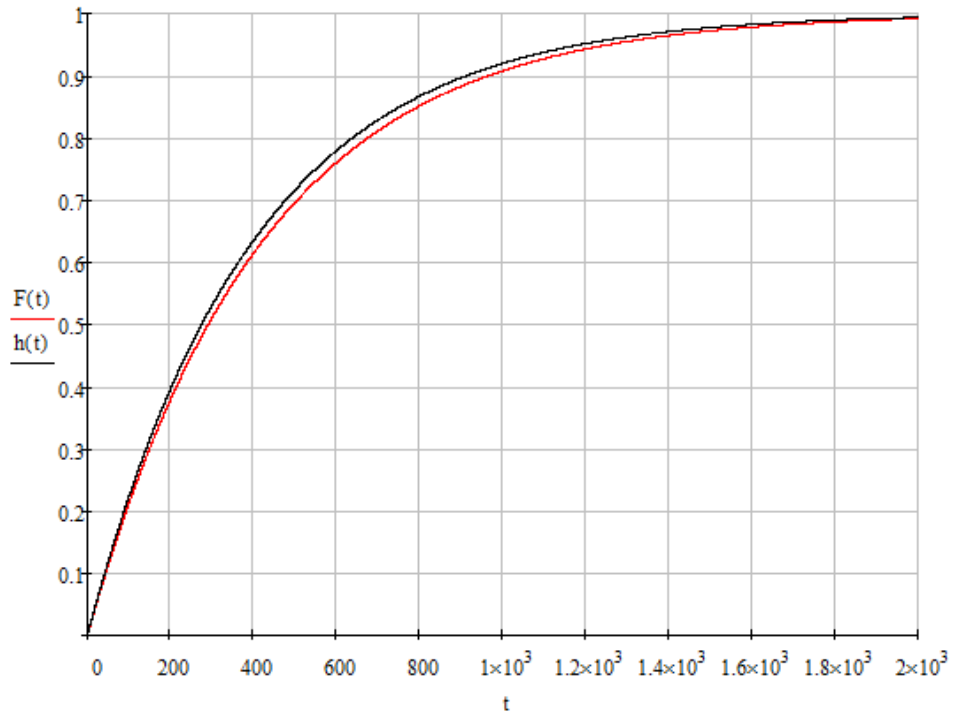


Рисунок 4.5 – Перехідні характеристики об'єкту

4.1.2 Перевірка адекватності отриманих кривих розгону

Щоб перевірити відповідність перехідних характеристик використаємо метод Фішера. У відповідності з даним методом потрібно увесь інтервал часу розділити на 10 рівних частин, а потім визначити Y_i екс і Y_i мод. Отримані значення були занесені до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Значення, отримані з перехідних характеристик

$Y_{\text{екс}}$	0.37	0.61	0.75	0.85	0.9	0.94	0.96	0.97	0.99	1
$Y_{\text{мод}}$	0.39	0.63	0.77	0.86	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99	1
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Оцінку дисперсії розраховують за наступною формулою:

$$S_{\text{экс, мод}} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{10} (Y_i - \bar{Y})^2$$

Всі розрахунки робимо в математичному пакеті MathCad.

$$Y_1 := 0.37 \quad Y_2 := 0.61 \quad Y_3 := 0.75 \quad Y_4 := 0.85 \quad Y_5 := 0.9 \quad Y_6 := 0.94 \quad Y_7 := 0.96 \quad Y_8 := 0.97$$

$$Y_9 := 0.99 \quad Y_{10} := 1$$

$$S_{\text{eks}} := \frac{1}{9} \cdot \sum_{i=1}^{10} (Y_i - 0.834)^2$$

$$S_{\text{eks}} = 0.042$$

$$Y_1 := 0.39 \quad Y_2 := 0.63 \quad Y_3 := 0.77 \quad Y_4 := 0.86 \quad Y_5 := 0.92 \quad Y_6 := 0.95 \quad Y_7 := 0.97 \quad Y_8 := 0.98$$

$$Y_9 := 0.99 \quad Y_{10} := 1$$

$$S_{\text{mod}} := \frac{1}{9} \cdot \sum_{i=1}^{10} (Y_i - 0.8346)^2$$

$$S_{\text{mod}} = 0.04$$

За формулою отримуємо критерій К :

$$K = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{min}}}$$

$$K = \frac{0.042}{0.04} = 1.05$$

Відповідно до таблиці Фішера для $f_1 = 10$, $f_2 = 10$ знаходимо критерій Фішера. Для даних значень він буде рівним 2,98.

Враховуючи, що згідно таблиці Фішера знайдений критерій менше від критерія по таблиці ($1,05 < 2,98$), можна вважати дану модель адекватною .

4.2 Синтез системи управління методом логарифмічних амплітудних характеристик

4.2.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

Для передавальної функції ОУ $W_o(p)$ потрібно побудувати асимптотичну ЛАЧХ.

$$W(p) = \frac{45.8e^{-2p}}{397p+1}$$

Фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ проводиться на частоті $\omega = 1$ Гц на рівні, отриманому з виразу $L_n(1) = 20\lg(k) = 20\lg(45.8) = 33,217$ дБ.

Розрахуємо сполучені частоти та розмістимо їх в порядку зростання.

$$\omega_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{397} = 0,0025 \text{ с}^{-1}$$

За допомогою математичного пакета MathCad побудуємо асимптотичну ЛАЧХ, рисунок 4.6

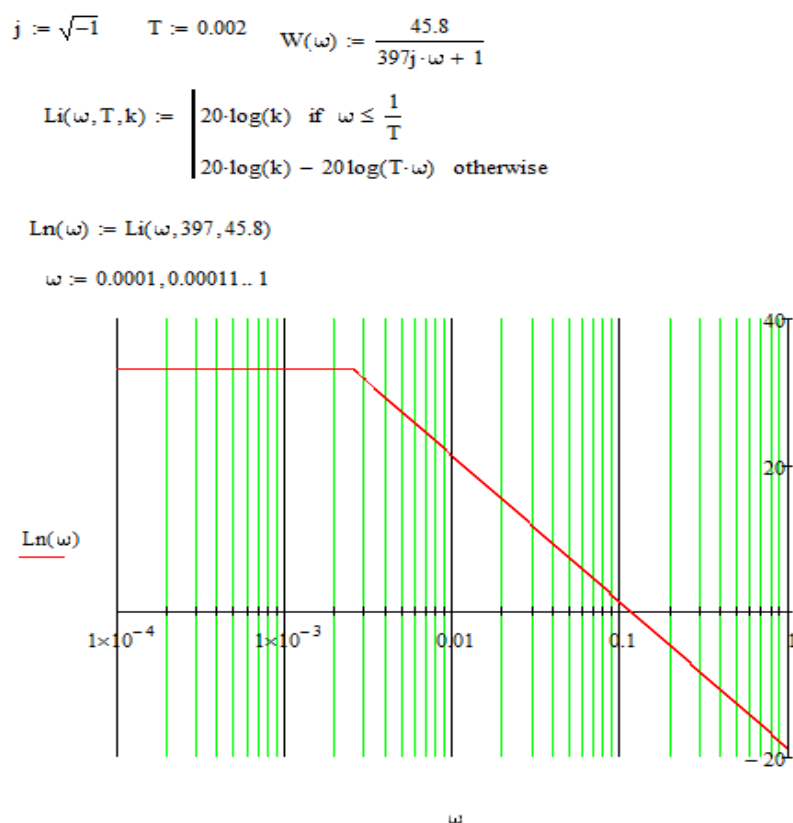


Рисунок 4.6 - Графік асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

4.2.2 Побудова бажаної ЛАЧХ по В.В. Солодовникова

Для початку побудуємо низькочастотну частину бажаної асимптотичної ЛАЧХ.

Нахил і положення низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ залежить від вимог до статичної точності проектованої системи:

а) відповідно до завдання існує додаткова вимога до статичної точності, то відповідно до формули $k_y = 1 - S_0 S_0$ знайдемо новий коефіцієнт посилення та не роблячи зміну нахилу низькочастотної асимптоти, зафіксуємо її нове розташування відповідно до осі абсцис на рівні $L_n(1) = 20 * \log(k_y)$.

Побудова середньо частотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ та її сполучення з низькочастотною частиною є важливим етапом, так як вони визначають динамічні властивості системи, стійкість, запас стійкості і якість перехідного процесу:

а) Визначення частоти зрізу ω_c бажаної ЛАЧХ

Для визначення мінімального допустимого значення частоти зрізу ω_{cr} ЛАЧХ бажаної системи використовуємо номограми В.В. Солодовникова.

Відповідно до заданого значення $\sigma = 20\%$ та кривої $\sigma(P_{max})$ номограми

Знаходимо необхідне значення $P_{max} = 1,4$, потім використовуючи криву $t_p(P_{max})$ знаходимо значення часу регулювання t_p , яке виражається через частоту зрізу ω_{cr} співвідношенням $3.3\pi / \omega_c$. Відповідно до рівняння $t_p = 3.3\pi / \omega_c$ знаходимо частоту зрізу, зображену на рисунку 4.7.

$$\omega_c = \frac{3,3\pi}{t_p} = 0,009 \text{ с}^{-1}$$

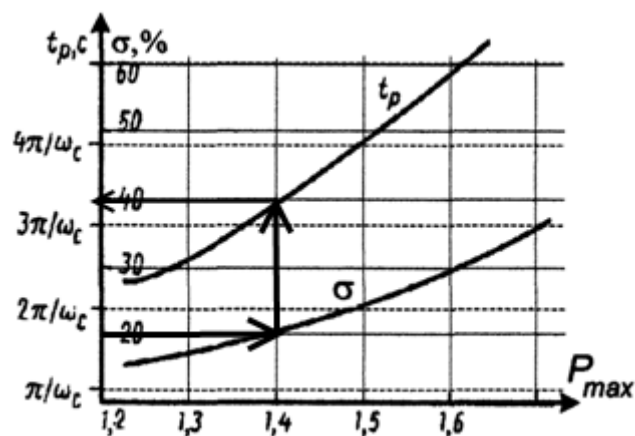


Рисунок 4.7- Номограма Солодовникова для статических систем

Обране значення ω_c зображено на графіку (рис. 4.9).

