

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А.С.

_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 151 – “Автоматизація та комп'ютерно-інформаційні технології”
на тему: “ Система керування процесом пастеризації овочевих консервів ”

Керівник роботи:

к. т. н., доцент

Толбатов В.А

Виконав студент гр. СУ.м-91

Сапунов О.М

Суми – 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.

“ ____ ” _____ “ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Сапунова Олега Миколайовича

- 1 Тема проекту: Система керування процесом пастеризації овочевих консервів
Затверджено наказом ректора університету № 1820-III від « 25 » листопада 2020р
Термін здавання студентом закінченого проекту «17 » грудня2020 р.
- 2 Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису технологічного процесу установки пастеризації овочевих консервів.
- 3 Зміст пояснювальної записки: аналіз сучасного стану систем керування процесом пастеризації овочевих консервів; математична модель технологічного процесу управління тунельним пастеризатором; аналіз контурів керування системою; опис схеми автоматизації, експериментально-розрахункова частина.

4 Перелік графічних матеріалів:

А) Схема функціональна автоматизації;

5 Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Огляд літератури та підбір першоджерел	01.09.2020 - 15.09.2020
2	Аналіз сучасного стану систем керування процесом пастеризації овочевих консервів	16.09.2020 – 20.09.2020
3	Ознайомлення з роботою установки пастеризації овочевих консервів та аналіз контурів керування системи	21.09.2020 - 02.10.2020
4	Розроблення пояснювальної записки	03.10.2020 – 03.11.2020
5	Вибір технічних засобів для роботи системи керування, оновлення функціональної системи керування	04.11.2020 – 24.11.2020
6	Технічне оформлення проекту. Здавання проекту керівнику	25.11.2020- 14.12.2020

6 Дата видачі завдання “4 “ вересня 2020 р.

Керівник проекту:

к. т. н., доцент Толбатов В.А

До виконання прийняв:

студент-дипломник групи СУ.м-91 Сапунов О.М

РЕФЕРАТ

Сапунов Олег Миколайович. Система керування процесом пастеризації овочевих консервів. Кваліфікаційна робота магістра . Сумський державний університет. Суми, 2020 р. Система автоматизації розроблена на базі контролера SIMATIC S7–1500 компанії Siemens.

Проект містить 84 сторінки, 37 рисунка, 10 таблиць, 3 додатки. При виконанні кваліфікаційної роботи було використано 20 літературних джерел.

Розроблено автоматизовану систему керування пастеризації овочевих консерв. Підбрано засоби автоматизації. Розроблено алгоритмічне забезпечення та відповідне SCADA забезпечення, що являє собою важливий елемент відстеження та керування параметрів системи. Також сгенеровано ПІ регулятор що модернізує та пришвидшує роботу системи загалом. В якості середовища розробки програмного забезпечення було обрано середовище програмування TIA Portal V14 компанії Siemens

Ключові слова: тунельний пастеризатор, ПІ регулятор, управління температурою.

ABSTRACT

Sapunov Oleh Mykolayovich. Process control system for pasteurization of canned vegetables. The graduation work. Sumy State University. Sumy, 2019. The automation system based on controller "SIMATIC S7–1500" of Siemens company.

Explanatory note consists of 84 pages, 37 pictures, 10 tables, 3 applications. 20 sources of literature has used while making the graduation work.

An automated control system for pasteurization of vegetable cans has been developed. Automation tools are selected. Algorithmic software and corresponding SCADA software have been developed, which is an important element of monitoring and managing system parameters. A PI controller has also been generated, which modernizes and speeds up the system as a whole. Siemens' TIA Portal V14 programming environment was chosen as the software development environment.

Keywords: tunnel pasteurizer, PI regulator, temperature control

Зміст

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
Вступ.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ОВОЧЕВИХ КОНЦЕРВІВ.....	10
1.1 Загальна характеристика тунельних пастеризаторів.....	10
1.1.1 Опис процесу розпилення води всередині тунельного пастеризатора.....	11
1.1.2 Опис процесу циркуляції води всередині тунельного пастеризатора.....	12
1.2 Функціональна структура системи управління тунельним пастеризатором.....	14
1.3 Аналіз проблем під час процесу пастеризації овочевих консервів.....	15
1.4 Висновки.....	17
2. ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
2.1 Постановка завдань дослідження для підвищення ефективності функціонування.....	18
процесу пастеризації овочевих консервів	
2.2 Математична модель технологічного процесу управління тунельним.....	19
пастеризатором	
2.2.1 Обчислення одиниць пастеризації	19
2.2.2 Обчислення часу знаходження продукції вище потрібної температури.....	20
2.2.3 Модель стрічкового конвеєра	20
2.2.4 Модель системи розпилення	21
2.3 Висновки.....	21
3. Дослідження технологічного процесу пастеризації овочевих консервів.....	22
3.1 Аналіз контурів керування системою.....	22
3.1.1 Аналіз підсистеми транспортування продукту та завдання швидкості руху конвеєра всередині пастеризатора.....	22
3.1.2 Аналіз підсистеми регулювання температури в зонах пастеризації.....	23
3.1.3 Аналіз підсистеми регулювання рівня рідини в робочих баках.....	24
3.1.4 Аналіз підсистеми регулювання тиску трубопроводах подачі пару та води.....	26

3.1.5 Аналіз підсистеми циркуляції води для зрошення.....	27
3.2 Висновки.....	29
4. Експериментально-розрахункова частина.....	30
4.1 Вибір мікропроцесорних засобів.....	30
4.1.1 Контролер.....	30
4.1.2 Сигнальні модулі.....	35
4.1.3 Комунікаційний модуль.....	36
4.1.4 Блок живлення.....	38
4.1.5 Панель оператора.....	39
4.1.6 Організація каналу зв'язку.....	42
4.2 Вибір давачів.....	45
4.1.1 Давач температури води.....	45
4.1.2 Давач тиску води та пари.....	48
4.1.3 Давач рівня.....	51
4.1.4 Давач швидкості переміщення конвеєрної лінії.....	53
4.2 Вибір регулюючих органів та виконавчих механізмів.....	55
4.3.1 Вибір перетворювачів частоти.....	55
4.3.2 Вибір клапанів.....	60
4.3.3. Вибір двигуна для конвеєрної лінії.....	62
4.3.4 Вибір гідравлічних насосів.....	65
4.3.5 Вибір парогенератора.....	67
4.4 Розрахунок довжини тунельного пастеризатора для більшої ефективності процесу пастеризації.....	69
4.5 Моделювання динаміки об'єкта.....	70
4.6 Програмне забезпечення системи управління.....	76
4.7 Висновки.....	78
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	81

Додаток А.....	84
Додаток Б.....	85
Додаток В.....	87

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТП-тунельний пастеризатор

АРМ-автоматизоване робоче місце

БУК-блок управління конвеєром

ШІМ - широтно імпульсна модуляція

ВЧП-високо частотний передатчик

ЧП-частотний перетворювач

ПЛК-програмований логічний контролер

ПК-персональний комп'ютер

АРМ-автоматизоване робоче місце

ПЗ- програмне забезпечення

ВСТУП

Пастеризація – це термічна обробка продукції, в ході якої знищуються мікробіологічні організми. Основною метою пастеризації є, зробити прийом цього продукту безпечним для людини, виготовити біологічно стабільний продукт й тим самим збільшити термін придатності.

На сьогоднішній день тема дослідження є **актуальною** тому що з кожним роком об'єм продукції яку споживає людство становиться більшим та більшим. Це приводить до збільшення об'ємів продукції яку потрібно пастеризувати.

Основними проблемами при пастеризації є під та над пастеризації які в свою чергу зв'язані з проблемами регулювання температури.

Метою дослідження буде генерація ПІ регулятори завдяки чому ми скоротимо час перегулювання температури ,що позитивно вплине на весь процес пастеризації.

Об'єктом дослідження в такому випадку буде процес керування робочими органами тунельного пастеризатора. **Предметом дослідження** перехідні процеси при керуванні тунельним пастеризатором.

Завданнями дослідження є підбірка засобів автоматизації, корегування ФСА, розробка алгоритму керування тунельним пастеризатором, та синтез регулятора для системи регулювання температури

Наукова новизна роботи полягає в заміна базового регулятора тунельного пастеризатора на регулятор пропорційно-інтегральний.

Данна робота має велику **теоретичну значимість** для розділу автоматизації в харчовій промисловості, оскільки приведе до більш економічного використання продукту, за рахунок зниження псування продукту.

Практична цінність, полягає в майбутньому впровадження автоматизації процесу пастеризації який буде сприяти безаварійній роботі обладнання, збільшення його економічної ефективності, збільшення продуктивності лінії загалом.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ ТУНЕЛЬНОГО ПАСТЕРИЗАТОРА

1.1. Загальна характеристика тунельних пастеризаторів.

Пастеризація тунельним методом використовується для металевих і скляних банок, при цьому сам процес пастеризації відбуватиметься після заповнення тари продуктом і закриття або запаювання банок. Часовий проміжок за який відбуватиметься процес пастеризації буде набагато довшим, «флеш-пастеризація» справляється з цим набагато швидше, але й кількість ризиків значно менша.

Тривалість процесу, в залежності від певних факторів, таких як розмір, вага і матеріал банки, варіюється в проміжку до 1 години. При цьому пік температури досягається десь в центрі самої пастеризації. Маємо масу причин, чому цей довгий проміжок часу є необхідний.

По перше, швидкість, проходження тепла через стінку тари, а потім через вміст, а саме сам продукт є зтяжними та часозатратними.

По друге, при використанні скляної тари то, ми можемо отримати швидке підвищення температури що викличе термічне напруження, яке може привести до розриву пляшки.

По третє, відбувається різке підвищення тиску, а коли сильно газований продукт нагрівається знову виникає ситуація з ризиком розриву тари.

ТП складаються з довгої закритої камери, зазвичай 15-30 м, з одним або двома транспортуючими полотнами, всередині якої продукт зрошується водою, далі продукт рухається транспортуючим полотном. Тунель поділено на дев'ять температурних зон зрошення, які скомбіновані в температурні зони, в кожній зоні температура постійно підвищується та наближається до бажаної температури пастеризації після цього продукт потрапляє до зон охолодження, в цих зонах продукт охолоджується до необхідної вихідної температури, яка максимально наближається до точки роси середовища в якому вона знаходиться, а саме температури, яка приведе до запобігання утворення конденсату на тарі в яку упаковано продукт що погано впливає на процес упаковки.

Вода що збігла з банок потрапляю до баків зон пастеризації та використовується повторно.[1]



Рисунок 1.1 -Зовнішній вигляд пастеризатора тунельного типу

Основними складовими системами пастеризатора є, системи розпилення і циркуляції води в ТП та система.

1.1.1 Опис процесу розпилення води всередині тунельного пастеризатору

Рівномірний розподіл води всередині ТП є дуже вагомими фактором. Тому що кожна окрема банка повинна отримати рівну кількість зрошення, та досягати правильної температури.

Розпилювачі можуть бути наступних видів :

- Аерозольні розпилювачі, які проганюють воду через спеціально підняті решітки, в яких не закупорюються отвори і ця система працює за допомогою сили тяжіння.
- Розбризкуючі бруски з отворами в вигляді зубчиків що не забиваються.
- Розпилювальні форсунки, які забезпечують активне розпилення, легке обслуговування та точність зони розпилення



а)

б)

Рисунок 1.2 - а) Аерозольні розпилювачі, б) Бруски для розпилення



а)

б)

Рисунок 1.3 - а) Розпилююча форсунка, б) Розпилюючі форсунки в дії

1.1.2 Опис процесу циркуляції води всередині тунельного пастеризатора

Теплообмінники з'єднані з кожною окремою зоною, в якій тара підлягає нагріванню, водою або паром в процесі пар подається через власний окремий трубопровід. Пар в частоті випадків подається з окремого джерела подачі пару, так званого парогенератора, зону в яку ми подаємо пар з застосуванням керуючих клапанів для керування паропроходом в кожній обраній зоні. При використанні систем обігріву з водяними паровими теплообмінником в кожній індивідуальній зоні при цьому кількість клапанів для пари стає рівним кількості теплообмінників як мінімум.

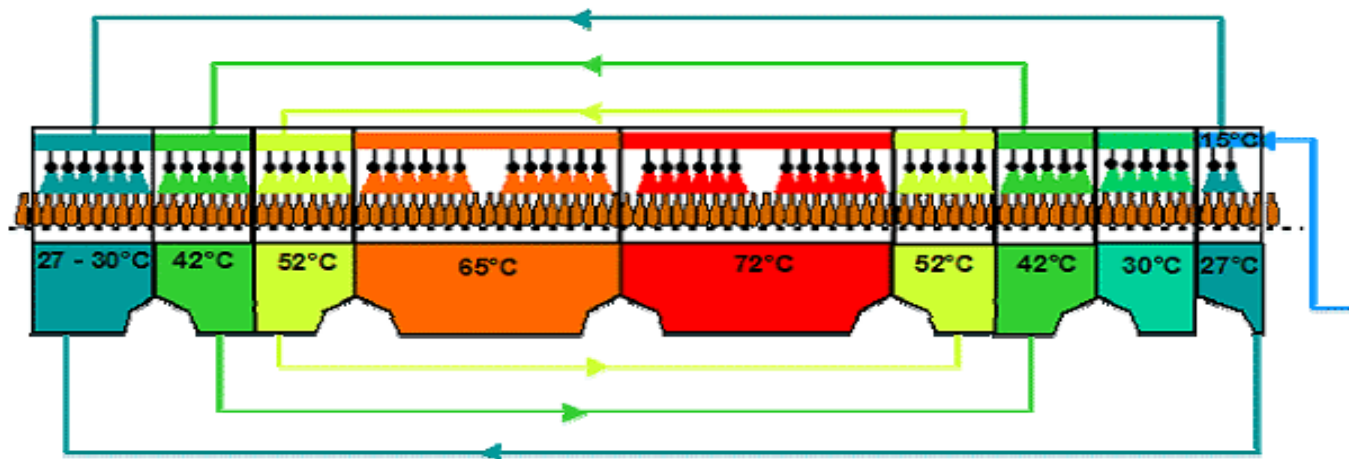


Рисунок 1.4 - Схема тунельного пастеризатора з 3 регенеративними парами

Циркуляція води в звичайному пастеризаторі забезпечуватиметься так названими регенеративними парами. Кожна регенеративна пара має однакову температуру води і включає зону нагрівання і зону охолодження які з'єднані між собою замкнутим контуром. У межах регенеративної пари розпилюється вода, яка охолоджується, оскільки нагріває вхідний продукт та віддає тепло в зоні нагрівання, ця вода збирається в відстійнику, закачується в зону розпилення з прохолодною водою і використовується для охолодження теплої тари, що доїжджає в наступну в зону. Одну і ту ж саму воду, після того як вона нагріється після контакту з вихідним гарячим продуктом, збирають в зону охолодження відстійника і перекачують в зону розігріву для використання при нагріванні вхідних продукту. За необхідності температура вхідної води може бути підвищена до більш високої .

Сучасні пастеризатори мають закритий цикл циркуляції води, таким чином час обігріву для кожної зони скорочуватиметься, та таким чином буде можливо зберегти достатні обсяги енергії та води. Це досягається дякуючи спеціально зробленій конструкції системи обігріву та циркуляції води з єдиним парогенератором і одним баком.

Завдяки базовому парогенератору для всіх зон, можна направити потік пари до єдиної конкретної зони, що покращує прогрівання та ефективність машини. Кожний раз, коли це потрібно для регулювання температури води в певній зоні, пряме введення нагрітої води в трубу дозволяє підняти швидкість нагрівання. ТП спроможний швидко відповідати на нерівності і забезпечити швидкий перезапуск або з нуля запустити установку.

