

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Теплоенергетичний факультет
Кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о.завідувача кафедри

_____ / **Володимир ВОЛОЩУК** /
“ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою
**“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
кібер-енергетичних систем”**
зі спеціальності
**151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані
технології”**

на тему: Програмно-технічний комплекс супроводу процесу
пуско-налагоджувальних робіт систем автоматики теплоенергетичних об’єктів

Виконав: студент П курсу, групи ТО-91мп
Лук’янов Олександр Вікторович
(прізвище ім’я, по батькові) _____ (підпис) _____

Науковий керівник Доцент, к.т.н. Степанець О.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис) _____

Рецензент Директор ТОВ «ТД «Солар Ікс» Іваненко О.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис) _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

Факультет

Теплоенергетичний

Кафедра

Автоматизації теплоенергетичних процесів

Рівень вищої освіти – другий(магістерський)

Спеціальність

151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Освітньо-проф
есійна
програма

(“Автоматизація та комп’ютерно -інтегровані технології
кібер-енергетичних систем”)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

(підпис)
“ “ _____
/Володимир ВОЛОЩУК/
(імя, ПРІЗВИЩЕ)
2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Лук’янова Олександра Вікторовича

(прізвище, ім’я, по-батькові)

1. Тема дисертації Програмно-технічний комплекс супроводу процесу
пуско-налагоджувальних робіт систем автоматики теплоенергетичних об’єктів

науковий керівник дисертації доц., к.т.н. Степанець О.В.

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

затверджені наказом по університету від «4» листопада 2020 р. № 3812-с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2020 р.

3. Об’єкт дослідження Процеси впровадження систем автоматичного
керування теплоенергетичними об’єктами

4. Предмет дослідження Програмно-технічний комплекс підтримки
пусконалагоджувальних робіт системи автоматичного керування промислової
сушарки

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Опис технології теплоенергетичного

об'єкту (зернова сушарка), розробка математичної моделі об'єкту, дослідження нормативної бази яка затверджує порядок проведення ПНР, розробка програмно-технічного комплексу супроводу процесу пуско-налагоджувальних робіт, який сприятиме забезпеченню заданих показників якості роботи системи

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
Функціональна схема автоматизації, структурні схеми програмно-технічного комплексу, ілюстрації людино-машинної взаємодії, результати моделювання, приклади використання

7. Орієнтований перелік публікацій Лук'янов О.В. Степанець О.В. «Застосування Цифрових двійників при пусконаладці об'єкту автоматизації» Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, м. Київ, 2020 р. У 2 т. – К. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.-Т.2-24с.
Лук'янов О.В. Степанець О.В. «Automation systems commissioning based on the digital twins ideology» “XXX International scientific and practical conference «ТРАВНЕВІ НАУКОВІ ЧИТАННЯ», м.Луцьк, 2020 р. У 1 ч. - Ч. 1. – Дніпро: ГО «НОК», 2020 – 15 с

8. Дата видачі завдання " 01 " вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітки
1	Видача завдання	01.09.2019	
2	Затвердження вибору технологічного об'єкту та опис його роботи	26.10.2020	
3	Опис етапів проведення ПНР	03.11.2020	
4	Моделювання об'єкту	10.11.2020	
5	Опис структури ПЗ	14.11.2020	
6	Розробка програмно-технічного комплексу	21.11.2020	
7	Моделювання розробленого комплексу	30.11.2020	
8	Стартап-проект	03.12.2020	
9	Підпис керівника магістерської дисертації	04.12.2020	
10	Перевірка на плагіат	12.12.2020	
11	Попередній захист магістерської дисертації	15.12.2020	
12	Захист	22.12.2020	

Студент

О.В Лук'янов

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

О.В Степанець

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Реферат

Актуальність теми. При пусконаладці об'єкту зазвичай весь процес проходить у ручному режимі, це є гарним з точки перевірки правильності роботи, але не правильним з точки зору витрачених на це ресурсів та часу. До того ж перевіряється лиш та частина в якій перевіряюча людина є спеціалістом. Саме тому, у процесі пусконаладки мають брати участь усі розробники цієї системи з всією інформацією про роботу об'єкту.

Мета роботи та дослідження. Метою даної роботи є пришвидшення проходження процесу пусконаладки з підвищенням ефективності процесу шляхом розробки комплексу програмно-технічного рішення супроводу процесу пусконаладки.

Головна ідея полягає у розробці універсального рішення, яке б за допомогою нескладних маніпуляцій з налаштуваннями могло б підходити для пусконалагодження більшості теплоенергетичних об'єктів та надавати всі необхідні дані для розробників, які б при виникненні проблем оперативно їх вирішували.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- Дослідження проблем які виникають на етапі пусконаладки та методи їх вирішення
- Аналіз існуючих рішень на ринку які б допомогли вирішити проблему
- Розробка програмного забезпечення для вирішення даної проблеми
- Перевірка даного комплексу в лабораторних умовах

Об'єкт дослідження. Процеси пусконалагодження промислової сушарки.

Предмет дослідження. Програмно-технічний комплекс процесу пусконалагодження.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішуються за допомогою практичних відомостей про проблеми наявні при процесі пусконаладження та методами якими вони вирішувались.

Наукова новизна отриманих результатів. Було розроблено комплекс програмно-технічних засобів супроводу процесу пусконаладження, який створений для вирішення даного типу задач та показує найбільшу ефективність.

Abstract

Relevance of the topic . When commissioning an object, the whole process usually takes place in a semi- manual mode, this is good in terms of verifying the correctness of the work, but not correct in terms of resources and time spent on it. In addition, only the part in which the inspecting person is a specialist is checked . It is in the process of adjusting should participate vrusi rozrozrobnyky this system with all the details of the object.

Purpose of work and research. The purpose of this work is to accelerate the commissioning process with increasing the efficiency of the process by developing a set of software and hardware solutions to support the commissioning process .

The main idea is to develop a universal solution that, with the help of simple manipulations with the settings, could be suitable for commissioning most thermal power facilities and provide all the necessary data for developers who would promptly solve them in case of problems.