Далі побудуємо середньо частотну асимптоту. Середньо частотну асимптоту проводимо з нахилом -20 дБ / дек через точку ω_c яка розтшована на осі абсцис (рисунок 4.9).

б) На наступному етапі визначаємо діапазон частот середньо частотної частини ЛАЧХ. У відповідності з номограмою (рисунок 4.8) та попередньо знайденому значенню $P_{max} = 1,4$ знайдемо необхідний запас по фазі $\gamma_{min} = \lceil 35 \rceil^\circ$ ординати середньо частотної ЛАЧХ $L_y = \pm 11$ дБ які відповідають цьому значенню.

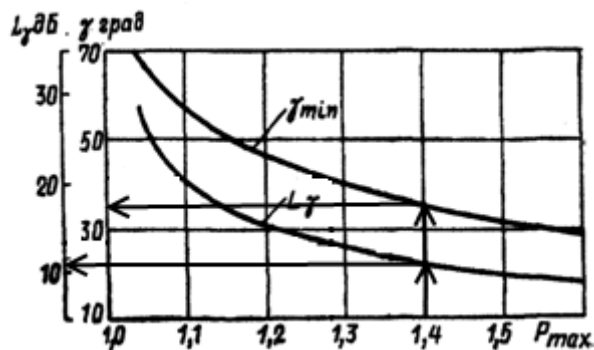


Рисунок 4.8 - Графік для визначення ординат $\pm L_y$ контрольних точок і необхідного надлишку фази γ_{min}

Лінії паралельні осі частот, проведені на рівні $L_y = \pm 11$ Дб, дають в точках перетину з середньочастотною асимптотою частоти сполучення середньочастотної асимптоти з низькочастотною $\omega_1 = 0,002c^{-1}$ і високочастотною $\omega_2 = 0,025c^{-1}$.

с) В точці ω_1 виконаємо сполучення низькочастотної і середньочастотної бажаної ЛАЧХ. Через точку $\omega_1 = 0,002c^{-1}$ середньочастотної частини проводимо асимптоту з нахилом -40 Дб / дек а в точці перетину низькочастотної асимптоти з середньочастотною отримаємо частоту сполучення низькочастотної частини бажаної ЛАЧХ рівну $\omega_{n1} = 0,001c^{-1}$.

Бажану ЛАЧХ високочастотної частини будують так щоб вид бажаної ЛАЧХ в даній області найменше мав відмінність від виду незмінної ЛАЧХ.

В точці $\omega_2 = 0,025c^{-1}$ єднуємо з високочастотною частиною, через яку проводимо асимптоти з нахилом $+20$ Дб / дек.

.Дана побудова ЛАЧХ розімкнутої системи управління відображена на рисунку 4.9.

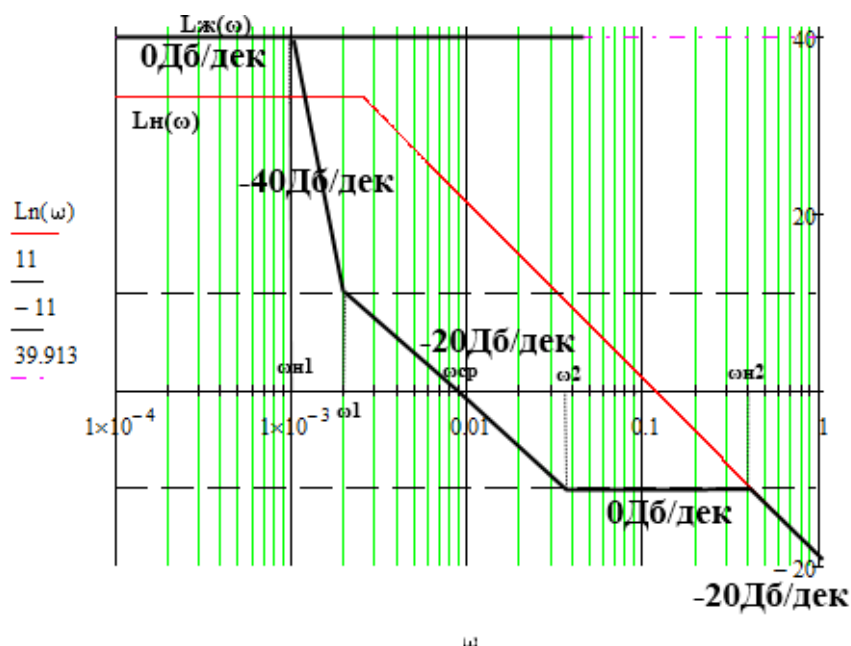


Рисунок 4.9 - Асимптотична ЛАЧХ незмінної частини системи $L_N(\omega)$ і бажана асимптотична ЛАЧХ

4.2.3 Отримання передавальної функції розімкнутої ланцюга бажаної системи

Для отримання передавальної функції розімкнутого ланцюгу бажаної системи $W_{ж}(s)$ відповідно до виду асимптотичної ЛАЧХ $L_{ж}(s)$ використаємо методику яка відповідає методиці побудови асимптотичної ЛАЧХ за видом передавальної функції:

Визначимо сполучені частоти отриманої бажаної ЛАЧХ $L_{ж}(s)$ та розмістимо їх в порядку зростання

$$\omega_{н1} = 0,001с^{-1}, \omega_1 = 0,002с^{-1}, \omega_2 = 0,025с^{-1}, \omega_{н2} = 0,04с^{-1}$$

Отримуємо значення виразу для співмножників чисельника та знаменника передавальної функції розімкнутої системи, поетапно провівши аналіз поведінки асимптотичної ЛАЧХ:

- після частоти сполучення $\omega_{н1} = 0,001 с^{-1}$ (праворуч) нахил асимптоти збільшується на 40 Дб / дек це відповідає наявності в знаменнику співмножника $1 / \omega_3 s + 1 = 1 / 0,001 s + 1 = (1000s + 1)^2$;

- після частоти сполучення $\omega_1 = 0,002 с^{-1}$ нахил асимптоти зменшується на 20 Дб / дек це відповідає наявності в чисельнику співмножника

$$1 / \omega_a s + 1 = 1 / 0,002 s + 1 = 500s + 1;$$

- після частоти сполучення $\omega_2 = 0,025 с^{-1}$ нахил асимптоти зменшується на 20 Дб / дек це відповідає наявності в чисельнику співмножника $1 / \omega_b s + 1 = 1 / 0,025 s + 1 = 40s + 1$;

- після частоти сполучення $\omega_{н2} = 0,04 с^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20 Дб / дек це відповідає наявності в знаменнику співмножника

$$1 / \omega_a s + 1 = 1 / 0,04 s + 1 = 25s + 1;$$

В силу незмінності низькочастотного ділянки бажаної ЛАЧХ порядок астатизма і коефіцієнт посилення розімкнутої системи після корекції не міняються і складають: $v = 1$ і $k = 39.913$.

Передавальна функція бажаної розімкненої системи після проведеного аналізу матиме наступний вигляд

$$W_{\text{ж}}(s) = (39,913 (40s + 1) (5s + 1)) / ((1000s + 1)^2 (25s + 1))$$

4.2.4 Аналіз якості перехідних процесів

Для отримання перехідної характеристики скористаємося математичним пакетом MathCad, нижче представлені всі формули використані для розрахунку

$$W_{\text{zel}}(s) := \frac{39.913 \cdot (40s + 1) \cdot (500 \cdot s + 1)}{(25s + 1) \cdot (1000s + 1)^2}$$

$$W_{\text{zam}}(s) := \frac{W_{\text{zel}}(s)}{1 + W_{\text{zel}}(s)}$$

$$\frac{W_{\text{zam}}(s)}{s} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace} \\ \text{float, 3} \\ \text{simplify} \end{array} \right. \rightarrow -0.597 \cdot e^{-0.0137 \cdot t} + -0.41 \cdot e^{-0.0582 \cdot t} + 0.0311 \cdot e^{-0.00206 \cdot t} + 0.975$$

$$h(t) := -0.597 \cdot e^{-0.0137 \cdot t} + -0.41 \cdot e^{-0.0582 \cdot t} + 0.0311 \cdot e^{-0.00206 \cdot t} + 0.975$$

$$t := 0, 1.. 600$$

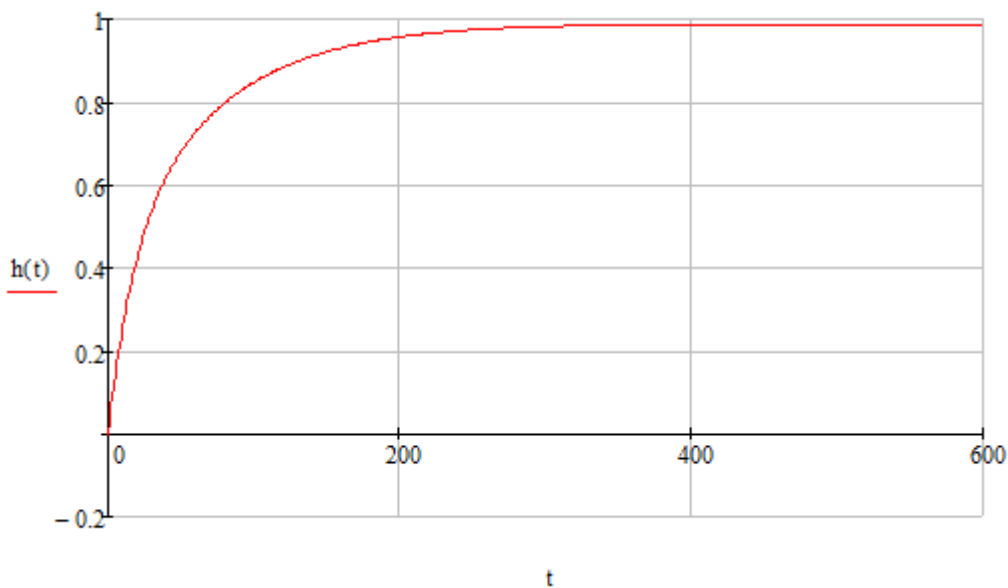


Рисунок 5.10 – Графік перехідної характеристики бажаної системи

Зробивши аналіз перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:[27]

- Час перехідного процесу $t_p = 200$ сек
- Перерегулювання $\sigma = 0\%$

Отримані показники якості повністю задовільняють умовам які дані в завданні.