Наступною не менш важливою частиною системи циркуляції є резервуар запасу, де зберігається вода зібрана з тари що проходить всередині пастеризатора. Зазвичай буфер складається з одного бака гарячої води та ще одного холодної . Потім робочу воду переправляють в резервуар з подібною температурою. Така система забезпечує

кращу характеристику потоку порівняно зі старими системами оскільки ми можемо використовувати одну й ту саму воду, декілька разів.[2]

1.2 Функціональна структура системи управління тунельним пастеризатором

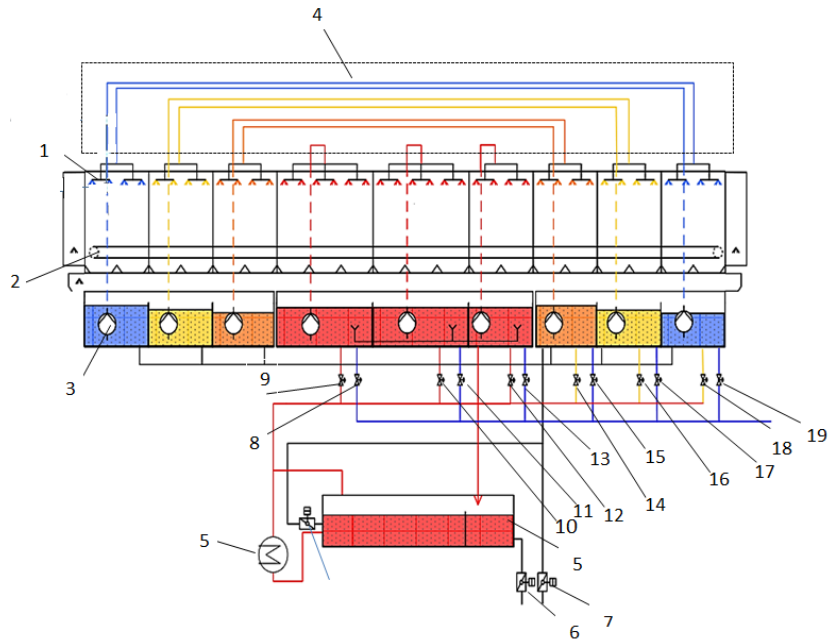


Рисунок 1.5 - Структурна схема ділянки пастеризації овочів

Ділянка пастеризації складається з : 1-розпилюючих форсунок; 2-конвеєрної стрічки для транспортування; 3-насосів ; 4-системи трубопроводів; 5-парогенератора;6-7-заслонки для зливу відпрацьованої рідини;8-19-регулюючих клапанів.

Технологічний процес пастеризації овочів проходить наступним чином. Продукт в тарі надходить до спеціальної ділянки в той час як відбувається холодний пуск машини. На початку процесу відкриваються всі клапани **8-19** як з такі які включають теплу воду з парогенератора **5**, так і клапани ввімкнення гарячої води. Після набрання потрібного системі рівня води, клапани **8,11,13,15,17,19** з холодною водою будуть закриті, а клапани які ведуть з парогенератора **9,10,12,14,16,18** будуть продовжувати нагрівати рідину в баках до потрібної температури . Щойно ми отримаємо потрібну температуру в перших трьох зонах, ці зони називаються зонами термо-підготовки, дійде

до потрібної, транспортує полотно **2** запуситься і продукт почне рух всередину пастеризатора ,в один момент з цим ввімкнуться й насоси **3** в цих зонах, з форсунок **1** почне розбризкуватись вода. В цей самий час система продовжуватиме нагрівати воду в зоні пастеризації ,система розраховуватиме час підготовки залежно від часу нагрівання води в цистерні. Після цього продукт прямує до зони пастеризації. Після чого прямує в зону охолодження, там всередині завдяки системі трубопроводу **4** вода з зони термічного підготування продукту повертається до зони де продукт охолоджується. Таким проходить безперервний процес пастеризації продукту в ТП. Далі ми розглянемо процес вимкнення системи який буде проходити наступним чином. При вимкненні пастеризатора першим кроком, буде вимкнення живлення парогенератора, після чого буде ввімкнено всі клапани на злив, в тому числі й клапани зливу **6,7** .Коли всередині ТП зовсім не буде рідини можна вважати що процес повністю завершено.[3]

1.3 Аналіз проблем під час процесу пастеризації овочевих консервів

При проектуванні ТП приходиться боротися з такими основними проблемами як під та над-пастеризація . Одні з них, як під-пастеризація і над-пастеризації, викликані недосконалою системою управління . Надмірне споживання води та надмірні втрати енергії є наслідками не зовсім правильного проектування системи циркуляції та зрошення води і системи нагрівання, які в сьогоднішньому проектуванні замінені на системи, розроблені з акцентом на економічну ефективність.

Термін підпастеризація є відносним, він залежить від біологічного стану упакованої продукції, чистоти тари і необхідного рівня надання гарантій виробника. Підпастеризація частяком відбувається випадково, внаслідок виникнення несправності у терморегуляторах, або ж продукція рухається конвеєром з дуже з дуже великою швидкістю, також не відкидаємо неправильний розподіл води в результаті закупорювання форсунок або балок.

Надмірна пастеризація трапляється значно частіше, ніж під-пастеризація, в зв'язку з тим що технологи частіше роблять помилки коли заносять верхній поріг для пастеризації, також ми не можемо зневажати можливість відмови якогось обладнання. Наприклад коли неприємності на лінії пакування або наповнення приводить до зупинки ТП, продукт який повинен нагріватися до 60°C , після зупинки продовжують пастеризувати, тобто зупинка на 10 хвилин приведе до нагрівання 63°C , а це в свою чергу змінить смакові та біологічні якості продукту. Помилка в управлінні нагріванням і неточності в калібруванні також викликають надпастеризацію.

Використання води та відправлення її на відходи виробництва також є великою проблемою. Стара система пастеризатора з меншою кількістю ніж 3 парами регенерації така система постійно вимагає охолодження холодною водою. Коли економічно це не наносить ніяких проблем, то залишкову воду виливають в каналізацію. На сьогоднішній день цю воду збирають і знову закачують до пастеризаторів.

Втрата теплової енергії теж є проблемою. Залишок води, що перенаправляється при перевищенні потрібної температури, автоматично така вода стає джерелом втрат тепла. Як правило, пастеризатор який не є добре збалансований вимагатиме безперервного додавання теплової води. Коли ми не маємо жодного продукту в гарячій зоні регенеративної пари, ми повинні витратити більше енергії нагрівання ніж потрібно, це нагрівання зазвичай відбувається продуктом, що охолоджується. Це додаткове нагрівання також необхідне, якщо в гарячій зоні знаходиться менше продукту ніж у холодній зоні. Коли ТП наповнюється тарою (обкатка) на початку дня або зсуву продукції, гаряча частина буде повністю пуста і нагрівання, те яке зазвичай забезпечується гарячим продуктом, має бути забезпечено парою або гарячою водою. Це зайве нагрівання що втрачається під час перших запусків і вважається потрібною витратою теплової енергетики. Так як було вказано раніше, енергія що втрачається під час так званої обкатки. Наступна проблема з'явиться якщо подача продукту на пастеризатор буде затримуватися, таким чином ми теж будемо втрачати енергію. Після продовження постачання продукту, ми будемо мати прогалину між продукцією в ТП.

Проміжок таких прогалин часто приводить до не ефективної роботи ТП. В результаті ми будемо мати значні втрати.[4]

Зробивши аналіз проблем які можуть виникати нашою задачею буде мінімізувати вплив цих проблем на продукт

1.4 Висновки

В першому розділі нами був проведений огляд та аналіз сучасного стану системи керування процесом пастеризації овочевих консервів. Нами було розглянуто загальну характеристику тунельного пастеризатора.

Розглянуто принципи роботи старих та сучасних тунельних пастеризаторів з наявними регенеративними парами та з відсутністю таких пар.

Розглянуто структурну схему ділянки пастеризації овочів яка складається з розпилюючих форсунок, конвеєрної стрічки для транспортування продукції, насосів, системи трубопроводів, парогенератора, заслонки для зливу відпрацьованої рідини, та регулюючих клапанів.

Проведено аналіз найчастіших проблем які виникають під час пастеризації овочевих консервів, а саме підпастеризації та надпастеризації. З'ясували причини виникнення цих проблем та заходи боротьби з ними.

Досліджено технологічний процес проходження продукту зонами пастеризації від зони підготовки, до зони нагрівання та зони охолодження.

2. ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Постановка завдань дослідження для підвищення ефективності функціонування процесу пастеризації овочевих консервів.

В попередніх розділах нами була розглянута система керування процесом пастеризації овочевих консервів на базі тунельного пастеризатора. Сам по собі тунельний пастеризатор може використовуватися для якісної та об'ємної пастеризації овочевих консервів, фруктових консервів, і тд. Дана система може допомогти великим підприємствам яким потрібна пастеризація великих об'ємів пастеризації. Отже в зв'язку з інформацією знайденої в матеріалах інформаційних джерел ми проаналізували технічну систему з позицій устрою та принципу функціонування

Тому на підставі аналізу процесу сформулювали особливі вимоги до автоматизації а саме:

- збільшити точність задання температури для збільшення якості продукту;
- зменшення часу перегулювання в контурах терморегуляції;

З проведеного аналізу виберемо **об'єкт дослідження**: процес керування робочими органами тунельного пастеризатора. **Предметом дослідження** перехідні процеси при керуванні тунельним пастеризатором.

На підставі проведеного аналізу сучасного стану сформульований нами предмету дослідження поставим наступні задачі дослідження.

Задача 1. Скорегувати функціональну схему автоматизації системи керування пастеризацією овочевих консервів.

Задача 2. Зробити огляд засобів автоматизації для поліпшення якості роботи системи

Задача 3. Розробити алгоритм керування тунельним пастеризатором, та його ПЗ

Задача 4. Синтезувати регулятор для системи регулювання температури в зонах пастеризації

Таким чином на підставі аналізу автоматизації системи керування процесом пастеризації нами поставлені задачі наукового дослідження яким будуть присвячені розділи дипломної роботи.

2.2 Математична модель тунельного пастеризатора

Весь процес тунельної пастеризації складається з двох основних компонентів. Цими компонентами є система розпилення та система транспортування. В цілях керування процесом пастеризації нам потрібно розглянути саме ці системи, тобто розглянути моделі системи розпилення та системи транспортування. Схема моделі що зображена на рисунку 2.1 має назву (схема пастеризатора з одним робочим полотном). Вхідними даними буде швидкість конвеєра V , та температура в зоні пастеризації T_z , в залежності від шляху s , при цьому тара зрошується водою з температурою T_{up} . На виході маємо такі данні як T_{in} тобто температуру продукту всередині тари на виході, температура відпрацьованої води T_{down} , PU одиниць пастеризації, час проведений з перевищенням температури TAT .[21]

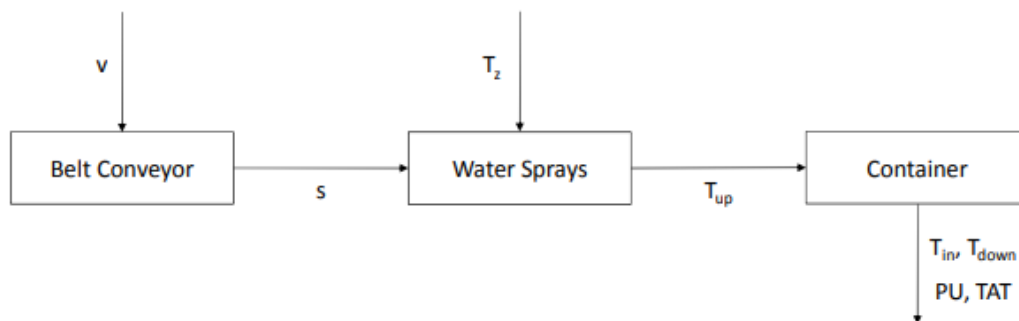


Рисунок 2.1 – Схема моделі пастеризатора з одним робочим полотном.

2.2.1 Обчислення одиниць пастеризації

Якість пастеризації кількісно визначається, використовуючи термін «Одиниці пастеризації». Це нелінійне вимірювання часу та температури, яке відображає швидкість вбивання бактерій всередині продукту. Одна пастеризаційна одиниця визначається як 1 хвилина нагрівання при 60°C . Формула для обчислення приведена нижче.

$$\frac{dPU(t)}{dt} = 10^{\frac{T(t)-T_{ref}}{z}}, \quad \text{для } T(t) \geq T_x \quad (2.1)$$

$$\frac{dPU(t)}{dt} = 0, \quad \text{для } T(t) < T_x$$

Де PU- це одиниця пастеризації; T-це температура продукту. T_{ref} - це константа що дорівнює 60 градусів за Цельсієм, T_x – це температура нижче якої пастеризація не буде давати жодної ефективності; z-це температура яка потрібна для зменшення бактерій в 10 разів.

2.2.2 Обчислення часу знаходження продукції вище потрібної температури

Час знаходження продукції вище потрібної температури- це зовсім інакша характеристика пастеризації, яка показує час протягом якого температура продукту дорівнює або вище 60 градусів Цельсію (в нашому випадку).

$$\frac{dTAT(t)}{dt} = k, \quad k=1 \text{ для } T(t) \geq 60 \quad (2.2)$$

$$k=0 \text{ для } T(t) < 60$$

Де TAT - це час з перевищенням температури; T-це температура продукту.

2.2.3 Модель стрічкового конвеєра

Транспортувальний конвеєр – це система яка перетворює швидкість конвеєра в положення рухомого об'єкту . Отже вхідні данні модельної частини що представляють собою транспортуєче полотно є швидкістю та початковим значенням позиції тари, а вихідні данні це позиції теперішні тари. Це можна записати як рівня(2.3) .

$$s_i(t) = s_i(t_0) + \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau, \quad i = 1, \dots, N_c, \quad (2.3)$$

Де $S_i(t)$ це позиція тари i за часом t , $s_i(t_0)$ це початкова позиція продукту в тарі при часі (t_0), $v(t)$ це швидкість транспортуючого полотна, N_c -це кількість упаковок продукту.

2.2.4 Модель системи розпилення

Розпилювальна система забезпечує кожному зоні пастеризатора водою необхідної температури. Під час проходження упакованого продукту тунельним пастеризатором, він проходить через всі зони термічної обробки, де зрошується водою відповідної температури. Цю температуру визначають у рівнянні (2.4)

$$b_{z_j} \leq s_i(t) \leq e_{z_j} \Rightarrow T_{up_i}(t) = T_{z_j}(t), \quad i = 1, \dots, N_c, j = 1, \dots, N_z, \quad (2.4)$$

Де $S_i(t)$ це позиція тари i за часом t , b_{z_j} це дистанція від початку зони зрошення j до початку пастеризатора, e_{z_j} це дистанція з кінця зони зрошення j до початку пастеризатора, $T_{up(i)}$ – температура води яка розбризкується на упаковку з продуктом i , $T_{z_j(t)}$ це температури води в зоні зрошення j , N_c це кількість тари з продуктом та N_z – це кількість термічних зон.

2.3 Висновки

В цьому розділі кваліфікаційної роботи мною були виконані наступні пункти;

- Було поставлено задачі дослідження для підвищення ефективності функціонування процесу пастеризації овочевих консервів
- Сформовано особисті вимоги до процесу автоматизації
- Обрано предмет та об'єкт дослідження
- Представлено математичну модель тунельного пастеризатора у вигляді формул для обчислення одиниць пастеризації, формул для обчислення часу знаходження продукції вище потрібної температури. Формули що описує поведінку стрічкового конвеєра, та рівняння що описує процеси що проходять в системі розпилення.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ОВОЧЕВИХ КОНЦЕРВІВ

3.1 Аналіз контурів керування системою

Система автоматизації процесом керування пастеризацією овочевих консервів вміщає в себе :

- Один контур регулювання швидкості конвеєра;
- Дев'ять контурів регулювання температури в зонах пастеризації;
- Десять контурів регулювання рівня рідини в баках ;
- Двоє контурів керування тиском;
- Дев'ять конурів для системи зрошення ;

3.1.1 Аналіз підсистеми транспортування продукту та завдання швидкості руху конвеєра всередині пастеризатора.

Функціональна схема автоматизації контуру регулювання швидкості конвеєра представлена на рис. 3.1.

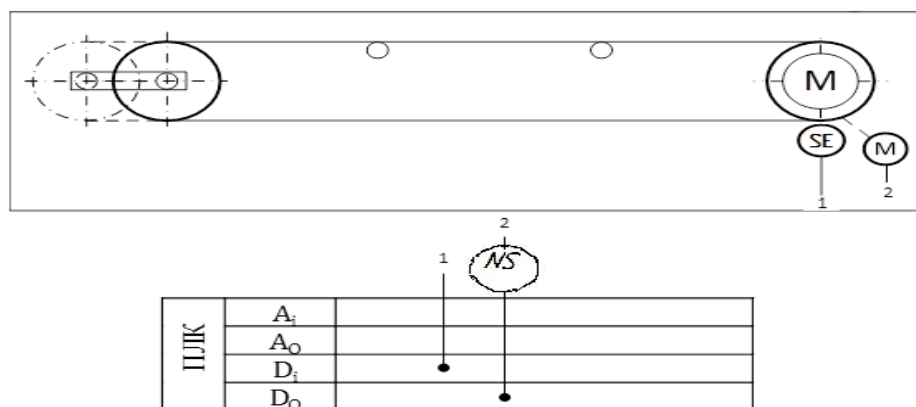


Рисунок 3.1- Функціональна схема автоматизації контуру регулювання швидкості конвеєра

Метою функціонування системи автоматичного керування є забезпечення заданих технологічних показників, і, відповідно, техніко-економічних показників роботи ТП, безпеки обслуговуючого персоналу, безпечного функціонування технологічного обладнання.

