

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій

Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і
технологій

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Забезпечення надійності системи управління пастеризаційним
устаткуванням з критичним характером відмов»

ХАІ.502.560М.22в.172.1705002 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу групи №560М
Галузь знань 17 Електроніка та
телекомунікації

Спеціальність 172 Телекомунікації та
радіотехніка

Освітня програма «Радіоелектронні
комп'ютеризовані засоби»

(код і найменування напряму підготовки)

Мороз Є.О.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: проф. Бабаков М.Ф.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: проф. Невлюдов І.Ш

(прізвище й ініціали)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Усі розділи | Бабаков М.Ф. проф. каф. 502 | 05.09.22 | |


Нормоконтроль _____ В.М. Олійник «10» грудня 2022 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «05» вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | Отримання завдання. | 05.09.22 | |
| 2 | Аналітичний огляд пастеризаційної установки | 31.10.2022 – 10.11.2022 | |
| 3 | Розгляд методів забезпечення надійності | 10.11.2022 – 15.11.2022 | |
| 4 | Застосування методів забезпечення надійності | 15.11.2022 – 20.11.2022 | |
| 5 | Перевірка ефективності застосованих рішень | 20.11.2022 – 25.11.2022 | |
| 6 | Нормоконтроль | 05.12.2022 – 10.12.2022 | |
| 7 | Передзахист | 12.12.22 | |
| 8 | Захист роботи | 15.12.2022 | |

Здобувач вищої освіти
Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)
_____ (підпис)

Є.О. Мороз
(ініціали та прізвище)
М.Ф. Бабаков
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 сторінок, 9 рисунків, 12 таблиць, 19 джерел.
БЕЗВІДМОВНІСТЬ. НАДІЙНІСТЬ. ПАСТЕРИЗАЦІЙНІ УСТАНОВКИ.

Об'єкт дослідження – процес забезпечення надійності системи управління пастеризаційним устаткуванням з критичним характером відмов.

Метою розробки є розробка автоматизованої системи управління пастеризаційно-охолоджувальної установки на базі «Харківського молочного заводу».

Методи розробки – аналіз, моделювання, оцінювання параметрів.

Актуальність та наукова новизна роботи полягає в використанні методів резервування та ергономічних методів.

В роботі було проведено аналіз пастеризаційної установки пластинчатого типу. Оглянуто методи забезпечення надійності. Застосовано методи забезпечення надійності при побудові нової системи управління. Проведено розрахунок безвідмовності і аналіз критичності відмов який показав доцільність використання методів резервування.

ABSTRACT

Explanatory note: 87 pages, 9 figures, 12 tables, 19 sources.

NON-REFUSAL. RELIABILITY. PASTEURIZATION INSTALLATIONS.

Research object – Methods of ensuring the reliability of the control system of pasteurization equipment with critical failures.

The purpose of the development is the development of automated control system of the pasteurization and cooling plant on the basis of Kharkiv Dairy Plant.

Development methods – analysis, modeling, parameter estimation.

The relevance and scientific novelty of the work lies in the use of redundancy and ergonomic methods.

In the work, an analysis of a plate-type pasteurization installation was carried out. Methods of ensuring reliability are reviewed. The methods of ensuring reliability during the construction of a new management system are applied. Failure-free calculation and failure criticality analysis were carried out, which showed the expediency of using redundancy methods

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ..... | 8 |
| ВСТУП | 9 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПАСТЕРИЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ | 12 |
| 1.1 Технологія пастеризації молока | 12 |
| 1.2 Схема пастеризаційної установки та її елементи | 15 |
| 1.3 Досвід експлуатації пастеризаційної установки..... | 19 |
| 2 РОЗГЛЯД МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ | 22 |
| 2.1 Основні показники та надійність об'єкту дослідження..... | 22 |
| 2.2 Загальнотехнічний клас методів забезпечення надійності..... | 23 |
| 2.2.1 Організаційна підгрупа методів | 24 |
| 2.2.2 Організаційно-структурна підгрупа методів..... | 26 |
| 2.2.3 Підгрупа конструктивних методів | 30 |
| 2.3 Спеціальний клас методів забезпечення надійності | 33 |
| 2.3.1 Введення надмірності..... | 33 |
| 2.3.2 Експериментальні методи забезпечення надійності | 35 |
| 3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ | 37 |
| 3.1 Розгляд методів створення системи управління..... | 37 |
| 3.2 Розгляд варіантів та можливостей для модернізації | 42 |
| 3.3 Контрольно вимірювальні прилади та програмовані логічні контролери | 46 |
| 3.4 Інтерфейси «пристрій-людина»..... | 48 |
| 3.5 Побудова нової системи управління установки | 51 |
| 3.6 Обслуговування та ремонт розробленої автоматизованої системи управління..... | 53 |
| 4 ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСОВАНИХ РІШЕНЬ..... | 60 |
| 4.1 Розрахунок надійності автоматизованої системи управління | 60 |
| 4.2 Аналіз видів наслідків та критичності відмов автоматизованої системи управління..... | 63 |

| | |
|--|----|
| ВИСНОВКИ..... | 73 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 75 |
| ДОДАТОК А Пастеризаційна установка. Технологічна схема | 78 |
| ДОДАТОК Б Шафа для системи управління пастеризаційною установкою. Складальне креслення..... | 80 |
| ДОДАТОК В Система управління пастеризаційною установкою. Функціональна схема | 82 |
| ДОДАТОК Г Система управління пастеризаційною установкою. Схема електрична принципова | 84 |
| ДОДАТОК Д Сертифікат з участі в конференції | 86 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

(А)СУ – (Автоматизована) система управління

ВК – вимірювальні комплектуючі

ЗП – запасні частини, інструменти та принади

КВ – комплектуючі вироби

ПЛК – програмований логічний контролер

П(О)У – пастеризаційно(-охолоджувальна) установка

ПЧ – перетворювач частотний

ТЗ – технічне завдання

ТО – технологічний об'єкт

ТП – технологічний процес

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

ВСТУП

Якісна пастеризація має велике значення, адже може вберегти людину. Процес пастеризації носить помітну бактерицидну дію не змінюючи смакові якості більшості продуктів харчування та сприяє знищенню більшості хвороботворних бактерій[1]. Санітарними та ветеринарними правилами для молочно-товарних та племінних ферм встановлено обов'язкову пастеризацію молока для корів хворих або підозрюваних у захворюванні на туберкульоз, бруцельоз.

Технологія пастеризації – це нетривале нагрівання рідини, яка протікає між теплообмінниками. Потім рідину відправляють в танки нейтралізації, а після – фасують у стерильну тару спеціальними установками розливу. Від способу пастеризації залежить будова установки — пастеризатора. Найефективнішими, з точки зору енерговитрат та часу пастеризації, є пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки[3].

Пошуки реальних експлуатаційних установок привели до харківського молочного комбінату, де ще рік тому відбувалася швидка модернізація та заміна старих установок і ліній.

Поміж нових усіяких установок, що обладнанні контролерами та високонадійними вузлами, існують зовсім застарілі шафи систем управління пастеризаційних установок. З першого погляду на які одразу бачиться велика захаращеність перемикачами, кнопками та різного роду складні збірки. Інженери комбінату, вдаючись до різного роду хитрощів, потрохи замінюють модулі, тим самим продляючи життя цієї АСУ.

Модернізація дійшла до заміни вже майже головних блоків, встановлюються регулятори фірми «ОВЕН», замінюються кнопки. Але чи є така «модернізація» ефективною?

Продовжуючи активне використання цієї установки з кожним разом ми можемо зіткнутися з настанням критичних наслідків та відмов. Аналізуючи

нові АСУ, що вже встановлені на інших лініях, робиться висновок в їх ергономічній, надійній та енергоекономічній перевазі. Ймовірність відмов таких установок в десятки раз нижча, а перевага в програмному керуванні зменшує час ймовірного пошуку несправності. Враховуючи характеристику продукту, який є досить прискіпливий до часу, кожна виграна година ремонту є цінною.

Через це було прийнято рішення розробки проекту забезпечення надійності пастеризаційної установки для досягнення показників надійності вже оптимізованих, а завдяки застосування різних методів забезпечення надійності можливе навіть досягнення кращого результату, що піде в основу поліпшення й інших установок.

Метою роботи є розробка заново створюваної автоматизованої системи управління пастеризаційно-охолоджувальної установки на базі харківського молочного заводу.

Завданнями дослідження є аналітичний огляд пастеризаційної установки, розгляд методів забезпечення надійності, застосування методів забезпечення надійності, перевірка ефективності застосованих рішень

До методів наукового дослідження можна віднести:

- пошук інформації по темі;
- натурний експеримент;
- проведення аналізу причин основних критичних відмов;
- внесення конструктивних змін в установку, керуючись методами підвищення надійності;
- проведення конструкторських розрахунків;
- отримання оцінки ефективності застосованих рішень;
- використання пакетів САПР.

Загалом, в першому розділі буде розглянуто технологію пастеризації молока, пастеризаційну установку, її технологічну схему та елементи. Буде також висвітлено основні проблеми установки та можливі шляхи вирішення.

Другий розділ присвячено методам забезпечення надійності, серед яких виділяють дві головні групи: загальнотехнічні та спеціальні. Ґрунтовно розглянуто всі можливі варіанти, на які будуть спиратися подальші шляхи вирішення завдання забезпечення надійності АСУ.

Третій розділ містить розробку нової АСУ. Буде розглянуто елементну базу та обрано найнадійнішу серед представників ринку. Також в розділі буде розраховано за формулами інтенсивність відмов, спроектовано нову шафу та надано збіркове креслення, розроблено функціональне та електричне принципове креслення нової АСУ.

Четвертий розділ є заключним етапом розгляду нової АСУ. Надано розрахунок надійнісних коефіцієнтів, ремонтпридатності та безвідмовності. Проведено аналіз критичних відмов та дано оцінку ефективності застосованих рішень.

Результатом виконаної роботи свідчить також участь в міжнародній конференції «Science and technology: problems, prospects and innovations» та публікація тези «Підвищення надійності пастеризаційної установки у процесі експлуатації», що висвітлює головну проблематику та можливі шляхи вирішення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПАСТЕРИЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Технологія пастеризації молока

З метою знищення хвороботворних мікроорганізмів, що знаходяться в молоці та молочних продуктах, застосовують пастеризацію та стерилізацію. Апарати, в яких ведуть цей процес називають пастеризаторами або стерилізаторами. Деяким продуктам, наприклад морозиву, теплова обробка надає приємного запаху, а вершковому маслу – солодкуватий присмак[1].

Першим застосував теплову обробку як спосіб зберігання продуктів французький учений, засновник мікробіології Луї Пастер. На практиці пастеризація молока вперше була застосована доктором Сокслетом у Німеччині 1886 р. Початкове устаткування пастеризації дозволяло нагрівати молоко до 71,1 °С та витримувати його за цієї температури 30...60 секунд. У 1900 р. Рассел і Халстін, а трохи згодом Розенау встановили точки загибелі різноманітних мікроорганізмів, які можуть бути у молоці.

Санітарними та ветеринарними правилами для молочно-товарних та племінних ферм встановлено обов'язкову пастеризацію молока для корів хворих або підозрюваних у захворюванні на туберкульоз, бруцельоз. Молоко пастеризують у разі дома його отримання.

Існує кілька способів обробки рідин знищення патогенних організмів. За способом використання енергії їх можна розділити на парові, електричні, з ультрафіолетовим, інфрачервоним або радіоактивним опроміненням, з впливом струмів високої частоти та високих короткочасних тисків; за способом теплової обробки – на термічні та холодні; за характером виконання процесу – апарати безперервної та періодичної дії.

Найбільшого поширення теплової обробки молока знайшли три режими пастеризації: тривалий – нагрівання молока до 63 °С наступною витримкою за цієї температури протягом 30 хв; короткочасний – нагрівання молока до 72 °С витримкою протягом 20...30 секунд; миттєвий - нагрівання молока до 85 ... 90 °С без витримки дві секунди і менше. Пастеризація повністю зберігає всі

якості незбираного молока. При нагріві вище 90°C призводить до втрати частини білка. Залежність між температурою та тривалістю нагріву показує, що найбільший ефект пастеризації дотримується в межах нейтральної зони[2].

У нашому випадку розглядається пластинчатий пастеризатор. Тому розглянемо його характеристики детальніше.

Пластинчасті ПОУ складаються з кількох секцій, зібраних однією станині. Змінюючи кількість пластин у секціях, можна отримати різну продуктивність установок.

До їх переваг можна віднести: при порівняно невеликих розмірах висока продуктивність, потоковість процесу пастеризації та охолодження, високий ККД, простота та надійність в експлуатації.

ПОУ використовують для відцентрового очищення, тонкошарової пастеризації, витримки та охолодження молока в закритому потоці.

Робочий процес протікає в такий спосіб. Молоко з танка самопливом або під тиском направляється в зрівняльний бак, рівень молока в якому підтримується поплавковим клапаном і повинен бути не менше 300 мм, щоб уникнути підсмоктування повітря в молочний насос. Далі молоко насосом подається в секцію регенерації пастеризатора, де нагрівається за рахунок теплообміну з гарячим молоком, що йде від секції пастеризації до температури $37\text{...}40^{\circ}\text{C}$ і надходить у молокоочисник для очищення від механічних домішок, а звідти йде на подальший прогрів у другу секцію регенерації та пастеризації, де за рахунок теплообміну з гарячою водою нагрівається до температури 92°C . З секції пастеризації молоко через електрогідравлічний перепускний клапан, яким керує електронний міст, направляється у витримувач, а при температурі молока нижче 90°C скидається назад у зрівняльний бак на повторний підігрів. У витримувачі молоко знаходиться протягом 300 с. і далі пастеризоване молоко проходить секції регенерації, для віддачі тепла зустрічному потоку молока, що надходить в апарат, і його температура знижується до $20\text{...}25^{\circ}\text{C}$. Далі це молоко проходить послідовно секції охолодження артезіанською водою та крижаною водою від охолоджувальної

установки. Холодне молоко надходить для зберігання танки. Витримувач в установці призначений для посилення пастеризаційного ефекту.

Молоко у секції пастеризації підігрівається гарячою водою, що подається в установку насосом із бойлера. Вода нагрівається парою, що надходить через інжектор з паропроводу котельної установки, клапан на паропроводі забезпечує автоматичне регулювання надходження пари залежно від температури пастеризованого молока. При зниженні температури молока, що виходить із пастеризаційної секції, електрогідравлічний перепускний клапан автоматично направляє молоко в зрівняльний бак для повторної пастеризації. Первинний сигнал зміни температури пастеризованого молока надходить від термометра опору в електронний міст. Для вимірювання температури охолодженого молока є манометричний термометр. Тиск в молокопроводі від очищувача молока до II секції пастеризатора контролюється показуючим манометром. Ступінь стиснення теплових секцій у пастеризаторі здійснюється натискними пристроями і визначається за табличкою зі шкалою, встановленою на нижній та верхній розпірках. Перепускний електрогідравлічний клапан має корпус з нержавіючої сталі та складається з власне клапана та електрогідравлічного реле, закритого кожухом, електромагніт реле з'єднаний з мостом, що контролює температуру пастеризованого молока. Якщо молоко виходить з пастеризатора, маючи температуру нижче заданої, то ланцюг котушки реле розімкнуте і шток знаходиться в нижньому положенні, залишаючи молоко назад у зрівняльну камеру[3].

Після досягнення температури пастеризації контакти моста замикаються. При цьому перекривається шлях молока в зрівняльну камеру клапана та відкривається вихід для подачі молока до молочних танків.

Клапан автоматичного регулювання подачі пари діє від електронного регулятора, термометр опору якого знаходиться на шляху пастеризованого молока. Сигнал термометра, посилений приладом, надходить електромагніт реле. Шток піднімає клапан, а вода через сідло проходить у гідрокамеру,

опускаючи мембранно-клапанний механізм зі штоком, золотник якого збільшує прохідний переріз для пари. При підвищенні температури пастеризації регулюючий прилад включає реле електромагніту, з відкриттям клапана якого вода з камери гідрореле отримує вихід і виштовхується під дією пружини на грибок та мембрану. Золотник поступово перекидає канал впуску пари через інжектор у систему циркуляції гарячої води. Перекриття відбувається до встановлення пастеризації.

Регулятор та електромагнітне реле працюють у пульсуючому режимі, що забезпечує подачу води в гідрореле малими дозами, створює умови для плавного регулювання – переміщення золотника. Регулювальний гвинт служить для зміни періоду переміщення штока клапана регулювання подачі пари.

Витримка протягом 300 с у витримувачі перед охолодженням сприяє знищенню мікрофлори молока.

Система може працювати в ручному та автоматичному режимах.

Обслуговування установки полягає у промиванні протягом 15...20 хв у циркуляційному режимі розчином каустичної соди. Промивання з розбиранням пастеризатора проводиться двічі на місяць.

1.2 Схема пастеризаційної установки та її елементи

Для забезпечення надійності та якості було проведено пошук реальних пастеризаційних установок. Як приклад обрано пастеризаційну установку харківського молочного заводу. На рисунку 1.1 зображено технологічну схему досліджуваної пастеризаційної установки, у додаток А винесено повне креслення.