4.2.5 Розрахунок коригувального пристрою

Визначення коригуючого пристрою необхідно поділити передавальну функцію бажаної $W_{ж}(s)$ системи на незмінну систему $W_n(s)$.

$$W_1(s) := \frac{45.8}{397s + 1} \quad W_{zel}(s) := \frac{39.913 \cdot (40s + 1) \cdot (500s + 1)}{(25s + 1) \cdot (1000s + 1)^2}$$

$$W_k(s) := \frac{W_{zel}(s)}{W_1(s)}$$

$$W_k(s) \text{ float, 3} \rightarrow \frac{(8.67 \cdot s + 0.0218) \cdot (1596.0 \cdot s + 39.9) \cdot (500.0 \cdot s + 1.0)}{(25.0 \cdot s + 1.0) \cdot (1000.0 \cdot s + 1.0)^2}$$

Так як система управління буде реалізовуватись за допомогою мікроконтролера, то необхідно знайти рівняння різниці корекцій.

Дискретна передавальна функція для синтезованого регулятора визначається наступним чином :

$$W_k(s) = \frac{(1596s + 39,9)(500s + 1)(8.67s + 0.0218)}{(25s + 1)(1000s + 1)^2}$$

Щоб визначити дискретну передавальну функцію скористаємось перетворенням Ейлера зробивши заміну $s = (z-1) / T_0$, де T_0 - період квантування, с. Відповідно маємо наступний розрахунок :

$$T_0 := 0.001$$

$$\frac{(8.67 \cdot s + 0.0218) \cdot (1596.0 \cdot s + 39.9) \cdot (500.0 \cdot s + 1.0)}{(25.0 \cdot s + 1.0) \cdot (1000.0 \cdot s + 1.0)^2} \left| \begin{array}{l} \text{substitute, } s = \frac{z-1}{T_0} \\ \text{float, 3} \end{array} \right. \rightarrow \frac{-6921.0 \cdot z + 3459.0 \cdot z^2 + 3459.0}{-25000.0 \cdot z + 12500.0 \cdot z^2 + 12500.0}$$

$$W_k(z) := \frac{-6921.0 \cdot z + 3459.0 \cdot z^2 + 3459.0}{-25000.0 \cdot z + 12500.0 \cdot z^2 + 12500.0}$$

При

$$T_0 = 0.001 \text{ c}$$

4.2.6 Моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab

За допомогою математичного пакету MatLab була зібрана модель системи управління, представлена на рисунку 4.11

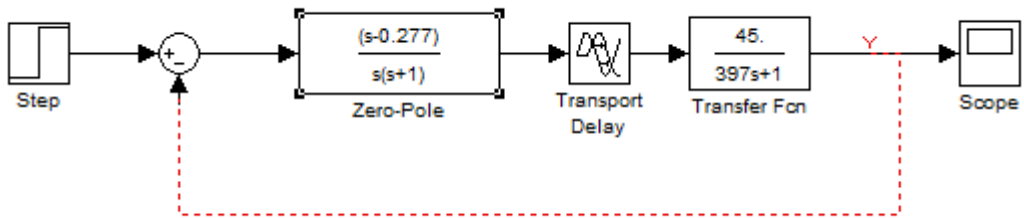


Рисунок 5.11 – Модель системи управління

В результаті моделювання була отримана перехідна характеристика, зображена на рисунку 4.12

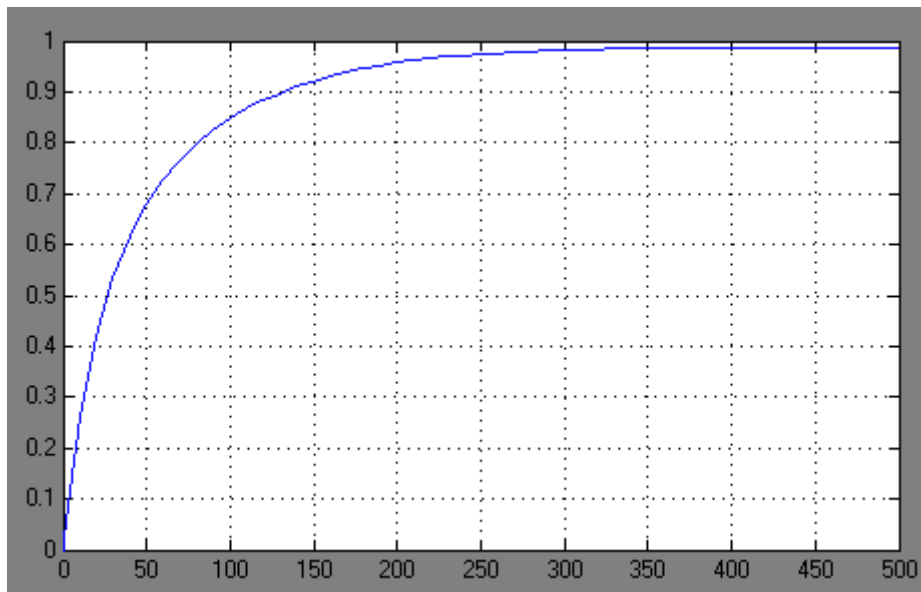


Рисунок 4.12 - Перехідна характеристика системи управління

Зробивши аналіз перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:[27]

- Час перехідного процесу $t_p = 200$ сек
- Перерегулювання $\sigma = 0\%$

Отримані показники якості повністю задовільняють умови які були задані.

За допомогою математичного пакету MatLab зібрали цифрову модель системи управління яка зображена на рисунку 4.13

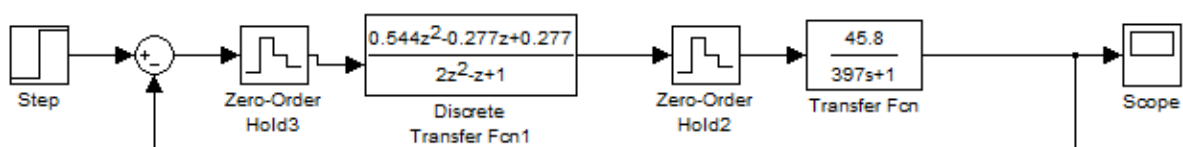


Рисунок 5.13 - Модель цифрової системи управління

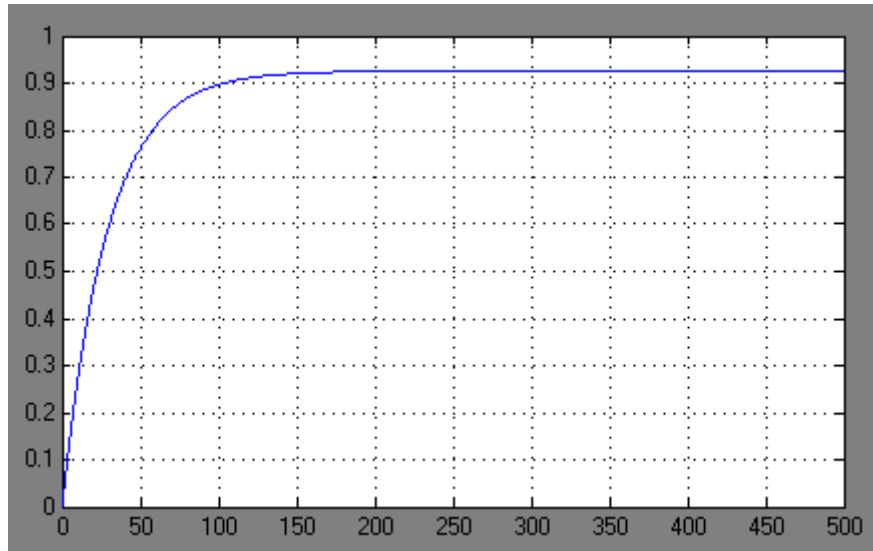


Рисунок 4.14 - Перехідна характеристика системи управління

Зробивши аналіз перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:[27]

- Час перехідного процесу $t_p = 150$ сек
- Перерегулювання $\sigma = 0\%$

Отримані показники якості повністю задовільняють умови які були задані.

Формульний метод

Для визначення оптимальних параметрів налаштувань регулятора на практиці часто застосовують наближені формули. Даний метод застосовується для наближеної оцінки значень параметрів регулятора.