Для цього в системі управління реалізуються такі основні функції:

- безперервне, централізоване управління двигуном у режимі реального часу;
- режим автоматичної підтримки у встановлених межах значень регульованих параметрів процесу пастеризації;
- дистанційне керування частотно – регульованим електроприводом;
- забезпечення автоматичного керування послідовністю запуску – зупинення установки;
- візуалізацію параметрів процесу і відображення стану агрегатів системи на даний момент на панелі АРМ за допомогою мнемосхеми.

Обов'язковими параметрами контролю є швидкість проходження продукту конвеєром. При цьому регулюються такі параметри як швидкість обертання валу приводу конвеєра.

3.1.2 Аналіз підсистеми регулювання температури в зонах пастеризації

Автоматизація системи контролю температури забезпечує виконання таких функцій:

- централізоване управління з можливістю задання температури в режимі реального часу;
- режим автоматичної підтримки в встановлених межах значень регульованих параметрів процесу терморегуляції;
- візуалізацію параметрів процесу та температури в даний момент на панелі АРМ за допомогою мнемосхеми;

- Сигналізація аварійного стану в разі якщо буде неможливо підтримувати температуру в потрібній межі

Функціональна схема автоматизації контуру терморегуляції представлена на рис. 3.2.

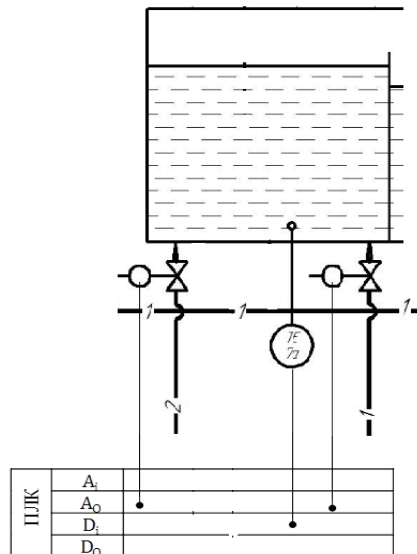


Рисунок 3.2 – Функціональна схема автоматизації контуру регуляції температури

Головним завданням управління установки терморегуляції є забезпечення точної та потрібної температури всередині кожної з зон. Це завдання вирішується завдяки цілій системі клапанів які спрацьовують згідно з певним алгоритмом. Спочатку ми закачуємо холодну воду а потім гріємо її паром. Далі підтримуємо температуру гріючи воду паром, або охолоджуючи водою.

Усього в системі розроблено 9 контурів терморегуляції.

3.1.3 Аналіз підсистеми регулювання рівня рідини в робочих баках

Автоматизація системи контролю рівня забезпечує виконання таких функцій:

- централізоване управління з можливістю задання рівня в режимі реального часу;
- режим автоматичної підтримки в встановлених межах значень регульованих параметрів процесу підтримання рівню;
- візуалізацію параметрів процесу та рівня рідини в даний момент на панелі АРМ за допомогою мнемосхеми;

➤ Сигналізація аварійного стану в разі якщо буде неможливо підтримувати рівень в потрібній межі представлена.

Головним завданням управління системи задання рівня є забезпечення точного та потрібного значення рівня всередині кожної з зон. Це завдання вирішується завдяки системі клапанів які спрацьовують згідно певним алгоритмом з певним алгоритмом. Якщо рівень води низький то ми закачуємо воду додатково, якщо високий то відкриваємо клапан та спускаємо.

Усього в системі розроблено 10 контурів керування рівнем

Функціональна схема автоматизації контуру керування рівнем рідини на рис. 3.3.

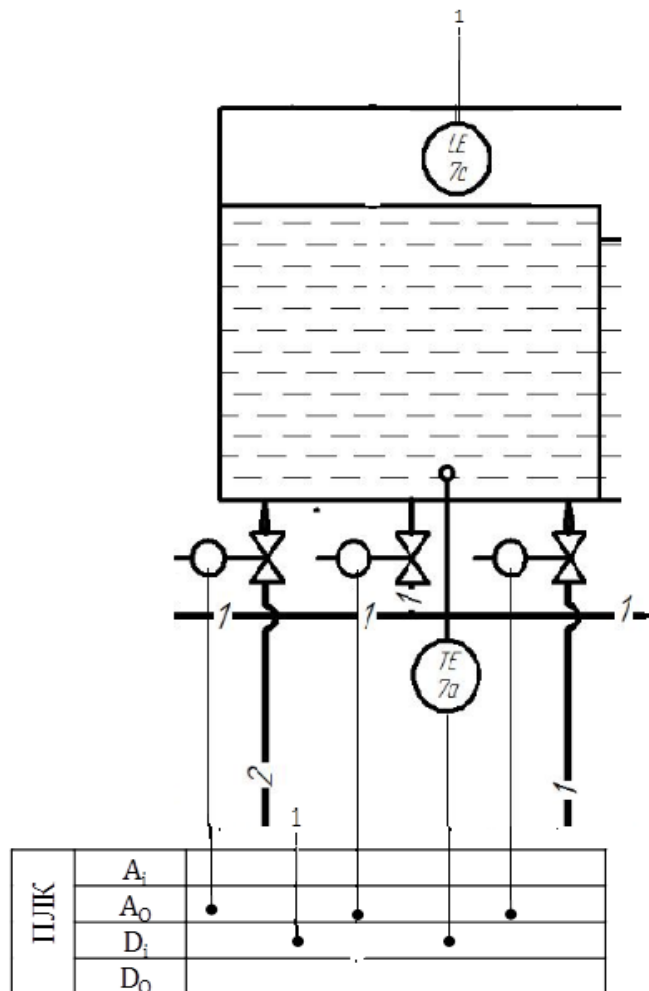


Рисунок 3.3 – Функціональна схема автоматизації контуру керування рівнем рідини

3.1.4 Аналіз підсистеми регулювання тиску трубопроводах подачі пару та води

Автоматизація системи контролю тиску забезпечує виконання таких функцій:

- централізоване управління з можливістю задання рівня в режимі реального часу;
- режим автоматичної підтримки в встановлених межах значень регульованих параметрів процесу підтримання тиску;
- візуалізацію параметрів процесу та тиску робочого середовища в даний момент на панелі АРМ за допомогою мнемосхеми;
- Сигналізація аварійного стану в разі якщо буде неможливо підтримувати тиск в потрібних межах

Функціональна схема автоматизації контуру керування тиском рідини представлена на рис. 3.4

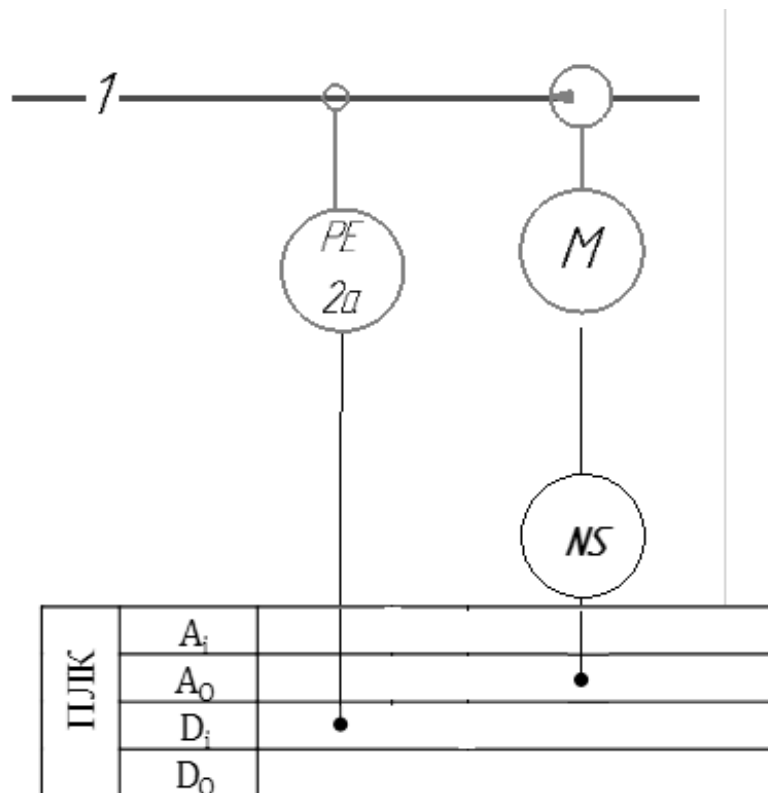


Рисунок 3.4 – Функціональна схема автоматизації контуру керування тиском рідини

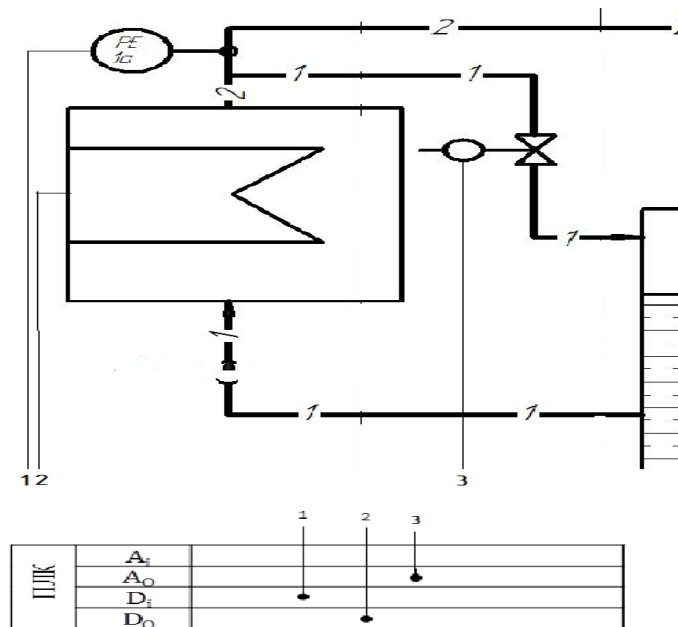


Рисунок 3.5 – Функціональна схема автоматизації контуру керування тиском пари

Головним завданням управління системи задання тиску є забезпечення точного та потрібного значення тиску всередині трубопроводів подачі пари та води. Це завдання вирішується завдяки датчикам тиску та вмиканням а бо вимиканням насосів та парогенераторів . Якщо тиск всередині труби с паром низький то його підіймають шляхом додавання пари ,якщо тиск високий то пар стравлюють . Такий самий алгоритм працює з системою постачання води.[5]

3.1.5 Аналіз підсистеми циркуляції води для зрошення

Автоматизація системи циркуляції води для зрошення забезпечує виконання таких функцій:

- централізоване управління процесом в режимі реального часу;
- режим автоматичної підтримки в встановлених межах значень регульованих параметрів процесу зрошення;
- дистанційне керування частотно – регульованим електроприводом насосів;

➤ візуалізацію параметрів процесу та відображення стану обладнання установки в даний момент на панелі АРМ за допомогою мнемосхеми;

➤ точність зрошення кожної з тари з продуктом ;

➤ забезпечення економічної ефективності та мінімальних втрат тепла й води;

Функціональна схема автоматизації контуру циркуляції та зрошення представлена на рис. 3.6.

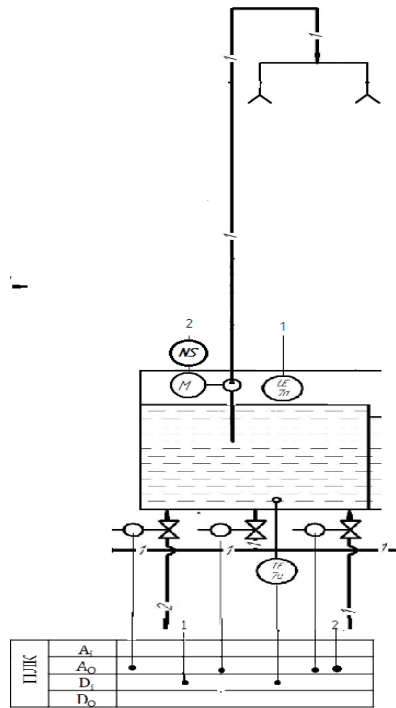


Рисунок 3.6 – Функціональна схема автоматизації контуру циркуляції та зрошення

Система працює наступним чином. Датчик рівня вимірює рівень в баці,

Перевіряє його збіжність з потрібним ,заданим раніше. Схожий алгоритм працює з перевіркою температури. Щойно рівень та температура наближаються до заданих меж ,система автоматично вмикає насоси . Після чого починається процес зрошення.Всього в системі розроблено 9 таких контурів.[6]

Функціональна схема автоматизації процесу пастеризації овочів надана в Додатку А (СУ-м91 8.050201.1 А2)

3.2 Висновки

В даному розділі була проведена робота кожної підсистеми яка утворює систему автоматизації процесом пастеризації овочевих консервів.

Було проаналізовано такі підсистеми :

- підсистема керування транспортуючим полотном що складається з транспортуючого полотна, енкодера, частотного перетворювача.
- підсистема регулювання температури в зонах пастеризації що складається з девяти контурів які виконують одну задачу, а саме задачу терморегуляції, кожен контур включає в себе сідловий клапан та давач температури.
- підсистему керування рівнем рідини до якої входять 10 контурів які виконують одну й ту саму задачу, а саме задачу управління рівнем в баках. Кожен з тих контурів складається з датчика рівня.
- підсистему регулювання тиску трубопроводах подачі пару та води, ця система регулює тиск в трубопроводах подачі води або пари, і складається з датчику тиску та регулюючого органу.
- підсистему циркуляції води для зрошення, яка складається з 9 контурів які працюють суцільно , кожен з цих контурів складається з датчика рівня та датчика температури та насосу з частотним регулятором.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Вибір мікропроцесорних засобів

4.1.1 Контролер

Універсальний модульний програмований контролер нового покоління SIMATIC S7-1500 для автоматизації циклічних процесів у всіх секторах промислового виробництва. Висока продуктивність, модульна конструкція, широкі комунікаційні можливості, гнучке використання систем локального і розподіленого вводу-виводу, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи центральних процесорів, висока стійкість до електромагнітним і механічних впливів, робота з природним охолодженням, зручність експлуатації дозволяють отримувати рентабельні рішення для побудови систем промислової автоматизації різного призначення. Розробка проектів в середовищі TIA Portal підвищує ефективність виконання проектних робіт, дозволяє використовувати все нові мовні розширення і функціональні можливості апаратури, істотно спрощує вирішення питань взаємодії з апаратурою і системами людино-машинного інтерфейсу, приводами, низьковольтної комутаційної і захисної апаратурою, знижує трудовитрати і час виконання проектних робіт.[7]



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд контролера

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 може використовуватися в системах автоматизації:

- машин спеціального призначення;
- текстильних і пакувальних машин;
- машинобудівного обладнання;
- обладнання для виробництва технічних засобів управління та електротехнічного обладнання;
- верстатів;
- технологічних установок;
- автомобільної промисловості;
- підприємств водопостачання та водовідведення;
- підприємств харчової промисловості і виробництва напоїв і т.д.

Програмовані контролери S7-1500 випускаються в двох виконаннях:

SIMATIC S7-1500

для експлуатації в стандартних промислових умовах:

- монтаж в шафи управління внутрішньої установки;
- відсутність конденсату; діапазон робочих температур від 0 до +60 ° С.

SIPLUS extreme S7-1500

для експлуатації у важких промислових умовах:

- монтаж в шафи управління внутрішньої або зовнішньої установки;
- можливість появи конденсату і льоду на друкованих платах і електронних компонентах;
- наявність в повітрі хімічно, біологічно і механічно активних речовин;
- діапазон робочих температур від -25 до +70 ° С або від -40

до +70 ° С.