До кожного пневматичних клапанів прилаштовано індуктивні датчики положення, для контролю позиції. Сигнал з усіх датчиків йде до шафи керування, де оператор здійснює контроль над технологією пастеризації.

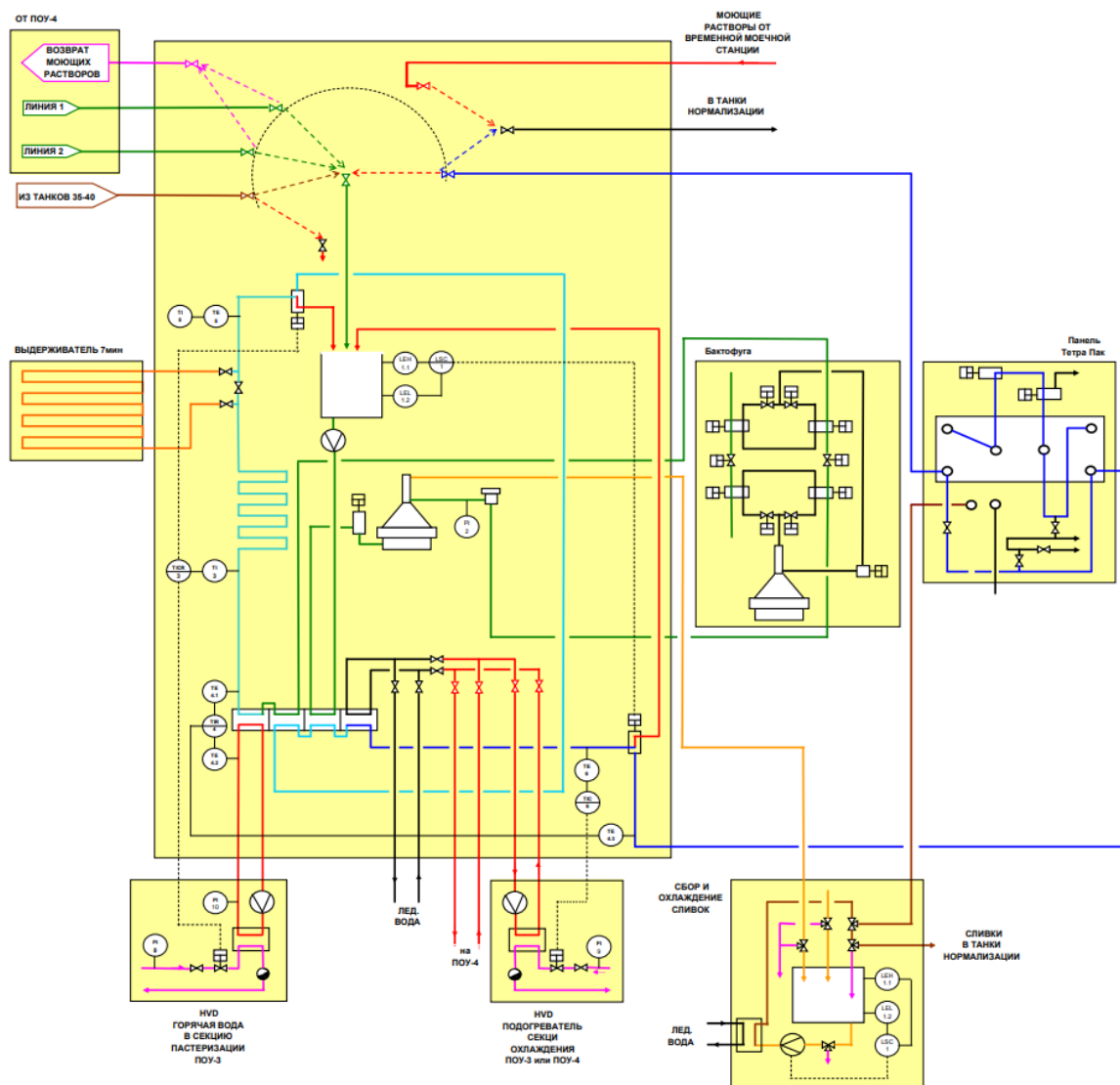


Рисунок 1.1 – Технологічна схема досліджуваної пастеризаційної установки

Датчик температури. Термоперетворювачі опору ТСП-0879, ТСМ-0879 призначені для вимірювання температури твердих тіл, рідких і газоподібних середовищ. Вимірювання температури термоперетворювачами опору засноване на властивості платини або міді змінювати електричний опір пропорційний до зміни температури. Чутливий елемент платинових термоперетворювачів є спіраль, намотану з платинового дроту діаметром 0,05 мм, поміщену в канали керамічного каркаса. Кінці спіралі припаяні сріблом до виводів зі сплаву іридій-родій. Чутливий елемент мідних

термоперетворювачів виконаний із мідного дроту діаметром 0,06 мм. Термоперетворювачі опору.

Діапазон вимірюваних температур; від -260 до + 6 0 0 ° С (Т С П -0-79); від - 50 до + 2 0 0 ° С (Т С М -0879); від - 50 до + 2 5 0 ° С (Т С П -0879-01); від - 50 до + 2 0 0 ° С (Т С М -0879-01). Номінальна статична характеристика перетворення (градувальна характеристика) ШОП, 50П (Т С П -08 | 79, Т С П -0879-01); 100М, 50М (Т С М -0879, Т С М -0879-01). Межа значення основної похибки термоперетворювачів, що допускається: при номінальній статичній характеристиці перетворення 100П, 50П не більше 3 °С; ЮОМ, 50М трохи більше 2 °З . Показник теплової інерції для Т С П -0879, Т С М -0879 від 20 до 40 с (залежно від виконання); для Т С П -0879-01, Т С М -0879-01 від 9 до 40 с (залежно від виконання)[4].



Рисунок 1.3 – Датчик температури

Реєструючі прилади. Прилади реєструючі ДИСК-250 застосовуються для зняття показань від термопар, термоперетворювачів опору (напруги, струму), від тензорезисторів, від пірометрів радіаційних з метою вимірювання, реєстрації, сигналізації та регулювання параметрів технічних процесів (температури, тиску, рівня, витрати та інше) на різних етапах виробництва в багатьох галузях промисловості, таких, наприклад, як металургія, енергетика,

хімічна і нафтохімічна промисловість, нафтопереробна, харчова та багато інших видів промисловості, де необхідні надійні та точні показово-реєструючі аналогові прилади.

Прилади серії ДИСК-250 мають шкалу кругового типу і світлодіодну індикацію станів - включення приладу, обриву датчика, виходу відстежуваного параметра за межі уставки. Лінія реєстрації процесу безперервна на діаграмному диску. ДИСК-250 використовується як універсальний прилад для виміру, реєстрації, сигналізації та регулювання потрібного параметра техпроцесу. Також прилади серії ДИСК-20 відрізняються простотою експлуатації та ремонтпридатністю[5].



Рисунок 1.4 – Реєструючий прибор

Датчики рівня кондуктометричного типу використовуються для захисту ємностей від переповнення, запобігання насосам від «сухого» ходу, контролю одного або кількох рівнів електропровідних рідин (більше 0,2 см/м). До таких рідин відносяться розчини кислот і лугів, розчини солей, вода, харчові продукти та ін. Для роботи з клейкими та діелектричними рідинами датчики не застосовуються.

Принцип дії датчиків ґрунтується на вимірюванні опору середовища. Електрод визначає поточний рівень рідини. У металевих резервуарах корпус –

загальний електрод. Інші електроди – сигнальні, їх кількість відповідає числу контрольованих рівнів. У неметалевих резервуарах електродів має бути на одиницю більше кількості контрольованих рівнів, оскільки один з них є загальним електродом. Його довжина має бути максимальною стосовно інших електродів, а робоча частина перебувати у постійному контакті з рідиною[6].

1.3 Досвід експлуатації пастеризаційної установки

Власний досвід експлуатації показує, що порушення працездатності пастеризаційної установки виникають в основному з наступних причин: недостатня надійність комплектуючих деталей або порушення режимів їх використання, схемо-конструктивні та виробничо-технологічні недоліки, недостатня захищеність вузлів та блоків від зовнішніх впливів, а також недоліки, спричинені профілактичним обслуговуванням чи порушеннями правил експлуатації.

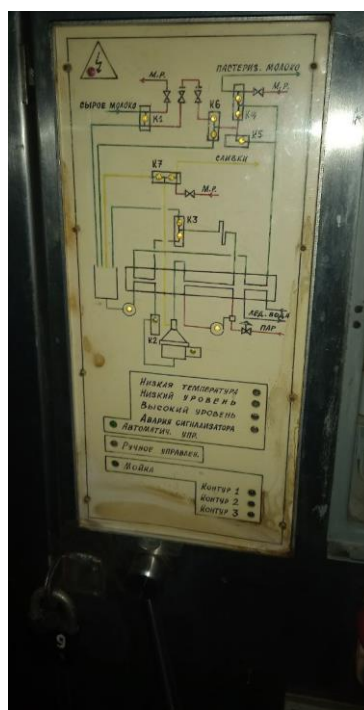


Рисунок 1.5 – Панель оператора на шафі управління

Усі чинники, що впливають на надійність, можна розділити в три основні групи: схемо-конструктивні, експлуатаційні і виробничо-технологічні.

До схемо-конструктивних факторів (причин), що впливають на надійність роботи, відносяться: недоліки схемного та конструктивного проектування схем, вузлів та блоків апаратури, встановлення в апаратуру малонадійних, застарілих комплектуючих деталей та неправильне їх застосування.

Експлуатаційні фактори, що впливають на надійність, визначаються суб'єктивними та об'єктивними причинами.

До суб'єктивних факторів відносяться: кваліфікація обслуговуючого персоналу, наявність умов для проведення профілактичних та ремонтних робіт та виконання інструкцій з експлуатації та ремонту. Недостатня кваліфікація персоналу, недотримання інструкцій з експлуатації та ремонту нерідко призводять до відмов та поломок. Ергономічна незручність (рисунок 1.5) та застарілість установки може викликати помилки в операторів установки.

До об'єктивних факторів відносяться зовнішні кліматичні умови (температура та вологість повітря, тиск), біологічні та ін. Вологість при пастеризації молока завдає нищівний вплив на електроніку. Досліджуючи елементи установки виявляються проблеми з корозією плат, закисання кріплень. Вологість що потрапляє на деталі що з'єднуються роз'ємами, незахищеність або недостатня захищеність цих елементів призводить до критичного, нищівного впливу. Надійність сильно залежить від конструктивного рішення, монтажу і герметизації вузлів і блоків.

Для підвищення конструктивної надійності необхідно:

- розробляти нові блоки або системи із застосуванням в апаратурі високонадійних пристроїв;
- забезпечити надійний захист від дії зовнішніх і внутрішніх факторів шляхом правильного розміщення в шафах управління або використання елементів з достатнім ступенем захищеності;
- дотримуватись режиму роботи деталей, що вказано виробником.

Робочий режим установки визначається ступенем її електричного та механічного навантажень, навколишньою температурою та експлуатаційними факторами, які повинні враховуватися при виборі деталей. Як показує досвід

експлуатації, вибір оптимального режиму навантаження установки сприятливо позначається на її надійності та суттєво збільшує тривалість її безвідмовної роботи – зменшує кількість миттєвих та поступових відмов. Бажано, щоб коефіцієнти навантаження були мінімальними[7].

Комплекс заходів, що проводиться на стадії експлуатації обладнання, повинен включати в себе: навчання персоналу, дотримання вимог експлуатації, діагностування та обслуговування. Необхідний контроль та забезпечення надійності запасних комплектуючих [8].

Поряд із зниженням електричного навантаження на установку при досягненні надійності необхідно всіляко прагнути зниження навколишньої температури, зменшення впливу вібрації та вологості [9].

Отже розглянуто технологію пастеризації молока, пастеризаційну установку, її технологічну схему та елементи. Висвітлено основні проблеми установки та можливі шляхи вирішення. Виходячи з проведеного дослідження було виокремлено матеріали для публікації тезису на міжнародній конференції. Сертифікат з конференції надано у додатку Д

2 РОЗГЛЯД МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ

2.1 Основні показники та надійність об'єкту дослідження

Забезпечення надійності – це комплекс взаємопов'язаних організаційно-технічних заходів, проведених усім стадіях життєвого циклу системи автоматизації технологічних процесів (надалі - системи), і вкладених у досягнення і збереження заданих вимог до надійності.

Надійність – це властивість системи зберігати у часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування[10].

Надійність системи встановлюється та закладається під час її розробки. Під час експлуатації підтримується той рівень надійності, який був досягнутий під час виготовлення, монтажу та налагодження системи.

Надійність, яка може бути закладена під час проектування, залежить не тільки від кваліфікації та якості роботи безпосередніх виконавців, а й від організаційно-технічного рівня забезпечення якості, на який вийшло підприємство в цілому в даний момент.

Для регулювання процесу підвищення якості в низці країн було створено національні стандарти, які встановлюють вимоги до систем забезпечення якості на підприємствах.

Відповідно до прийнятої термінології система з погляду надійності може бути у справному чи несправному стані. Несправний стан у свою чергу підрозділяється на працездатний, непрацездатний та граничний стан

Переходи з одного стану в інший (події) для об'єкта, що відновлюється, до якого, за невеликим винятком, належить система автоматизації, утворюють потік відмов і відновлень. Цей процес триває до настання такого граничного стану, після якого подальша експлуатація системи неможлива чи недоцільна, і вона утилізується. Цим закінчується процес експлуатації системи. Початок експлуатації системи, що виготовляється на заводі, починається з приймання

її відділом технічного контролю. Тому до поняття «експлуатація» такої системи входять періоди зберігання на заводі-виробнику, транспортування, зберігання на об'єкті монтажу, монтаж та налагодження на об'єкті експлуатації.

Відновлення переводить систему, зазвичай, зі стану непрацездатного в працездатне і рідко повністю справний стан.

В результаті ремонту система виходить із граничного стану завдяки тому, що при ремонті відновлюється не тільки працездатність, але і її ресурс. Повнота відновлення ресурсу залежить від глибини та повноти ремонтів (дрібний, середній та капітальний ремонт).

Усі методи розбиті на два класи: загальнотехнічні та спеціальні. Такий поділ досить умовний. Це зроблено з метою кращого оволодіння методами та повного їх поетапного використання.

Застосування кожного з цих методів окремо у тому чи іншою мірою сприяє підвищенню надійності, але сукупність різних методів забезпечує ефективне підвищення надійності, тобто. досягнення необхідного значення при мінімальних витратах.

2.2 Загальнотехнічний клас методів забезпечення надійності

До загальнотехнічного класу методів віднесено такі, які можуть використовуватися у всіх випадках проектування систем, незалежно від того, сформульовані замовником або не сформульовані вимоги щодо надійності до даної системи. Застосування цих методів не призводить до значного збільшення вартості системи, її габаритів, ваги, споживання нею енергії тощо, проте можуть при їх застосуванні забезпечити необхідний рівень надійності при невеликих додаткових витратах при проектуванні та виготовленні (монтажі).

2.2.1 Організаційна підгрупа методів

До загальнотехнічних методів, передусім, належить група організаційних методів, які реалізуються на початкових етапах розробки та охоплюють питання, які стосуються системи загалом. Усі вони необхідні розробнику системи під час упорядкування ТЗ.

Аналіз вимог до функцій та режимів роботи системи починається з вивчення вихідних даних на розробку системи, з'ясування цілей, завдань та принципів роботи технологічних систем, агрегатів та апаратів, що становлять у сукупності керований технологічний об'єкт (ТО). З точки зору забезпечення надійності такий аналіз повинен проводитися за кожною функцією ТО та за одиницями обладнання для виявлення їх впливу на надійність системи в цілому. Після цього визначається значимість надійності окремо кожної частини (функції) системи автоматизації, яка керує технологічним устаткуванням. Розбиття системи управління на функції має бути проведено так, що функції відрізнятимуться різними вимогами щодо надійності. Якщо таких відмінностей немає, то з погляду надійності ці функції однакові. Особливу увагу при цьому необхідно звернути на тимчасові режими роботи системи управління. Без їх знання ставити вимоги щодо надійності та їх забезпечити неможливо.

Поруч із аналізом призначення кожної функції ТО необхідно виявити резерви у структурі технологічного устаткування (наприклад, резервні компресори, насоси, ємності, засувки, клапани), інформаційну і тимчасову надмірність ТО.

Після завершення цієї роботи необхідно визначити та встановити нормативну базу створення системи.

Встановлення (узгодження) зовнішніх факторів, що впливають, є продовженням попередніх методів. Надійність значною мірою залежить від механічних, кліматичних та інших зовнішніх впливів на апаратуру управління

та контролю. Тому від впливу цих факторів та ступеня захищеності від них, закладених під час проектування, залежить забезпечення надійності.

Нормування надійності – це встановлення у технічній документації кількісних та якісних вимог до надійності. Усі попередні методи хіба що передують вирішення питання - встановити показники надійності (ПН) та його значення для системи загалом, її частин та окремих функцій.

Ця частина роботи із забезпечення надійності дуже відповідальна, оскільки від правильності вибору показників надійності та їх величин залежить переважно вся подальша робота.