Налаштування регуляторів можуть бути отримані за формулами зазначеними в таблиці 4.1

Типовой процесс регулирования			
Регулятор	апериодический	с 20% перерегулир.	$\min \int_0^{\infty} e_p^2 dt$
П	$K_p = \frac{0,4}{\tau/T}$	$K_p = \frac{0,7}{\tau/T}$	—
ПИ	$K_p = \frac{0,4}{\tau/T}$ $T_i = 6T$	$K_p = \frac{0,7}{\tau/T}$ $T_i = 3T$	$K_p = \frac{1}{\tau/T}$ $T_i = 4T$
ПИД	$K_p = \frac{0,6}{\tau/T}$ $T_i = 5\tau$ $T_d = 0,2\tau$	$K_p = \frac{1,1}{\tau/T}$ $T_i = 2\tau$ $T_d = 0,4\tau$	$K_p = \frac{1,4}{\tau/T}$ $T_i = 1,6\tau$ $T_d = 0,5\tau$

Таблиця 4.1- Формули для отримання оптимальних налаштувань регулятора формульним методом

У відповідності до отриманих показників якості обираємо процес апериодический, з таблиці обираємо відповідні формули і отримуємо наступні параметри налаштування ПІ-регулятора:

$$K_p = \frac{0.4}{\tau/T} = \frac{0.4}{2/397} = 80$$

$$T_i = 6 T = 2382 \text{ с}$$

Отримані дані вводимо в модель даної системи, структурна схем якої представлена на рисунку 4.1

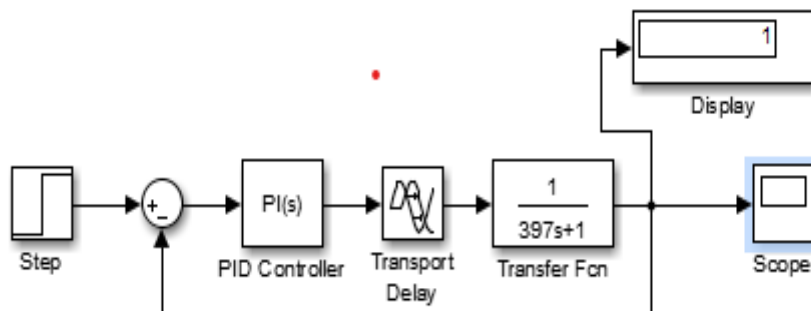


Рисунок 4.1 – Модель отриманих даних

Промодельовав отримуємо наступну перехідну характеристику

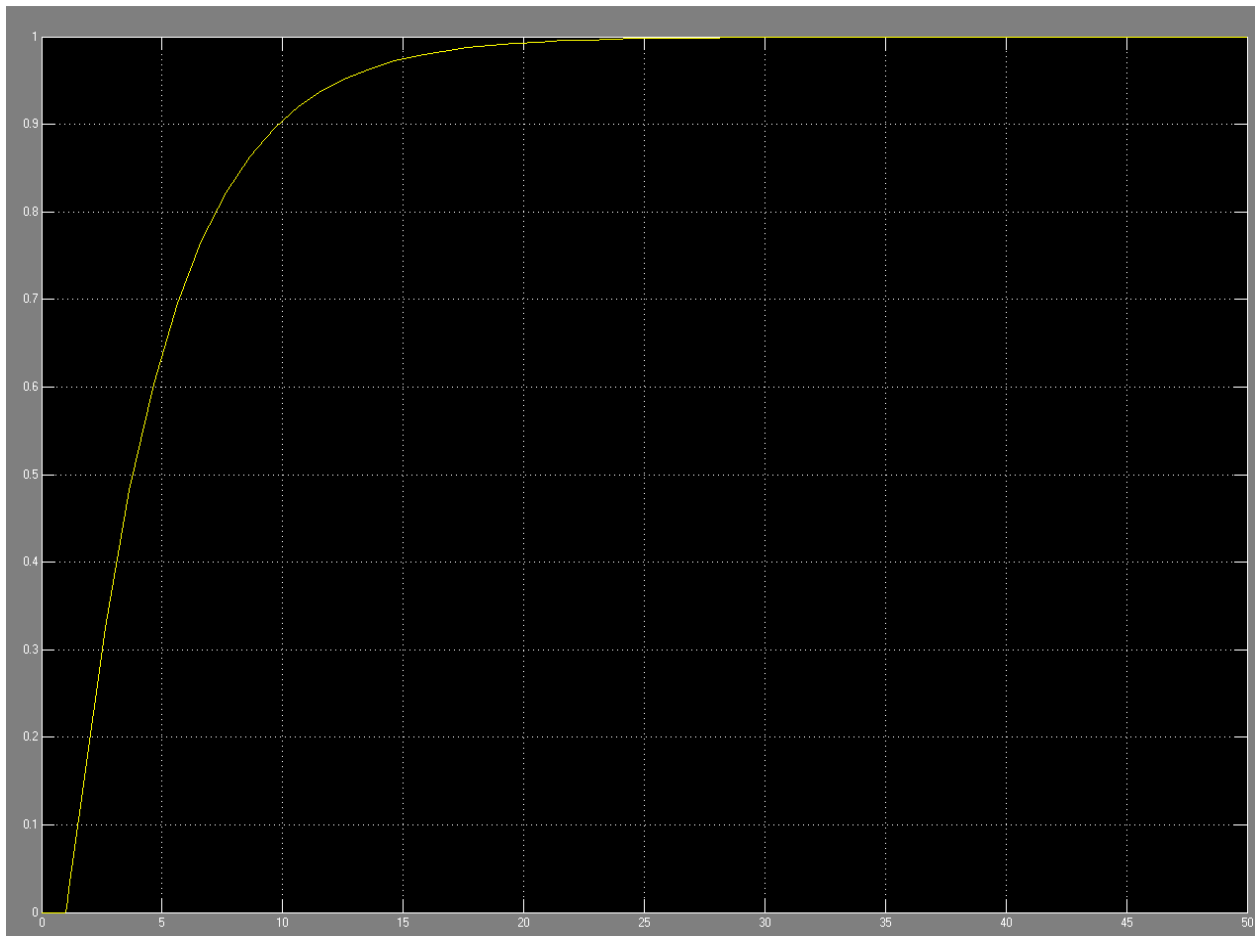


Рис.

4.2. Графік перехідного процесу регулювання витрати

З отриманого графіку перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:

- перерегулювання – 0%;
- час регулювання – 27с;

В результаті моделювання отримуємо перехідну характеристику зображену на рисунку 4.4

Рис. 4.4. Графік перехідного процесу з оптимальними налаштуваннями регулятора

Отримані показники якості задовольняють умови які були задані.

5. Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ-регулятора методом Ротача

Для розрахунку даним методом беремо наступні вихідні дані:

Передавальна функція об'єкта управління та ступінь загасання ($\psi = 0.95$). Для розрахунків будемо використовувати математичний пакет Mathcad, задамо наступні вихідні дані

$$M := 1.3; W(s) = \frac{2 \cdot e^{2x} e^{-3s}}{132s + 1}$$

Для формування частотної передавальної функції об'єкта управління зробимо заміну $s = j\omega$

$$Wj(\omega) := W(s) \text{ substitute, } s = i \cdot \omega \rightarrow -\frac{3 \cdot e^{-3i \cdot \omega} \cdot (-1 + 132i \cdot \omega)}{17424 \cdot \omega^2 + 1}$$

Запишемо частотну передавальну функцію розімкнутої системи як послідовне з'єднання ПІ-регулятора і об'єкта управління

$$Wp(k1, Ti, \omega) := \left(k1 + \frac{1}{Ti \cdot i \cdot \omega}\right) \cdot Wj(\omega).$$

При коефіцієнті посилення регулятор, який дорівнює одиниці, отримаємо функціональні залежності для уявної та реальної частин АФЧХ розімкнутої системи управління

$$Up(\omega, Ti) := \text{Re}(Wp(1, Ti, \omega)); \quad Vp(\omega, Ti) := \text{Im}(Wp(1, Ti, \omega)).$$

Робимо функціональну залежність, для того щоб описати ОЕ залежність від отриманих значення показника коливальності M

$$\gamma(M) := \text{asin}\left(\frac{1}{M}\right),$$

$$Y(X, M) := \tan(\gamma(M)) \cdot X.$$

Для точної побудови АЧХ задамо крок зміни і діапазон частоти це необхідно для того щоб відобразити тільки третій квадрант.

$$\omega := 0,0.0001\dots 1$$

Також задамо потрібні параметри s , M , які будемо змінювати для того щоб отримати одночасний дотик прямої ОЕ і кіл.

Виконавши графічні побудови, визначаємо три пари параметрів для ПІ-регулятора (рисунок 5.7).

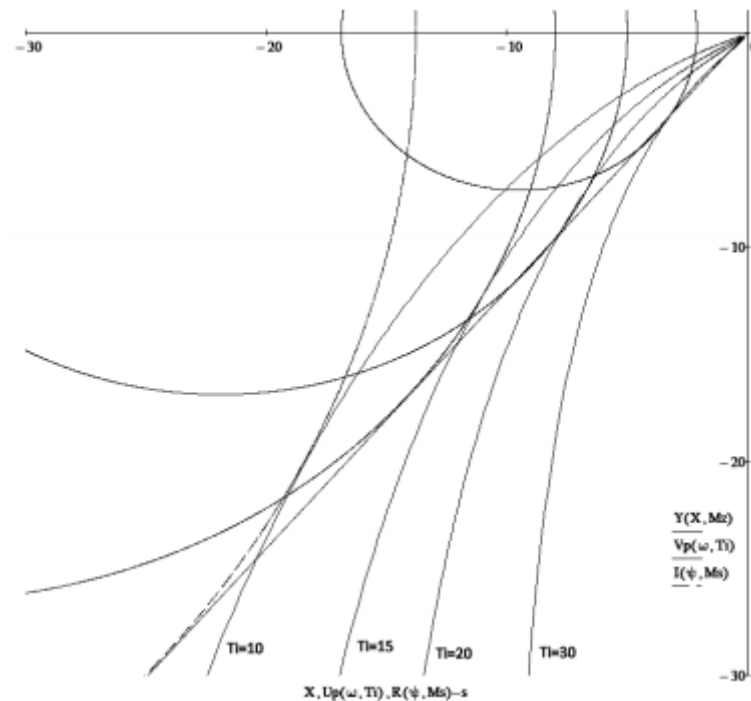


Рисунок 5.7 - Визначення налаштувань ПІ-регулятора методом Ротача

Розрахуємо граничне значення параметра посилення регулятора, що забезпечує необхідне значення параметра коливальності, для кожного з випадків, з виразу

$$k_{p,пр.} = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_0}$$

Розраховані пари значень введемо в вигляді матриці

$$\text{Data} := \begin{pmatrix} 10 & 0.34 \\ 15 & 0.67 \\ 20 & 0.96 \\ 30 & 1.4 \end{pmatrix}$$