To achieve this goal the following tasks were solved:

- Research of problems that arise at the stage of commissioning and methods of their solution
- Analysis of existing solutions in the market that would help solve the problem
- Software development to solve this problem
- Verification of this complex in the laboratory

Object of study. Processes of commissioning of an industrial dryer.

Subject of study. Software and hardware complex of the commissioning process

Research methods. The tasks are solved with the help of practical information about the problems available during the commissioning process and the methods by which they were solved.

Scientific novelty of the obtained results. A set of software and hardware to support the commissioning process was developed , which is designed to solve this type of problem and shows the greatest efficiency.

Зміст

Вступ.....	8
1. Аналітичний огляд проблеми	9
1.1. Сучасний стан галузі.....	9
1.2. Характеристики теплоенергетичного об'єкту- сушарки.....	11
1.3. Загальна постановка задачі.....	18
2. Опис об'єкту управління	19
2.1. Отримання моделі об'єкту.....	19
2.2. Призначення та функції створюваної системи.....	24
2.3. Вибір апаратної платформи системи автоматизації	25
2.4. Опис функцій системи автоматизації.....	25
2.4.1. Функції контролю	25
3. Розробка системи управління об'єктом	29
3.1. Структура система управління об'єктом	29
3.2. Розрахункова частина	31
3.3. Програмне забезпечення системи автоматизації	35
3.4. Програмне забезпечення для пусконаладки	41
3.5. Імітаційне моделювання і аналіз функціонування автоматизованого технічного комплексу	58
3.5.1. Підготовка до моделювання	59
Висновок до розділу.....	69
4. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)	70
4.1. Технологічний аудит ідеї проекту	71
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	72
4.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	76
4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	78
Висновки до розділу	79
Висновки	81

Список літератури.....	82
Додаток А.....	84
Додаток Б	86

Вступ

Пусконалагодження - процес запуску будь якої системи в роботу. При якому відбувається перевірка всіх алгоритмів роботи, обладнання цього об'єкту, в загальному перевірка на правильність роботи всіх систем. Будь який об'єкт проходить цю стадію. Зазвичай вона проходить не всім інженерним складом розробників які мали участь у його виробництві. Це впливає на якість прийнятих рішень на цьому етапі, вони можуть бути хибними або вирішення проблемних питань займає багато часу. Через це передача інформації з місця пуску розробника є тривалим процесом який не дозволяє ефективно координувати дії персоналу на місці та в ситуаційному центрі.

Тому актуальною є задача є вирішення проблем спрощення проведення цього етапу пусконалагодження, без втрати його якості, та з більшою ефективністю. Запропонований програмно технічний комплекс супроводу процесу пусконалагодження є альтернативним підходом до проведення цього процесу.

1. Аналітичний огляд проблеми

1.1. Сучасний стан галузі

В Україні йде бурхливий рух Industry 4.0 (четвертої промислової революції) в якому класичні підходи автоматизації замінюються новими, більш зручними та ефективними рішеннями на базі IoT. Наводячи приклад це проблема збору та обробки інформації: до цього цей процес виконувався вручну, але за допомогою IIoT технологій цей процес є автоматизованим і людина не займається обробкою результатів, а вже має готові показники про роботу того чи іншого обладнання. Але й через це виникають проблеми, тому що обладнання, яке виконує такий функціонал є дорогим та його використання не завжди використовують ефективно. Звертаючи на це увагу, обладнання не оновлюють та працюють зі старим, через це унеможлиблюється збільшення ефективності. Хоча оновлення обладнання є перспективне через підтримку ним нових технологій. Використовуючи нові стеки технологій можна дійти повної автоматизації процесу, коли для його здійснення потрібен лише оператор/-ри, які будуть слідувати за його проходженням. Можливе віддалене керування, контроль за станом: для щоб дізнатись про стан механізму не потрібно буде йти до нього, а лише обрати його на мнемосхемі, будучи при цьому на великій відстані від самого обладнання. Але все ж таки існує проблема пусконаладження. На цьому етапі потрібно спостерігати за роботою всієї установки: технологам потрібно слідувати за правильністю проходженням процесу, спеціалістам operation technology за правильністю роботи системи автоматизації. У цьому процесі задіяно чимала кількість інженерного персоналу, які знаходяться не на об'єкті, але яким потрібно своєчасно передавати інформацію про роботу модуля. Тому критичною є проблема передача необхідної інформації спеціалістам. Наразі на ринку існують рішення, які частково задовольняють необхідний функціонал: SCADA - система візуалізує дані про роботу об'єкту, за можливості може

видавати звіти про її роботу, на робочих станціях де вона встановлена зберігаються архівні дані про роботу системи, але вона не є універсальною та швидкою для переналаштування, а саме такі вимоги ставляться до програмно-технічного комплексу супроводу процесу пусконаладжувальних робіт систем автоматики теплоенергетичних об'єктів.

Для вирішення задачі потрібні апаратні та програмні продукти, які мають бути недорогими, універсальними та мати community, які б вже працювали з ним для полегшення роботи з обладнанням та програмними продуктами. До програмного забезпечення висуваються наступні вимоги: висвітлення інформації у вигляді графіків, діаграм та зрозумілих для персоналу методів подачі інформації, просте в налаштуванні, до того ж врахувати потрібно, що дана система знадобиться тільки на етапі пусконаладження. Одним з варіантом вирішення цієї задачі є задіяння вже наявних ресурсів виконання функцій на етапі пусконаладження, використання SCADA. Плюсом для даного рішення це відсутність вкладень для даного варіанту але мінусом це використання складного програмного рішення, яке не передбачає виконання не тільки даного функціоналу, яке є досить не універсальним, та для зміни в ньому необхідно задіювати допомогу спеціаліста який її розробляв. Тому для даного типу задач необхідне використання додатку для аналітики та візуалізації, з простим інтерфейсом, бажано, але не обов'язково безкоштовним програмним продуктом та порівняно зі SCADA- системами невеликими вимогами до апаратного забезпечення. Для таких задач підходять веб-орієнтовані додатки з відкритим кодом. Усі ці функції та можливості поєднують в собі Graphana, Telegraf, UI builder Node-Red [1].