Якщо замовник із якихось причин не виставляє вимоги до надійності, необхідність її нормування все одно залишається, оскільки надійність багато в чому є визначальним показником. Показники надійності нормуються з наступних міркувань. Надійність системи в цілому повинна бути такою, щоб вона не знижувала більш ніж на 1-5% надійність ТО. Ланцюги аварійного захисту повинні мати коефіцієнт оперативної готовності не менше 0,999 – 0,9999. До цього значення повинні наближатися за надійністю вимірювальні канали розрахункових параметрів, передаварійна сигналізація. У загальному випадку ймовірність безвідмовної роботи системи повинна бути на порядок вищою за ймовірність безвідмовної роботи ТО, а напрацювання на відмову - на два порядки більше. Так, наприклад, якщо весь комплекс повинен забезпечувати функціонування з ймовірністю безвідмовної роботи 0,9 за час t , то система управління повинна мати ймовірність безвідмовної роботи не менше 0,99 за час t або, якщо на комплекс потрібно напрацювання 10000 год., то система управління має мати напрацювання на відмову ≥ 100000 год.

Оскільки будь-яке підвищення надійності тягне за собою додаткові малі або великі витрати, але при цьому безсумнівно зменшуються експлуатаційні витрати, то існує оптимум показника надійності за вартістю або мінімум сумарних витрат.

Для систем, на які не задані показники надійності, нормування надійності необхідно проводити методом оптимізації обмежень вартості або інших параметрів системи.

2.2.2 Організаційно-структурна підгрупа методів

До другої групи загальнотехнічних методів належать організаційно-структурні.

Методи цієї групи використовуються на стадіях проектування і в сукупності повинні зробити великий внесок у забезпечення заданих вимог до надійності.

Вибір елементної бази більшою мірою пов'язаний з вимогами до надійності, тому він повинен проводитися в обов'язковому порядку з урахуванням показників фактичних даних щодо надійності комплектуючих виробів (КВ), отриманих за результатами експлуатації; даних, зазначених у ТУ на КВ та, нарешті, у спеціальних довідниках показників надійності КВ.

Під структурною побудовою апаратних та програмних засобів тут розглядається не запровадження надмірності, що віднесено до спеціальних методів забезпечення надійності, а ієрархічна побудова розподілених систем управління з підпорядкованістю (вкладеністю) функцій один одному.

Розглянемо з позицій забезпечення надійності дві діаметрально протилежні структури побудови системи.

Перша - повна централізація функцій управління та контролю. І тут відмова центральної частини (центрального процесора) призводить до відмови всіх каналів управління. Однак, при такій побудові системи легше, а отже дешевше організувати всілякі заходи щодо захисту всієї системи від відмови (техобслуговування, резервування, ЗІП, втручання оперативного персоналу, діагностику та контроль тощо).

Друга структура – відсутність централізованої ланки управління; Усі функції виконуються місцевими пунктами управління. При цьому відмова

одного пункту призводить до відмови тільки тієї частини каналів, якою управляє даний пункт, але при цьому важко забезпечити захист кожного пункту від відмови, збільшуються експлуатаційні витрати.

Якщо ще недавно технічну діагностику та контроль справності апаратури (програмного забезпечення) можна було б віднести до спеціальних методів забезпечення надійності, то сьогодні очевидно, що без діагностики та контролю побудова системи управління неможлива, за винятком систем, що повністю не обслуговуються. Причому технічна діагностика з розвитком систем управління постійно ускладнюється: від контролю функціонування до контролю технічного стану і далі до технічного діагностування, тобто. визначення місця та причини пошкоджень та відмов окремих компонентів системи. Причому рух йде від ручних методів технічної діагностики до більш автоматизованим аж до автоматичної реконфігурації структури системи після виявлення відмови при виконанні системою будь-якої функції. Системи діагностики та контролю під час проектування АСУ ТП здійснюються як апаратними, так і програмними засобами.

Створення необхідних умов та режимів роботи обумовлено залежністю надійності від зовнішніх факторів, що впливають на апаратуру, електричних та тимчасових режимів роботи апаратури. Проектувальник зобов'язаний передбачити необхідні заходи для створення нормальних (за технічними умовами) кліматичних та механічних режимів у приміщеннях, де встановлена апаратура системи, захист від інших факторів. Для нестандартизованого обладнання необхідно забезпечити електричні режими роботи КВ у межах, що не перевищують 0,5 - 0,7 коефіцієнта електричного навантаження.

Що стосується тимчасових режимів роботи елементів системи керування, то вони можуть істотно відрізнитися від режимів роботи технологічного обладнання, якщо передбачити відповідні заходи, що забезпечують збереження часу знаходження елементів керування під електричним робочим навантаженням. При цьому не завжди скорочення часу (циклів спрацьовування) роботи КВ може призвести до підвищення їхньої

надійності. Так, для електромеханічних елементів бажано мати частоту спрацьовування не рідше ніж 1 раз на 2 тижні. При меншій частоті - надійність спрацьовування зменшується за рахунок утворення непровідної плівки на контактах при зберіганні. При рідкому увімкненні необхідно перед робочим спрацьовуванням передбачити попередні включення з контролем спрацьовування пристроїв.

Система, розрахована на тривалу безперервну роботу, вимагає великих зусиль розробника та спеціальних методів задля досягнення підвищених вимог до надійності.

Істотний вплив на надійність системи мають рівень стандартизації та уніфікації проектних рішень. Ступінь відпрацьованості технічних рішень має бути досить високою. Так, із зарубіжних джерел відомо, що нове у розробці має становити близько 10 % від усього обсягу проектних рішень. Такий обсяг нових рішень дозволяє їх перевірити на макетах, моделях, експериментальних та дослідних зразках шляхом проведення дослідницьких лабораторних випробувань, у тому числі на надійність. Великий обсяг новизни вимагатиме підвищених матеріальних витрат та тривалого часу на відпрацювання.

Для оцінки рівня стандартизації та уніфікації доцільно проводити розрахунки коефіцієнтів застосовності та повторюваності за формулами:

$$K_{\text{пр}} = \frac{N-n_0}{N} \times 100\%, \quad (2.1)$$

де $K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт застосування; N - загальна кількість складових частин (деталей) у виробі (у штуках); n_0 - кількість оригінальних складових частин (деталей) у виробі (у штуках).

$$K_{\text{п}} = \frac{N}{n}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{п}}$ - коефіцієнт повторюваності; n - загальна кількість типорозмірів складових частин (деталей) у виробі.

При цьому обидва коефіцієнти розраховуються окремо на рівні складальних одиниць та на рівні деталей.

Оцінка критичності відмов елементів є складовою всього комплексу робіт, вкладених у забезпечення надійності.

Критичність відмови - узагальнена характеристика відмови з урахуванням ймовірності появи та значущості її наслідків.

Аналіз критичності відмови - процедура, за допомогою якої досліджуються, оцінюються та ранжуються за критичністю можливі відмови, їх наслідки та причини виникнення.

Критичний елемент - елемент, відмова якого практично призводить до відмови системи (складової частини) загалом.

Аналіз починається з припущення про відмову елемента щодо можливої причини цієї відмови. Далі досліджуються прояви відмови та їх вплив на роботу системи загалом. Після визначення критичності кожного елемента, всі некритичні елементи з розгляду виключаються. Імовірні причини відмови критичних елементів досліджуються, і за результатами аналізу складається перелік критичних елементів для вжиття заходів щодо можливого виключення або запобігання відмови.

Надалі в процесі експериментального відпрацювання та експлуатації, при необхідності, може бути проведений додатковий аналіз можливих відмов з відповідним коригуванням переліку критичних елементів.

Результат від виконаної роботи із схемно-структурного забезпечення надійності буде виявлено у процесі проведення розрахунку надійності системи. Розрахунки надійності проводяться на підставі даних щодо надійності комплектуючих елементів (лямбда-характеристик або напрацювань на відмову), скоригованих залежно від електричних режимів їх роботи та зовнішніх факторів, що впливають коефіцієнтами.

Розрахунки ведуться за всіма встановленими показниками надійності окремо кожної функції.

Результати розрахунку порівнюються із заданими чи встановленими значеннями з наступними висновками та рекомендаціями щодо необхідності проведення тих чи інших заходів. Якщо задані значення не досягаються,

необхідно розглянути можливість переходу на спеціальні методи забезпечення надійності. Розрахунки мають показати ефективність тих чи інших методів підвищення надійності.

У результаті всі пристрої системи мають бути з погляду надійності приблизно рівними, тоді загальна надійність системи підвищиться.

2.2.3 Підгрупа конструктивних методів

До загальнотехнічних методів забезпечення надійності належить група конструктивних. Насамперед, до цієї групи належать методи забезпечення ремонтопридатності.

Ремонтпридатність у сенсі трактується як «приспосованість до підтримки працездатного стану». Ремонтпридатність включає технічне обслуговування, відновлення і ремонт.

Технічне обслуговування - це комплекс операцій з підтримці працездатності системи при її використанні за призначенням, очікуванням, зберіганням та транспортуванням. Техобслуговування регламентується проектною чи експлуатаційною документацією на систему.

Відновлення - процес переведення системи у працездатний стан. Процес відновлення найнаочніше характеризується середнім часом відновлення системи після прояву відмови. Час відновлення складається з: часу виявлення відмови; організаційного часу, що складається з часу виклику обслуговуючого персоналу, отримання КВ із комплекту ЗІП, що зберігається на складі, його транспортування тощо; власне часу відновлення працездатності системи та часу на перевірку функціонування відновленої системи. Середній час відновлення оцінюється як математичне очікування часів відновлення протягом певного періоду часу.

Ремонт - це комплекс операцій з відновлення працездатності (справності) та відновлення ресурсів системи в цілому, що знаходиться в граничному стані. У ремонт можуть входити розбирання, дефектування,

заміна або відновлення окремих блоків, комплектуючих виробів та складальних одиниць. Частина ремонтних операцій може збігатися з операціями технічного обслуговування.

З визначень ремонтпридатності випливають конструктивні методи забезпечення надійності: блочно-вузлова побудова системи з можливістю заміни окремих блоків без припинення функціонування системи або зупинкою, якщо є резерв часу. Крім блочної побудови необхідно передбачати доступність обслуговування кожного змінного елемента, легку змінність взаємозамінних елементів.

Для оцінки надійності ремонтпридатності передбачені комплексні показники: коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання. Останній характеризує час перебування системи у працездатному стані відносно загальної тривалості експлуатації. Коефіцієнт технічного використання.

$$K_{ТВ} = \frac{T_o}{T_o + T_B + T_{To}} \quad (2.3)$$

де T_o – напрацювання на відмову; T_B – середній час відновлення; T_{To} – математичне очікування часу обслуговування та планових ремонтів.

Як правило, для проектної оцінки $K_{ти}$ середній час відновлення визначають експертним шляхом.

Працездатність системи залежить від обліку проектувальником факторів, що впливають, і заходів, вжитих ним для захисту системи від перешкод і перевантажень. Захист від перешкод здійснюється правильним вибором взаємного розташування апаратури, комплектуючих виробів, екранування проводів та елементів, а також спеціальними заходами захисту (установкою розрядників, конденсаторів, створенням спеціалізованих схем захисту).

Захист від термічних, кліматичних, механічних та ін. видів перевантажень повинен здійснюватися конструктором залежно від

конкретних рівнів впливу зовнішнього та внутрішнього середовища, пов'язаних із створенням апаратурою управління додаткових перевантажень.

Ергономічне забезпечення вирішує низку проблем, поставлених у системотехніці, зокрема й проблему надійності роботи оператора. Ненадійність роботи оператора в основному пов'язана з помилками, яких він припускає в роботі з управління та контролю ТО.

Для зменшення кількості помилок оператором застосовується низка заходів, реалізованих під час проектування. До них належить: блокування небажаних дій оператора; резервування дій оператора, яке полягає у запровадженні додаткових дій перед основними; здійснення контролю над станом людини-оператора. На безпомилковість роботи оператора впливає ступінь узгодженості можливостей людини і конструкції системи, дефіцит часу, що веде до збільшення кількості помилок, великий обсяг інформації, що отримується, занадто велика, або навпаки мала навантаження органів чуття, суб'єктивні психологічні особливості оператора.

Можуть бути використані спеціальні системи захисту від помилок у діях оператора.

Істотну роль забезпеченні ремонтпридатності грає уніфікація конструкцій системи. Вона надає технічному обслуговуванню необхідну гнучкість і дозволяє скоротити середній час відновлення та ремонту системи, полегшує навчання обслуговуючого персоналу, скорочує час на ремонт змінних частин, що відмовили.

При розробці системи необхідно враховувати вимоги технологічності під час виробництва та монтажу системи. Якщо обладнання системи виготовляється на заводі, необхідно враховувати прийняту на заводі технологію виготовлення та погодити її із заводськими технологами.

Конструктивні рішення мають забезпечити індустріалізацію монтажу на об'єкті, уникати складних складальних робіт, передбачати в документації вказівки, необхідні для виробників, монтажників та налагоджувачів системи.

2.3 Спеціальний клас методів забезпечення надійності

Спеціальні методи застосовуються в тому випадку, якщо використані загальнотехнічні методи не забезпечили пред'явлені вимоги до надійності або ці методи вказані в ТЗ на розробку системи як обов'язкові для застосування.

Наприклад, у ТЗ вказується, що «відмова одного елемента системи не повинна призводити до відмови системи загалом». Така вимога зумовлює застосування спеціальних методів забезпечення надійності.

2.3.1 Введення надмірності

До спеціальних методів забезпечення надійності насамперед належить група методів під загальною назвою введення надмірності.

Апаратне резервування є потужним засобом досягнення високих вимог до надійності при малонадійних складових частинах та КВ. З іншого боку, з допомогою запровадження додаткових виробів, надлишкових стосовно основних, забезпечується відказостійкість системи, тобто. її властивість залишатися працездатною за наявності однієї чи навіть кількох невідновлених відмов.

Теорія надійності пропонує величезний вибір різних методів апаратного резервування. Насправді найчастіше використовуються найпростіші, дешеві способи.

Насамперед це дублювання елементів і складових частин (постійне резервування з кратністю резерву один до одного). Висока ефективність застосування дублювання досягається, коли основний і резервний елементи мають переважний вид відмови типу «обрив» (о), а не «коротке замикання» (кз); коли час роботи дубльованої структури невелика, а можливість безвідмовної роботи кожного елемента висока.

Коли найбільш ймовірним є відмова типу «кз» або схему потрібно захистити саме від цього виду відмови (наприклад, шунтування обмотки реле

діодами), застосовується дублювання з двох елементів, з'єднаних у схему послідовно. Але такий спосіб резервування також ефективний лише за високого значення безвідмовності кожного елемента.

У разі, якщо ймовірності відмов виду «о» і «кз» близькі, можна використовувати подвійне дублювання (загальне чи роздільне резервування двох основних елементів) чи резервування з дробовою кратністю.

Для тривалої роботи системи найкращим способом резервування є резервування заміщенням або ковзне резервування, але при цьому необхідно подбати про те, щоб контрольне і перемикаючі пристрої мали високу надійність. Для систем управління такий вид резервування насамперед пов'язаний з надмірністю технологічного обладнання (резервуванням насосів, засувок, вентиляторів, компресорів тощо). Пристрій управління, прив'язаний до одиниці технологічного обладнання, разом з ним утворює структуру, що резервується. Ефективність такого резервування тим вища, чим вища надійність основних елементів, контрольної та перемикаючої апаратури, ймовірність збереження резервного елемента.

Використовувати резервування заміщенням чи ковзне резервування можна лише тоді, коли має місце тимчасове резервування, тобто. надлишковий час, що витрачається виявлення відмови основного елемента і переключення його на резервний елемент. Про тимчасової надмірності говорять у випадках, коли системі у процесі функціонування надається можливість витратити деякий час відновлення її технічних характеристик [23]. Поєднання апаратного та тимчасового резервування є потужним засобом досягнення високої надійності систем тривалого використання.

Досить часто використовується постійний спосіб резервування з кратністю резервування один до двох (тройований варіант) з мажоритарним органом, який здійснює «голосування» за методом два з трьох. Така структура забезпечує відмовостійкість та захист не тільки від відмов, а й збоїв.

Чим вища надійність елементів мажоритарної структури та мажоритарного органу, тим вища надійність структури. Вона також залежить

від часу роботи системи та співвідношення видів відмов типу «о» та «кз» та забезпечує рівноцінний захист від обох видів відмов.

Функціональне резервування пов'язане з використанням резерву на функціональному рівні, коли відмова не призводить до невиконання завдання через те, що надлишок функціональних можливостей системи управління забезпечує роботу об'єкта на заданому або зниженому рівні функціонування. Функціональна надмірність у поєднанні з інформаційною дозволяє забезпечити прийом, переробку та видачу керуючих впливів при частковій відмові обладнання або помилках програмного забезпечення і тим самим робить систему стійкою до відмови, навіть без використання прямого апаратного резервування.

Введення надмірності завжди має супроводжуватися розрахунками надійності резервованих систем, оскільки без оцінки отриманого в результаті резервування виграшу систему резервування вибрати неможливо.

2.3.2 Експериментальні методи забезпечення надійності

Експериментальні методи забезпечення надійності також належать до спеціальних. Вони призначені для перевірки та підтвердження заданих вимог до надійності. На етапі проектування проводяться дослідні випробування, відпрацювання рішень на макетах, моделях, експериментальних зразках з вивчення певних характеристик властивостей виробів, зокрема. надійних властивостей, попередньої перевірки робочих режимів елементів, конструктивних властивостей.