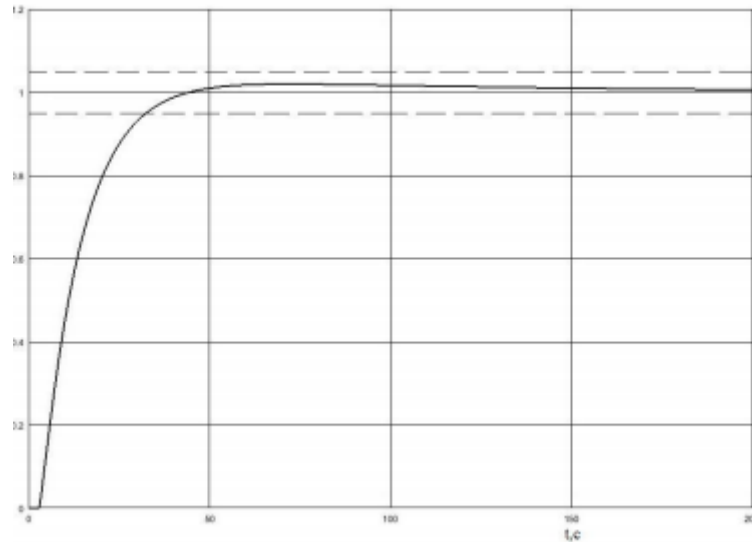


Рисунок 5.8 - Графік перехідного процесу при різних налаштуваннях регулятора

З отриманого графіку перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:

- перерегулювання – 16%;
- час регулювання – 190с;

Розрахунок оптимальних налаштувань П-регулятора інженерним методом (номограм)

Використовуючи метод номограм зробимо перевірку на точність визначення параметрів регулятора методом Ротача. Для отримання оптимальних параметрів регулятора використаємо номограму для ПІ – регулятора з 20%-им перерегулюванням рисунок 5.9

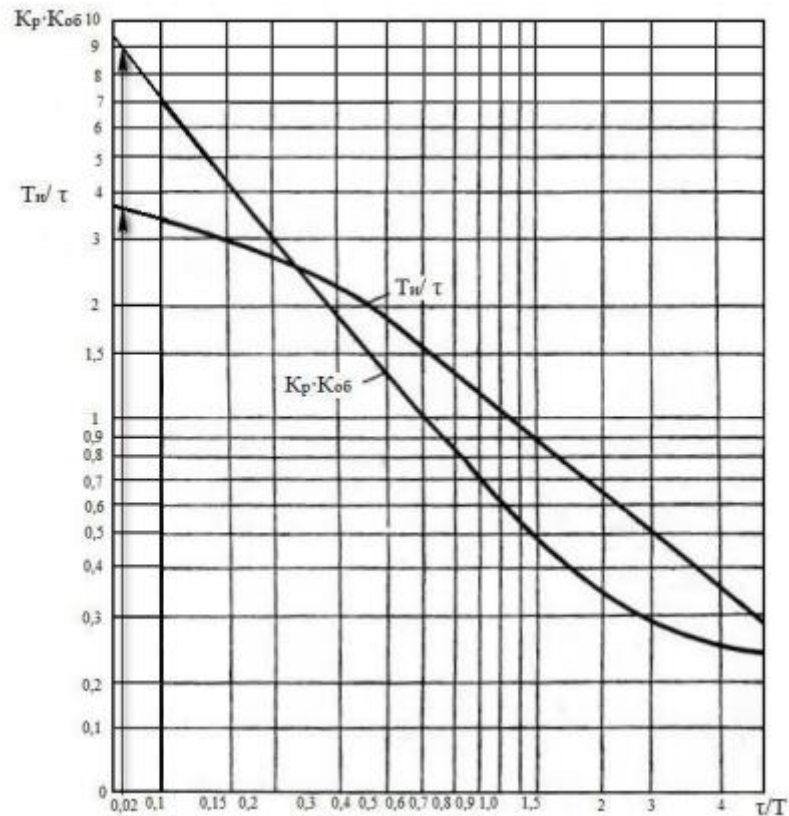
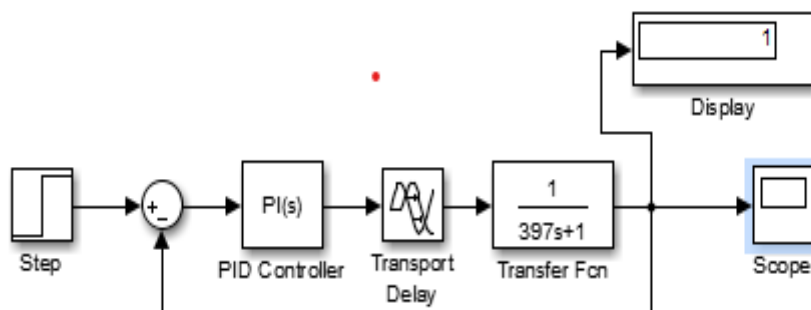


Рисунок 5.9 – Оптимальні налаштування ПІ – регулятора

Відповідно до даних отриманих в математичному описі відношення запізнення до постійної часу об'єкту беремо $\tau/T = 0,018$.

З номограми отримуємо, що для попереднього відношення коефіцієнт посилення буде дорівнювати $K_p K_{ob} = 9,3$, час $T_i/2 = 3.8$, тоді при

$K_{ob} = 1$, $K_p = 9,3$ та $T_i = 7,6$ За результатами будемо графік перехідного процесу рис.5.10



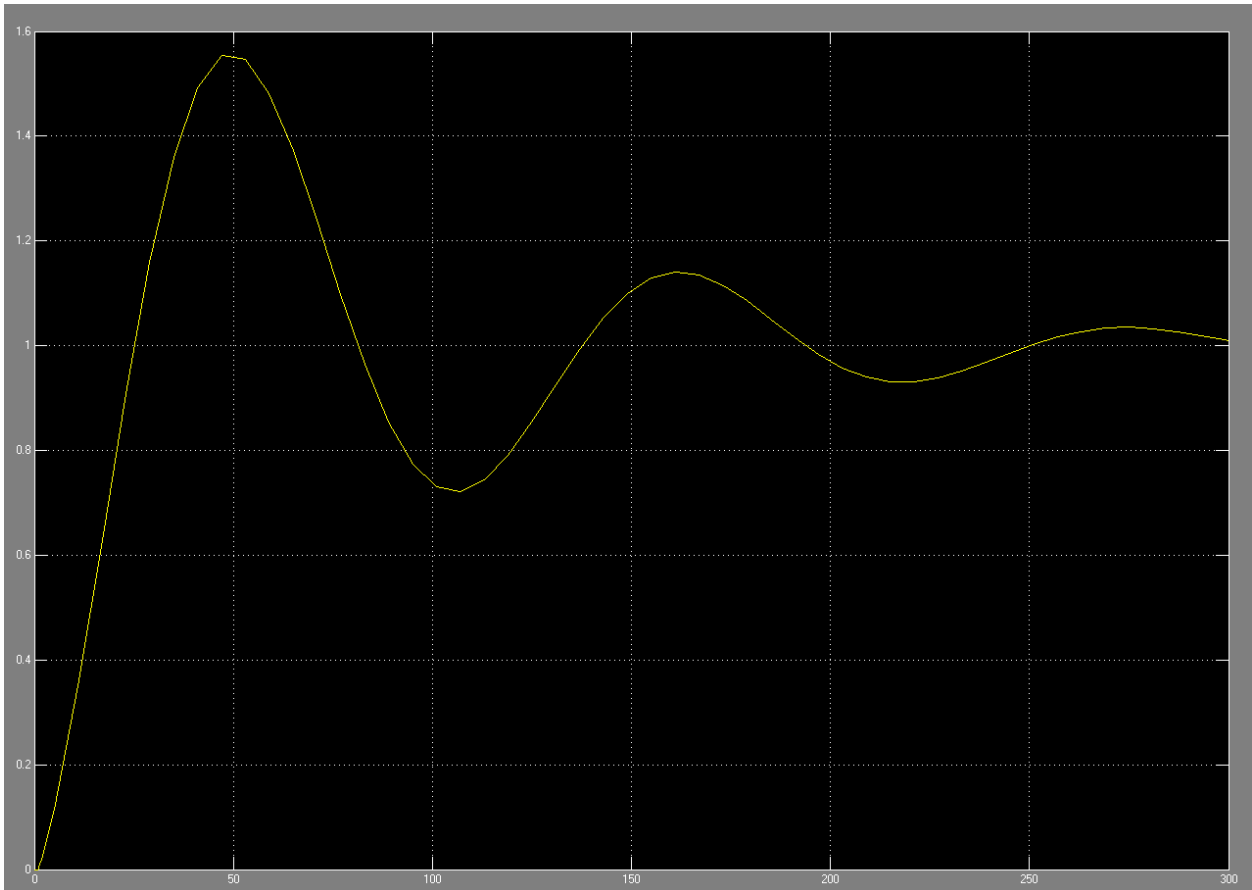


Рисунок 5.10. - Графік перехідного процесу при $K_p = 9,3$ і $T_{iz} = 7,6$ с

З отриманого графіку перехідного процесу отримуємо наступні показники якості:

- перерегулювання – 56,5%;
- час регулювання – 275 с

Отримані результати не відповідають тех.завдання

Оптимізація методами MatLab

Входимо до таблиці налаштувань параметрів ПІ-регулятора та натискаємо кнопку автоматичної оптимізації ПІ-регулятора TUNE.