Модулі одних і тих же типів виконань SIMATIC і SIPLUS extreme мають однакове функціональне призначення, однаковий набір електричних і часових параметрів, однакові схеми підключення зовнішніх ланцюгів, однакові настановні розміри і способи монтажу і відрізняються тільки допустимими умовами експлуатації.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика процесорів

Центральний процесор	6ES7 516-3AN00-0AB0 CPU 1516-3 PN / DP	6ES7 517-3AP00-0AB0 CPU 1517-3 PN / DP	6ES7 518-4AP00-0AB0 CPU 1518-4 PN / DP
Версія апаратури	FS	FS	FS
Версія операційної системи	05	02	02
Обов'язковий набір інструментальних засобів	V1.7 STEP 7 Professional (TIA Portal) від V13 SP1	V1.7 STEP 7 Professional (TIA Portal) від V13 SP1	V1.7 STEP 7 Professional (TIA Portal) від V13 SP1
Елементи управління			
Дисплей з діагоналлю	6.1 см	6.1 см	6.1 см

Продовження таблиці 4.1

Кількість клавіш	6	6	6
Перемикач режимів роботи	1	1	1
Електричні параметри			
Напруга живлення:			
номінальне значення	= 24 В	= 24 В	= 24 В
допустимий діапазон відхилень	= 19.2 ... 28.8 В	= 19.2 ... 28.8 В	= 19.2 ... 28.8 В
Струм, номінальне значення	0.85 А	1.55 А	1.55 А
Пусковий струм, не більше	2.4 А	2.4 А	2.4 А
Споживана потужність від внутрішньої шини	6.7 Вт	30 Вт	30 Вт
Вихідна потужність живлення електроніки модулів через внутрішню шину	12 Вт	12 Вт	12 Вт

Продовження таблиці 4.1

Втрати потужності, типове значення	7 Вт	24 Вт	24 Вт
Робоча пам'ять:			
для програми	1 Мбайт	2 Мбайт	4 Мбайт
для даних	5 Мбайт	8 Мбайт	20 Мбайт
завантажувальна пам'ять	Знімна карта пам'яті SIMATIC Memory Card ємністю до 32 Гбайт		
Типовий час виконання:			
логічних операцій	10с	2нс	1нс
операцій зі словами	10с	2нс	2нс
математичних операцій:			
з фіксованою крапкою	16 нс	3 нс	2 нс
з плаваючою крапкою	64 нс	12 нс	6 нс

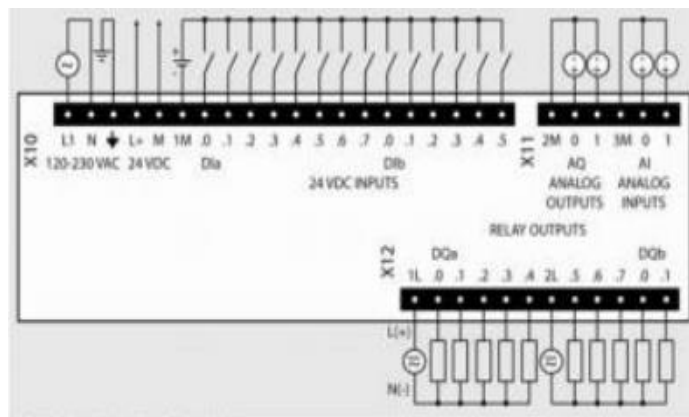


Рисунок 4.2 – Електрична схема підключення зовнішніх кіл до контролера

В результаті порівняння було обрано процесор CPU 1518-4 PN / DP оскільки він має оптимальні параметри для виконання нами поставлених завдань .

4.1.2 Сигнальні модулі

Сигнальні модулі дозволяють адаптувати апаратуру контролера до вимог вирішуваних завдань і збільшувати кількість каналів вводу – виводу, що обслуговуються одним центральним процесором. Підключення до сусідніх модулів проводиться за допомогою висувного з'єднувача, який вмонтовано в кожен модуль. Зовнішні ланцюги підключаються через знімні термінальні блоки з контактами під гвинт. Термінальні блоки закриті захисними ізолюючими кришками. Застосування знімних термінальних блоків дозволяє виробляти заміну модулів без демонтажу їх зовнішніх ланцюгів.

На лицьовій панелі модулів розташовані світлодіоди індикації їх станів модуля і станів зовнішніх ланцюгів. Склад світлодіодів залежить від типу конкретного модуля. Сигнальні модулі встановлюються праворуч від центрального процесора CPU 1518-4 PN / DP

У якості сигнального модуля для вхідних аналогових сигналів (AI) обрали SM 531 (± 10 В, ± 5 В, ± 2.5 В, 0/4...20 мА/ 13 біт) зображений на рисунку 3.14.

Будемо використовувати декілька таких модулів, тому що один приймає лише 8 аналогових сигналів, а потрібно мінімум 22.



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд сигнального модуля

У якості сигнального модуля для вихідних аналогових сигналів (АО) обрали SM 532 (± 10 В/ 14 біт або 0/4...20 мА/ 13 біт) зображений на рисунку 3.15.

Модулі SM 532 призначені для цифро-аналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера в його аналогові вихідні сигнали.

Коротка характеристика модулів:

- Наявність 2-, 4- і 8-канальних модулів класів ST і HS.
- Короткі часи цифро-аналогового перетворення.
- Використання в програмованих контролерах S7-1500 і станціях ET 200MP.
- Програмна настройка параметрів.
- Підтримка функцій оновлення вбудованого програмного забезпечення.
- Дозвіл 16 біт.

Будемо використовувати декілька таких модулів, тому що один видає лише 8 аналогових сигналів, а потрібно мінімум 35.[8]



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд сигнального модуля

4.1.3 Комунікаційний модуль

Комунікаційні модулі SM PtP(рис.4.5) дозволяють використовувати послідовні інтерфейси для обміну даними між програмованими контролерами S7-1500 і інший апаратурою. Гнучка адаптація до вимог вирішуваних завдань забезпечується відповідною настроюванням широкого набору параметрів комунікаційних модулів. У

режимі ведучого пристрою Modbus RTU один модуль здатний обслуговувати до 30 ведених пристроїв.



Рисунок 4.5 – Загальний вигляд комунікаційного модуля

Склад комунікаційних модулів:

- CM PtP RS232 BA з вбудованим інтерфейсом RS 232, підтримкою протоколів вільно програмованого порту, 3964 (R) і USS, підключенням кабелю через 9-полюсний штекер з'єднай-теля D-типу, максимальною швидкістю обміну даними 19.2 Кбіт/с, довжиною телеграми до 1 Кбайт і буфером приймача ємністю 2 Кбайт.
- CM PtP RS232 HF з вбудованим інтерфейсом RS 232, підтримкою протоколів вільно програмованого порту, 3964 (R), USS і Modbus RTU, підключенням кабелю через 9-полюсний штекер з'єднувача D-типу, максимальною швидкістю обміну даними 115.2 Кбіт / с, довжиною телеграми до 4 Кбайт і буфером приймача ємністю 8 Кбайт.
- CM PtP RS422 / 485 BA з вбудованим інтерфейсом RS 422 / RS 485, підтримкою протоколів вільно програмованого порту, 3964 (R) і USS, підключенням кабелю через 15-полюсний гнізда з'єднувача D-типу, максимальною швидкістю обміну даними 19.2 Кбіт / с, довжиною телеграми до 1 Кбайт і буфе-ром приймача ємністю 2 Кбайт.
- CM PtP RS232 HF з вбудованим інтерфейсом RS 422 / RS 485, підтримкою протоколів вільно програмованого порту, 3964 (R),USS і Modbus RTU, підключенням кабелю через 15-полюсное гніздо роз'єму D-типу, максимальної швидкістю обміну даними 115.2 Кбіт / с, довжиною телеграми до 4 Кбайт і буфером приймача ємністю 8 Кбайт.[9]

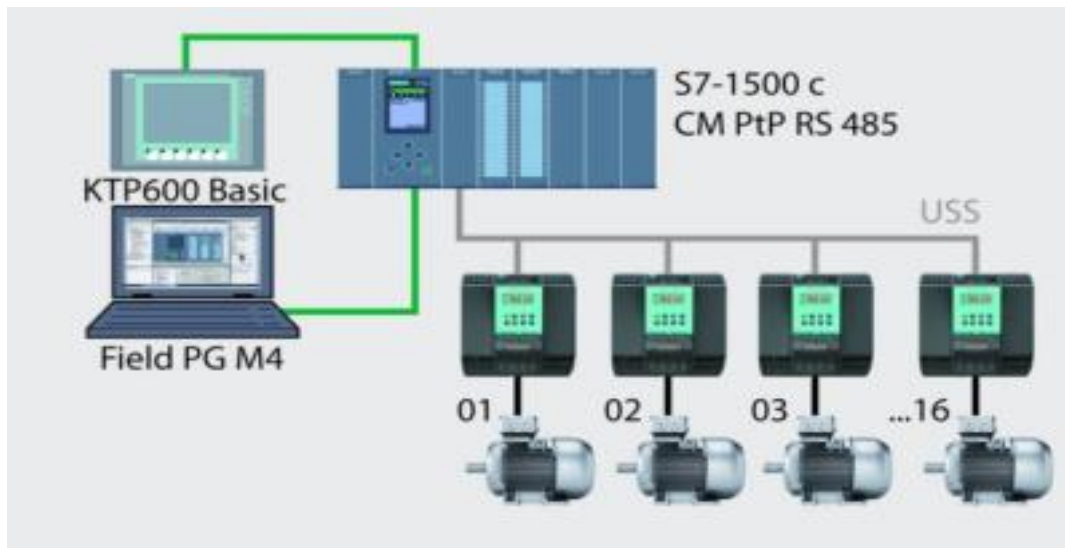


Рисунок 4.6 – Приклад використання комунікаційного модуля

4.1.4 Блок живлення

У якості блоку живлення використовується PS 1505 зображений на рисунку 4.7.



Рисунок 4.7 – Загальний вигляд блоку живлення

Основні характеристики системного блоку живлення для програмованого контролера S7-1500 і станцій ET 200MP.

- Перетворення вхідного напруги постійного або постійного і змінного струму в робочі напруги, необхідні для живлення електроніки модулів через внутрішню шину контролера S7-1500 або станції ET 200MP.
- Два типорозміру з вихідною потужністю 25 або 60 Вт.
- Установка до трьох системних блоків живлення в один контролер S7-1500 / станцію ET 200MP.
- Налаштування параметрів за допомогою інструментальних коштів пакета STEP 7 Professional від V12 і вище (TIA Portal)/

Системні блоки живлення (PS) призначені для живлення електроніки модулів через внутрішню шину контролера S7-1500 / станції ET 200MP. Системні блоки живлення знаходять застосування в тих випадках:

- Коли потужності вбудованого блоку живлення центрального процесора, інтерфейсного модуля виявляється недостатньо для живлення електроніки всіх модулів контролера S7-1500 та станції ET 200MP.
- Коли живлення центрального процесора має здійснюватися від однофазної мережі змінного струму.
- Коли живлення електроніки модулів контролера станції має виконуватися від декількох сегментів живлення.

4.1.5 Панель оператора

У якості панелі оператора обираємо сенсорну панель SIMATIC HMI TP900Comfort зображену на рисунку 4.8

Панельний комп'ютер SIMATIC IPC477D сконструйований з можливістю установки і використання безпосередньо на обладнанні, де потрібно комбінація надійності роботи в промислових умовах з відкритістю платформи PC (наприклад установка додаткових плат або підключення таких пристроїв як принтери, клавіатури і т.п.).

Завдяки мінімальній глибині монтажу може використовуватися для монтажу в обмеженому просторі. Цей ПК може використовуватися в автоматизації виробництва, а також в автоматизації технологічних процесів і може монтуватися в шафах управління, пультах управління і в 19-дюймових стійках шаф.



Рисунок 4.8 – Загальний вигляд панелі оператора

Панельний ПК SIMATIC IPC477D є ідеальною платформою для автоматизації на основі ПК:

- для візуалізації на основі ПК за допомогою SIMATIC WinCC Advanced або WinCC Professional
- управління на основі ПК з використанням SIMATIC WinAC RTX
- візуалізація на основі SIMATIC WinCC Client для систем розподіленого управління і спостереження
- візуалізація на основі одиночної станції SIMATIC WinCC для систем розподіленого управління і спостереження (можна разом з WinCC WebNavigator server)

Таблиця 4.2 – Загальна інформація про ПО

Модель дисплея	TFT
Діагональ екрана	9 in
Ширина дисплея	195 mm
Висота дисплея	117 mm
Число кольорів	16 777 216
Розширення (пікселів)	
Горизонтальне розширення	800 Pixel
Вертикальне розширення	480 Pixel
Ввод цифрових/ буквених символів	
— Буквено-цифрова клавіатура	Так; Екрана клавіатура
Нормальна споживана потужність	18 W
Тип процесора	X86
Запам'ятовуючий пристрій	
Флеш-пам'ять	Так
ОЗУ	Так
Відповідне ЗП для даних призначених для користувача	12 Mbyte
Інтерфейси	
Кількість інтерфейсів Industrial Ethernet	1; 2 порта
Кількість інтерфейсів RS 485	1; комбінований RS 422/485
Кількість USB-роз'ємів	2; USB 2.0
Кількість роз'ємів USB-Mini-B	1; 5-полюсний
Кількість інтерфейсів RS 422	0; с RS485
Кількість слотів для карти пам'яті SD Card	2
Протоколи	
PROFINET	Так
PROFINET IO	Так
IRT	Да; не нижче WinCC V12

Продовження таблиці 4.2

MRP	Да; не нижче WinCC V12
PROFIBUS	Так
MPI	Так
Протоколи (Ethernet)	
TCP/IP	Так
DHCP	Так
DCP	Так
Інші протоколи	
MODBUS	Так
EtherNet/IP	Так
Ступінь захисту і клас захисту	
IP (попереду)	IP65
IP (позаду)	IP20
Програмне забезпечення для проектування	
WinCC Comfort (TIA Portal)	Так; не нижче V11
WinCC Advanced (TIA Portal)	Так; не нижче V11
WinCC Professional (TIA Portal)	Так; не нижче V11

4.1.6 Організація каналу зв'язку

PROFINET (промисловий Ethernet) – стандартизований (IEEE 802.3 і 802.11) варіант Ethernet для застосування в промисловості. Industrial Ethernet зазвичай використовується для обміну даними між програмованими контролерами і системами людино-машинного інтерфейсу, обміну даних між контролерами, підключення до контролерів віддаленого обладнання (давачів і виконавчих пристроїв).

Відмінності промислового Ethernet від звичайного:

- Стандарти на кабелі і роз'єми, що задовольняють специфічним вимогам промисловості: посилене екранування і стійкість до агресивних середовищ;
- Спеціальні стандарти і пристрої для зв'язку з рухомими об'єктами: гнучкі кабелі, пристрої бездротового зв'язку;
- Доповнення стека протоколів TCP / IP протоколом RFC1006 забезпечує регулярну і часту передачу по мережі невеликих обсягів інформації, що характерно для обміну даними між промисловими контролерами;
- За допомогою спеціальних комутаторів можна організувати кільцеву топологію, яка при обриві відновлює зв'язок, тобто знаходить новий шлях для передачі даних значно швидше, ніж застосовуваний в звичайних мережах «алгоритм надлишкового дерева»;
- Часте використання поряд зі стеком протоколів TCP / IP специфічного стека протоколів ISO Transport Protocol.

Основною причиною наростаючої популярності використання промислового Ethernet-протоколу є його підвищена швидкість передачі даних (до 10 Гбіт / с) в порівнянні з протоколами RS-232 і RS-485, де це значення не перевищує 10 Мбіт / с. Також завдяки цим протоколом можна з'єднати безліч пристроїв в одну мережу (можливість передачі даних по схемі peer-to-peer), що виключається в разі протоколів RS-232 і RS-485. Завдяки цим двом перевагам можна отримати значне поліпшення в продуктивності всієї системи. У Ethernet-мережах непередбачувані колізії в процедурі CSMA / CD можуть бути причиною того, що доставка пакету буде затримана, або пакет повністю зникне. З цієї причини використовують протоколи реального часу. Прикладом може служити стандарт IEEE 1588. Він визначає спеціальну процедуру «синхронізації годин».