Після виготовлення дослідного або головного зразка системи проводяться попередні випробування – випробування розробника з метою визначення можливості пред'явлення виробів на приймальні випробування. Такі випробування піддаються також АСУ ТП після монтажу та налагодження їх на об'єкті або на спеціальних стендах після їх складання. В цьому випадку як об'єкт використовуються імітатори технологічного обладнання. За

результатами цих випробувань проводиться оцінка показників безвідмовності та ремонтпридатності. Для збору необхідних для обробки статистичних даних повинен вестись журнал обліку напрацювань та відмов системи

Для АСУ ТП додатковий обсяг статистичних даних набирається в результаті дослідної експлуатації системи. Дані спостережень фіксуються у робочому журналі. До них належать: тривалість функціонування АСУ (напрацювання), відмови, збої, аварійні ситуації, зміна параметрів об'єкта управління, коригування програмного забезпечення та конструкторської документації.

Як показала практика роботи, для забезпечення метрологічної надійності важливим заходом є метрологічна атестація, яка проводиться у завершенні попередніх випробувань або дослідної експлуатації системи та полягає у нормуванні метрологічних характеристик кожного ВК з урахуванням всіх частин, що входять до ВК за реальних умов експлуатації.

Після монтажу та налагодження в процесі попередніх випробувань доцільно проведення ергономічної експертизи для виявлення всіх недоліків взаємодії між апаратурою системи та людиною-оператором, який обслуговує (ремонтний) персонал. Ергономічна експертиза проводиться комісією, створеною розробником системи. Доцільно включення до цієї комісії незалежного експерта-професіонала.

При розробці систем повинні бути в комплексі використані всі загальнотехнічні та, при необхідності, спеціальні методи забезпечення надійності. А це означає, що при застосуванні кожного з методів необхідно враховувати вимоги решти всіх методів і порівнювати варіанти за критерієм досягнення призначеної мети при мінімумі витрат.

В розділі було описано методи забезпечення надійності серед яких розділяють дві головні групи загальнотехнічні та спеціальні. Ґрунтовно розглянуто всі можливі шляхи, на які будуть спиратися подальші шляхи вирішення завдання забезпечення надійності АСУ.

3 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ

3.1 Розгляд методів створення системи управління

Система – сукупність елементів, що пов’язані для досягнення певної мети.

Підсистема – складова, відносно самостійна частина системи, виділена за певною ознакою.

Теоретичні основи побудови АСУ базуються на основних принципах системного аналізу.

Принцип розподілу цілого на частини. Будь-яку складну систему простіше проектувати частинами. Те, що неможливо зробити відразу для всієї системи, можна зробити для її окремих частин. Чим точніше і повніше виділено частини, елементи системи, визначено становище та взаємодія цих елементів, тим ефективніше здійснюється процес проектування, функціонування системи.

Структуризація системи може проводитись за такими ознаками.

По ролі складових елементів у вирішенні завдань управління АСУ поділяють на функціональну та забезпечує частину. Функціональна частина АСУ – це сукупність підсистем чи комплексів завдань, що становлять змістовну частину управління. Забезпечуюча частина служить для реалізації функціонування системи в автоматизованому режимі.

За функціональним ознакою (функції управління) виділяють підсистеми прогнозування, стратегічного планування, оперативного планування, обліку, контролю та т.д.

За тимчасовою ознакою організують підсистеми управління рік, квартал, місяць.

За організаційною ознакою як підсистему виділяють окремі цехи, ділянки, виробництва та т.д.

За наборами завдань виділяють структурні елементи відповідно до розв'язуваних завдань, враховуючи їх завдання, інформаційні зв'язки, особливості об'єкта управління.

Принцип ієрархії забезпечує реалізацію стратегії цілеспрямованої поведінки системи у часі та просторі. Верхні рівні реалізують стратегію поведінки системи перспективу. Нижні рівні реалізують та визначають поточну поведінку системи.

Принцип необхідної та достатньої різноманітності. Різноманітність управління проявляється у використанні різних методів управління та варіантів організаційних структур.

Принцип емерджентності. Цей принцип полягає в тому, що складна система може мати властивості, що не притаманні жодному з її елементів окремо, і тенденція зміни параметрів, характерних для окремих частин системи, не збігається з тенденцією зміни аналогічних параметрів усієї системи.

Принцип зовнішнього доповнення. Будь-яка система пов'язана із зовнішнім середовищем і схильна до різних обурень, які не враховуються планом. Реалізація цього принципу здійснюється системою резервів.

Принцип зворотний зв'язок. Сутність цього принципу полягає у постійному отриманні відомостей про результати керуючих впливів. На основі цієї інформації керуюча система прогнозує стан об'єкта управління, порівнює його із заданим і у разі відхилень переводить об'єкт у необхідний режим. Цим забезпечується синхронність між плановими завданнями, що видаються, і отриманою інформацією про їх виконання, облік виникаючих відхилень від плану.

Системний підхід орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта та її механізмів, виявлення різноманітних типів зв'язків елементів об'єкта і зведення в єдину теоретичну картину. Необхідність системного підходу при створенні АСУ пояснюється прискореними темпами розвитку науки і

виробництва, складністю систем, що зростає, збільшенням тривалості розробок, швидким старінням проєктованих систем.

Необхідність конструювання складних АСУ призвела до використання системного підходу у техніці, у результаті з'явилася нова науково-технічна дисципліна системотехніка, що охоплює питання проєктування складних систем.

Система використовується для опису узагальненого підходу до проєктування систем, призначених для вирішення різних завдань. Основна умова системотехніки – це вирішення завдань найефективнішим способом, причому кожен елемент системи у взаємодії коїться з іншими.

До завдань, розв'язуваних з урахуванням системотехнічного підходу, відносять: визначення загальної структури системи, організацію в взаємодії між підсистемами, облік впливу довкілля, вибір оптимальної структури, оптимальних алгоритмів функціонування.

Зазвичай проєктування складних АСУ поділяють на дві стадії: макропроєктування, в процесі якого вирішуються функціонально-структурні питання системи в цілому та мікропроєктування, пов'язане з розробкою елементів системи, з отриманням технічних рішень щодо основних елементів. Системотехніка визначається як сукупність методів, підходів, пов'язаних із макропроєктуванням складних систем[11].

Макропроєктування починається з формулювання проблеми, що включає три основні розділи:

- Визначення цілей створення системи та кола розв'язуваних завдань.
- Опис факторів, що діють на систему, які необхідно враховувати при розробці. Необхідно обумовити зовнішні умови, в яких функціонуватиме проєктована система, виділити ті зв'язки із зовнішнім середовищем, які є найбільш суттєвими, задати наближений опис цих зв'язків, для чого може використовуватися досвід експлуатації аналогічних систем, статистичні дані, дані експериментальних досліджень.

- вибір показників ефективності системи. Під ефективністю розуміється узагальнена властивість системи, що характеризує ступінь пристосованості її до виконання поставлених завдань. Для кількісної оцінки ефективності системи зазвичай обирають кілька показників. Характер обраних показників визначає основні напрями пошуку властивостей системи, які забезпечують оптимальне виконання поставлених завдань. У випадку обрана система показників ефективності залежить від структури системи, характеру зв'язків між елементами, виду керуючих алгоритмів, закономірностей функціонування, параметрів довкілля.

Після формулювання проблеми приступають до визначення варіантів побудови системи. Дослідження варіантів починається з аналізу їхньої ефективності. Для отримання методики розрахунку показників ефективності необхідно побудувати математичну модель функціонування системи, яка дозволяє виявити залежність показників ефективності від параметрів системи, зовнішнього середовища, структури та алгоритмів взаємодії елементів у системі.

Модель - опис системи, що відображає певну групу її властивостей. Математична модель є основою для вирішення наступних завдань аналізу та синтезу системи. Під аналізом розуміємо визначення чисельних значень показників ефективності системи при заданих її параметрах, характеристиках довкілля, фіксовану структуру, алгоритм взаємодії елементів. Синтез – вибір оптимальної структури, алгоритмів взаємодії, параметрів системи, оптимального управління системою.

Функціональний опис необхідний визначення призначення системи, оцінки її ставлення до інших систем і до зовнішнього середовища. При побудові функціонального опису використовуються такі поняття[14]:

- стан – безліч істотних властивостей, якими система має на даний момент часу;
- зовнішнє середовище - безліч елементів, які не входять до системи, але зміна їх стану викликає зміну стану системи;

- модель функціонування системи - модель, що передбачає зміни стану системи в часі.

Морфологічне опис дає загальне уявлення про будову системи. Глибина опису та рівень деталізації визначаються призначенням системи та метою дослідження. Вивчення морфології починається з елементного складу. Морфологічні властивості системи залежить від характеру зв'язків між елементами. Виділяють інформаційні зв'язки (для передачі інформації), речові зв'язки (для передачі та зміни властивостей матеріалу) тощо. Через війну морфологічного описи виникає поняття структури. Структура - це сукупність елементів та зв'язків між ними.

Інформаційний опис дає уявлення про організацію системи, визначає залежність морфологічних та функціональних властивостей системи від якості та кількості внутрішньої та зовнішньої інформації.

Оскільки залежності між параметрами є складними та різноманітними, то побудова єдиної математичної моделі виявляється скрутною. Тож моделювання складних АСУ використовують принцип багаторівневого, ієрархічного описи. Застосування багаторівневої моделі впливає із необхідності простоти її побудови, урахування численних характеристик складних систем.

Щодо складних АСУ виділяють три рівні.

Інформаційний опис. Відповідає погляду на систему в цілому та на її взаємодію із зовнішнім середовищем. При цьому розробників цікавлять усі інформаційні зв'язки системи із зовнішнім середовищем, роль системи як перетворювача інформації.

Функціональний опис. Виявляє спосіб реалізації закону управління, визначає функціональні елементи АСУ та відносини між ними. Через війну визначається функціональна структура системи, у якій кожна функціональна підсистема виконує певну частину загального алгоритму управління.

Системотехнічний опис. Виявляє структуру комплексу технічних засобів АСУ, під якою розуміються: склад, зв'язки груп устаткування; номенклатура,

число та розміщення технічних засобів кожної групи. Технічні підсистеми призначені реалізації окремих самостійних функцій у складі загального процесу перетворення інформації[11].

Відповідно до цих рівнів опису виникають такі завдання, які вирішуються на етапі проектування АСУ:

- визначення взаємовідносин системи управління із зовнішнім середовищем та об'єктом управління, формування закону управління;
- алгоритмізація закону управління, розробка функціональної структури;
- вибір технічних засобів для реалізації інформаційних процесів, розробка структури комплексу технічних засобів.

3.2 Розгляд варіантів та можливостей для модернізації

Отже, повертаючись до нашої ПУ одразу бачимо ряд проблем:

- вихід з ладу деяких частин установки повністю зупиняє процес або призводить до втрат;
- застарілість деяких технологій, що були використані, ставить під сумнів використання методів підвищення надійності;
- незахищеність та розміщення КВП.

В цьому випадку пропонуємо зробити ставку на наново спроектовану АСУ з використанням деяких частин та ідей старої, що допоможе зменшити ціну та обсяг можливих робіт.

На виробництві вже існує ряд ПУ що пройшли модернізацію, тому користуючись ідеями, можемо підвищити надійність за рахунок навченості персоналу.

До широко застосованих на підприємстві виробників виділяються перемикачі Lovato, Автоматичні вимикачі АВВ, ПЛК компанії SIEMENS, частотні перетворювачі – Danfoss, деяка продукція Owen, ifm та Autonics. Ці виробники показали високу ефективність при використанні на помітному проміжку часу

Перетворювач частоти виконує функцію регулювання параметрів та деталей двигуна. Досягається контроль шляхом подачі напруги різної частотності. Найчастіше застосовується у роботі асинхронного двигуна. Завдяки приладу розширено сферу застосування цього типу моторів. Інвертори, здатні налагодити їхню швидкість обертання, відкрили нові області застосування практично електродвигунів виробничих ліній, промислової техніки, насосних станцій та інших областей.

Застосування частотного перетворювача необхідне там, де потрібне регулювання числа обертів та плавний запуск ходу двигуна. Він також дає можливість плавного гальмування, корекцію навантаження на мережу при пуску в меншу сторону. Завдяки перетворювачам частоти кількість обертів при різних навантаженнях залишається стабільною навіть для великого діапазону навантажень.

Перетворювач частоти – електронний пристрій для зміни частоти електричного струму та напруги. Межі змін солідні. Частота може змінюватись від 1 Гц до 500 Гц. Сучасні частотні інвертори роблять на основі електроніки, що дозволяє точно підтримувати частоту та напругу. За бажанням можна створити умови для плавного старту. Все це дозволяє застосовувати відносно недорогі електромотори постійного струму там, де це було неможливо.

Частотний перетворювач - це пристрій, що плавно змінює частоту вихідної напруги. Існують пристрої, що працюють як від однофазної (220 В), так і від трифазної мережі (380 В). Межа зміни частоти – від 0,1 Гц до 500 Гц. Існують перетворювачі двох типів - індукційного та електронного. Індукційні мають невисокий ККД, тому використовуються рідше. Практично всі сучасні частотні перетворювачі - електроніка із системою управління та контролю.

Вал асинхронного електричного двигуна з короткозамкненим ротором обертається зі швидкістю, яка залежить від частоти напруги живлення. Частота обертання ротора визначається за такою формулою 3.1:

$$n = 60 * f / p \quad (3.1)$$

де n - Частота обертання ротора; f — частота напруги живлення, p — число пар полюсів статора.

Чим вище частота напруги живлення, тим швидше обертається ротор, чим менше частота, тим повільніше обертання. Ось на цій залежності і побудовано керування асинхронним двигуном за допомогою перетворювача частоти, його плавний старт та зупинка.

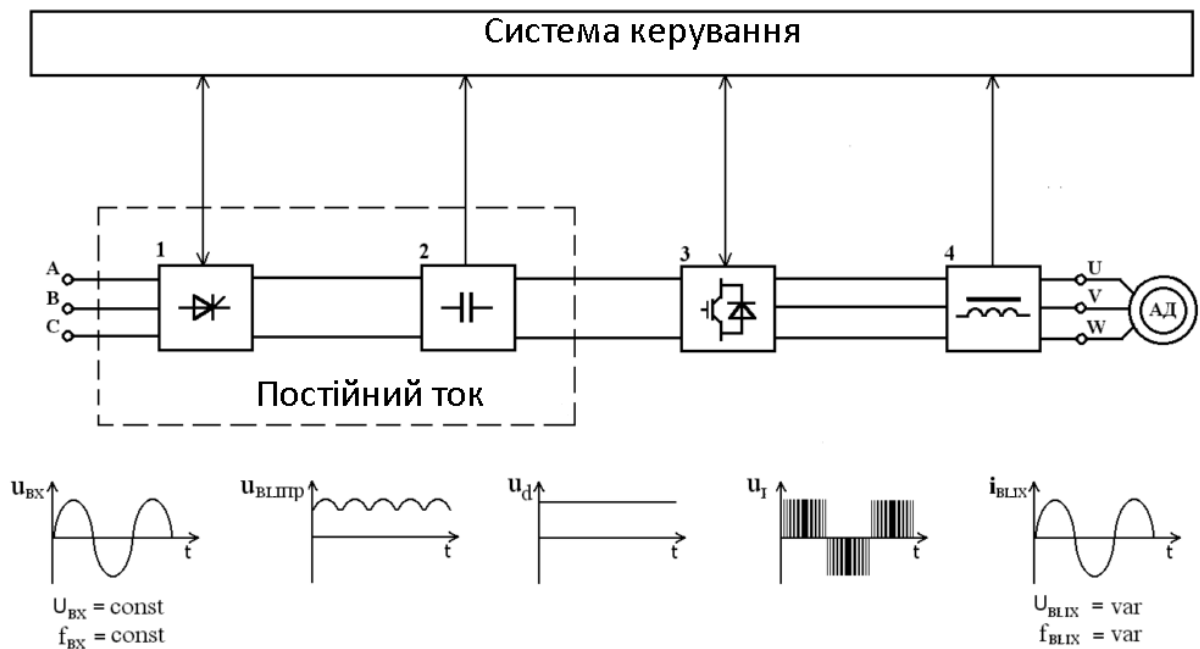


Рисунок 3.1 – функціональна схема ПЧ

З переваг ПЧ можна виділити:

1. Низька ціна. Відносно нескладна конструкція робить їх доступнішими.
2. ККД. Він є порівняно високим.
3. Рекуперація. Частотний асинхронний перетворювач здійснює як рухову роботу приводу, так і гальмівну.
4. Економія. Наприклад, частотний перетворювач для насоса може на 50% підвищити економічність його роботи.

5. Потужність. При додаванні перетворювальних комплектів можна досягти будь-якої потужності.

6. Низькі частоти можуть досягатися в широкому діапазоні, зберігаючи при цьому стабільні рухові обертаня.

7. Зручність. Конструкція у вигляді блоків та модулів уможливорює експлуатацію пристрою з невеликими витратами часу та праці.