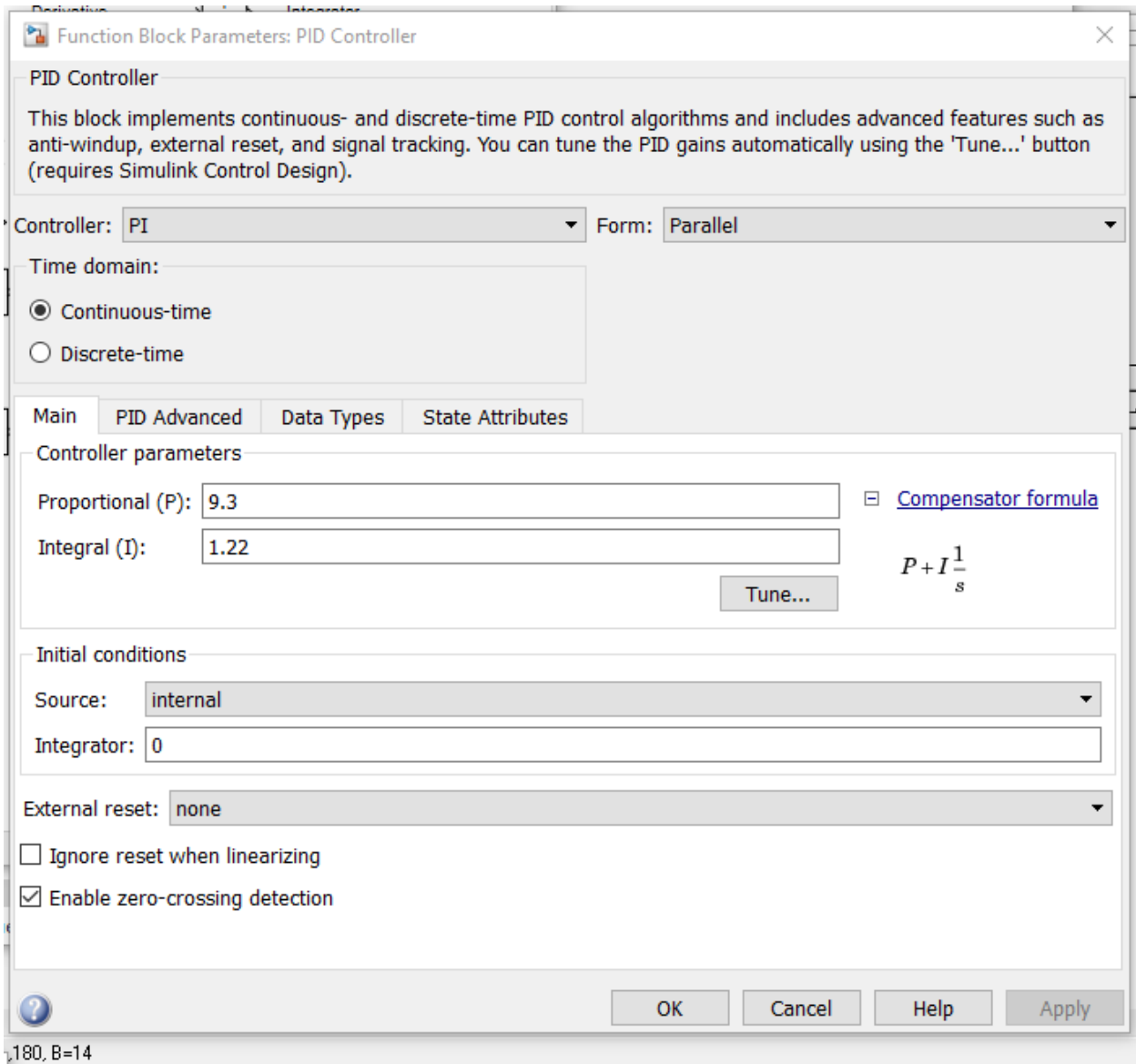


Рисунок .5.11 Вікно налаштувань ПІ-регулятора

З'являється вікно перехідного процесу з оптимізованими параметрами ПІ-регулятора.

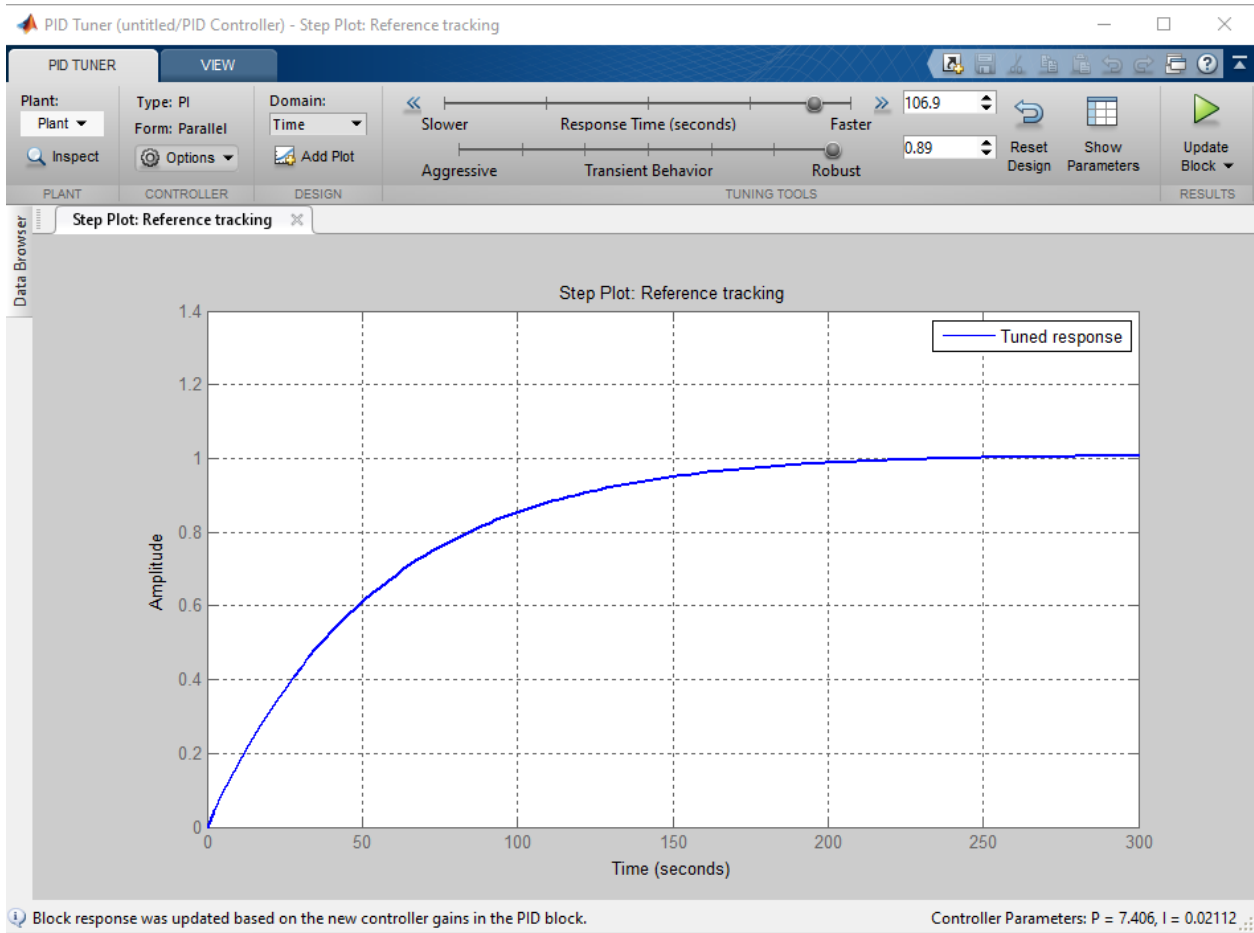


Рисунок 5.12 Вікно налаштувань ПІ-регулятора в програмі MatLab з оптимізованими параметрами ПІ-регулятора $W(p)=P+I/p$

$$P=7,406 \quad I=P/T_{из}=0,021$$

$$\sigma=0 \quad T_{пп}=150 \text{ с}$$

Для порівняння результати досліджень заносимо до таблиці

4.2 Таблиця отриманих показників якості

Метод по знаходженню оптимальних параметрів регулятора	Отримані параметри	
	Час перехідного процесу t_p , сек	Перерегулювання σ , %
Исходный переходной процесс	1200	0,0
Метод Солодовникова аналоговый регулятор	200	0,0
Метод Солодовникова цифровой регулятор	150	0,0
Формульний метод	27	0,0
Метод Ротача	190	16
Метод MatLab	150	0.0

Метод номограм	275	56
----------------	-----	----

Висновок . Метод Солодовнікова з цифровим регулятором та метод оптимізації параметрів регулятора за допомогою Матлаб дають однакові параметри якості регулювання . Істотно гірші показники якості регулювання, визначені за методом Ротача. Близькі за властивостями до цього методу дає аналоговий регулятор, визначений за методом Солодовнікова. Найкращі результати якості регулювання вийшли в формульним методі. Все Регулятори, розраховані розглянутими методами забезпечують необхідну якість регулювання, крім регулятора, розрахованого по номограмі.

5 Алгоритм роботи системи

Опис алгоритму роботи системи

.Система в загальному вигляді працює за алгоритмом представленим на рисунку 5.1. Вона будується на основній програмі, яку розділяють на підпрограми: запуск, регенерація, останов.

Під час включення система спочатку робить перевірку всіх пристроїв, якщо виникає якась несправність, система оповіщає про цю несправність і буде чекати на подальші дії оператора.

Якщо проведена перевірка була вдалою система проводить ініціалізацію пристроїв і переходить в режим очікування команди старт. Щойно команда старт поступила вмикається програма запуску. Для того щоб не виникало аварійних ситуацій в момент запуску нам необхідна головна програма.

Як тільки програма зробить повний пуск системи , в цей момент система зробить перехід на основну програму , відповідно до якої і буде продовжувати роботу.