Щодо апаратного забезпечення, то використання вже наявного обладнання, тобто ПЛК для якого це не є основною задачею, тим більше що не кожен з них

обладнаний необхідним сховищем даних та засобами їх обробки. Тому категорія програмно-логічних контролер є такою, що не підходить під даний тип задач. Зважаючи на різноманітність об'єктів автоматизації та особливостей установок, таких як кількість даних, протоколів їх передачі, неможливості уніфікації інформації та потребу в оперативному доступі до алгоритмів обробки перспективним вважається підхід, коли певний спеціалізований пристрій, який на апаратному рівні підтримує виконання заявлених задач, доповнений спеціалізованим прикладним програмним забезпеченням. Одним із найрелевантніших пристроїв для цих задач є мікрокомп'ютер Raspberry Pi. Серед його переваг - достатні апаратні ресурси, можливість підключати додаткові модулі, відтестоване базове програмне забезпечення, наявність модифікацій для промислового використання, значна професійна спільнота та низька ціна. Це забезпечує низький поріг входу та швидке розгортання рішення в умовах невизначеності процесу пусконаладжувальних робіт.

Також проблемою постає "де?" та "в якому вигляді?" зберігати дані. При використанні реляційних баз даних стає складним процес додавання до інформації ще й часу в який вона була отримана. Для такого функціоналу використовуються бази даних часових рядів (time series basedate, TSBD) спеціальні бази даних, розроблені спеціально під подібні задачі. Однією з перспективних баз даних такого типу є InfluxDB.

1.2. Характеристики теплоенергетичного об'єкту- сушарки

Завданням автоматизації процесу сушіння зерна є покращення показників якості сушіння продукту, зменшення фінансових витрат, підвищення ефективності використання обладнання, підвищення терміну його експлуатації [2].

Видалення вологи з продуктів називають процесом сушки, він базується на фундаментальних законах тепломасообміну. Саме для виробництва харчових продуктів, напівфабрикатів та сировини (зерно, солод, крохмаль), і використовуються процес сушки. Завданням сушіння зерна є зменшення до мінімуму життєдіяльних процесів у сировині, при цьому необхідне збереження продукту як живого організму.

Технологія обробки зерна складається з багатьох операцій, у результаті виконання яких отримуємо зерно необхідної якості. Сама технологія сушки передбачає не тільки операцію видалення вологи, а й первинне та вторинне очищення, сортування на зерно та відходи, тобто під сушкою розуміють комплекс операції на початку якого маємо матеріал, який зібрали з полів, а в кінці - продукт, який придатний до використання у подальшому виробництві.

У світі широкого розповсюдження набув процес сушіння конвективного типу. У такому способі тепло від сушильного агента [2] передається до самого продукту сушіння, а волога передається від продукту сушіння до сушильного агента. На переважній більшості підприємств України використовуються сушарки шахтного типу.

Зерносушки на підприємствах мають розташовуватися за наступним принципом (Рис 1.1.). На рисунку представлений комплекс сушки, що складається з двох сушок шахтного типу, для більшого зниження вологості за один прохід через технологічну лінію.

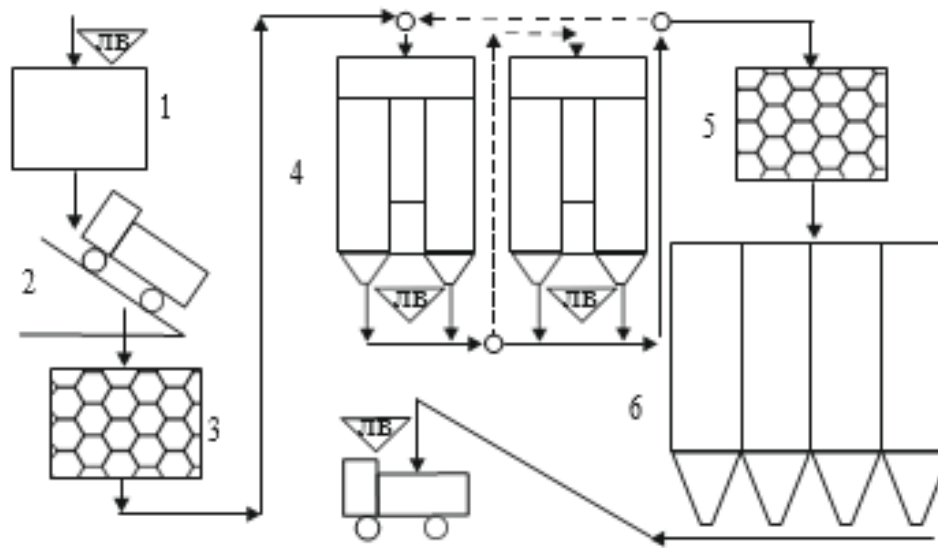


Рис. 1.1 Схема комплексу сушки на спеціалізованих підприємствах

На рисунку позначено: 1 - автомобільні ваги, 2 - місце вивантаження зерна, 3 - зерноочисна машина(первинна очистка), 4 - сушки проточні, 5 - зерноочисна машина(вторинна очистка), 6 - елеватор

У процесі післязбиральної обробки сушіння є найбільш енерговитратним процесом. Для дослідження системи управління необхідно виконати аналіз характеристик сушки в шахтних сушилках, виявити параметри і критерії управління.

Зерносушилка типу ДСП (двухступінчаста сушилка) працює за конвективних принципом (Рис 1.2).