Мінуси:

1. Вихідний діапазон частот. ПЧ працюють лише зниження.
2. Перешкоди. У напругу, що перетворюється, з'являються субгармоніки, що перекривають двигун і створюють перешкоди.

3. Структурна багатоеlementність, здебільшого результативна лише великих потужностей[12]

Серед запропонованих ринком ПЧ необхідних нам за параметрами можна виділити наступний ряд:

- Danfoss VLT;
- ОВЕН ПЧВ;
- Siemens SINAMICS

Розрахуємо інтенсивність відмов $\lambda(t)$ для кожного з перерахованих (формула 3.2). І заповнимо таблицю 3.1 результатами емпіричного дослідження[8].

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{cp}\Delta t} \quad (3.2)$$

де $n(t)$ - число зразків, що відмовили в інтервалі часу від $t - (\Delta t/2)$ до $t + (\Delta t/2)$; Δt — інтервал часу; N_{cp} — середнє число зразків, що справно працювали в інтервалі Δt .

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \quad (3.3)$$

де N_i — число зразків, що справно працювали на початку інтервалу Δt ;
 N_{i+1} — число зразків, що справно працювали в кінці інтервалу Δt .

Залежність інтенсивності відмов від часу можна побачити на графіку (рисунок 3.2). Три періоди означають припрацювання, експлуатацію та старіння

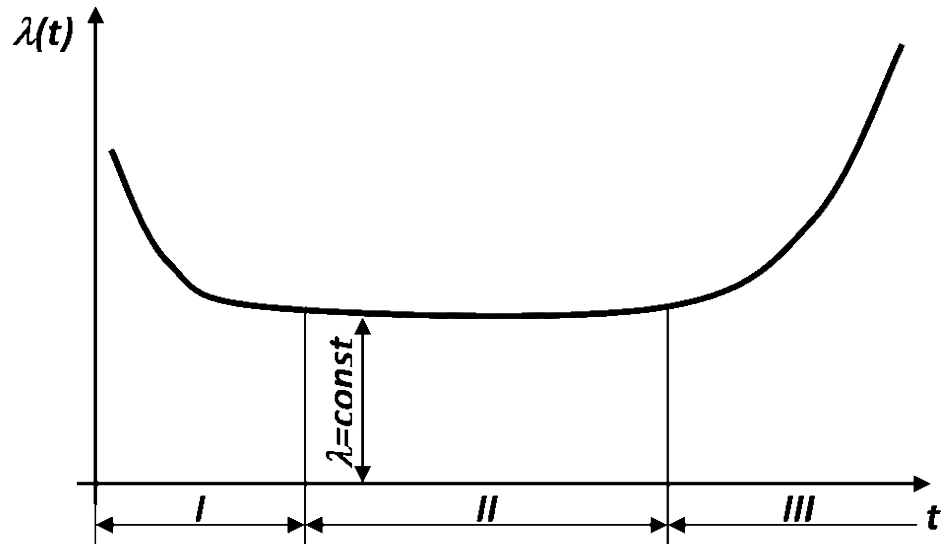


Рисунок 3.2 – Залежність інтенсивності відмов від часу

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків інтенсивності відмов ПЧ

| ПЧ | $\lambda(t) \cdot 10^{-6}$ |
|------------------|----------------------------|
| Danfoss VLT; | 7,6 |
| ОВЕН ПЧВ | 11,4 |
| Siemens SINAMICS | 5,7 |

3.3 Контрольно вимірювальні прилади та програмовані логічні контролери

До контрольно вимірювальних приладів відносяться два кондуктометричні датчики рівня в буферному бачку ПУ, датчики температури та індуктивні датчики положення.

Проведемо аналіз теоретичної інтенсивності відмов кожного елемента

Кондуктометричні датчики рівня являють собою високонадійні елементи, якщо були встановлені належним шляхом, інтенсивність відмов елементу, незалежно від виробника становить приблизно $4,7 \cdot 10^{-6}$

Датчики температури Pt100 зазвичай використовуються як вимірювальна вставка, яка встановлюється в сполучній головці та відповідному захисному фітінгу. Електричне з'єднання виконується у сполучній головці. Вимірювальна вставка є легко замінюваною деталлю термометра, яка складається з провідника або кабелю, виконаного з відповідного матеріалу, чутливий кінець якого має один або більше платинових вимірювальних резисторів Pt100 або Pt1000. Наявність захисної гільзи у вимірювальній точці дозволяє виконувати заміну, ремонт або калібрування термометра опору без переривання технологічного процесу

Якщо резистивні термометри використовуються належним чином і встановлені в недосяжному для вологи місці матимуть інтенсивність відмов близько $5,7 \cdot 10^{-6}$

Індуктивний датчик — безконтактний датчик, призначений для контролю положення об'єктів з металу. Індуктивні датчики широко використовують у АСУ ТП. Виконуються з нормально розімкнутим або нормально замкнутим контактом.

Залежно від розміщення на установці і методі кріплення має досить помітні зміни в значенні інтенсивність відмов. Так датчик що був в постійному контакті з вологою має інтенсивність відмов $57 \cdot 10^{-6}$, а датчик що стояв в захищеному місці має помітну перевагу в $22 \cdot 10^{-6}$, що складає приблизно одна поломка в 5 та 2 роки відповідно.

Загальні відомості про промислові ПЛК. призначені для побудови систем автоматизації низького та середнього ступеня складності. Вони виконують програму користувача і пов'язують контролер з іншими компонентами автоматизації.

Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального та розподіленого введення-виведення,

широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, що підтримуються на рівні операційної системи, зручність експлуатації та обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління у різних галузях промислового виробництва.

Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання кількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гама модулів введення виводу дискретних та аналогових сигналів, функціональних модулів та комунікаційних процесорів[13].

Ринок контролерів представлено наступними зразками:

- ПЛК SIMATIC S7-300 технологія початку нульових, але все ще можлива для побудови надійних АСУ
- ПЛК SIMATIC S7-1500 являє собою передовий контролер компанії SIEMENS.

В таблицю 3.2 занесено результати розрахунку інтенсивності відмов за формулою 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків інтенсивності відмов ПЛК

| ПЛК | $\lambda(t) \cdot 10^{-6}$ |
|-----------------|----------------------------|
| SIMATIC S7-300 | 7,8 |
| SIMATIC S7-1500 | 5,7 |

3.4 Інтерфейси «пристрій-людина»

Для контролю, регулювання параметрами пастеризатора та інших установок операторська кімната облаштована комп'ютерами що під'єднані до ПЛК SIMENS S7-400 через industrial ETHERNET.

Інтерфейс користувача SCADA надає оператору можливості спостереження за процесом та видачі керуючих команд[14].

Інтерфейс розроблено на SCADA-пакеті Wonderware InTouch 9.5

Інтерфейс складається з екранних вікон. При завантаженні комп'ютера відкривається вікно виробництва, на якому зображена схема ділянок. Для кожної ділянки розроблено своє вікно, де відображається інформація, необхідна для управління технологічним процесом на даній ділянці. Оператор видає команди за допомогою меню, яке відкривається при натисканні на зображення обладнання у вікні ділянки.

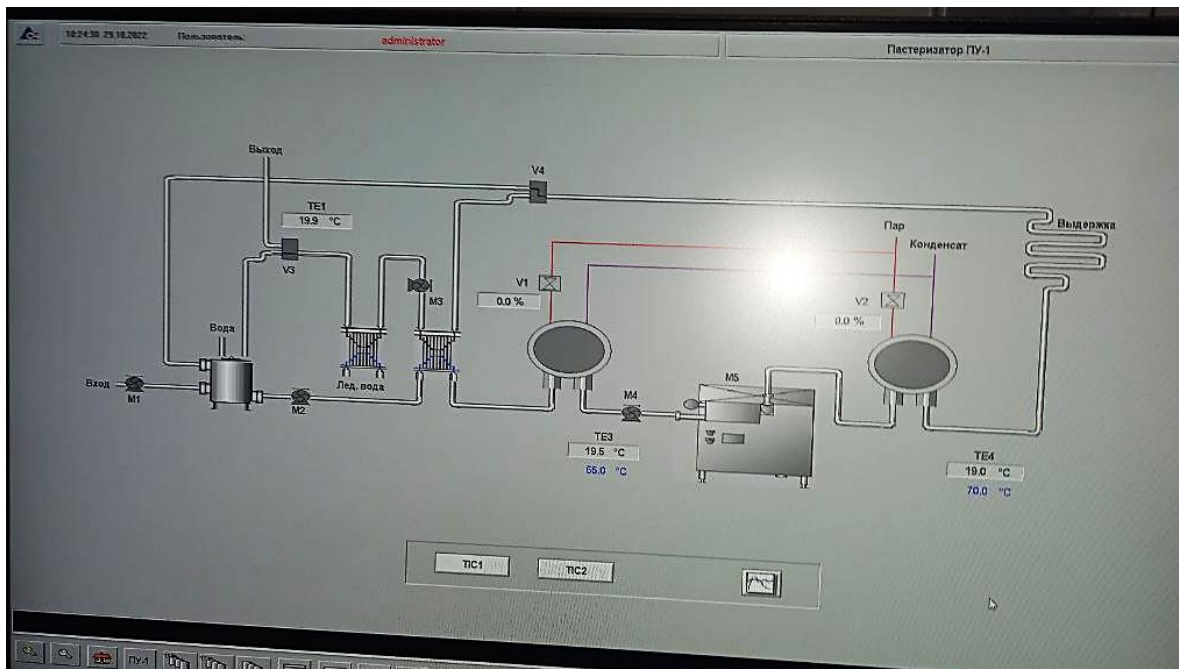


Рисунок 3.3 – SCADA оператора

Зміна параметрів захищена. Для отримання доступу необхідно натиснути на зображення ключа і внести заздалегідь відомий пароль до користувача, яким ви є. Різні користувачі мають різні рівні доступу до параметрів ділянки.

Для зручності оператора використовуються піктограми, що позначають процес (сірий колір), запущений процес (зелений) і призупинений незакінчений процес (жовтий).

При натисканні на піктограму графіка можна отримати значення параметрів, що цікавлять нас, за проміжок часу і роздрукувати його.

При натисканні на кнопку аварій відкривається список активних алармів, що дозволяє ремонтно-технічній службі швидко виявляти проблему, якщо вона була заздалегідь вписана. Тут можна підтвердити помилку і процес відновиться.

Програмне забезпечення дозволяє сформувати звіт про миття, рецепти, транспорт і події.

Для контролю безпосередньо на місці необхідно розробити та продумати варіанти керування, обрати дисплей.

Спираючись на розміщення в цеху, маємо ряд проблем з захистом від вологи.

Для керування було обрано високоякісні операторські пристрої TP900 Comfort.

Панелі SIMATIC HMI Comfort розроблені для реалізації високопродуктивних програм візуалізації на рівні машини. Висока продуктивність, функціональність і численні інтегровані інтерфейси забезпечують найбільшу зручність у високотехнологічних додатках. Стандартні пристрої SIMATIC HMI Comfort Panels утворюють технологічну основу для спеціалізованих варіантів, таких як пристрої із захистом IP65, панелі з передньою частиною з нержавіючої сталі або для зовнішнього застосування, а також версії з покриттям.

Розрахунок за формулами 3.2 та 3.3 показує інтенсивність відмов близько $6,5 \cdot 10^{-6}$

Фіксувати зміну температури та літражу, пропонується з цифрового самописця. Він постійно записує зміни параметрів на флеш картку і має можливість передачі інформації через rs-485 або Ethernet далі на комп'ютер оператора.

Інтенсивність відмов цього приладу сягає $7,85 \cdot 10^{-6}$ відмов за годину.

3.5 Побудова нової системи управління установки

Нова АСУ буде складатися з шафи з елементами управління та датчиків на самій установці.

Отже спершу треба встановити кількість датчиків та їх розміщення на установці. Спершу розберемося з датчиками рівня, їх конструкція досить дешева але іноді датчики можуть «клинити», через потрапляння вологи або обірваний контакт і двигун буде постійно намагатись викачувати, або працювати імпульсними включеннями, для виключення збоїв та економічної роботи двигуна слід використати метод резервування. Система буде спрацьовувати за схемою «або» задля того щоб не припиняти роботу установки під час поломки, але якщо один з датчиків на одному рівні не спрацьовує то через деякий експериментально встановлений час спрацьовуватиме світлова сирена та в списку алармів на екрані оператора та головному комп'ютері відобразиться помилка датчиків рівня. Також можлива установка ще двох датчиків аварійного рівня. Для тимчасового усунення можливе застосування технології маскування, але замаскувати одразу обидва датчики одного рівня неможливо. При встановленні датчиків слід приділити увагу унеможливленню потрапляння вологи до датчиків. Це приблизно 6 або 7 датчиків рівня, залежно від спільного контакту[15].

Інше важливе місце для застосування методу резервування, це датчик температури з виходу секції витримки, адже не вдалось пастеризоване молоко становить загрозу для здоров'я людини. Для цього в точці поряд з першим датчиком необхідно встановити другий. АСУ працюватиме від першого датчика, але увесь час буде проводитися порівняння температур з обох терморезистивних датчиків. Також датчик температури після охолодження регулюватиме подачу холодної води клапаном. Таким чином 3 датчики температури, та ще один датчик для секції сепаратору.

Для контролю відкриття, чи закриття клапанів пропонується облаштувати кожен пневматичний клапан та «півмісяць» індуктивним

датчиком, для забезпечення роботи через поломку пропонується внести можливість маскування помилок. Також встановлення на виході та вході в систему ПОУ вібраційного датчика середи буде фіксувати герметичність системи, та регулювати частоту ПЧ.

ПЛК встановлюється в шафу керування і під'єднується кожен датчик через клемне з'єднання. За потреби встановлюються додаткові модулі до ПЛК. Контролер в свою чергу підключаємо до дисплею і до мережі головної шафи через ethernet.

Для зручного користування, та виключення травматизму слід забезпечити шафу аварійною кнопкою, що буде роз'єднувати силові елементи схеми та зациклювати секції ПУ.

Живлення контролеру, його модулів та реєстратора слід подавати від автономного блоку живлення, через автоматичний захист. Всю силу під'єднувати до шафи спочатку через клема, потім перемикач включення і автомат захисту. Для ПЧ та блоку живлення слід також встановити автоматичний захист.

Для швидкого підтвердження аварій – встановити синю кнопку в доступному для цього місці з синьою підсвіткою. При спрацьовуванні аварії вона буде світитись, чим додатково зверне увагу оператора.

Контроль обертів двигуна задається програмно і подається на ПЧ.

Система SCADA спеціально розроблена для цієї установки матиме можливість для перегляду інформації аварій, налаштування рецептів, маскуванні елементів та являтиме собою технологічну схему ПУ.

Розроблено блок-схему для АСУ ПОУ, що містить інформацію про підключення приладів до мережі (рисунок 3.4). Розроблено нову АСУ, а також розглянуто елементну базу та обрано найнадійнішу серед представників ринку. Розраховано за формулами інтенсивність відмов. Спроектовано нову шафута надано збіркове креслення(Додаток Б). Надано функціональне та електричне принципове креслення АСУ у додатках В та Г.



Рисунок 3.4 – Підключення компонентів АСУ до мережі

3.6 Обслуговування та ремонт розробленої автоматизованої системи управління

Технічне обслуговування - це комплекс операцій або операція з підтримки справності або працездатності об'єкта при використанні за призначенням, просте, зберіганні і транспортуванні.

Технічне обслуговування радіоелектронних засобів включає в себе такі типові операції :

- контроль технічного стану;
- виявлення несправностей;
- попереджувальні заміни елементів;
- усунення несправності шляхом регулювань, підтяжок кріплення, протирань контактів, підпайок і т.д.;
- усунення пилу, павутиння, цвілі;
- очистка конструкції від іржі, мастила;
- перевірка комплекту запасних частин (ЗП) і його необхідне поповнення;
- контроль якості виконаних робіт;

– прогнозування майбутнього стану радіоелектронних засобів.

Контроль стану радіоелектронних засобів може проводитися в знеструмленому стані або під струмом.

При контролі стану радіоелектронних засобів в знеструмленому режимі несправності виявляються шляхом зовнішнього огляду блоків або вузлів, перевіркою міцності кріплення пайок і монтажу, якості ізоляції, стану контактних поверхонь і т.д. У деяких випадках може проводитися розбирання блоків для доступу до необхідних елементів.

При контролі стану під струмом пошук і усунення несправностей здійснюється шляхом контролю режимів роботи апаратури в нормальних або спеціальних умовах, заміни, настройки і регулювання елементів і блоків.

Контроль якості виконаних робіт щодо запобігання відмов зводиться до перевірки працездатності всього комплексу радіоелектронних засобів та необхідності підстроювання параметрів блоків до характеристик комплексу.

Прогнозування стану радіоелектронних засобів проводиться шляхом контрольних замірів найбільш важливих параметрів, фіксацією їх результатів і екстраполяцією значень з урахуванням попередніх замірів.

Прийняті на даний час в техніці види технічного обслуговування наведені в табл. 3.3.

Технічне обслуговування виконується при підготовці до використання за призначенням, якщо застосовувати за призначенням, безпосередньо після його закінчення.

Періодичне технічне обслуговування виконується через встановлені в експлуатаційній документації значення напрацювання або інтервалу часу.