Стандарт IEEE +1588 відомий як «Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems» або, для стислості, «PTP». PTP визначає процедуру, що дозволяє багатьом просторово-розподілених годинах реального часу синхронізуватися через мережу Ethernet.[10]

Таблиця 4.3 – Основні технічні характеристики Industrial Ethernet

Технічні характеристики	
Стандарт	Ethernet по (IEEE 802.3 і IEEE 802.3u)
Процедура доступу	CSMA/CD
Швидкість передачі	10 Mbit/c 100 Mbit/c
Кількість учасників	необмежена по 1024 на мережевий сегмент
Довжина мережі	
Електричні мережі	1.5 км
Оптичні мережі 10 Мбіт / с	4.5 км
Комутуючі оптичні мережі 100 Мбіт / с	необмежено
Середовище передачі	
Електричні мережі	Тріаксіальний кабель Індустріальна та офісна кручені пари
Оптичні мережі	Оптоволоконні кабелі (скло)
Топологія	Шина, дерево, кільце, зірка
Протоколи	Протоколонеалежна мережа

Мережа Industrial Ethernet використовується для обміну даними між програмованими контролерами, а також програмованими контролерами і інтелектуальними партнерами по зв'язку (комп'ютерами, процесорами і т.д.). Для організації обміну даними використовують наступні комунікаційні функції:

PG/OP функції зв'язку. Вбудовані комунікаційні функції систем автоматизації SIMATIC, що дозволяють проводити обмін даними з пристроями людино-машинного інтерфейсу SIMATIC HMI (текстовими дисплеями, панелями оператора і т.д.), а також програматорами SIMATIC PG (STEP 7, STEP 5).

S7 функції зв'язку. S7 функції зв'язку дозволяють створювати оптимізовані системи зв'язку для обміну даними між програмованими контролерами SIMATIC S7, системами автоматизації SIMATIC C7, системами комп'ютерного управління SIMATIC WinAC, програматорами і комп'ютерами. S7 функції дозволяють передавати дані по MPI, PROFIBUS і Industrial Ethernet. За один цикл обміну даними може передаватися до 64Кбайт. **Стандартні функції зв'язку.** Забезпечують підтримку стандартних функцій обміну даними. OPC (OLE for Process Control) – стандартний відкритий інтерфейс, що забезпечує можливість обміну даними між OPC-сумісними програмами Windows з одного боку, і S7 або S5-сумісними функціями зв'язку з іншого. Забезпечують підтримку транспортних протоколів ISO і TCP / IP.

4.2 Вибір давачів

Експлуатація установки повинна забезпечувати надійну і ефективну роботу необхідних параметрів і безпечні умови праці персоналу. Для виконання цих вимог експлуатація повинна вестися в точній відповідності з законоположеннями, правилами, нормами і керівними вказівками..

4.2.1 Давач температури води

Вимірювальний перетворювач Rosemount 3144P, в виконаннях на базі протоколів HART або FOUNDATION Fieldbus, володіє кращими в галузі характеристиками по точності, стабільності та надійності. Прилад 3144P має корпус з двома відсіками для більш надійного захисту від потрапляння води і агресивних середовищ. Стабільність вимірювань протягом 5 років і додатковий вбудований пристрій захисту від перехідних процесів роблять модель 3144P найбільш надійним засобом вимірювання температури серед наявних на ринку. Rosemount 3144P здатний приймати вхідні сигнали як від одного, так і від двох чутливих елементів. Чутливі елементи можуть перебувати в

одному первинному перетворювачі або в двох незалежних. Конфігурацію з двома чутливими елементами можна використовувати для обчислення середньої температури, різниці температур, а також в режимі гарячого резервування Hot Backup і сигналізації дрейфу чутливого елемента. Розширені можливості діагностики дозволяють виявляти погіршення характеристик термопари, що дає більш повне уявлення про стан засобу вимірювання і підвищує контроль над технологічним процесом.[11]



Рисунок 4.9 – Зовнішній вигляд Rosemount 3144P

Таблиця 4.4 – Основні технічні характеристики

Технічні характеристики	Rosemount 3144P	ТСМУ-276
Похибка по цифровому протоколу	$\pm 0,10^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,18^{\circ}\text{F}$) для термометра опору Pt100	$\pm 0,10^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,18^{\circ}\text{F}$) для термометра опору Pt100
Цифрова / аналогова похибка	$\pm 0,02\%$ інтервалу вимірювань (відноситься до пристроїв HART / 4-20 мА)	$\pm 1\%$ інтервалу вимірювань
Вплив температури навколишнього середовища	$0,0015^{\circ}\text{C}$ ($+0,001\%$ інтервалу вимірювань для пристроїв HART / 4-20 мА) при зміні навколишньої температури на $1,0^{\circ}\text{C}$ ($1,8^{\circ}\text{F}$) для термометрів опору Pt100	при зміні навколишньої температури на $5,0^{\circ}\text{C}$ для термометрів опору Pt100

Продовження таблиці 4.4

Стабільність (термометри опору)	0,1% виміряного значення або 0,1 ° С (більше із значень) за 2 роки ± 0,25% виміряного значення або 0,25 ° С (більше із значень) за 5 років	0,1% виміряного значення або 0,1 ° С (більше із значень) за 2 роки ± 0,25% виміряного значення або 0,25 ° С (більше із значень) за 5 років
Вхідний сигнал	Два незалежно настроюються входу: 2-, 3- і 4-х провідні термометри	Два незалежно настроюються входу
Вихідний сигнал	4-20 мА / HART або FOUNDATION fieldbus	4-20 мА
Напруга живлення	від 12,0 до 42,4 В пост. струму (при опорі навантаження 250 Ом потрібна напруга 18,1 В пост. струму)	від 12,0 до 42,4 В пост. струму (при опорі навантаження 250 Ом потрібна напруга 18,1 В пост. струму)

Рекомендований процес монтажу представлений на рис. 4.10.

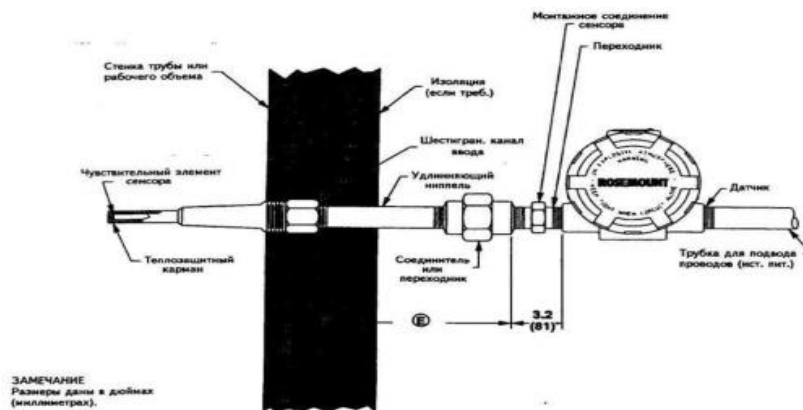


Рисунок 4.10 – Монтаж датчика Rosemount 3144P

4.2.2 Давач тиску води та пари

Виберемо і порівняємо давачі тиску, такі як Yokogawa EJX530 і APLISENS APC-2000AL .

Таблиця 4.5 – Порівняльні характеристики датчиків тиску

Технічні характеристики	Yokogawa EJX530	APLISENS APC-2000AL
Вимірювані середовища	Рідини, газ, газові суміші, пар	Рідини, газ, газові суміші, пар
Межі вимірювань	від 10,5 кПа до 25МПа	від 10,5 кПа до 100МПа
Основна приведена похибка	±0,1% ±0,5%;	±0,2%; ±0,1%
Вихідний сигнал	4-20 мА/HART	4-20 мА//HART
Діапазон температур навколишнього середовища	від -30 до 80°C (з РК-дисплеєм)	від -40 до 85°C;
Інтервал між повірками	до 5 років	до 5 років
Ступінь захисту давачів від впливу пилу і води	IP 67	IP 65

З таблиці 4.5 очевидно, що давач APLISENS APC-2000AL кращий.

Інтелектуальні давачі тиску серії APC-2000AL призначені для безперервного перетворення в уніфікований струмовий вихідний сигнал і/або цифровий сигнал у стандарті протоколу HART вхідних вимірюваних величин:

- надлишкового тиску;
- абсолютного тиску;
- тиску-розрідження.



Рисунок 4.11 – Давач тиску APC-2000AL

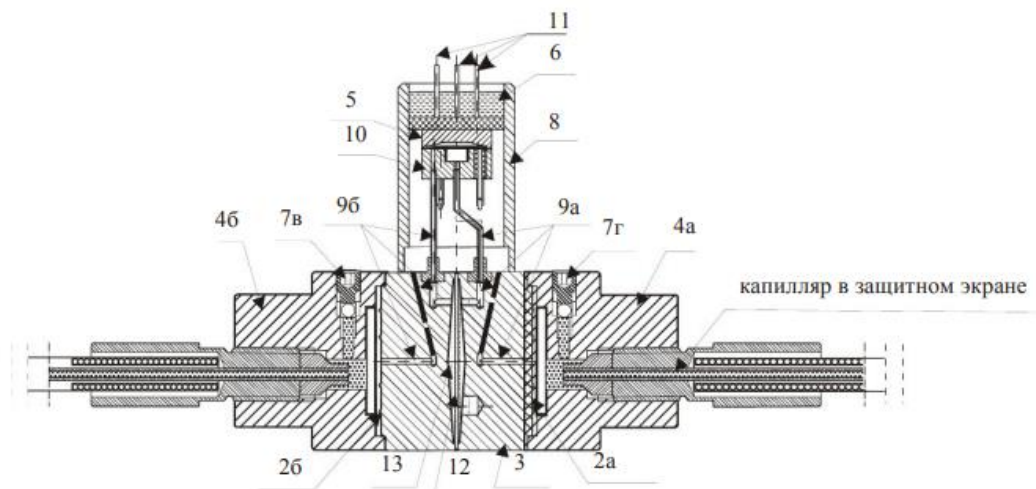


Рисунок 4.12 – Схема вимірювального блоку

Схема вимірювального блоку наведена на рис. 3.4. Вимірювальний блок перетворювача різниці тисків складається з капілярних штуцерних приєднань 4а і 4б, монтажного корпусу 3, по сторонах якого розташовані розділові мембрани 2а і 2б. У верхній частині монтажного корпусу вбудований модуль вимірювального блоку, що складається з підкладки 5, корпуси модуля 10 і п'єзо-модуль 1, розташованого у внутрішній частині корпусу 10. Електричні дроти 11 виведені назовні підкладки через герметично ізольовані

вводи. Зв'язок п'єзомодуля з вимірюваним тиском здійснюється за допомогою манометричної рідини (Силіконове масло, яке має дуже мале значення коефіцієнта розширення від впливу температури) для чого передбачені канали 9а і 9б в компенсаційній камері 13, монтажному корпусі 3, кришці 5 і корпусі модуля 10. Канали герметизовані заглушками 7а і 7б, 7в і 7г. Вимірюється тиск подається на захисні мембрани роздільників середовищ (позитивний тиск подається на роздільник капілярного приєднання 4а (+), а негативне на роздільник капілярного приєднання 4б (-) - в стандартному виконанні). Прогин мембран роздільників викликає тиск манометричної рідини яке по капілярах передається на мембрани 2а і 2б і викликаючи їх деформацію (прогин). Величина прогину мембран прямо пропорційна переданому на них тиску манометричної рідини. У свою чергу прогин мембран 2а і 2б створює тиск манометричної рідини у відповідних каналах 9а і 9б, а також в компенсаційній камері. Далі тиск через манометричну рідину передається на компенсаційну мембрану 12 і кремнієвий п'єзомодуль. Деформація п'єзомодуля, за правилом віднімання меншого значення тиску з більшого, призводить до розбалансу мостової схеми п'єзорезистивної кремнієвої структури і сигнал надходить на обробку в електронний блок перетворювача. Таким чином вихідний сигнал прямо пропорційний вимірюваній величині різниці тисків. При вимірі тиску компенсаційна мембрана 12 грає важливу роль, зменшуючи впливу перевантажень, стрибків, імпульсів тиску небезпечних для роботи п'єзомодуль, а також односторонньої дії статичного тиску. Принцип дії заснований на зниженні (компенсації) впливу гранично допустимого вимірюваного тиску на вимірювальний блок шляхом прогину компенсаційної мембрани, тим самим беручи на себе основне руйнівне навантаження. Площа компенсаційної мембрани у багато разів більша за площу кремнієвої мембрани.[12]

4.2.3 Давач рівня

Ультразвуковий давач рівня ULM (рис. 4.13) - це компактний вимірювальний пристрій, що включає електроакустичний перетворювач і електронний модуль. Вимірювачі рівня випромінюють електроакустичним перетворювачем ряд ультразвукових імпульсів, які поширюються в напрямку до поверхні. відображена акустична хвиля приймається перетворювачем і далі обробляється електронним модулем. Виходячи з тривалості руху окремих імпульсів до поверхні і назад електроніка аналізує цей час, виробляє температурну компенсацію і далі перетворює дані в вихідний струм (напруга). Вимірювачі рівня завдяки безконтактному принципом зчитування підходять для безперервного вимірювання висоти рівнів рідин, стічних вод, шлаків, суспензій, клеїв, смол в різних відкритих і закритих резервуарах, ямах, відкритих каналах або жолобах. Всі настройки проводяться двома кнопками, розміщеними у верхній частині датчика. Вимірювач рівня обладнаний оптичною індикацією стану (STATE) і процесу настройки (MENU).[13]



Рисунок 4.13 – Рівнемір Dinel ULM 53-06

Таблиця 4.6 - Технічні характеристики рівнеміра Dinel ULM 53-06

	Dinel ULM 53-06	РИЗУР-1100
Тип датчику	Ультразвуковий	Контактний
Температура контрольованого середовища	-196 - +500 °С	-196 - +500 °С
Тиск контрольованого середовища	тиск до 6,16, 25, 35, 45МПа	16МПа
В'язкість середовища	до 10 Па/с	до 10 Па/с
Напруга живлення, постійний струм, В	12-32 (на замовлення можливе інше)	12-32 (на замовлення можливе інше)
Струм споживання, не більше, мА	20	20
Середній термін служби, років	12 років	6 років
Температура навколишнього середовища, ° С	-60 - +75 (-70 - +75 з термочехлом)	-60 - +75 (-70 +75 з термочехлом)
Ступінь захисту корпусу	IP67	IP67
Маркування вибухозахисту	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X або без вибухозахисту	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X або без вибухозахисту
Орієнтація приладу в просторі при монтажі на об'єкті	довільна	довільна

Продовження таблиці 4.6

Кут випромінювання	14°	Відсутній
Періодичність випромінювання	1,4 сек	-
Роздільна здатність	< 1мм	-
Кількість кабельних вводів	1 або 2 (визначається при замовленні)	1 або 2 (визначається при замовленні)

4.2.4 Давач швидкості переміщення конвеєрної лінії

Для реалізації БУК потрібно вимірювати дистанційно швидкість конвеєрної лінії. Для цього я хочу використати свою власну розробку вимірюванні швидкості енкодером. Основні вимоги, які ставляться до давачів ,які розглядаються, – висока точність вимірювань та експлуатаційна надійність. Саме жорсткі умови експлуатації – підвищена вологість та механічні впливи не дозволяють використовувати більшість відомих давачів. Найбільш прийнятним для завдань, що вирішуються при автоматизації об'єкту, є інкрементальний енкодер Omron E6C2-C.



Рисунок 4.14 – Енкодер Omron E6C2-C.

Кроковий еncoder(рис 3,6) відноситься до типу еncoderів які вказують напрямок руху та переміщення (виконавчого механізму). Покроковий еncoder періодично формує імпульси, відповідні кутку обертання валу. Цей тип еncoderів не формує вихідні імпульси, коли його вал знаходиться в спокої. Кроковий еncoder пов'язаний з рахуючим пристроєм, це необхідно для підрахунку імпульсів і перетворення їх в міру переміщення вала.

Кроковий оптичний еncoder складається з п'яти компонентів: джерела світла, покрокового диска, маски, фотодетекторної збірки, і сигнального процесора. Диск, покрокового еncoderа поділені на точно позиційований слоти або позначки. Кількість слотів або відміток визначає кількість імпульсів за поворот. Наприклад, якщо диск поділений на 1000 слот, тоді після 250 імпульсів вал повинен повернутися на 90 градусів. Кроковий еncoder може бути класифікований в однофазний тип (тільки канал вихід), який може бути використаний, щоб визначати суму обертання або прискорення, розглядаючи інтервал між імпульсами і квадратурою еncoderа (каналів А і вихід В), які також визначають напрямок обертання валу (за годинниковою стрілкою або проти годинникової стрілки). Тип з нульовим індексом виходу (канал Z) показує посилення за один оборот, щоб коригувати помилки в межах кожного обороту. Більш високий дозвіл (в два а краще в чотири), виходить підрахунком як провідного так і кінцевого краю. Канал А і В генерує імпульси з фазами переміщеними на 90 градусів.[14]

Ідеальне рішення для промислового застосування і для роботи в умовах підвищеного забруднення.