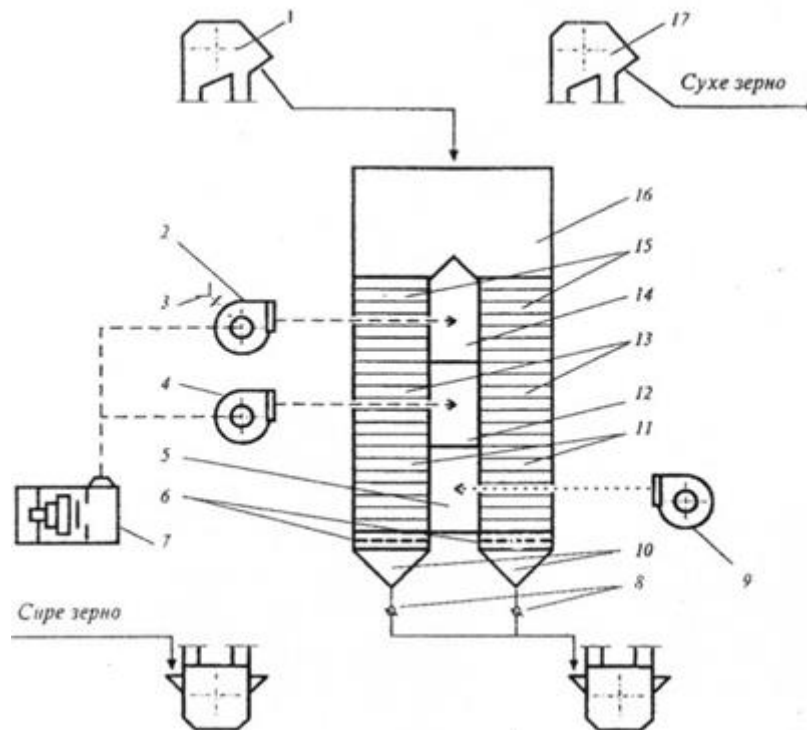


Рис 1.2 Схема прямооточної зерносушки типу ДСП

1 - норія сирого зерна; 2, 4 - вентилятори сушильних зон; 3 - патрубок з дросельною заслінкою; 5 - повітророзподільна камера охолоджувальної зони; 6 - випускні механізми; 7 - топка; 8 - заслінки; 9 - вентилятор охолоджувальної зони; 10 - підсушительні бункера; 11 - охолоджувальна зона; 12 - газорозподільна камера другої зони; 13 - друга сушильна зона; 14 - газорозподільна камера першої зони; 15 - перша сушильна зона; 16 - надсушительний бункер; 17 - норія сухого зерна.

За типом руху продукту шахтні сушильні установки розподіляють на прямооточні та рециркуляційні. У прямооточних сушилках зерно проходить один раз через шахту, після чого повністю видаляється з сушки. В рециркуляційних сушках частина висушеного зерна циркулює по замкненому контуру, проходячи циклічно стадії змішування з вологим зерном, відлежування отриманої суміші та сушіння. Зерно сушать агентом

сушки, що є підігрітим повітрям в калориферах або суміш атмосферного повітря з продуктами згоряння газоподібного/рідкого палива.

У прямоточних сушках зерно проходить через сушильну шахту один раз. В залежності від режиму її роботи і залежить зміна вологи, для запобігання перегріву та погіршення властивостей зерна, за один прохід вологовміст знижується не більше ніж на 6-7%. За необхідності більшого зміни відсотки вологи застосовують додаткове проходження зерна через сушки або встановлюють декілька сушок підряд (рис 1.1.) [2]. Але використання методу повторного пропуску зерна через сушильну установку підвищує собівартість обробки однієї кількості продукту, зменшує КПД використовуваних ресурсів. Встановлення послідовно декількох прямоточних сушок, забезпечує найбільшу кількість обробленого зерна за одиницю часу. До недоліків прямоточних сушок необхідно віднести обов'язкову вимогу до якості сирого продукту, різниця у початковій вологості різних партій має не перевищувати 2...3%. У рециркуляційних зерносушарках, частина зерна на виході відбирається та змішується з ще не обробленим та знову подається в сушку. Такий принцип роботи дозволяє осушити більш вологий продукт, порівняно з прямоточними, та таке зерно має більшу стійкість до зберігання.

Сушка зерна в Україні регламентується нормативними документами [3].

У пресі сушіння основними контрольованими параметри виступають: температура нагріву зерна, стан обладнання, а також якісні показники зерна які визначаються у лабораторіях підприємств: запах, колір, вологовміст, кількість та якість клейковини, стан оболонки, зараженість та інші[4].

Для кращого сприйняття необхідно розбити параметри, які характеризуються процес сушки на групи (Рис.1.3)[5]. Параметри збурень які

контролюються - такі, що показують якість вхідного матеріалу: К- тип культури, $V_{вх}К$ - вологість культури, ЗК - запах культури (наявність запаху диму, сірчаного газу та інших не властивих запахів), $КК_{вх}$ - колір культури, $ЯК_{вх}$ - якість оболонки культури (потемніння, підгоряння, цілісність оболонки), $КЗа_{вх}$ - зараженість культури, $КДб_{вх}$ - домішки матеріалу які не належать до оброблюваної культури, $КСКл_{вх}$ - кількість сирої клейковини у культурі, $ЯКл_{вх}$ - якість клейковини.

Керовані параметри: $T_{аг1}$ - температура сушильного агенту на вході в шахту першої зони, $T_{аг2}$ - температура сушильного агенту на вході в шахту другої зони, V_k - витрата культури сушіння.

Параметри на виході: $T_{вих}$ - температура зерна на виході, $V_{вих}К$ - вологість продукту на виході, $ЗК_{вих}$ - запах культури на виході (наявність запаху диму, сірчаного газу та інших не властивих запахів), $КК_{вих}$ - колір культури, $ЯК_{вих}$ - якість оболонки культури (потемніння, підгоряння, цілісність оболонки), $КЗа_{вих}$ - зараженість культури, $КДб_{вих}$ - домішки матеріалу які не належать до оброблюваної культури, $КСКл_{вих}$ - кількість сирої клейковини у культурі, $ЯКл_{вих}$ - якість клейковини.



Рис.1.3 Схема взаємозв'язків між входними та вихідними параметрами

Ціллю керування сушкою зерна є зниження вологовмісту при збереженні інших якісних характеристик, в залежності від цільового призначення продукту після сушки [6]. Набір правил управління формує ціль процесу управління та є критерієм сушки зерна. Цей параметр є комплексним показником якості та враховує вимірювані та суб'єктивно оцінювані параметри зерна, роботи сушарки [7].