Сезонне технічне обслуговування виконується для підготовки виробу до використання в осінньо-зимових або весняно-літніх умовах.

Регламентоване технічне обслуговування передбачається в НТД і виконується з періодичністю і в обсязі, встановленому в ній, незалежно від технічного стану виробу в момент початку технічного обслуговування.

Таблиця 3.3 - Види технічного обслуговування

| Ознака класифікації | Види технічного обслуговування |
|---|---|
| Етап експлуатації | При використанні, зберіганні, транспортуванні, очікуванні |
| Періодичність виконання | Періодичне, сезонне |
| Умови експлуатації | У нормальних умовах, в особливих умовах |
| Регламентация виконання | Регламентоване, із періодичним контролем, із безперервним контролем |
| Організація виконання (метод виконання) | Потокове, централізоване, децентралізоване, які експлуатують персоналом, експлуатуючою організацією, спеціалізованою організацією, підприємством-виробником |

Потокове технічне обслуговування виконується на спеціалізованих робочих місцях у певній послідовності й ритмі.

Централізоване технічне обслуговування виконується персоналом і засобами одного підрозділу або організації.

Децентралізоване технічне обслуговування проводиться персоналом кількох підрозділів.

На даний момент виділяють два основних принципи організації технічного обслуговування:

- планово-попереджувальний;
- аварійно-відновлювальний.

При планово-попереджувальному принципі профілактичні роботи технічне обслуговування плануються заздалегідь: визначається їх обсяг, зміст і періодичність.

Цей принцип доцільно застосовувати для апаратури з великим значенням коефіцієнта профілактичності (часток потенційних відмов, які можна запобігти).

Переваги цього принципу:

- можливість заздалегідь спланувати і організувати виконання операцій з технічного обслуговування;
- можливість запобігти частину відмов.

При аварійно-відновлювальному принципі профілактичні заходи проводяться при відмові виробу. При цьому не складаються будь-які єдині регламенти технічного обслуговування і їх періодичність. технічне обслуговування в цьому випадку зливається з ремонтом виробу.

Переваги цього принципу: відсутність додаткових простоїв через планові профілактик.

Недоліки:

- неможливість запобігання відмов, що призводить до збільшення простоїв виробу внаслідок відмов;
- незручності по організації профілактичних робіт.

Цей принцип застосовується рідко для виробів з малою часткою відмов, які можна запобігти.

Технічне обслуговування здійснюється відповідно до обраної стратегії Технічного обслуговування, під якою мається на увазі система правил управління технічним станом виробу в залежності від значень прийнятої ознаки технічного стану. Ознакою технічного стану можуть бути значення напрацювання, показника надійності або діагностичного параметра.

Відповідно до цього виділяються дві стратегії ТО:

- по ресурсу (наробітку);
- за станом.

Робочі умови експлуатації: АСУ призначена для роботи в інтервалі температур від 0 до +40 °С та відносній вологості повітря не більше 90 % (без утворення конденсату). Навколишнє середовище не повинно містити агресивних газів та струмопровідного пилю. Нормальні умови експлуатації: – закриті приміщення без агресивних парів та газів, при атмосферному тиску від 84 до 106,7 кПа; – температурою повітря 20 ± 5 °С; – відносною вологістю повітря не більше 80 % при +35°С та нижчих температурах без конденсації вологи.

Регулярні перевірки та планово-попереджувальне техобслуговування гарантують надійнішу роботу системи управління. Технічне обслуговування проводити не рідше одного разу на місяць.

Для обслуговування розроблено спеціальний графік технічного обслуговування (таблиця 3.4). Роботи пунктів 2-9 з технічного обслуговування повинні проводитись при знеструмленому виробі. Користуватись лише перевіреними засобами[19].

До роботи з АСУ повинні допускатися особи, які ознайомлені з роботою системи управління та мають допуск до роботи в електроустановках з напругою до 1000В.

У разі виявлення настає потреба в проведенні ремонту в цілому.

Ремонт техніки - це комплекс операцій з відновлення справності або працездатності виробів і відновленню ресурсів виробів або їх складових частин. Необхідність проведення відновлювальних операцій в період вироблення РЕА встановленого ресурсу пов'язана з тенденцією погіршення її експлуатаційно-технічних характеристик під впливом зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів. Розрізняють види, методи і стратегії ремонту.

Вид ремонту - ремонт, що виділяється по одній з ознак (етапу, періодичності, обсягу робіт, умов експлуатації, регламентації). Класифікація видів ремонту і зв'язок між ними представлена на рисунку 3.5

Таблиця 3.4 – Графік технічного обслуговування

| № п/п | Найменування робіт | Періодичність | Порядок проведення |
|-------|--|---------------|--|
| 1 | Зовнішній огляд шафи | Щотижня | При зовнішньому огляді перевірити шафу керування та струмопідвідний кабель на відсутність механічних пошкоджень, обриву заземлюючого дроту, замикання на корпус. |
| 2 | Перевірка теплового режиму компонентів автоматики у шафі | Щотижня | Перевірити температуру пускорегулюючої апаратури у шафі. Орієнтуватись на паспортні характеристики. |
| 3 | Контроль стану струмоведучих частин | Щомісяця | Очистити від пилу, протягнути різьбові з'єднання. |
| 4 | Перевірка заземлення | Щомісяця | Візуально переконатися як приєднання відповідних проводів до шин N , PE. У разі потреби – протягнути різьбові з'єднання. |
| 5 | Перевірка якості з'єднань у шафі | Щомісяця | Перевірити електричні підключення. У разі потреби – протягнути різьбові з'єднання. |
| 6 | Контроль роботи датчиків | Щотижня | Переконатися, що датчики правильно працюють. Перевірити відповідність |

Продовження таблиці 3.3 – Графік технічного обслуговування

| | | | |
|---|---|----------|---|
| 7 | Технічне обслуговування ПЧ | Щомісяця | Здійснити огляд ПЧ. При огляді перевірити: зовнішній вигляд ПЧ; контактів; стан приєднувальних проводів. |
| 8 | Технічне обслуговування автоматичних вмикачів | Щорічно | Оглядати та протирати спиртом рухомі та нерухомі контакти. Огляд вимикача також потрібно проводити після двох відключень короткого замикання. Після кожного вимкнення |
| 9 | Технічне обслуговування ПЛК | Щомісяця | Здійснити огляд ПЛК. При огляді перевірити: зовнішній вигляд ПЛК; контактів; стан приєднувальних проводів. Перевірити наявність мережі та зв'язок з модулями. |

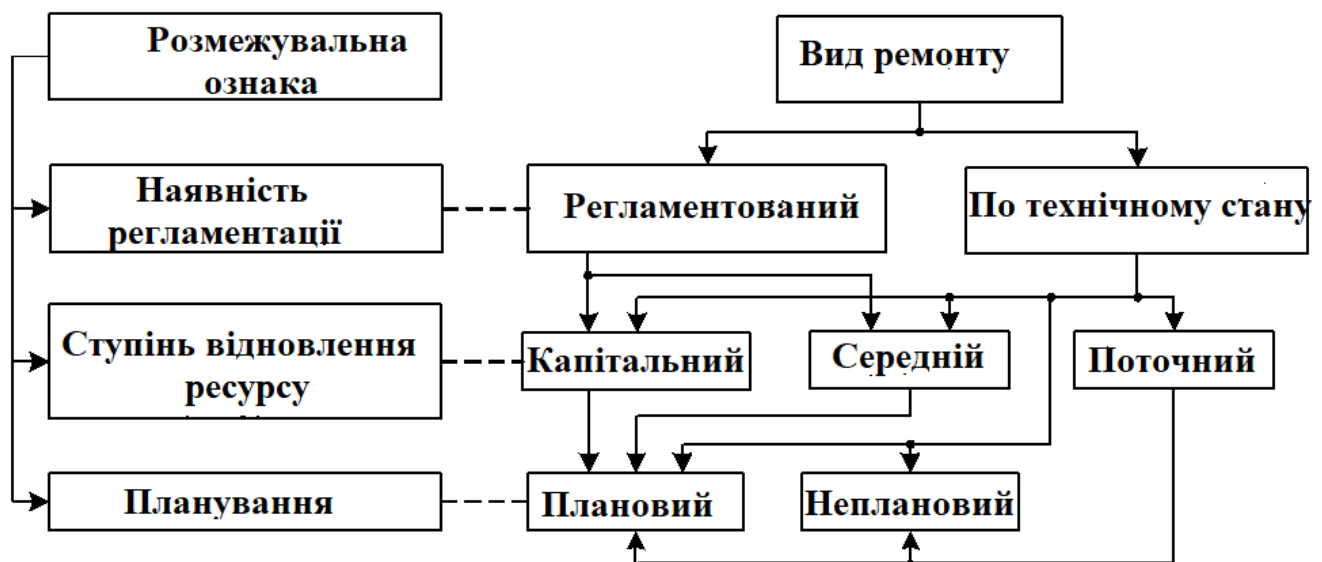


Рисунок 3.5 - Види ремонту

4 ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок надійності автоматизованої системи управління

Задамо наступні параметри надійності для АСУ:

- ймовірність безвідмовної роботи 0.95
- час безвідмовної роботи 6000

Сумарна інтенсивність відмов розраховується:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum \lambda_{pi}, \quad (4.1)$$

де λ_p - сумарна інтенсивність відмов однакових елементів.

Орієнтовна сумарна інтенсивність відмов однакових елементів розраховується за формулою:

$$\lambda_{pi} = \lambda(t)_i \cdot n_i, \quad (4.2)$$

де $\lambda(t)_i$ інтенсивність відмов одного елемента, n_i - кількість однакових елементів.

Вихідні дані для орієнтовного розрахунку спроектованої АСУ (інтенсивності відмов елементів разом з коефіцієнтами впливу) представлені в таблиці 4.1.

Далі було розраховано середнє напрацювання для всього пристрою за формулою:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}. \quad (4.3)$$

Відповідно до формули (4.3) середнє напрацювання: $T = 7,9 \cdot 10^3 = 7919$ г.

Визначаємо значення коефіцієнта оперативної готовності виходячи з формул:

$$K_{ог} = \frac{T}{T_B + T}, \quad (4.4)$$

де T_B - середній час відновлення який визначається за формулою:

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку

| Елемент | Вихідні дані | | Сум. інт. відмов, $\lambda_{pi} = n_i \cdot \lambda(t) \cdot 10^{-6}, 1/\text{ч}$ |
|---|--------------|--|---|
| | n_i | $\lambda(t) \cdot 10^{-6}, 1/\text{ч}$ | |
| Кондуктометричні датчики | 3 | 4,7 | 14,1 |
| Резистивні датчики | 4 | 5,7 | 22,8 |
| Датчики середи | 2 | 7,5 | 15 |
| SIMATIC S7-300 | 1 | 7,8 | 7,8 |
| Danfoss VLT; | 1 | 7,6 | 7,6 |
| Комп. оператора | 1 | 6,5 | 6,5 |
| Цифр. самописець | 1 | 9,85 | 9,85 |
| Клемні з'єднання | 54 | 0,1 | 5,4 |
| Автоматичні вимикачі | 1 | 8,2 | 8,2 |
| Блок живлення 24 В | 1 | 10,4 | 10,4 |
| Кнопки та перемикачі | 2 | 9,5 | 19 |
| Авар. сигналізація | 1 | 4,6 | 4,6 |
| Загальна сума інтенсивності відмов λ_{Σ} | | | 131,25 |

$$T_B = T_{BB} + T_{yB}, \quad (4.5)$$

де T_{BB} - середній час виявлення відмови елемента; T_{yB} – середній час усунення відмови елемента.

Коефіцієнт оперативної готовності для всього пристрою дорівнює $K_{ог} = 0,9993$.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку

| № | Параметр | значення |
|---|---|------------------|
| 1 | Ймов. безвідмовної роботи, $P_{б.р.}$ | 0,95 |
| 2 | Середній наробіток до відмови, T_j , ч | $7,9 \cdot 10^3$ |
| 3 | Середній час знах. відмови $T_{вв}$, мин. | 240 |
| 4 | Середн. час знешк. відмови $T_{ув}$, мин. | 60 |
| 5 | Коефіцієнт готовності, $K_{ог}$ | 0,9993 |

Далі визначається коефіцієнт технічного використання за формулою:

$$K_{ТВ} = K_{Г}(t) \cdot \frac{t_{д}}{t_{н}}, \quad (4.6)$$

де $t_{н}$ – номінальне значення, що дорівнює 7919 ч; $t_{д}$ – дійсне значення часу, яке визначається за формулою:

$$t_{д} = t_{н} - m \cdot T_{то} - r \cdot T_{рпл}, \quad (4.7)$$

де $T_{то}$ – середній час технічного обслуговування; $T_{рпл}$ – середній час планового ремонту; m – кількість технічних обслуговувань за рік; r – кількість планових ремонтів.

Початкові величини для розрахунку коефіцієнта технічного використання вибираються виходячи зі стандартних рядів, на підставі конструктивної складності функціональних блоків, та є рівними: $T_{то} = 1$ ч; $T_{рпл} = 1,5$ год; $m = 4$; $r = 1$.

Відповідно до формули (4.6) коефіцієнт технічного використання дорівнює: $K_{ТВ} = 0,9998$.

Розрахунок показників показав, що отримані значення перевищують задані значення, а значить, даний пристрій задовольняє всі вимоги і є надійним[15][8].

4.2 Аналіз видів наслідків та критичності відмов автоматизованої системи управління

Управління ризиками та підвищення надійності процесу - це питання, які стали більш важливими в літературі з управління виробництвом та операціями. Оцінка ризиків є важливим інструментом управління ризиками для зниження проектних ризиків і досягнення сталого розвитку. В даний час оцінка ризиків бере участь у плануванні та виробленні політики в більшості країн світу. Існує кілька методів визначення небезпек і оцінки ризиків. Одним із найважливіших із цих методів є режими та наслідки відмов

FMEA - це аббревіатура від англ. Failure Mode and Effects Analysis, що, власне, означає «аналіз видів (форм) і наслідків відмов». FMEA є ефективним інструментом для ідентифікації потенційних режимів відмови та їх впливу з метою підвищення надійності та безпеки складних систем. Також цей метод корисний для збору даних, необхідних для прийняття рішень і контролю ризиків. Насправді мета цієї методики:

- визначити режими відмов та їх наслідки;
- визначити коригувальні дії для усунення або зменшення ймовірності відмови ;
- розробка ефективної системи технічного обслуговування для зменшення виникнення потенційних сценаріїв.

Згідно зі статистичними даними нафтової та газової промисловості в Африці, Азії та Європі в 2004 році, в середньому на мільйон робочих годин припадає 1,09 травми. За оцінками, у Сполучених Штатах понад 5500 працівників гинуть і 80 000 працівників отримують травми або хворіють через свою роботу та умови зайнятості. За даними Міжнародної організації праці,

щодня в світі через нещасні випадки та професійні захворювання помирає 5000 людей. Тому нещасні випадки на виробництві враховують фінансові втрати, а запобігання нещасним випадкам на виробництві є дуже важливим у соціальному та економічному плані. Експерти з безпеки вважають, що понад 80% нещасних випадків і професійних захворювань можна запобігти простими і недорогими методами. Хоча традиційно кажуть, що причинами нещасних випадків на виробництві є небезпечні дії або небезпечні умови, але зусилля, спрямовані на покращення умов здоров'я та безпеки на робочому місці, показують, що ці два фактори є вторинними причинами нещасних випадків. Іншими словами, корінними причинами (первинними) є дефекти в системі управління або відсутність системи управління безпекою та здоров'ям в організації.

Управління ризиками та підвищення надійності процесу – це питання, які стали більш важливими в літературі з управління виробництвом та операціями. Управління ризиками – це планування, організація, скерування та контроль за діяльністю та активами організації, які можуть негативно вплинути на економічні показники, з метою мінімізації випадків нещасних випадків.

Оцінка ризиків є важливим інструментом для зниження ризиків на робочих місцях і в проектах і досягнення сталого розвитку. В даний час оцінка ризиків бере участь у плануванні та виробленні політики в більшості країн світу. Оцінка ризику – це процес, у якому ризики та вразливість середовища аналізуються кількісно та якісно. Існує багато методів оцінки ризику, але корисний метод має бути простим і пропорційним характеру діяльності, процесів, культури та інших аспектів організації.

Кожна діяльність має свої небезпеки та ризики, які необхідно визначити та визначити пріоритети. Якщо небезпеки та ризики не ідентифікувати, організації зіткнуться з великою кількістю проблем із високими витратами. Це може призвести до виходу з конкуренції, відсутності зростання, втрати довіри персоналу та віддалення від основної мети та зниження ефективності та

ефективності. Загалом, якщо організація не ідентифікує та не оцінює ризики, це має великий вплив на виконання її осей розвитку. Оцінка ризику — це інструмент прийняття рішень і базова розроблена методологія, яка допомагає приймати відповідні рішення та визначати їх результати.

Найважливішою частиною будь-якої системи охорони здоров'я та безпеки є визначення небезпеки та оцінка ризику. Насправді цей процес є двигуном і серцем системи управління безпекою. Якщо провести точну ідентифікацію небезпеки, продуктивність системи буде кращою. Існують різні методи ідентифікації небезпеки та оцінки ризику, такі як інспекція та аудит безпеки, аналіз режимів і наслідків відмов (FMEA), аналіз безпеки праці (JSA), дослідження небезпеки (HAZOP) тощо.