Модель відрізняється підвищеною масло-стійкістю і високим показником ударо і вібростійкості.

- Габаритні розміри: 50 мм (діаметр) x 40 мм (довжина), діаметр вхідного вала 6 мм
- Вихідні фази: А, В & Z (реверсивні)

- Максимальна частота дозволу: 50 кГц (50000 імпульсів / об.), 100 кГц (100000 імпульсів / об.)
- Вихід: NPN, відкритий колектор
- Допустима частота обертання: 6000 об. / Хв
- Ступінь захисту: IP67
- Температура навколишнього середовища: -10 ... 70 ° С (без обмерзання)

Для більшої впевненості порівнюємо його з іншим енкодером.

Енкодер Economu 3700.:

- Вал/порожній вал Ø: Ø 4 ... 8 мм;
- Діаметр корпусу: Ø 37x32 мм;
- Швидкість: 6.000 об/мин;
- Ступінь захисту: IP 64 з боку корп.;
- Роздільна здатність: макс. 1024 імп/об;
- Напруга живлення DC: 5 V або 5...30 V;
- Температура середовища: -20 ... +70°C;
- Тип з'єднання: Кабель;

Порівнявши характеристики цих приладів було вирішено обрати енкодер Omron E6C2-S. в зв'язку з його високою вібростійкістю та волого-стійкістю.

4.3 Вибір регулюючих органів та виконавчих механізмів

4.3.1 Вибір перетворювачів частоти

Задача керування приводами є однією з найважливіших задач в нашій системі оскільки вони використовуються одразу в двох підсистем, таких як:

- Транспортувальна система з приводом конвеєра
- Система зрошення з дев'ятьма приводами насосів

➤ Система водопостачання з 2 приводами насосів

Серед різних способів управління приводами в даний час є частотне і широтно-імпульсна (ШІМ). Великою перевагою ШІМ є її висока стійкість і простота організації на мікропроцесорному контролері.

Додатковою перевагою використання ШІМ управління є можливість типізації алгоритму управління по типу ШІМ. Перевагами ж частотного регулювання є висока стійкість до завадостійкість. Ефективність використання ВЧП. Отже розглянемо два частотних перетворювача. Які будемо використовувати для різних завдань.

Першим буде перетворювач з ШІМ вхідним сигналом EI-P7002-45H

Таблиця 4.7 – Основні технічні характеристики EI-P7002-45H

Макс. вихідна потужність	7,5 кВт
Напруга живильної мережі	220 В, 50 Гц
Вхідний сигнал (управляючий) ШІМ	16 кГц
Діапазон управління по частоті	від 1,3 до 50,0 Гц
Точність частотних режимів	+0,01% (от -10°C до +40°C)
Час розгону / гальмування	від 0,1 с до 3600 с
Захист двигуна від перенавантаження	Захист за допомогою електронного термічного реле перенавантаження
Миттєве перенавантаження за струмом	Електродвигун інерційно зупиняється при струмі близько 180% від номінального струму перетворювача

Продовження таблиці 4.7

Перенавантаження	Електродвигун починає інерційно зупинятися через 1 хвилину роботи при 120% від номінального струму
Перенавантаження по напрузі	Електродвигун інерційно зупиняється, якщо напруга на шині постійного струму перетворювача перевищує 820 В
Недостатня напруга	Електродвигун інерційно зупиняється, якщо напруга на шині постійного струму перетворювача впала до 380 В або нижче
Короткочасне відключення живлення	Негайне відключення при короткочасному припиненні подачі живлення на 15 мс (заводська уставка) і більш. Передбачена можливість пропозиції управління при припиненні подачі живлення на 2 с і менше



Рисунок 4.15 – Зовнішній вигляд EI-P7002-45H

Перетворювачі частоти серії MICROMASTER 440 з Vector Control Sensorless без датчиковим способом векторного регулювання (Vector Control Sensorless), застосовуються для зміни і регулювання швидкості обертання низьковольтних двигунів змінного струму з навантаженням постійного або вентиляторного типу, для процесів з високою динамікою і підвищеними вимогами до стартового моменту і перегрузки. Поставляемі моделі мають діапазон потужностей 120 Вт при однофазному вході і до 200 кВт при трифазному вході.



Рисунок 4.16 – Зовнішній вигляд SIMENS MICROMASTER 440

Перетворювачі оснащені мікропроцесорною системою управління та використовують найсучасніші технології з IGBT модулями-транзисторами (Insulated Gate Bipolar Transistor - біполярний транзистор з ізолюваним затвором). Внаслідок цього перетворювачі надійні і різноманітні. Оригінальний спосіб широтно-імпульсної модуляції з вибором частоти комутації дає можливість безшумної роботи електродвигуна. Великі функції захисту забезпечують ефективний захист перетворювача та електродвигуна.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Легко встановлювати, калібрувати і пускати в експлуатацію
- Малий час відгуку на сигнали управління
- Відповідає міжнародним нормам електромагнітної сумісності
- Може працювати з джерелами енергії порівнянної потужності

- Великий набір параметрів, які дають можливість конфігурації для широких областей застосування
- Просте приєднання проводів
- релейні виходи
- Аналогові виходи 0 - 20 мА
- 6 ізольованих перемикаються рпр / прп дискретних входів
- 2 аналогових входи: АІN 1 0 - 10 В, 0 - 20 мА або -10 до + 10 В; АІN 2 0 - 10 В, 0 - 20 мА
- Два аналогових входи можуть використовуватися як 7-й і 8-й дискретні входи
- Модульна конструкція для дуже гнучкою конфігурації
- Висока частота комутації для безшумної роботи електродвигуна
- Детальна інформація про стан і вбудовані функції повідомлень
- Зовнішні опції для обміну даними з комп'ютером, модулі Profibus
- Базова панель обслуговування , розширена панель оператора

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ

- Векторне регулювання без датчика швидкості
- Регулювання потоку (FCC) для поліпшення динамічних характеристик і підвищення якості регулювання
- Миттєве обмеження струму (FCL) для роботи без відключення двигуна
- Вбудоване динамічне гальмування постійним струмом
- Комбіноване гальмування для поліпшення можливостей гальмування
- Часи прискорення і гальмування з програмованим згладжуванням
- Використання замкнутого PID регулятора з автопідстроюванням
- Вбудований переривник гальма
- Обрана інтенсивність розгону і зупинки
- 4-х точкова інтенсивність згладжування
- Багатоточкова U / f характеристика, що задається користувачем

- Встановлені параметри можуть бути перенесені на інші пристрої аналогічних процесів

ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ

- Захист від підвищення і зниження напруги
- Захист перетворювача від перегріву
- Захист від замикання на землю
- Захист від короткого замикання
- Захист від перегріву двигуна по втратах
- Захист двигуна термісторами РТС / КТУ

Проаналізувавши характеристики обох частотних перетворювачів було обрано MICROMASTER 440 оскільки він більш сумісний з нашим ПЛК, та може працювати з цілим рядом електродвигунів від малопотужних до високопотужних, та ще великої кількості переваг.

4.3.2 Вибір клапанів

У якості клапану обираємо сідловий клапан ARI-STEVI® Smart модель 440 стандартний з електричним приводом.

Електрифіковані сідлові клапани призначені для використання в якості запірно-регулюючих пристроїв в системах автоматичного регулювання технологічних процесів і дистанційного керування в системах холодного і гарячого водопостачання, в системах опалення, вентиляції та кондиціонування.

Особливості конструкції полягають у широкому діапазоні регулювання: 50:1; рівновідсотковий або лінійній характеристиці регулювання; наявності різноманітних типів ущільнення штока в залежності від робочих умов: шевронні манжети V-подібної форми з фторопласту PTFE, сальник з PTFE, графітові, ущільнення, двошаровий сильфон з н/ж сталі; високому ресурсі завдяки прецизійним

направляючим штока та високій чистоті його полірованої поверхні; виконанні сідла, затвора та штоку з високоякісних термооброблених нержавіючих сталей.[15]



Рисунок 4.17 Сідловий клапан ARI-STEVI® 440.

Основні технічні данні:

- Робочі середовища: водяна пара, високотемпературна олива, неагресивні та агресивні рідини та гази, гліколь, технічні гази;
- Номінальні діаметри: DN 15 .. 250;
- Номінальний тиск: PN16 / 25 / 40;
- Номінальна пропускна спроможність, Kvs: 2,5..1000 м³/год;
- Температури робочого середовища: -60 .. +450 °C;
- Тип затвора: параболічний (стандарт), шліцьовий, збалансований по тиску;
- Приєднання: фланцеве по стандарту DIN.

Автоматичне регулювання клапана відбувається за допомогою електричного приводу лінійного переміщення. Він допускає роботу 100% часу при безперервній роботі і 80% часу при переривчастою роботі (до 1200 пусків в годину).

Основні технічні данні приводу:

- Номінальні зусилля: 2,2 / 5 / 12 / 15 кН;
- Напруга живлення: 230В, 50Гц, 1ф;
- Управління: трьохпозиційне;

- Потужність: 11 — 130 ВА (в залежності від моделі);
- Два кінцевих вимикача по зусиллю;
- Швидкість переміщення штока: 0,38 мм/с (0,79 мм/с; 1,00 мм/с);
- Ручне аварійне керування;
- Клас захисту корпусу: IP 65;
- Допустима температура навколишнього середовища: -20°C...+70°C.

Основні опції цього приводу:

- Позиціонер з вхідним керуючим сигналом 4-20 мА або 0-10В;
- Напруга живлення: 115В, 50Гц, 1ф; 24В АС / DC; 400В, 50Гц, 3ф;
- Додаткові проміжні вимикачі 2 шт;
- Електронний давач положення з вихідним сигналом 4-20 мА або 0-10В;
- Потенціометричний датчик положення, резистор обігріву та ін.;
- Виконання приводу з функцією безпеки (для переведення в безпечне положення при вимкненні електроживлення).

Механізм виготовлений з реостатним БСПР вихідного вала.

4.3.3. Вибір двигуна для конвеєрної лінії

Вибір двигунів полягає у розгляданні існуючих типів двигунів, таких як двигуни постійного струму, асинхронні та синхронні двигуни, та їх обранні за певними критеріями.

Одразу ж відмовляємося від двигунів постійного струму, так як у ньому використовують щітково – колекторне з'єднання. Двигун такої потужності буде просто неможливо знайти. Отже, лишається порівняти між собою синхронний та асинхронний двигуни.

Асинхронні електродвигуни змінного струму набули найбільшого поширення в промисловому виробництві. Особливістю даних приводів є більш висока частота обертання магнітного поля в порівнянні зі швидкістю обертання ротора. У сучасних двигунах для виготовлення ротора використовується алюміній. Легка вага цього матеріалу дозволяє зменшити масу електродвигуна, скоротити собівартість.

Асинхронні електродвигуни задовольняють вимогам різних промислових застосувань:

- Для ліфтів та іншого обладнання, що вимагає ступеневої зміни швидкості, випускаються багато швидкісні асинхронні приводи.
- При експлуатації лебідок і металообробних верстатів використовуються електродвигуни з електромагнітної гальмівною системою. Це обумовлено необхідністю зупинки приводу і фіксації валу при перебоях напруги або його зникнення.
- У процесах з пульсуючим навантаженням або при повторно-короткочасних режимах можуть використовуватися асинхронні електродвигуни з підвищеними параметрами ковзання.

Синхронні двигуни - оптимальне рішення для обладнання з постійною швидкістю роботи: генераторів постійного струму, компресорів, насосів та ін.

Обмотки статора обох двигунів отримують живлення від мережі трифазного змінного струму. Для живлення обмотки збудження синхронного двигуна потрібно, крім того, джерело електричної енергії постійного струму.

Асинхронний пуск синхронних двигунів дещо складніший пуску асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Відносно пускових властивостей асинхронні двигуни з фазним ротором мають досить суттєві переваги перед синхронними двигунами.

Асинхронні двигуни дають можливість регулювати частоту обертання різними способами. Використання деяких з цих способів для регулювання частоти обертання синхронних двигунів в принципі неможливо, а деяких пов'язано з великими

конструктивними та експлуатаційними труднощами. З огляду на це, слід мати на увазі, що синхронні двигуни відносяться до двигунів з нерегульованою частотою обертання. Також слід зазначити, що синхронні двигуни дороговартісні і потребують особливих умов використання. Наприклад, безупинне використання, так як відновлення його роботи викличе певні труднощі.[16]

Отже, із перелічених переваг та недоліків можна зробити висновок, що асинхронні двигуни підходять краще ніж синхронні.

Тепер нам потрібно підібрати конкретний асинхронний двигун якого буде достатньо для нашої конвеєрної лінії. Провівши розрахунки на калькуляторі конвеєра ми дізналися що потрібна потужність 100 кВт, наш ЧП може працювати з такою потужністю . Отже було обрано двигун Simens 1LE1501-3AA03-4AA4 110 кВт

Таблиця 4.8 – Основні технічні характеристики двигуна Simens 1LE1501-3AA03-4AA4 110 кВт

Тип двигуна	Асинхронний
Вид двигуна	Трьохфазний промисловий
Типорозмір	315мм
Потужність	110 кВт
Синхронна частота обертів валу	3000 об/хв
Стандарт захисту	IP 55



Рисунок 4.18 – Асинхронний двигун Simens 1LE1501-3AA03-4AA4 110 кВт

4.3.4 Вибір гідравлічних насосів

Для вирішення всіх наших проблем нам потрібні насоси невеликої потужності для системи зрошення та підводу води до парогенератора, та більш потужний насос для швидкого приведення системи в робоче положення.

В ролі малопотужного двигуна було обрано Speroni VS 8-20. Універсальний насос з конструкцією патрубків «в лінію». Застосовується для побутового та комунального водопостачання, для перекачування чистих вибухобезпечних рідин, що не містять твердих і абразивних частинок, для поливу в сільському господарстві, в системах кондиціонування, водопідготовки, зрошувальних системах.

Основні характеристики:

- Тип води: Чиста
- Тип всмоктування: Нормально-всмоктуючий
- Кількість фаз: Трифазний
- Напруга, В: 230/400
- Потужність, кВт: 7,5
- Максимальна продуктивність, м³ / год: 12
- Максимальний робочий тиск, бар: 25
- Ступінь захисту: IP55
- Максимальна температура рідини, що перекачується, ° С: 110
- Температура навколишнього середовища, ° С: 40
- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь



. Рисунок 4.19 – Гідравлічний насос Speroni VS 8-20

Для водопостачання був обраний потужний насос Mas Daf NM 100-200.

Таблиця 4.9 – Основні технічні характеристики насосу Mas Daf NM 100-200.

Максимальний напір	66.0 (м)
Пропускна здатність	420.0 (куб. М / год)
Потужність	75.0 (кВт)
Частота струму	50 (Гц)
Перекачувані середовища	Поживна вода, Чиста вода, Технічна вода, Вода з домішками, Каналізаційні речовини
Мінімальна температура робочої рідини	-20.0 (град.)
Максимальна температура робочої рідини	110.0 (град.)



Рисунок 4.20 – Гідравлічний насос Mas Daf NM 100-200.

4.3.5 Вибір парогенератора

Потрібно розпочати з вибору парогенератору за типом. Парогенератори бувають:

- Твердопаливні
- Газові
- Електричні

Для перших двох потрібно будувати окрему котельню, тобто займати дуже багато місця, та й керувати процесом з ПЛК буде набагато важче. З цього робимо висновок, що електричний парогенератор є максимально підходить нашим потребам. Таким як достатня компактність та легкість підключення до ПЛК. Для вирішення цих задач було обрано парогенератор ІПКС-129-100Р на основі порівняння характеристик з парогенератором ПЄТ-100н.

Парогенератор ІПКС-129-100Р призначений для виробництва пари. Парогенератор може бути використаний як автономне джерело високотемпературної пари для подачі його в сорочки теплообмінного обладнання на підприємствах молочної та харчової промисловості. Вид кліматичного виконання відповідає УХЛ 4.2 по ДСТУ 15150-69, тобто температура навколишнього середовища від плюс 10 до плюс 35°C, відносна вологість повітря від 45 до 80%, атмосферний тиск від 84 до 107 кПа (від 630 до 800 мм.рт.ст.).