Згідно з загальноприйнятими інструкціями за якими проходить експлуатації сушки, допускається відхилення параметрів: температури зерна не більше ніж на 5 °С, для температури агенту сушарки не більше ніж на 5 °С від заданого значення для прямоточних сушок, та 10 °С для рециркуляційних сушарок, для значення вологовмісту від не більше ніж 0,5 % [8].

Хоча й існують інструкції по роботі з сушками вони не мають в собі вказівок, щодо керуючих впливів для продуктів сушіння. Прийняття рішень щодо них є задачею оператора та лаборанта які відбирають проби до та після сушки. Автоматизація в даному випадку лиш підтримує параметри які задані оператором.

Для проходження процесу сушки з найбільшою продуктивністю та якістю необхідно проходження процесу при максимально допустимих температурах зерна, тобто в умовах значного ризику пошкодження та втратою необхідних якостей продукту сушіння. Згідно інструкцій [10], для досягнення найбільших показників ефективності сушарки та високої якості просушеного зерна оператор має регулярно контролювати температуру агенту сушки, максимальну температуру нагріву сушки та рівень зерна в тепловологообміннику, бункері над камерою нагріву, завантаженість норії. Лабораторії підприємства, як правило раз на дві години, проводити контроль: температури зерна, вологовміст, запах, стан оболонок, колір, кількість та якість клейковини[11]. Також при відборі контрольних проб, два рази за зміну, крім зазначених вище параметрів, здійснюють контроль за натурою, кількістю матеріалу які не належать до оброблюваної культури.

1.3. Загальна постановка задачі

Вирішити проблему проведення пусконаладження з точки зору зручності, витрачених фізичних та економічних ресурсів, ефективності та якості її проведення. Розробити програмно-технічний комплекс який за своїм функціоналом буде відповідати наступним вимогам:

- Підтримка розповсюджених протоколів передачі даних
- Універсальність
- Архівування отриманих даних
- Візуалізація
- Віддалений доступ

На виході маємо отримати комплекс, який зменшить час проведення пусконаладження, збільшить його ефективність, збільшити швидкість обробки даних для внесення необхідних змін в програмну частину системи автоматизації та для покращення роботи об'єктів які розробляються.

2. Опис об'єкту управління

2.1.Отримання моделі об'єкту

Керування об'єктом без заздалегідь описаної математичної моделі є досить складним завданням. Для початку необхідно проаналізувати вже існуючі математичні моделі процесу сушки та їх придатність для автоматизації управління технологічним процесом.

Математичний опис процесу сушки у загальному виді характеризується рівнянням тепло- та масообміну. Через це аналітичне рішення цієї задачі вважається складним. Також в більшості випадків при створенні математичних моделей прибігають до спрощення задачі, отриманні напівемпіричних та емпіричних виразів.

У даній роботі буде розглянута математично модель процесу сушки зерна в шахтній сушарці [12], яка складається з однієї шахти прямокутного перетину. Шахта розділена на секції, в яких зерно та сушильний агент рухаються за друг на друга. В окремі секції сушильний агент вводиться та виводиться через горизонтальний ряд коробів. При цьому, в кожную секцію подається не відпрацьований агент. Сушіння відбувається за наступною схемою:

а) волога з зерна виділяється за законом випаровування з вільної поверхні; б) суха та волога частина зерна мають однакову у всіх точках температуру; в) волога із зерна випаровується та видаляється одночасно; г) між шарами зерна, а також між шарами сушильного агенту волого- та теплообмін не відбувається, він спостерігається тільки між зерном та сушильним агентом[13];

г) теплообмін з навколишнім середовищем не враховується

Математичну модель, яка встановлює зв'язок між регульованими величинами та керуючими впливами отримували для шахтної зерносушарки ДСП-50 [9].

Таб. 2.1 Вид передаточних функцій по каналам

	Назва каналу	Передаточна функція
1	Потужність пальника (p) - температура теплоносія(t_t)	$\frac{K_{pt} * e^{-\tau s}}{T_1 s + 1}$
2	Температура теплоносія (t_t)- температура зерна на виході (t_z)	$\frac{K_{ttz} * e^{-\tau s}}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}$
3	Температура теплоносія (t_t)- вологість зерна на виході (w_{out})	$\frac{K * e^{-\tau s}}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}$
4	Вологовміст зерна на вході (w_{in}) - температура зерна на виході (t_z)	$\frac{K * e^{-\tau s}}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}$
5	Вологовміст зерна на вході (w_{in})- вологовміст зерна на виході (w_{out})	$\frac{K * e^{-\tau s}}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}$

Таб 2.2. Значення постійних часу

Змінні	Канал потужність пальника - температура теплоносія	Канал температура теплоносія - температура зерна на виході	Канал температура теплоносія - вологість зерна на виході	Канал вологовміст зерна на вході - температура зерна на виході	Канал вологовміст зерна на вході - вологовміст зерна на виході
K	0.201...0.549	0.03... 0.351	0.01...0.05	-1.76...1.009	0.507...0.932
T_1	8.01...9.65	10.06...19.53	14.38...32.32		
T_2		4.49...9.23	6.65...15.36		
τ	0.31...0.57	3.7...5.1	11.3...12.9		

За даними отриманими даними проходження процесу сушіння побудуємо математичну модель [10] за допомогою якої отримуємо динамічні характеристики роботи сушарки. Побудова відбувається в середовищі Matlab Simulink.

Для кращого модифікації її в майбутньому необхідно розбити модель на окремі складові, за якими можна буде відслідкувати зміну окремих параметрів під час роботи. На рис 2.1 зображено модель роботи каналу температура теплоносія - температура продукту.