Аналіз режимів і наслідків відмов (FMEA) є корисним інструментом для планування та виконання системи профілактичного обслуговування в різних галузях промисловості. Ця методика вперше була розроблена інженерами з надійності в 1950-х роках для оцінки безпеки військових систем. Після цього використання цього методу швидко поширилося, так що в США і Франції ним оцінювали безпеку літаків Concorde і Airbus відповідно. У 1960 році проблеми безпеки в аерокосмічній промисловості призвели до впровадження FMEA. Цей метод був розроблений і застосований на початку 1960-х років NASA через важливість безпеки та запобігання аварій у космічних проектах. Пізніше у 1980-х роках Німеччина використовувала цей метод у своїй хімічній та атомній промисловості. У другій половині 1980-х років автомобільний завод Ford впровадив стандарт якості серії ISO 9000 в автомобільній промисловості Сполучених Штатів і використовував цей метод та зумовив поширення та розвиток FMEA у світі та в науці, особливо в автомобільній промисловості.

Ефективність цього методу призвела до того, що медичні центри також використовують його для підвищення безпеки пацієнтів і системи екстреної медичної допомоги. Крім того, цей метод широко використовується в електроніці, хімікатах та інших виробничих секторах для виявлення, визначення пріоритетів і вирішення збоїв, дефектів і потенційних проблем.

FMEA є ефективним інструментом для визначення потенційних режимів відмови та їх наслідків для підвищення надійності та безпеки складних систем і збору даних, необхідних для прийняття рішення про те, як керувати ризиками. Насправді мета цієї методики полягає у визначенні режимів відмови та їх наслідків, а також коригувальних дій для усунення або зменшення ймовірності відмови (перепроєктування) і, нарешті, розробки ефективної системи технічного обслуговування, щоб зменшити виникнення потенційних сценаріїв. Доведено, що цей метод є одним із найважливіших методів первинної профілактики при проектуванні систем, продуктів, процесів або послуг.

Здійсненність і застосовність є провідною причиною того, що цей метод вважається одним із найважливіших методів аналізу ризиків. З іншого боку, широкий спектр застосування цього методу в різних сферах виявив слабкі сторони та обмеження, тому дослідники доклали багато зусиль для його реформування та посилення.

На відміну від деяких інших методів ідентифікації небезпек, використання FMEA базується на статистиці та вимагає достатньо часу та робочої сили. Без інформації про процес або продукт FMEA замість того, щоб покладатися на факти та реальність, буде перетворено на процес, заснований на підозрах. В основному метод FMEA використовується для виявлення дефектів або недоліків частин машини у виробничому процесі, який включає декілька обладнання та інструментів. Звичайно, після виявлення дефектів, їх причини та вплив на систему будуть очищені. Методологія FMEA також посиляється на принципи контролю та запобігання дефектам.

Хоча зазвичай одна людина відповідає за координацію процесу, але основа FMEA процесу базується на команді. Метою командоутворення в FMEA є використання різноманітних думок та досвіду різних людей. Оскільки кожен процес стосується певних аспектів продукту, за необхідності створюються групи FMEA, а коли проект FMEA завершується, ці групи розпускаються. Кожна команда FMEA має конкретну мету та

відповідальність, тому немає потреби утримувати постійну команду FMEA. Найкраща команда FMEA складається з 4-6 осіб.

Серйозність наслідків інциденту (С) відображає обсяг і ступінь збитків, травм і смерті, спричинених інцидентом, якщо він стався. Для оцінки серйозності наслідків інциденту в якості критерію зазвичай використовуються попередньо розроблені таблиці.

ПЧР - пріоритетне число ризику знаходиться шляхом перемноження показників значимості за формулою 4.8

$$\text{ПЧР} = \text{С} \cdot \text{Ч} \cdot \text{З} , \quad (4.8)$$

де с – серйозність, ч – частота, з – знаходження.

У таблиці 4.3 наведено критерії для оцінки серйозності наслідків інциденту за методом FMEA.

Як показує формула 4.8, число пріоритету ризику (ПЧР) є продуктом комбінації серйозності, появи та виявлення. Більш високі рівні чисел пріоритету ризику для стану, небезпеки або дефекту вказують на пріоритетність коригувальних дій для цієї небезпеки, дефекту або стану. Номери пріоритету ризику від 1 до 1000 розглядаються для класифікації коригувальних заходів, необхідних для зменшення або усунення можливих режимів відмови. В першу чергу слід оцінювати види відмови, які мають найвищу оцінку ПЧР. Розгляд рівня тяжкості дуже важливий. Якщо рівень тяжкості становить 9 або 10, незалежно від ПЧР, його причину слід негайно дослідити. Таблиця 4.6 показано критерії прийняття рішення про рівень ризику в методі FMEA. Оптимізація та корекція тривають, поки новий ПЧР не досягне прийняттого рівня для всіх потенційних режимів відмови.

Імовірність виникнення інциденту (Ч) вказує на можливість виникнення інциденту в певний період часу. У таблиці 4.4 наведено критерії для оцінки ймовірності виникнення інциденту за методом FMEA.

Таблиця 4.3 – Критерії для оцінки серйозності наслідків інциденту

| Опис | Масштаб |
|------------------------------------|---------|
| Повна відмова (зупинка) системи | 10 |
| Серйозне пошкодження системи | 9 |
| Пошкодження системи занадто високі | 8 |
| Шкода системі висока | 7 |
| Пошкодження системи середнє | 6 |
| Шкода системі низька | 5 |
| Шкода системі дуже низька | 4 |
| Незначні пошкодження системи | 3 |
| Дуже незначне пошкодження системи | 2 |
| Без пошкоджень | 1 |

Таблиця 4.4 – Критерії для оцінки ймовірності виникнення інциденту

| Опис | Масштаб |
|--|---------|
| Виникнення інциденту або збою є дуже ймовірним (один або більше разів на день) | 10 |
| Ймовірна поява інциденту або збою (кожні 3-4 дні) | 9 |
| Ймовірність виникнення інцидентів або збоїв дуже висока (раз на тиждень) | 8 |
| Висока ймовірність виникнення інцидентів або збоїв (раз на місяць) | 7 |
| Ймовірність виникнення аварії або збою середня (кожні три місяці) | 6 |
| Ймовірність виникнення інцидентів або збоїв низька (кожні шість місяців-рік) | 5 |
| Ймовірність виникнення інцидентів або збоїв дуже низька (один раз на рік) | 4 |
| Можливість виникнення інцидентів або збоїв рідкісна (раз на 1-3 роки) | 3 |
| Можливість виникнення інцидентів або збоїв дуже рідкісна (раз на 3-5 років) | 2 |
| Виникнення інциденту або збою мало ймовірно | 1 |

Імовірність виявлення інциденту (3) означає, наскільки ймовірно, що інцидент або збій буде виявлено постфактум у визначений час. Таблиця 4.5 показує критерії для оцінки ймовірності виявлення інциденту в методі FMEA [16].

Таблиця 4.5 – Критерії для оцінки ймовірності виявлення інциденту

| Опис | Масштаб |
|------------------------------|---------|
| Немає виявлення | 10 |
| Незначно | 9 |
| Дуже низько | 8 |
| Низько | 7 |
| повільніше, ніж у середньому | 6 |
| Середньо | 5 |
| Швидше, ніж у середньому | 4 |
| Високо | 3 |
| Дуже високо | 2 |
| Надзвичайно високо | 1 |

Таблиця 4.5 – Критерії прийняття рішення про рівень ризику

| Рівень ризику | Необхідні дії |
|---------------|--|
| Неприпустимо | До зниження ризику будь-яка діяльність не повинна починатися або продовжуватися. Якщо ризик неможливо зменшити, слід уникати цієї діяльності. |
| Високий | До зниження ризику будь-яка діяльність не повинна починатися або продовжуватися. Якщо ризик неможливо зменшити, аварійні заходи та засоби контролю, які слід застосовувати під час роботи. |

Продовження таблиці 4.5 – Критерії прийняття рішення про рівень ризику

| | |
|-----------|---|
| Середній | Необхідно докласти зусиль, щоб зменшити ризик. Заходи зі зменшення ризику слід застосовувати через певні проміжки часу. Коли цей тип ризику або наслідки можуть бути серйозними, необхідна оцінка заходів контролю. |
| Прийнятно | Ніяких додаткових дій не потрібно. Можна розглянути менш дорогі рішення або вдосконалення. Щоб переконатися, що відповідні засоби контролю встановлені та підтримуються, необхідний моніторинг. |
| Незначний | Немає потреби вживати заходів чи письмового запису. |

Складемо таблицю аналізу видів та наслідків відмов для АСУ до застосування методів надійності та після. табл. 4.7, табл. 4.8

Таблиця 4.7 - Аналіз ПЧР відмов до застосування методів надійності

| Назва | Функція | Відмова | Причина | С | Ч | З | ПЧР |
|-----------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------|----|---|---|-----|
| Рез. датчики | Контроль | Збій таблиці | Перегрів, старіння | 10 | 2 | 5 | 100 |
| Датчик середі | Контроль | Не відображається у оператора | Старіння, волога | 6 | 3 | 5 | 90 |
| Екран оператора | Керування | Не працює, не контролює процес | Старіння, Механічні поломки | 10 | 2 | 8 | 160 |
| Контролер | Керування | Не працює, нема сигналу | Відсутність живлення | 5 | 1 | 5 | 25 |

Продовження таблиці 4.5 – Аналіз ПЧР відмов до застосування методів надійності

| | | | | | | | |
|------------------|-----------|--|-----------------------------------|----|---|---|-----|
| Автоматика | Живлення | заклинило | Старіння, потрапляння бруду | 5 | 2 | 2 | 20 |
| ПЧ | Керування | Програмний збій, обрив контакту | Ненадійність кріплень | 5 | 2 | 5 | 50 |
| Датчики рівня | Контроль | Постійно спрацьовують, постійно не спрацьовують | Вода, обрив | 10 | 5 | 2 | 100 |
| Блок живлення | Живлення | Не працює | Конденсатори, «кз» | 8 | 2 | 4 | 64 |

Таблиця 4.8 - Аналіз ПЧР після застосування методів надійності

| Назва | Функція | Відмова | Причина | С | Ч | З | ПЧР |
|------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|-----|
| комп'ютер оператора | Керування | Не працює, не має зв'язку | Механічні переміщення, старіння | 4 | 6 | 2 | 48 |
| Рез. Датчики | Контроль | Збій таблиці | Перегрів, старіння | 5 | 2 | 5 | 50 |
| Датчик середі | Контроль | Не відображається у оператора | Старіння, волога | 6 | 3 | 5 | 90 |
| Екран оператора | Керування | Не працює, не контролює процес | Старіння, Механічні поломки | 4 | 2 | 8 | 64 |
| Контролер | Керування | Не працює, нема сигналу | Відсутність живлення | 5 | 1 | 5 | 25 |

Продовження таблиці 4.8 - Аналіз ПЧР після застосування методів надійності

| | | | | | | | |
|------------------|-----------|--|-----------------------------------|---|---|---|----|
| Автоматика | Живлення | заклинило | Старіння, потрапляння бруду | 2 | 2 | 2 | 8 |
| ПЧ | Керування | Програмний збій, обрив контакту | Ненадійність кріплень | 5 | 2 | 5 | 50 |
| Датчики рівня | Контроль | Постійно не спрацьовують, спрацьовують | Вода, обрив | 4 | 5 | 2 | 40 |
| Блок живлення | Живлення | Не працює | Конденсатори, «кз» | 6 | 2 | 4 | 48 |

Аналізуючи таблиці 4.7 та 4.8 бачимо результат реалізації методів забезпечення надійності, безпечність системи управління для життєдіяльності та зручність роботи в цілому. Отже застосовані методи забезпечення надійності допомогли досягти заданих характеристик та перевершили їх.

В розділі надано розрахунок надійних коефіцієнтів, ремонтпридатності та безвідмовності. Проведено аналіз критичних відмов та дано оцінку ефективності застосованих рішень.

ВИСНОВКИ

В роботі було розглянуто технологію пастеризації молока, пастеризаційну установку, її технологічну схему та елементи. Було також висвітлено основні проблеми установки. Серед основних проблем виокремлено об'єктивні та суб'єктивні.

До суб'єктивних факторів відносяться: кваліфікація обслуговуючого персоналу, наявність умов для проведення профілактичних та ремонтних робіт, виконання інструкцій з експлуатації та ремонту. Недостатня кваліфікація персоналу, недотримання інструкцій з експлуатації та ремонту нерідко призводять до відмов і поломок. Ергономічна незручність та застарілість установки може викликати помилки в оператора установки.

До об'єктивних факторів відносяться зовнішні кліматичні умови. Вологість при пастеризації молока завдає нищівний вплив на електроніку. Досліджуючи елементи установки виявляються проблеми з корозією плат, закисання кріплень. Вологість, що потрапляє на деталі, які з'єднуються роз'ємами, незахищеність або недостатня захищеність цих елементів призводить до критичного, нищівного впливу. Надійність прямо залежить від конструктивного рішення, монтажу та герметизації вузлів і блоків.

Для підвищення конструктивної надійності необхідно:

- розробляти нові блоки або системи із застосуванням в апаратурі високонадійних пристроїв;
- забезпечити надійний захист від дії зовнішніх і внутрішніх факторів шляхом правильного розміщення в шафах управління або використання елементів з достатнім ступенем захищеності;
- дотримуватись режиму роботи деталей, що вказано виробником.

Було описано методи забезпечення надійності, серед яких розділяють дві головні групи: загальнотехнічні та спеціальні. Ґрунтовно розглянуто всі можливі шляхи, на які спиралися шляхи вирішення завдання забезпечення надійності АСУ.

Розроблено нову АСУ, а також розглянуто елементну базу та обрано найнадійнішу серед представників ринку.

Розраховано за формулами інтенсивність відмов, спроектовано нову шафу та надано складальне креслення, розроблено функціональне та електричне принципове креслення АСУ.

Надано розрахунок коефіцієнтів надійності, ремонтпридатності та безвідмовності. Проведено аналіз критичних відмов та дано оцінку ефективності застосованих рішень.

Результат реалізації методів забезпечення надійності – це безпечність системи управління для життєдіяльності та зручність роботи, в цілому. Отже, застосовані методи забезпечення надійності допомогли досягти заданих характеристик та перевершили їх.

Результатом виконаної роботи свідчить участь в міжнародній конференції «Science and technology: problems, prospects and innovations» та публікація тези «Підвищення надійності пастеризаційної установки у процесі експлуатації», що висвітлює головну проблематику та можливі шляхи вирішення.