Рисунок 4.21 – Парогенератор ПКС-129-100Р.ц

Таблиця 4.10 –Порівняння основних технічних характеристик парогенератора ПКС-129-100Р і ПСТ-100н

	ПКС-129-100Р	ПСТ-100н
Продуктивність пара: при включенні 3-х електродів, кг / год	50	40
при включенні 6-ти електродів, кг / год	100	80
Робочий струм, А: одна група електродів	45	45
дві групи електродів	90	90
Обсяг котла парогенератора, л, не менше	25	20
Діапазон робочого тиску пари на виході, кГс / см ²	1-10	1-8
Температура пара, °С	120-160	120-160
Час виходу на робочий режим, хв, не більше	10	20
Кількість електродів, шт	6	6
Приєднувальні розміри, G: трубопроводу подачі води	1/2 "	1/2 "
трубопроводу виходу пари	1 "	1 "

Продовження таблиці 4.10

Випробувальний гідростатичний тиск, кГс / см ² , не більше	7	7
Напруга живлення, трифазне, В	3N ~ 380 ± 10%	3N ~ 380
Частота змінного струму живлення, Гц	50 ± 2%	50 ± 2%
Встановлена потужність, кВт, не більше	65	60
Показник енергоефективності, Вт / кг	650	650
Габаритні розміри парогенератора, мм, не більше		
довжина		
ширина	750	700
висота	700	500
	800	1000
Маса, кг, не більше	110	90

4.4 Розрахунок довжини тунельного пастеризатора для більшої ефективності процесу пастеризації

Для прикладу зробимо розрахунок для такого продукту як “Сік лохиновий з м’якоттю та цукром”.

Для розрахунку пастеризатора необхідні такі вихідні дані:

- продуктивність лінії – бан/хв.;
- тип та габаритні розміри тари;
- режим пастеризації продукту.

При розрахунках будемо приймати ширину робочого полотна у межах 1,8-2 м, довжину секцій, з яких складається пастеризатор – 2 м.

При встановленні у лінії пастеризатора тунельного, зрошувального чи занурювального типу розраховують його довжину, м, за формулою:

$$L_n = L_{зав} + L_n + L_o + L_{роз}, \quad (4.1)$$

де $L_{\text{зав}}$ та $L_{\text{роз}}$ – довжина ділянки завантаження та розвантаження з приводом (приблизно 1,5 м кожна); L_o – довжина ділянки охолодження (для зрошувального типу – 12 м, для занурювального – 8 м); L_n – довжина ділянки пастеризації, м.

Довжину ділянки пастеризації L_n розраховують з формули продуктивності пастеризатора:

$$Q = \frac{11,4 \cdot 10^5 \cdot L_n}{d_6^2 \cdot T_n} \quad (4.2)$$

де L_n – довжина ділянки пастеризатора ; d_6 – діаметр банки ; T_n - тривалість пастеризації (згідно технологічних інструкцій).

З формули (4.2) можемо виділити довжину ділянки пастеризації яка буде становити

$$L_n = \frac{Q \cdot d_6^2 \cdot T_n}{11,4 \cdot 10^5} \quad (4.3)$$

Підставимо наші числа .

$$L_n = \frac{4000 \cdot 0,089^2 \cdot 35}{11,4 \cdot 10^5} = 11 \text{ м}$$

Довжина однієї секції тунельного пастеризатора дорівнює 2 м, це значить що ми збільшуємо значення з 11 до 12. Та підставляємо в формулу (4.1). Отримуємо:

$$L_n = 1,5 + 12 + 12 + 1,5 = 27 \text{ м.}$$

Таким чином можемо сказати що довжина розрахованого нами тунельного пастеризатора повинна складати 27 метрів.

4.5 Моделювання динаміки об'єкта

Зробимо розрахунок ПІ регулятора , визначимо ПФ датка температури і об'єкта і потім в середовищі матлаб підібрати оптимальні параметри.

Як датчик температури візьмемо терморезистор. Терморезистор відносяться до параметричних датчиків температури, оскільки їх активний опір залежить від температури. Терморезистор називають також термометрами опору або термоопору. Вони застосовуються для вимірювання температури в широкому діапазоні від -270 до 1600 ° С.

Найбільшого поширення набули мідні та платинові терморезистори.

Виходячи з технічного завдання в якості датчика температури Rosemount 3144P:

- вимірюваний діапазон температури, град. С. 0-100;
- точність вимірювання температури, клас точності – 0,25
- вихідний сигнал 4-20 мА
- залежність лінійна
- час реакції на аварійну ситуацію, сек $2 \div 5$;
- обсяг пам'яті подій більше 2000;
- показник теплової інерції, сек 20;

Зробимо розрахунок чутливості датчика, для знаходження його передавальної функції. Опір металевого провідника R залежить від температури:

$$R = Ce^{\alpha T} \quad (4.4)$$

де C - постійний коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструктивних розмірів провідника;

α - температурний коефіцієнт опору;

e - основа натуральних логарифмів.

Абсолютна температура (K) пов'язана з температурою в градусах Цельсія співвідношенням $T (K) = 273 + T ^\circ C$. Визначимо відносне зміна опору провідника при його нагріванні.

Нехай спочатку провідник перебував при початковій температурі T_0 і мав сопротивленіє R_0 . При нагріванні до температури T його опір $R_T = Ce^{\alpha T}$. Візьмемо отношеніє R_T і R_0 :

$$\frac{R_T}{R_0} = \frac{Ce^{\alpha T}}{Ce^{\alpha T_0}} \quad (4.5)$$

Для нашого випадку $x = \alpha (T - T_0)$. Так як величина α для міді порівняно мала і в діапазоні температур до $+160 ^\circ C$ може бути прийнята постійної α , то і твір $\alpha (T - T_0)$ в цьому діапазоні температур менше одиниці. Тому не буде великою помилкою нехтувати при розкладанні членами ряду другого ступеня і вище

$$\frac{R_T}{R_0} = 1 + \frac{\alpha (T - T_0)}{1!} \quad (4.6)$$

Виразимо опір при температурі Т через початкове опір при Т₀

$$R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (4.7)$$

Для металевого терморезистора чутливість можна отримати диференціюючи. Отже, S_d = α. Саме температурний коефіцієнт опору визначає чутливість

$$\alpha = \frac{\frac{R_T}{R_0} - 1}{T - T_0} = \frac{\frac{138,88}{100} - 1}{100 - 0} = 0,003888 \frac{1}{^\circ\text{C}} \quad (4.8)$$

Наведемо таблицю, де показана залежність опору мідного терморезистора від температури

Rosemount 3144P										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	103,903	104,292	104,682	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,405
20	107,794	108,182	108,570	108,959	109,347	109,735	110,123	110,510	110,898	111,286
30	111,673	112,060	112,447	112,835	113,221	113,608	113,995	114,382	114,768	115,155
40	115,541	115,927	116,313	116,699	117,085	117,470	117,856	118,241	118,627	119,012
50	119,397	119,782	120,167	120,552	120,936	121,321	121,705	122,090	122,474	122,858
60	123,242	123,626	124,009	124,393	124,777	125,160	125,543	125,926	126,309	126,692
70	127,075	127,458	127,840	128,223	128,605	128,987	129,370	129,752	130,133	130,515
80	130,897	131,278	131,660	132,041	132,422	132,803	133,184	133,565	133,946	134,326
90	134,707	135,087	135,468	135,848	136,228	136,608	136,987	137,367	137,747	138,126
100	138,506	138,885	139,264	139,643	140,022	140,400	140,779	141,158	141,536	141,914
110	142,293	142,671	143,049	143,426	143,804	144,182	144,559	144,937	145,314	145,691
120	146,068	146,445	146,822	147,198	147,575	147,951	148,328	148,704	149,080	149,456
130	149,832	150,208	150,583	150,959	151,334	151,710	152,085	152,460	152,835	153,210
140	153,584	153,959	154,333	154,708	155,082	155,456	155,830	156,204	156,578	156,952
150	157,325	157,699	158,072	158,445	158,818	159,191	159,564	159,937	160,309	160,682
160	161,054	161,427	161,799	162,171	162,543	162,915	163,286	163,658	164,030	164,401
170	164,772	165,143	165,514	165,885	166,256	166,627	166,997	167,368	167,738	168,108

Рисунок 4.22- Залежність температури в зоні пастеризації від опору

Так як вимірюваний діапазон виміру температури датчика від -0 до 100 ° С, то можемо визначити максимальний і мінімальний опір

При T = 0° CR = 100 Ом;

При T = 100 ° CR = 138.88 Ом;

Знайдемо передавальну функцію датчика.

Рівняння датчика температури:

$$T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = kU(t) \quad (4.9)$$

Отже передавальна функція:

$$W(p) = \frac{k}{T p + 1} \quad (4.10)$$

$$K = \frac{R}{T} = \frac{138,88}{100} = 1,3888 \frac{\text{Ом}}{^{\circ}\text{C}}$$

Постійна часу являє собою час обробки вхідного сигналу:

$$T_{\text{пф}} = \frac{t}{T} = \frac{20}{100} = 0,5 \frac{\text{с}}{^{\circ}\text{C}}$$

Отже передавальна функція буде:

$$W(p) = \frac{1,3888}{0,5p + 1} \quad (4.11)$$

Знайдемо передаточну функцію зони пастеризації (тобто об'єкта)

Технічні характеристики установки пастеризації:

- продуктивність, б / год 1.5 - 1500;
- споживана потужність, кВт 3 - 50;
- площа апарату, мм 70 - 600;
- висота насадок частини, мм 1800 - 12000;
- обсяг кубової ємності, м³ 0.08 - 22.

Визначальним фактором динамічного режиму зони в цілому є динамічна характеристика найпростішого елемента зони – системи розпилення. Передавальна функція зони пастеризації в загальному випадку має вигляд:

$$W_{\text{зон.п}}(p) = \frac{k e^{-0,05(n-t)}}{T p + 1} \quad (4.11)$$

де k- коефіцієнт передачі рівень / витрата, мс / кг

n- число агрегатів ділянки об'єкту

τ - постійна часу переливу

Згідно з рівнянням 5.10 , постійна часу перелив

$$T = \frac{2}{3} F \frac{h}{L} \quad (4.12)$$

де F- площа поперечного перерізу зони, м²;

h - середній рівень рідини на контейнері, м;

L- витрата рідини, м³ / с.

Технічні характеристики однопоточному колони типу ТКП:

- діагональ тунелю, мм 1600;
- вільний перетин тунелю, м² 2.01;
- робочий перетин тунелю, м² 1.47;
- периметр зливу, м, 1.26;
- перетин переливу, м² 0.27;
- крок, мм 75;
- відносний вільний перетин агрегату, % 13.23;

Тоді постійна часу переливу:

$$T = \frac{2}{3} 1,47 \frac{126}{0,42} = 2,94$$

Передавальна функція системи зрошення

$$W_{\text{кол}}(p) = \frac{0,05}{2,94p + 1}$$

Будуємо структурну схему , яка включає на ПІ-регулятор, ПФ об'єкта управління , зрозуміло у нас відбування запізнення , і ПФ датчика відповідно. Підбираємо коефіцієнти для регулятора так, щоб перехідна характеристика спрацьовувала найшвидше.

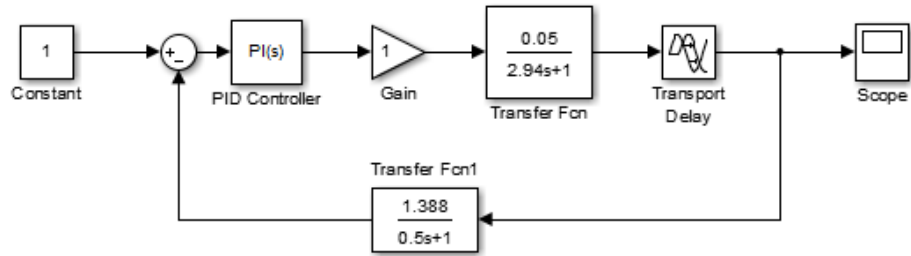


Рисунок 4.23- Структурна схема моделі з ПІ регуляторів

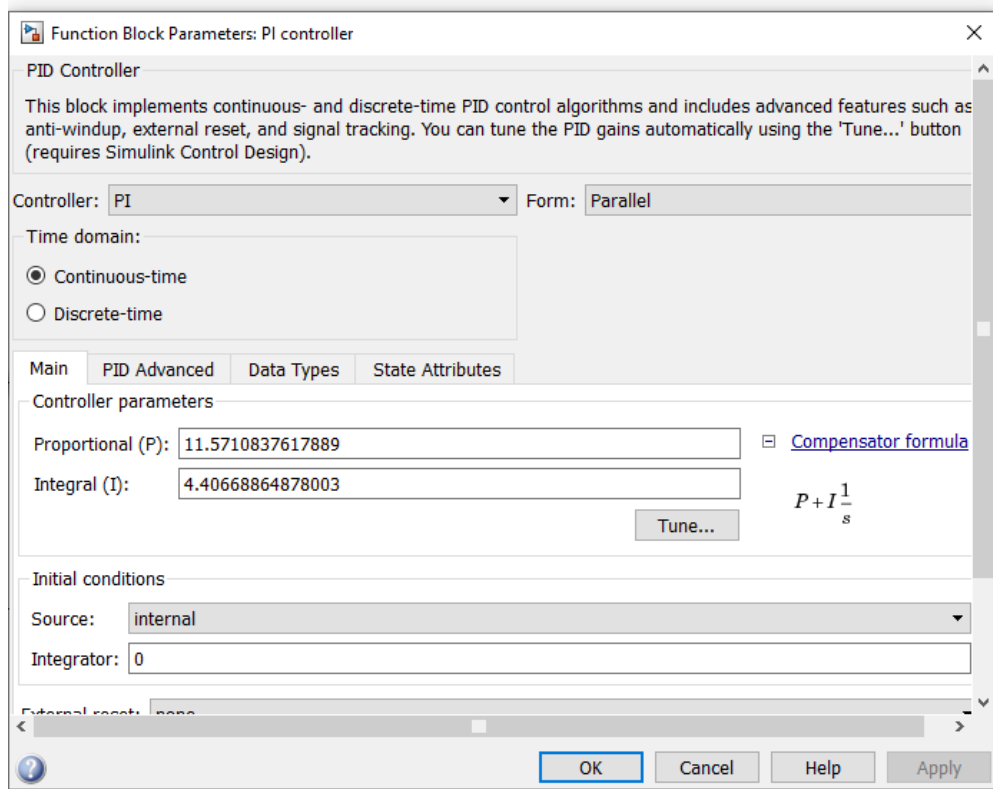


Рисунок 4.24- Коефіцієнти для ПІ-регулятора

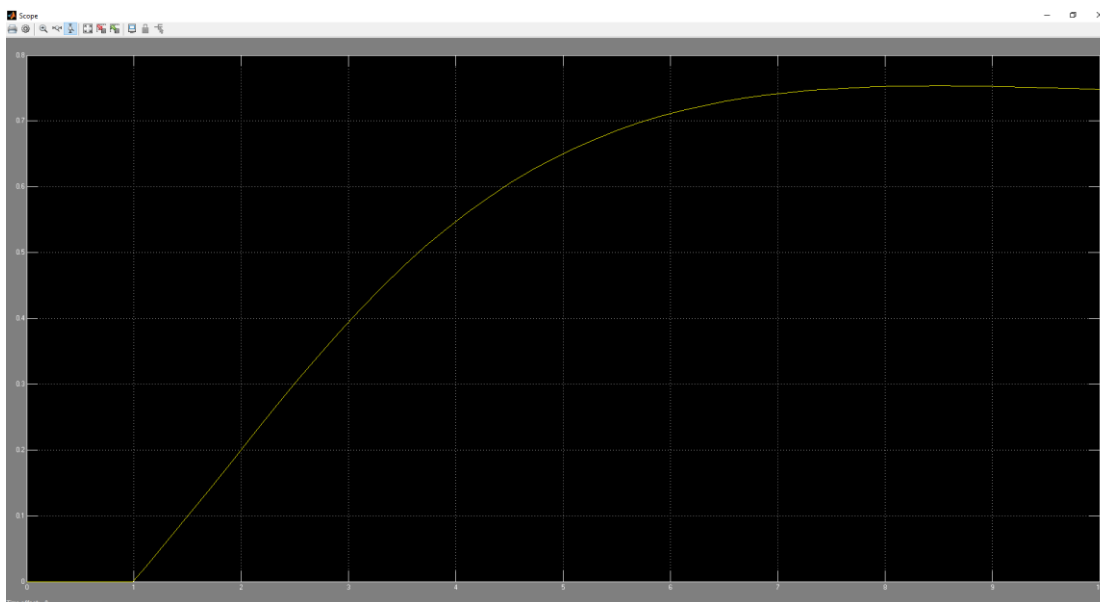


Рисунок 4.25 - Перехідна характеристика системи терморегуляції

Після всіх проведених дій ми отримали найменший час перехідного процесу, що дозволяє зробити більш швидким процес регулювання, а також ми позбулися значного перерегулювання в існуючій системі

4.5 Програмне забезпечення системи управління

TIA Portal – (Totally Integrated Automation Portal), інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу, надає необмежений доступ до повного спектру цифрових послуг автоматизації, від цифрового планування та інтегрованого проектування до візуалізації системи. За допомогою TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) компанії Siemens користувач шляхом ефективного проектування може вирішувати швидко і інтуїтивно завдання, пов'язані з автоматизацією і технологіями приводів. Архітектура програмного забезпечення розрахована на високу ефективність і зручність обслуговування, як для початківця, так і для досвідченого користувача. Вона пропонує єдину систему управління для контролера, НМІ (Human Machine Interface / людино-машинний інтерфейс) і приводів,

для спільного зберігання та узгодження даних, наприклад, при конфігурації, комунікації та діагностиці, а також для високопродуктивних бібліотек по всіх об'єктах автоматизації. Просте конструювання в TIA Portal дозволяє здійснити повний доступ до загальної системи цифрової автоматизації цифрового планування через інтегроване конструювання аж до кодонезалежного режиму. За допомогою пакету оновлень для порталу TIA Portal V14 (Totally Integrated Automation Portal) Siemens розширив свій фреймворк конструювання за рахунок нових практичних функцій для скорочення часу конструювання. Оновлення в TIA Portal V14 SP1 акцентовані на відкритості іншим системам.[17]

- Simatic Step 7 v.11 для програмування контролерів S7-1200, S7-300, S7-400 і WinAC;
- Simatic WinCC v.11 для розробки людино-машинного інтерфейсу;
- Sinamics StartDrive v.11 для програмування та діагностики приводів Sinamics.