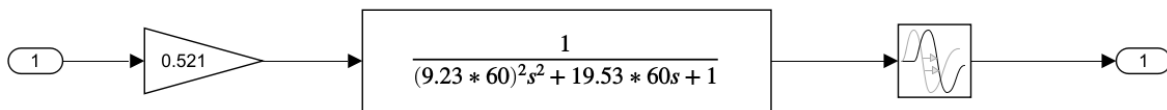


Рис 2.1 Математична модель за каналом температура теплоносія - температура продукту

Як видно з рис 2.2 процес є довготривалим, слід звернути увагу, що значення на вісі абсцис є секундами. Дане моделювання відбулось без регулювання. Початкові умови: потужність пальника 100%, температура сушильного агенту 149.4 °C. Аналізуючи графік необхідно зауважити, що процес нагрівання зерна є довготривалим, на прогрів всього об'єму зерна витрачається біль 1.5 години. У виробничих умовах витрачається ще більше часу через, змінність параметрів, а саме не рівномірність температури сушильного агенту з часом. На рисунках 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 зображені перехідні процеси по відповідним каналам.

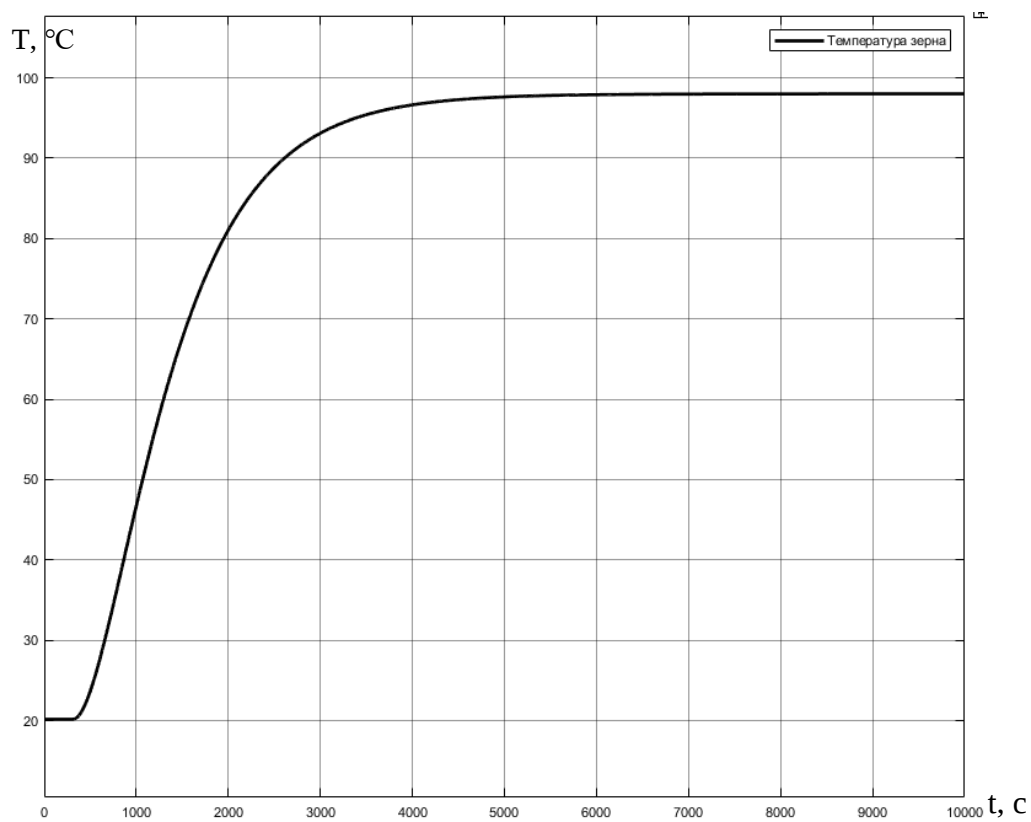


Рис 2.2 Температура зерна

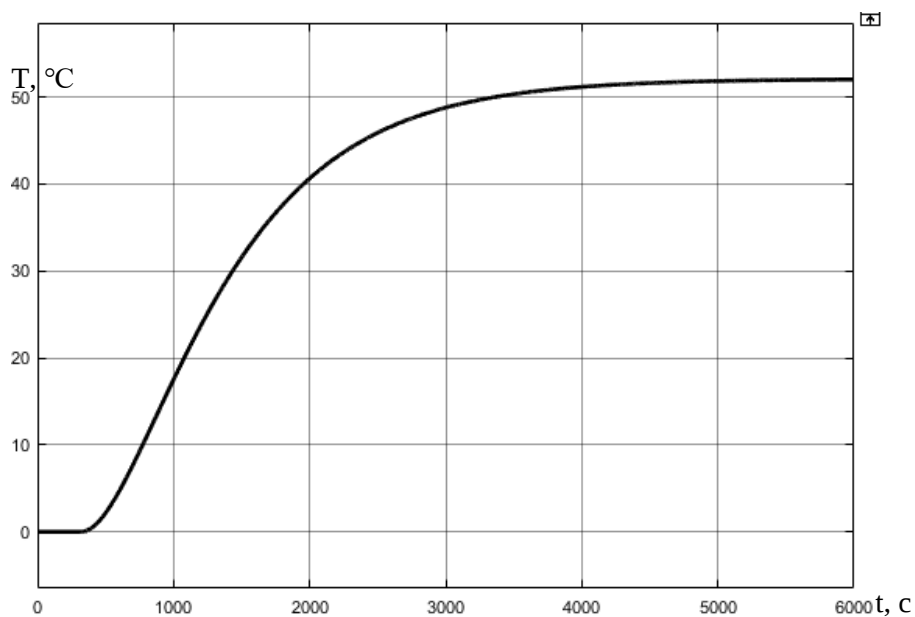


Рис 2.3 Перехідний процес за каналом температура теплоносія - температура продукту