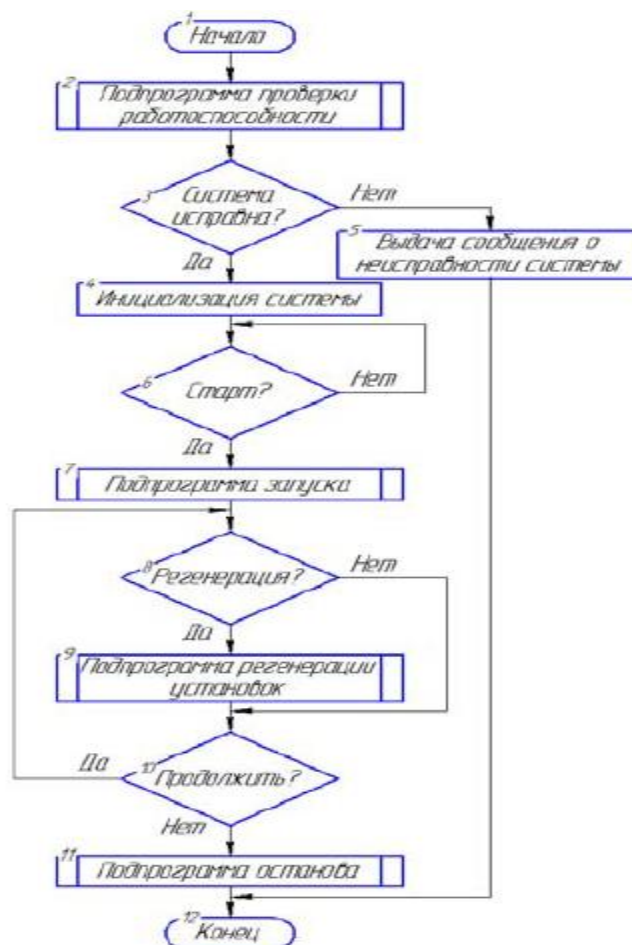


Рисунок 5.1-Схема роботи головної програми

Програма перевірки працездатності

Програма перевірки працездатності представлена на рисунку 5.2.

Спочатку система робить запит готовності контролера, далі система буде чекати відповіді за певний період часу, аж до того моменту поки спрацює черговий таймер. Якщо сигнал від контролера відсутній на протязі деякого заданого проміжку часу програма зробить висновок, що дана система несправна, якщо все ж відповідь від контролера була отримана система робить перевірку всіх датчиків. Якщо під час перевірки відсутній сигнал хоча б від одного з пристроїв, система зробить висновок про несправність. У випадку якщо всі прилади справні, система зробить вихід з даної програми.

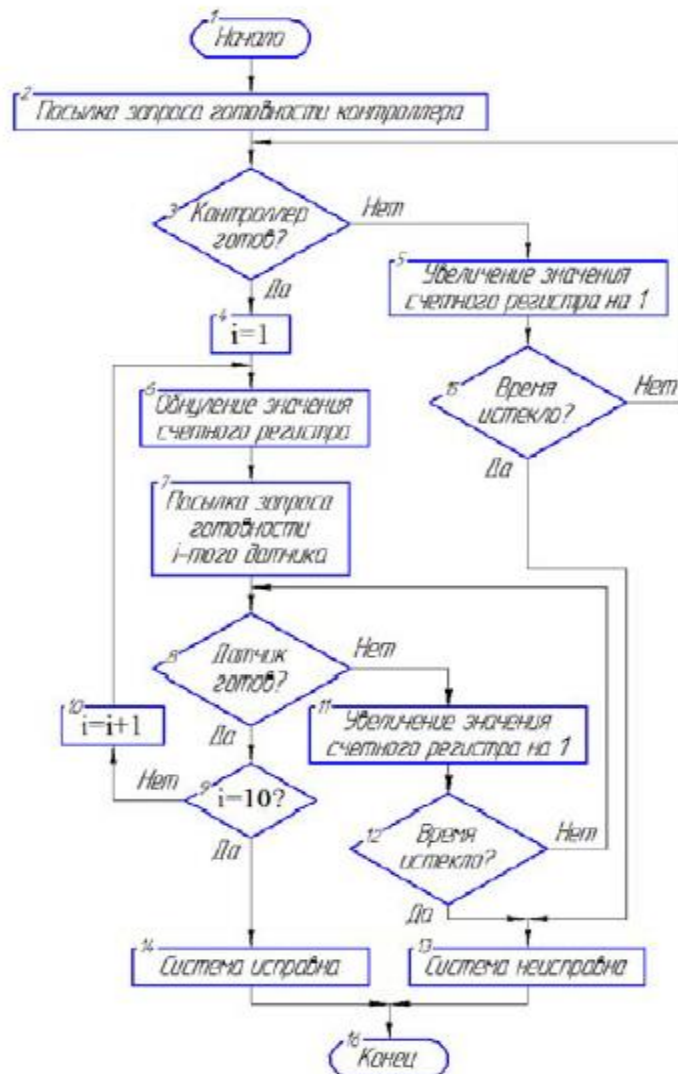


Рисунок 5.2- Схема алгоритму роботи, підпрограми перевірки працездатності

Програма запуску і роботи системи

Основна програма це складний циклічний алгоритм який складається з двох підпрограм: підпрограма запуску (роботи) системи (малюнок 5.3) і підпрограма процесу регенерації (рисунок 5.4). В момент виконання основного алгоритму програми система робить опитування всіх пристроїв, визначає сигнали не узгодженості, також виконує корегування параметрів, проводить запис отриманих значень в пам'ять. Процес регенерації має два режими: регенерація та швидка промивка. Після закінчення процесу або якщо виникає аварійна ситуація є запобігання виходу ситуації за межі допустимого.