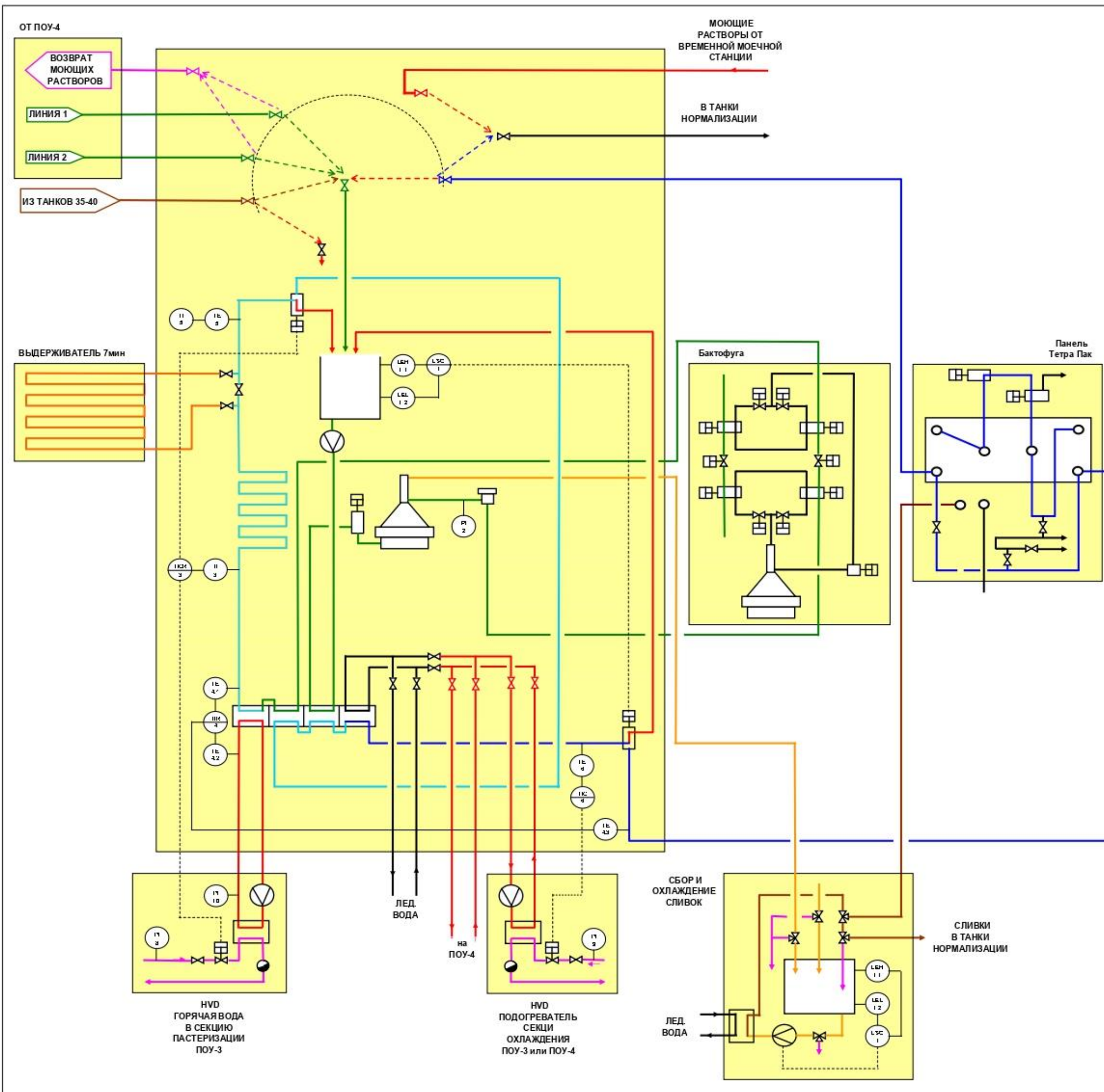
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Velazquez-Ordenez V. Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products: Nutrition in Health and Disease - Our Challenges/ London: IntechOpen, 2019р.
2. Регламент європейського парламенту і ради (ЄС) № 853/2004 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a99#Text (05.11.22)
- 3 Gösta Bylund, Bozena Malmgren, Andrzej Holanowski. The Dairy Processing Handbook. Tetra pak 2022 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/> (07.11.22)
4. Термопреобразователь ТСП 0879 0,8м 50п (1)к вик2 - 50/+500(термопара) – <https://epts.com.ua/p1158181201-termopreobrazovatel-tsp-0879.html> (10.11.22)
5. ПРИБОР ДИСК-250 РЕГИСТРИРУЮЩИЙ – <http://www.ukrgazavt.com.ua/products/pribor-disk-250-registriruyushhij/> (11.11.22)
6. Кондуктометрические датчики уровня OWEN – <https://owen.ua/ru/news/konduktometricheskie-datchiki-owen> (15.11.22)
7. Мороз Є. О., Бабаков М. Ф. Підвищення надійності пастеризаційної установки у процесі експлуатації / Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2022. Pp. 81-25. – Режим доступу: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhнародna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-technology-problems-prospects-and-innovations-19-21-10-2022-osaka-yaponiya-arhiv/>. (25.11.22)
8. Бабаков М.Ф. Анализ и обеспечение надежности электронной аппаратуры при проектировании учеб. пособие / Бабаков М.Ф. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2002 – 90с.

9. Ш. Сінгла, Вплив температури та вологості на електронне обладнання: переклад Гавриков В'ячеслав [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.electronshik.ru/news/show/12526> (25.11.22)
10. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.1996. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с
11. Автоматизированные системы управления предприятием / А.В. Зеленков, М.А. Латкин, М.М. Митрахович. - Учеб. пособие. –Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2002. – 45с.
12. Навіщо потрібний перетворювач частоти [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://electroinfo.net/inventory/zachem-nuzhen-preobrazovatel-chastoty.html> (26.11.22)
13. Siemens S7-1500 User Manual [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/59191792/s71500_et200mp_system_manual_en-US_en-US.pdf?download=true (26.11.22)
14. Баландин А. Автоматизация процесса пастеризации молока. Характерные особенности. Проблемы и предложения. – Автоматичні і автоматизовані системи управління технологічними процесами 2010, №2, с.18-20.
15. Єсаулов С. М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів та установок» (для студентів 5 – 6 курсів усіх форм навчання за спеціальностями 7.05070204, 8.05070204 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. М. Єсаулов. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 78 с.
16. Бородин С.М. Обеспечение надежности при проектировании РЭС Учебное пособие / С. М. Бородин. - Ульяновск: УлГТУ, 2010. - 106 с
17. Пономарев С.В. Управление качеством продукции: учеб. пособие/ С. В. Пономарев – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 220 с.

18. Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС – 3D v19 / А.А. Герасимов.
– СПб.: БХВ – Петербург, 2021. – 624 с.
19. ДСТУ ІЕС 60706-2:2008. Ремонтпридатність устаткування. Чинний
від 14.08.2008 р.

ДОДАТОК А
Пастеризаційна установка.
Технологічна схема



| | | | | |
|--------|-------------|--|------------|--|
| 77 | ИУ 77 | Манометр МП 3-4 0-400 кПа с.к.7, 3 | 7 | Индикация давления горячей воды на топочной площадке котельной |
| 78 | ИУ 78 | Манометр ААВ 0-800 кПа с.к.7, 0 ДН 837-7 | 7 | Индикация давления водопроводной воды на топочной площадке пастеризации |
| 79 | ИУ 79 | Манометр МВЛ 3А-4 0-24 кг/см ² с.к.7, 3 | 7 | Индикация давления пара на топочной площадке котельной |
| 74 | ИУ 74 | Манометр МВЛ 3А-4 0-24 кг/см ² с.к.7, 3 | 7 | Индикация давления пара на топочной площадке котельной |
| 71 | ΔΔ 7.2 | Кондуктометрический датчик уровня | 2 | Контроль уровня в ТУМ скимов, ДУМ ГУЛ отапливаемого насоса |
| 72 | ΔΔ 7.7 | Блок датчик уровня ДУ-11 | 7 | |
| 77 | 7Б 4 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 7 | Индикация, регулировка, управление регуляторами температуры молока пастеризационного участка |
| 70 | 7Б 4 | ТРУ 738 05 ДН с.к.7, 0 | 7 | |
| 9 | 7Б 3 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 7 | Индикация и регулировка температуры пастеризационного участка |
| 8 | 77 3 | ТРУ 738 05 ДН с.к.7, 0 | 7 | |
| 7 | 7Б 4.3 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 3 | Индикация и регулировка температуры молока в автоклаве |
| | 7Б 4.2 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 3 | Индикация и регулировка температуры молока в автоклаве |
| | 7Б 4.7 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 3 | Индикация и регулировка температуры пастеризации |
| 8 | 7Б 4 | ТРУ 738 05 ДН с.к.7, 0 | 7 | Индикация и регулировка температуры сливок |
| 5 | 7Б 3 | Датчик температуры ТБЛ 50Л ИУ 0879 | 7 | Индикация, контроль, регулировка, управление и регулировка температуры пастеризации |
| 4 | 7Б 3 | ДНБД-250 7337 0 - 7 90 50Л | 7 | |
| 3 | ИУ 2 | Манометр ТМБЛ РА 0-800 кПа с.к.7, 0 ДН 837-7 | 7 | Индикация давления продукта на выходе из сепаратора |
| 2 | ΔΔ 7.2 | Кондуктометрический датчик уровня | 2 | Контроль уровня в баке скимов |
| 7 | ΔΔ 7.7 | Блок датчик уровня ДУ-11 | 7 | |
| № п.п. | Обозначение | Тип прибора | Количество | Примечание |

| СПЕЦИФИКАЦИЯ | | | | |
|--|------|-------------|-------|--------------|
| Филиал ПАО "Вимм-Билль-Данн Украина" "Харьковский Молочный Комбинат" | | | | |
| Пастеризация и сепарирование (аппаратный участок) | | | | |
| № п.п. | Лист | Документ | Поиск | Дата |
| Разработчик | | Иванов И.В. | | |
| Исполнитель | | Иванов И.В. | | |
| Руководитель | | Белуга И.В. | | |
| Бюджетировщик | | Иванов И.В. | | |
| Утвердил | | Белуга И.В. | | |
| | | | | Листов |
| | | | | 1 |
| | | | | 1 |
| | | | | Харьков 2011 |

ДОДАТОК Б

Шафа для системи управління пастеризаційною установкою

Складальне креслення

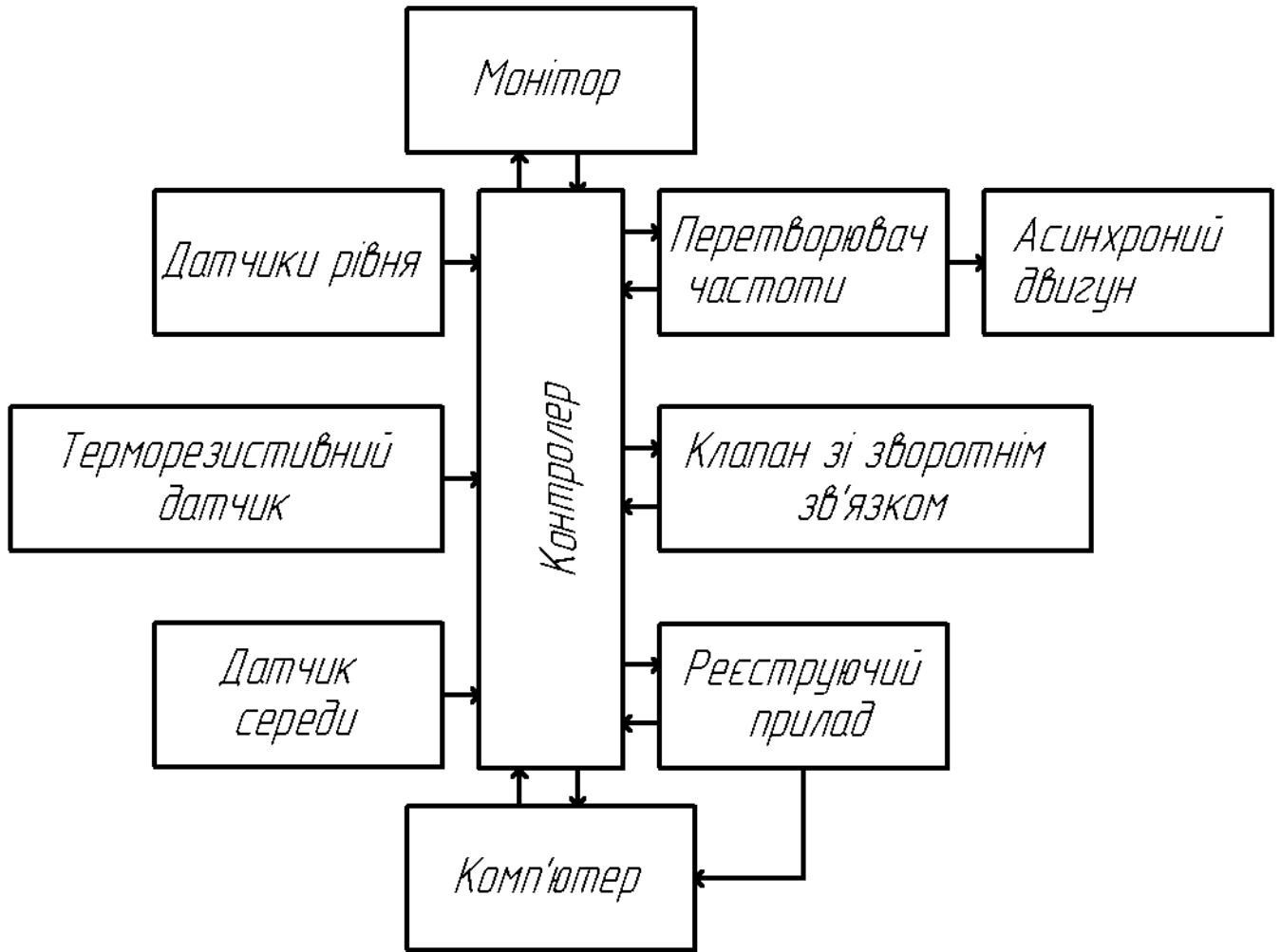
ХАІ 5.305.001 СБ

ДОДАТОК В

Система управління пастеризаційною установкою

Функціональна схема

ХАІ 5.305.001 Е2



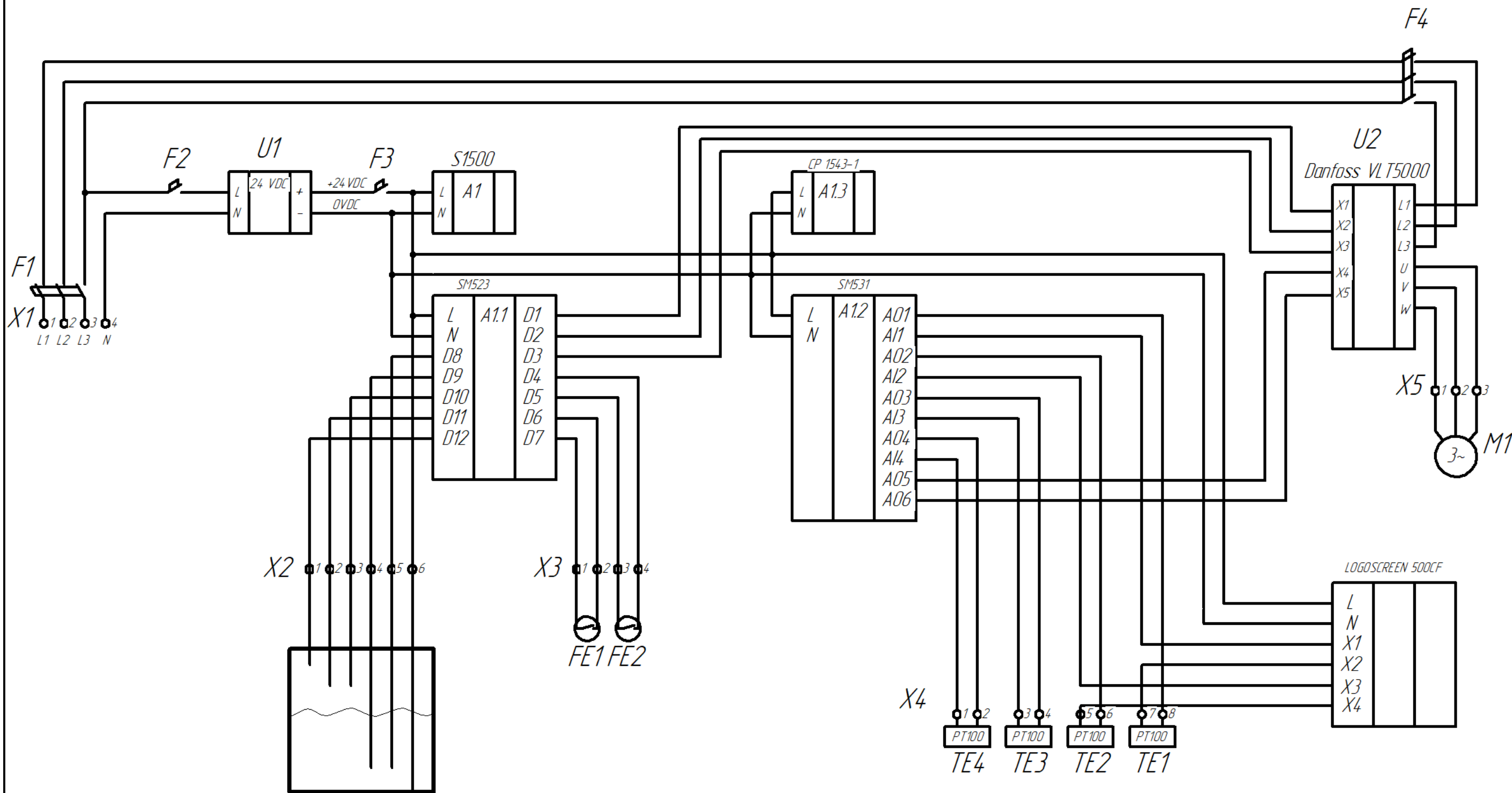
| Изм. | Лист | № док-м. | Подп. | Дата | Система управління пастеризаційною установкою Функціональна схема | Лит. | Масш. | Масштаб |
|----------|------|--------------|-------|------|--|-------------|--------|---------|
| Разроб. | | Мороз Е.О. | | | | Ц | | |
| Пров. | | Бабаков М.Ф. | | | | Лист | Листов | 1 |
| Т.контр. | | | | | | XAI 2022 р. | | |
| Н.контр. | | | | | | | | |
| Чтв. | | | | | | | | |

ДОДАТОК Г

Система управління пастеризаційною установкою

Схема електрична принципова

ХАІ 5.305.001 ЕЗ



| | | | | | | | |
|----------|------|--------------|-------|--------------------------|---|--------------------|----------|
| | | | | XAI.000000.001 E3 | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Система управління пастеризаційною установкою | Лит. | Масштаб |
| | | | | | Схема електрична принципова | у | |
| Разраб. | | Мороз Є.О. | | | | Лист | Листов 1 |
| Пров. | | Бадаков М.Ф. | | | | | |
| Т.контр. | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | |
| | | | | | | XAI 2022 р. | |

ДОДАТОК Д
Сертифікат з участі в конференції

CERTIFICATE

is awarded to

Moroz Yehor

for being an active participant in
International Scientific and Practical Conference

**“SCIENCE AND TECHNOLOGY: PROBLEMS,
PROSPECTS AND INNOVATIONS”**

24 Hours of Participation

(0,8 ECTS credits)



OSAKA

19-21 October 2022

sci-conf.com.ua