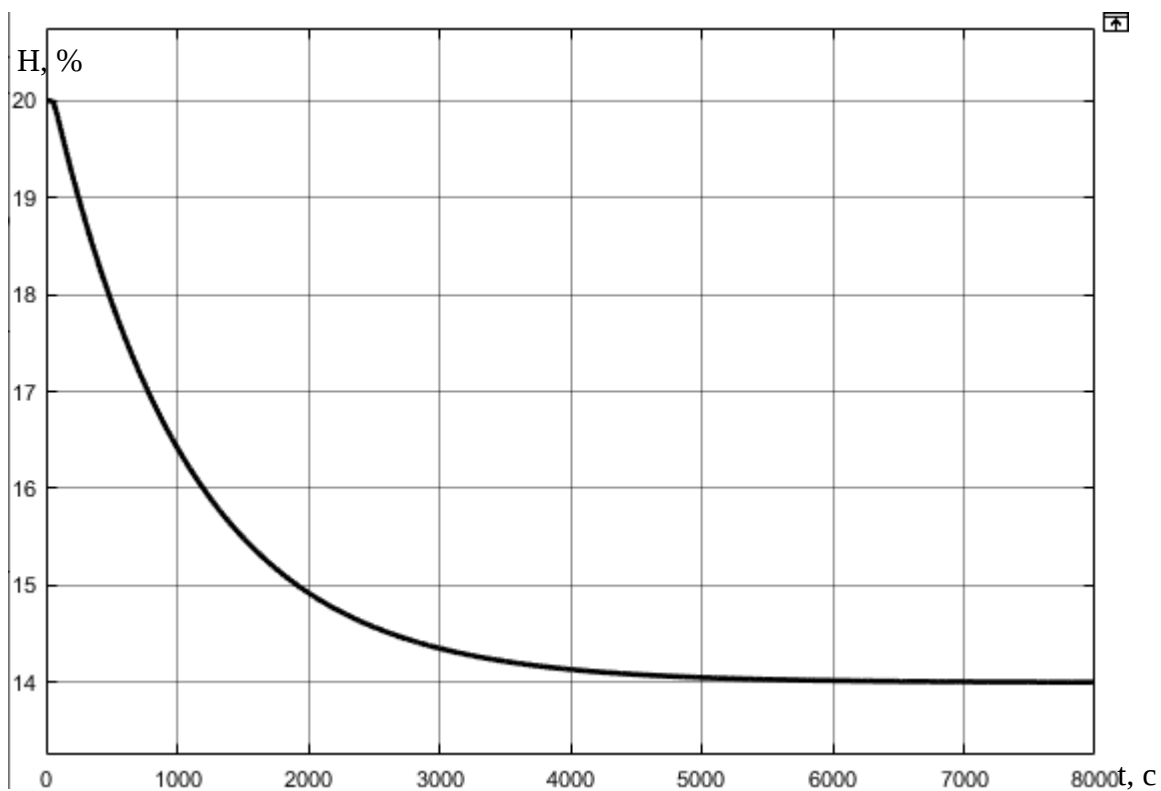


Рис 2.4 Перехідний процес за каналом температура теплоносія - вологовміст в продукті на виході

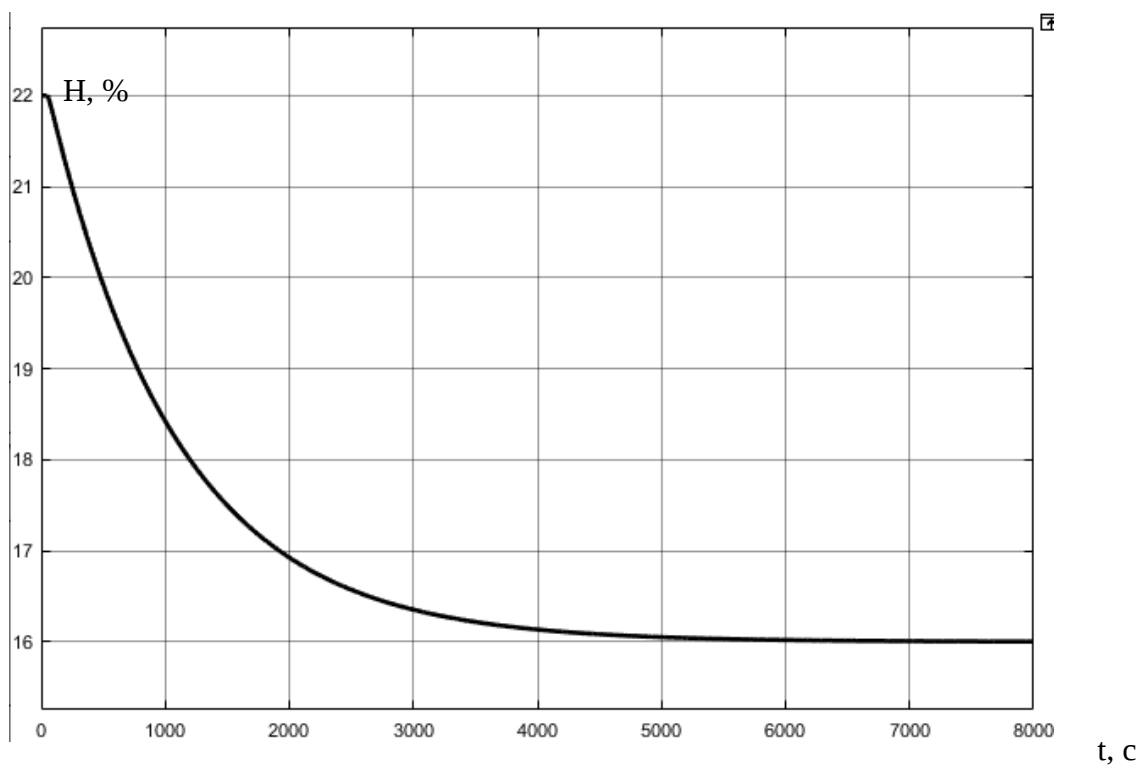


Рис 2.5 Вологовміст в продукті на виході

Повна модель об'єкту, з п'ятьма каналами має наступний вигляд, рис 2.6.