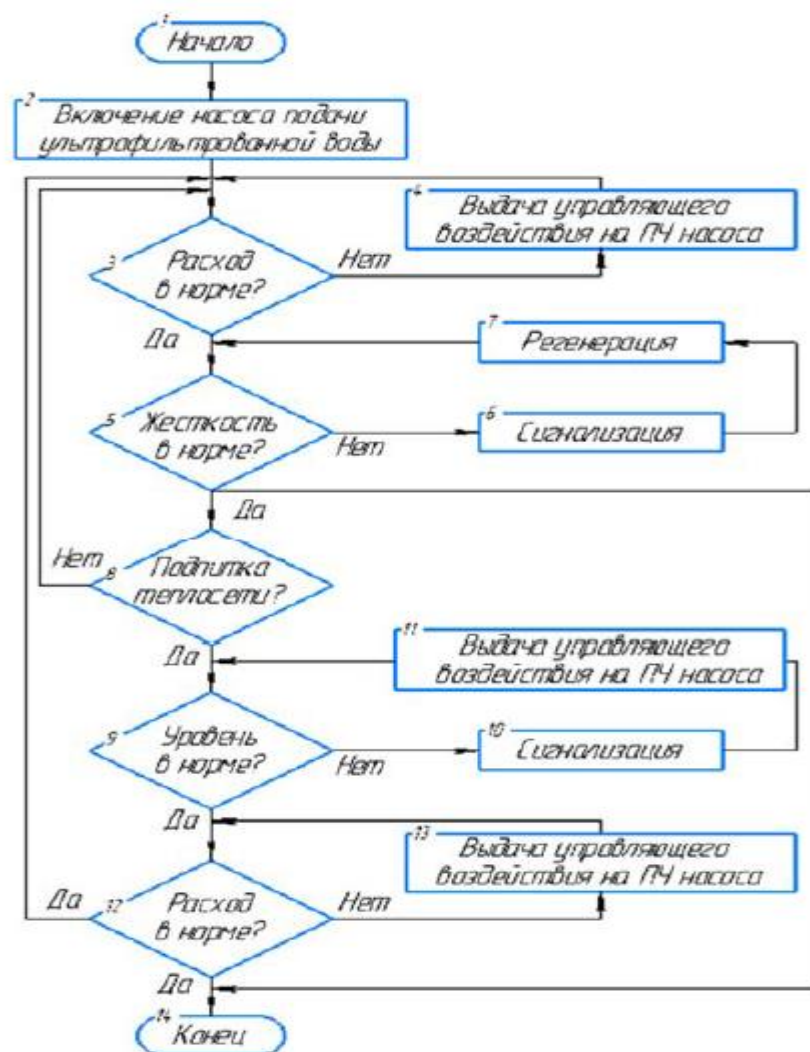


Рисунок 5.3- Схема програми запуску системи

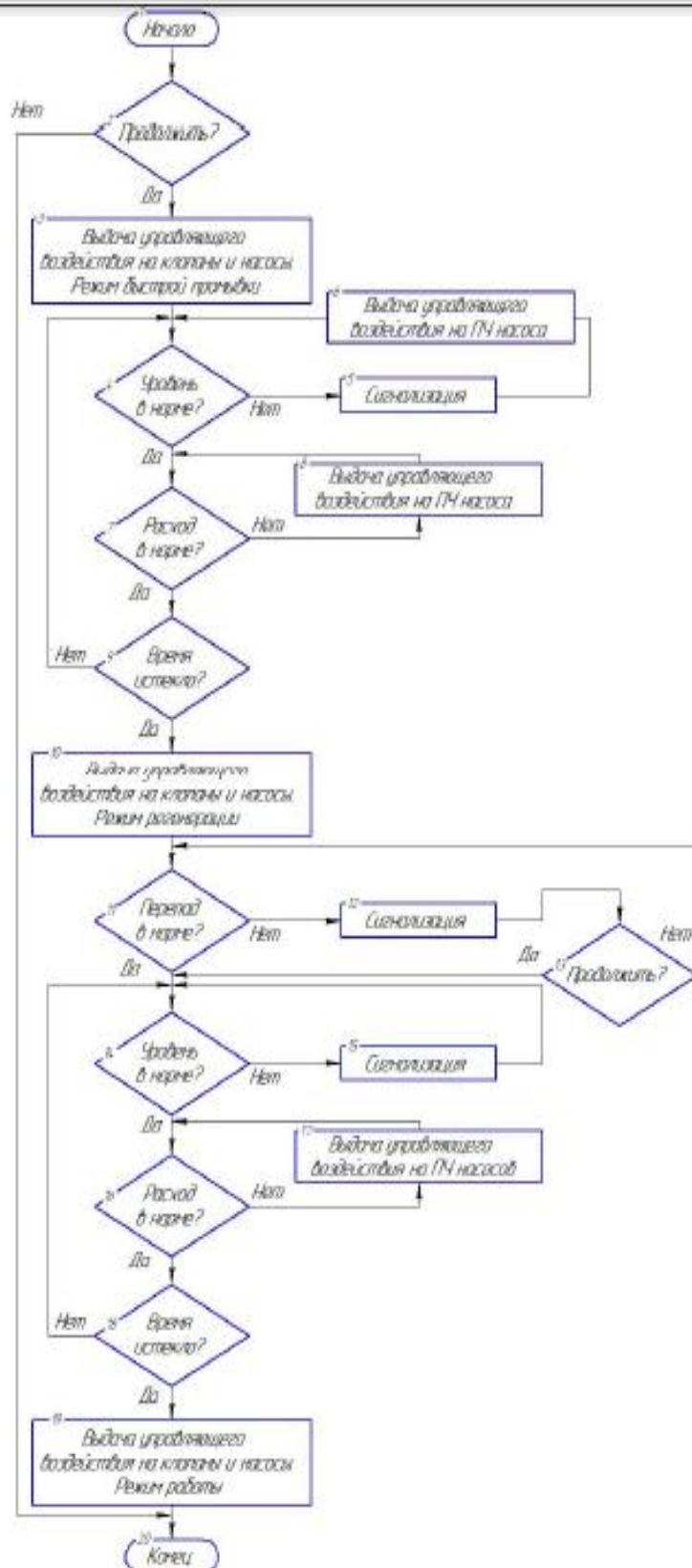


Рисунок 5.4-Схема алгоритма работы программы регенерации

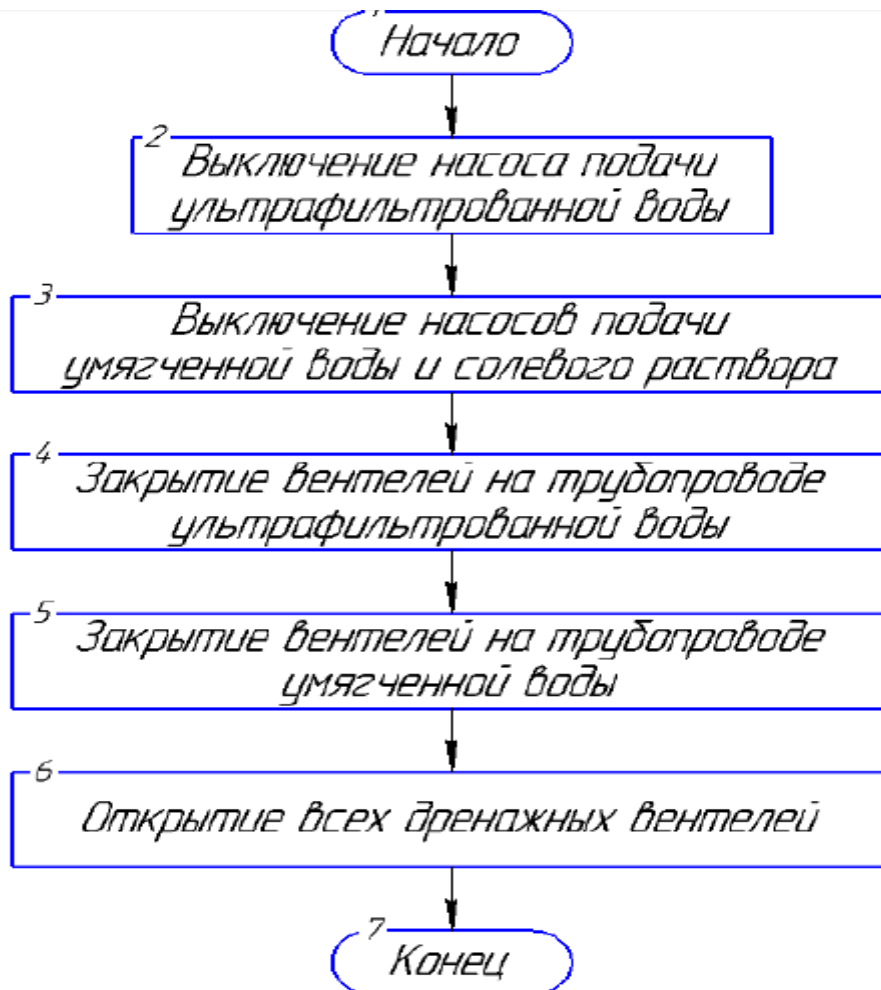


Рисунок 5.5- Схема алгоритма работы программы останова

ВИСНОВКИ

Відповідно до технічного завдання було розроблено інформаційне та технічне забезпечення системи автоматизації.

Система являє собою 2-х рівневу АСУ ТП, до складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отримане від контролера вплив;
- контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів, а так само виступає сполучною ланкою між об'єктом управління і автоматизованим робочим місцем;
- автоматизоване робоче місце (АРМ) до складу якого входить IBM PC комп'ютер з встановленою операційною системою Windows XP, процесором Intel Pentium 4, ОЗУ 512MB і встановленим програмним комплексом TRACE MODE 6

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищило ефективність виробництва, що призвело до:

- підвищення якості продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Справ сел. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, С.А. Ключев. -М .: Вища школа, 1990.- 464с.
2. Інструктивні вказівки до Виконання курсових и дипломних проектів / укладачі: В. Д. Черв'яка, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова. - Суми: Сумський державний університет, 2013. - 69с.
3. Голуб'ятників В.А., Шувалов В.В., Автоматизація виробничих процесів в хімічній промисленості.- СПб .: Хімія, 1985. - 352 с.
4. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектування функціональних схем систем автоматичного контролю і регулювання.-Томськ .: Изд-во Томського політехнічного університету, 2008. - 109 с.
5. Сільниця Р.І., Автоматизація проектування систем автоматичного управління -М: Вища. шк., 1991. - 335 с.
6. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Структурні, функціональні та принципіві схеми / укладач О.Ю. Журавльов. - Суми: Вид-во СумДУ, 2006. - 48с.
7. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Схеми з'єднань, Підключення, ЗАГАЛЬНІ та розміщення / укладач О.Ю. Журавльов. - Суми: Вид-во СумДУ, 2006. - 28с.
8. Camarinha-Matos, Luis M., Afsarmanesh, Hamideh. Balanced Automation Systems Architectures and design methods, 1995.
9. Helen Zhang, Gang Shen, David Jin, Advanced Research on Information Science, Automation and Material System, 2011.
10. Avtandil Bardavelidze, Khatuna Bardavelidze ,Irakli Basheleishvili, Computer Modeling of Automation Systems, 2019.
11. B. R. Mehta, Y. Jaganmohan Reddy, Industrial Process Automation Systems: Design and Implementation
- 12 <http://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/1/504/>
- 13 <http://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/1/985/>
- 14 <https://promelektrosvit.com.ua/p15717996-manometr-0460-mpa.html>
- 15 http://ukrsk.com.ua/korund_div_low.html

- 16 <https://owen.ua/ru/datchiki/pd200-vysokotochnyj-datchik-davlenija-s-indikaciej>
- 17 <http://www.ggp.ru/converters-pressure/zond-10-dd-1161.html>
- 18 <http://www.indelta.ru/kip/datchiki-urovnja/datchiki-urovnja-innolevel/ultrazvukovoy-izmeritel-urovnja-innolevel-echo~mzmuxx.html>
- 19 <http://avtomatica.org/sapfir-22-dg-2520>
- 20 <https://owen.ua/ru/datchiki/pdu-i-poplavkovye-datchiki-urovnja-s-analogovym-vyhodnym-signalom-4-20-ma>
- 21 http://www.us800.ru/opisan_us800_123.htm
- 22 <https://ru.krohne.com/ru/pribory/arkhivnaja-produkchija/ufm-3030/>
- 23 https://www.owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3
- 24 <http://mitsubishi.drives-ua.com/fr-f700.html>
- 25 http://www.eurolab.ru/analizator_aktivnogo_hlora_v_vode_flyuorat_ac2
- 26 http://www.itrostov.ru/pictures/_4353750/5510204.pdf3
- 27 <https://www.owen.ru/product/plk160>
- 28 <https://owen.ua/ru/moduli-vvoda-vyvoda/modul-vvoda-analogovyh-signalov-oven-mv110-8a>
- 29 <https://owen.ua/ru/arhiv-produkcii/modul-vyvoda-upravljajuschij-oven-mvu8>
- 30 <http://santex.com.ua/belimo-r2032-16-s3-r231-dvuxxodovoi-reguliruyushii-sharovoi-klapan.html>

31 Бакалаврська робота Чмихун К.А.

32. Серяков А.Г. Синтез систем управления технологических объектов, описываемых передаточными функциями высоких порядков // Научные труды SWorld: международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2018. – Вып.№51- т.1. – с.40-47

33 Wireless M-Bus Suite and Silabs specific documentation: Quick Start Guide. – Steinbeis Transfer Center for Embedded Design and Networking. – 2014. – 71 p.

34. Internet of Things. - Keysight Technologies, 2016. – 10 p.

35. Nixon M. A Comparison of WirelessHART and ISA100.11a. - Emerson Process Management. – 2012 – 39 p.

36. Mohiuddin, A. K. M. Design and development of hybrid energy generator (photovoltaics) with solar tracker [Text] / Mohiuddin A. K. M, Mohamad Syabil Bin Sabarudin, Ahsan Ali Khan, Sany Izan Ihsan // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 184, 2016. – pp. 1 - 8. doi:10.1088/1757- 899X/184/1/012043
37. Jeevargi, Chetankumar Design and simulation of front end power converter for a microgrid with fuel cells and solar power sources [Text] / Chetankumar Jeevargi, Anuj Lodhi, Allu Sateeshkumar, D. Elangovan , G. Arunkumar // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263, 2017, pp. 1 - 7. doi:10.1088/1757- 899X/263/5/052003