За допомогою Step 7-Simatic виконується комплекс робіт по створенню та обслуговуванню систем автоматизації на основі програмованих логічних контролерів Simatic S7-300, Simatic S7-400 і Simatic S7-1200 фірми Siemens. В першу чергу це роботи з програмування контролерів.

Роботу з проектом в цілому забезпечує головна утиліта Step 7 - Simatic Manager. Step 7 дозволяє виробляти конфігурації програмованих логічних контролерів і мереж. У процесі конфігурування визначається склад обладнання в цілому, розбиття на модулі, способи підключення, використовувані мережі, вибираються налаштування для використовуваних модулів. Система перевіряє правильність використання і підключення окремих компонентів. Завершується конфігурація завантаженням обраної конфігурації в обладнання, що по суті є налаштуванням обладнання. Утиліти конфігурації дозволяють здійснювати діагностику обладнання, виявляти апаратні помилки або неправильний монтаж обладнання. Програмування контролерів виробляється редактором програм, що забезпечує написання програм на трьох мовах:

- LAD - мова релейно-контактної логіки;

- FBD - мова функціональних блокових діаграм;
- STL - мова списку інструкцій.[21]

Simatic WinCC (Windows Control Center) – система HMI, програмне забезпечення для створення людино-машинного інтерфейсу, складова частина сімейства систем автоматизації Сіматік. Основні можливості WinCC:

- Візуалізація техпроцесу (Graphic Designer);
- Конфігурація та налаштування зв'язку з контролерами різних виробників (Tag Management);
- Проектування системи звітності (Report Designer);
- Взаємодія з іншими додатками, в тому числі і по мережі, завдяки використанню стандартних інтерфейсів OLE, ODBC і SQL забезпечує просту інтеграцію WinCC у внутрішню інформаційну мережу підприємства;
- Проста побудова систем клієнт – сервер;
- Побудова резервованих систем;
- Розширення можливостей шляхом використання елементів ActiveX;
- Відкритий OPC-інтерфейс (OLE for Process Control);
- Взаємодія з пакетом Simatic Step 7.[21]

Розроблена SCADA автоматизації процесу пастеризації овочів надана в **ДодаткуБ**
 Розроблений алгоритм процесу пастеризації овочів наданий в **Додатку В**

4.6 Висновки

В данному розділі було проведено роботу над вибором засобів автоматизації а саме було обрано контроллер,сигнальні модулі,комунікаційний модуль.Було розглянено приклад використання комунікаційного модуля. Також було підібрано блок живлення який повністю відповідає нашим потребам. Також нами підібрано необхідна для використання в системі панель оператора. Також нами було організовано канал зв'язку на основі Profinet.

Далі було проведено вибір давачів . Зпочатку було обрано давач для зняття показників температури з подальшим їх використанням у майбутньому Росмаунт. Також була приведена схема монтажу давача.

Наступним кроком був підбір давача тиску води та пари в контурах постачання. Було обрано два датчика та порівняно їх між собою. Після порівняння був обраний датчик Аплісенс. Наступним кроком було розглянуто схему вимірювального блоку.

В результаті порівняння двох рівнемірів Дайнел та РИЗУР було віддано перевагу ультразвуковому безконтактному датчику Дайнел.

Як давач швидкості обертання валу було обрано енкодер Омрон попередньо порівнявши його з іншим енкодером.

Вибір перетворювачів частоти є теж дуже важливою задачею для побудови нашої системи оскільки ми використовуємо його в трьох підсистемах.

- Транспортувальна система з приводом конвеєрної стрічки
- Система зрошення з дев'ятьма приводами насосів
- Система водопостачання з двома приводами насосів

Тому було обрано Siemens MICROMASTER 440. Також було підібрано сідловий клапан , двигун для конвеєрної стрічки, та два гідравлічні насоси.

Зроблено розрахунок довжини пастеризатора за умови найбільшої ефективності його складових. Згенеровано ПІ регулятор, після того як було виведено перехідну характеристику об'єкта та давача. Також було обрано програмне забезпечення для системи автоматизації.

Висновки

Проведено аналіз процесів, по пастеризації овочів ТП. Проаналізовано технологічна схема пастеризації характеризується використанням передових технологій пастеризації, транспортувальної системи, системи зрошення.

На підставі проведеного аналізу сучасного стану сформульований нами предмету дослідження поставим наступні задачі дослідження.

1. Скореговано функціональну схему автоматизації. На основі аналізу функціональної схеми автоматизації розглянуті можливі варіанти використання засобів автоматизації і побудови каналів зв'язку для забезпечення дистанційного управління процесом пастеризації в ТП.
2. Було проведено комплексний огляд засобів автоматизації, їх оновлення та фінальний підбір, на основі порівняння комплектуючих різного типу.
3. Розроблено повністю функціональний алгоритм для керування установкою для пастеризації консервованих овочів, на базі тунельного пастеризатора.
4. Розроблено SKADA середовище для керування процесом, як автоматично так і вручну. Візуалізовано всі необхідні процеси та величини. Розроблено задання величин для зміни їх вручну.
5. Синтезовано ПІ регулятор для системи регулювання температури в зонах пастеризації, що дозволило отримати найменший час перерегулювання, та значно прискорити час перехідного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Pavel Jonas (2015) - Modelling and Control of Tunnel Pasteurizers., Czech Technical University Prague, Fac. Electr. Engineering.
- 2) Patrick Hammer , Martin Mayer (2016) Model Predictive Control of the Distributed Parameter System Tunnel Pasteurizer evon GmbH, Gleisdorf, Austria
- 3) KHS gmbh – Pasteurizer machine`s user manual, operating manual, trouble shooting (2015)
- 4) Jitendra Suthar , Sagar Patel , Prof. Nital Patel , Mr. Raviprakash Singh Implementation of Self Tuning PID Controller in Pasteurizer Machine for Food and Beverage Industry Using Siemens S7-300 PLC, International Journal of Advance Engineering and Research Development (IAERD) Volume 2, Issue 2, February -2015, e-ISSN: 2348 - 4470, print-ISSN: 2348-6406
- 5) Сапунов.О.М, Толбатов.В.А Система керування процесом пастеризації овочевих консервів. Інформатика, математика, автоматика (ІМА :: 2019), – Суми : СумДУ, 2019.
- 6) Сапунов О.М Система керування процесом пастеризації овочевих консервів [Текст]: Дипломний проект; спец.: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / О.М. Сапунов; наук. керівник В.А. Толбатов.– Суми: СумДУ, 2019. – 75 с.
- 7) Відомості про ПЛК – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:https://www.siemenspro.ru/docs/simatic/s71500/04_S7_1500_2015.
- 8) Довідник по каталогу Siemens російською мовою: ООО © Siemens, Июнь 2015. SIMATIC S7-1500, Totally Integrated Automation.
- 9) Промислові комунікації SIMATIC NET, Industrial Ethernet – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/9300233/info/>
- 10) Промисловий Ethernet – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/lib/ne/2010/12/6-promyishlennyiy-ethernet-ot-st-vsyo-i-srazu>

- 11) Відомості про давач температури води Rosemount 3144P ©Emerson Electric Co. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.emerson.com/ru-ru/automation/rosemount>
- 12) Відомості про давач тиску води – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.aplisens.ru/include/APLISENS-2017-2018.pdf>
- 13) Відомості про давач рівня– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://praslin.com.ua/files/100305033756-ulm-53-nav-ru.pdf>
- 14) Відомості про Давач швидкості переміщення конвеєрної лінії Енкодер Omron E6C2-C.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://omron.com.ua/sites/default/files/files/sensors/Q018-E2-03-X%2BE6A2-C%2BDatasheet>
- 15) Відомості про Сідлові прохідні клапани ARI-STEVI® Smart модель 440 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.techprilad.com/obladnannya/public-catalogue-uk/katalog-promarmatura/regulyuyuchi-klapani-z-elektro-ta-pnevmoprivodami/sidlovi-prokhidni-klapani/>
- 16) Відомості про привід конвеєра(асинхронний двигун) – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу http://tekhar.com/Price_list/Siemens/Privod/Motors_Simotics_GP_SD.pdf
- 17) Програмне забезпечення TIA Portal – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10226907/info/>
- 18) Програмируемые контроллеры S7-1500, ООО © Simens, інформація по продуктам– [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/S7-1500.pdf>
- 19) Основні положення законодавства про охорону праці [Електрон. ресурс]. – Режим доступ :http://pidruchniki.com/13761025/bzhd/osnovni_polozhennya_zakonodavstva_pro_ohoronu_pratsi

- 20) Masao Ogawa, Yutaka Henmi, “Recent Developments on PC+PLC based Control Systems for Beer Brewery Process Automation and Applications”, SICE-ICASE International Joint Conference 2017

Додаток А
(довідковий)

Конструкторська документація

СУм –91 8.050201 А2 Функціональна схема автоматизації системи керування процесом пастеризації овочевих консервів

Додаток Б
(довідковий)

Людино-машинний інтерфейс SCADA системи пастеризації овочів

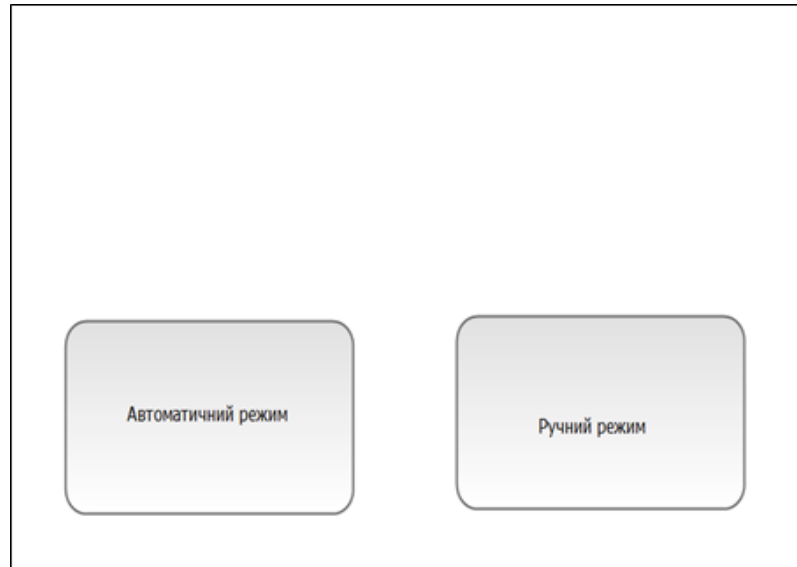


Рисунок 1 - Стартове меню



Рисунок 2-Вибор виду продукції в автоматичному режимі

Додаток Б
(продовження)

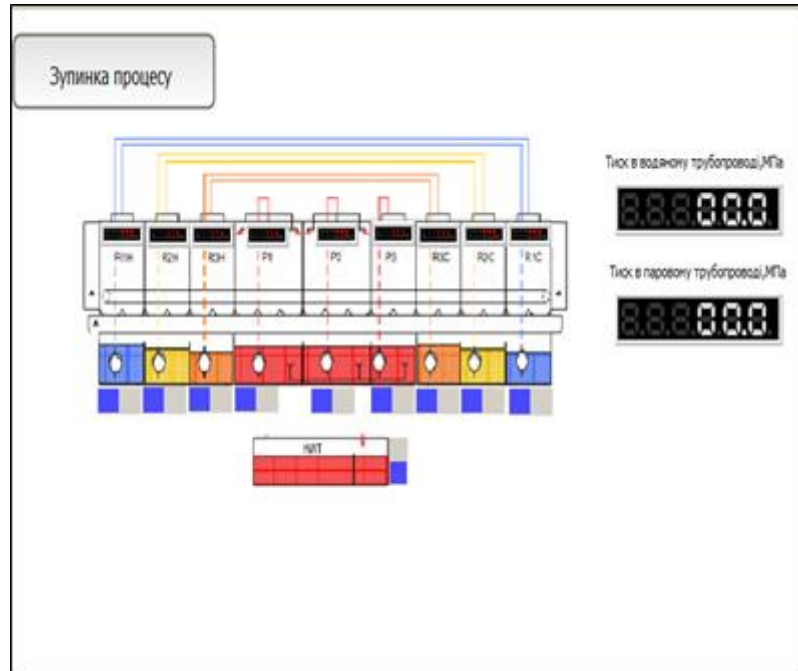


Рисунок 3-Моніторинг процесів в автоматичному режимі

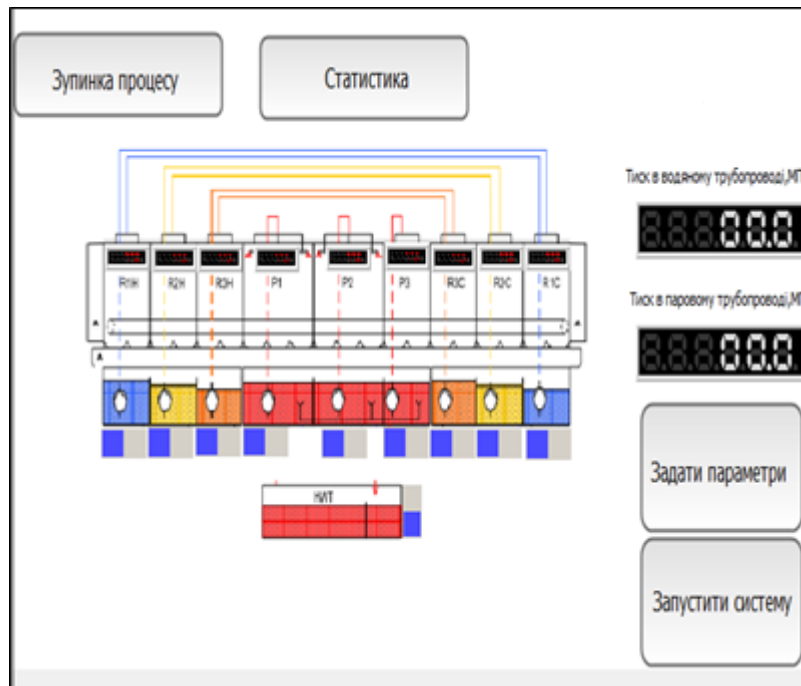


Рисунок 4-Вікно SKADA в ручному режимі

Додаток В

(довідковий)

Алгоритм процесу пастеризації овочів