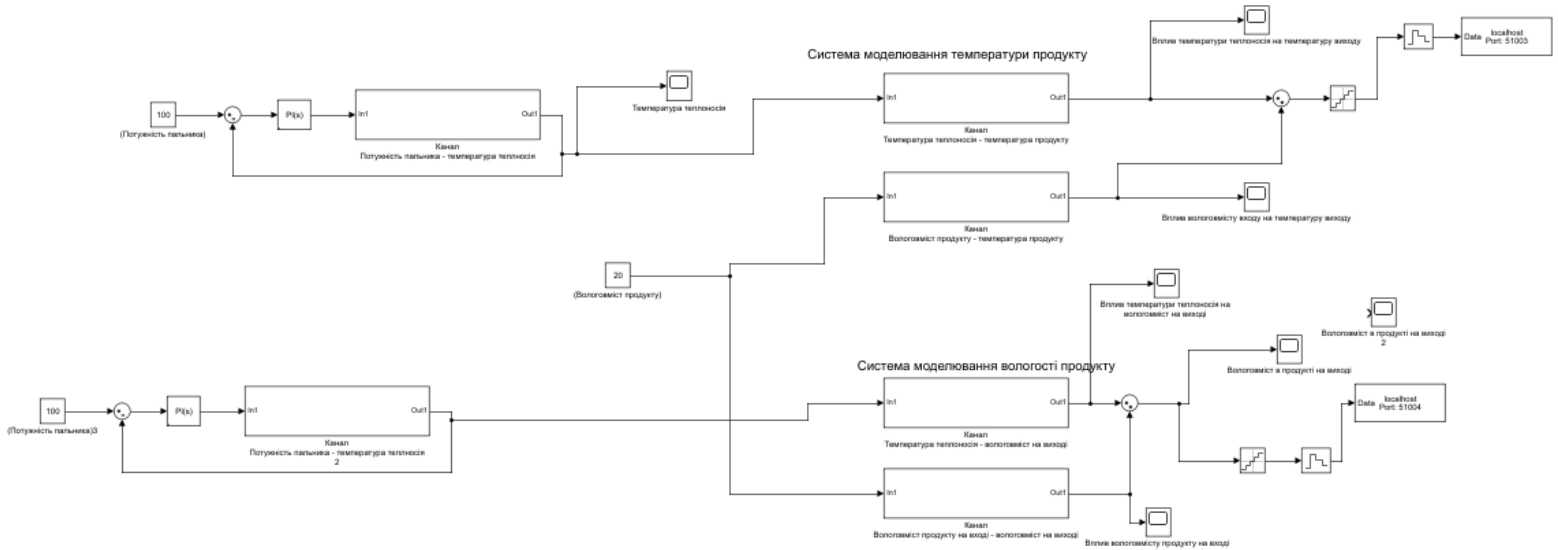


Рис 2.6 Вигляд математичної моделі сушарки

2.2.Призначення та функції створюваної системи

Призначенням створеного програмного комплексу- це допомога у процесі пусконаладження об'єкту. На цьому етапі необхідно передавати набір інформації, який доступний на об'єкті до розробників обладнання, для контролю за його станом, контроль правильністю пуску проходження етапів пуску та його подальшою роботою в перші години. Дані які надходять від датчиків та обладнання необхідно обробляти та показувати: на графіках залежності параметрів між собою, на кругових діаграмах та інших видах подачі інформації. Функціоналом даної системи має бути передбачено не тільки збір, обробка та видача інформації, а й її зберігання для можливості подальшої обробки в майбутньому. Необхідна підтримка розповсюджених протоколів передачі даних: Modbus TCP/IP, OPC UA, Profibus та інші. Передбачена можливість віддаленого доступу до інформації з об'єкту. Можливість первинного аналізу даних. Мобільність.

2.3. Вибір апаратної платформи системи автоматизації

В якості контролера використовується програмно-логічний контролер від компанії Schneider Electric Modicon 241. Вибір контролерного обладнання ґрунтувався на відповідності цього контролера вимогам які ставились до нього та умови мінімальної вартості.

Для обраного контролера середовищем розробки є SoMachine, яка підтримує мови програмування за стандартом IEC 61131. SoMachine Logic Builder є частиною програмного забезпечення SoMachine, яке розроблено для налаштування/програмування/тестування роботи продуктів починаючи від ПЛК закінчуючи налаштуванням частотних перетворювачів. Характеристики контролера:

- Частота або час операції побітової обробки - 0.3 μ s
- RAM 192 кбайт
- Кількість DI: 14
- Кількість DI: 10
- Ціна 345 Євро
- ОЗУ 64 Мб
- Можливість розширення за допомогою флеш-накопичувача до 128 Мб
- Підтримка основних протоколів: Modbus TCP/IP, Modbus RTU, OPC UA, MQTT та інші.

2.4. Опис функцій системи автоматизації

2.4.1. Функції контролю

Системи автоматизації, яка розробляється у даному проєкті повинна контролювати такі параметри.

Таблиця 2.1. Значення основних параметрів

Параметр	Номінальне значення	Нижній рівень	Верхній рівень
Рівень в бункері	900 мм	Рівнемір	SCADA, сигнал від ПЛК
Температура нагрітого повітря	75-85 °C	Датчик температури	SCADA, сигнал від ПЛК
Температура повітря з атмосфери	+12 °C	Датчик температури	SCADA, сигнал від ПЛК
Температура повітря з охолоджувальної камери	+45°C	Датчик температури	SCADA, сигнал від ПЛК
Температура продукту в шахті	+35°C	Датчик температури	SCADA, сигнал від ПЛК
Вологовміст зерна	12%	Датчик вологості	SCADA, сигнал від ПЛК

2.4.2. Функції сигналізації

Таблиця 2.2. Сигналізація основних параметрів

Параметр	Номінальне значення	Допустиме відхилення	Рівень реалізації
Рівень наповненості бункеру	900 мм	$\pm 10\%$	Нижній (ПЛК)/Верхній
Температура повітря в шахті	75-87 °C	$\pm 5^{\circ}\text{C}$	Нижній (ПЛК)/Верхній
Температура повітря з атмосфери	+12 °C	$>-5^{\circ}\text{C}$ $<50^{\circ}\text{C}$	Нижній (ПЛК)/Верхній
Температура повітря з охолоджувальної камери	+45°C	$\pm 10^{\circ}\text{C}$	Нижній (ПЛК)/Верхній
Вологовміст	12%	$\pm 2.5\%$	Нижній (ПЛК)/Верхній

Функції захисту та блокування

Функції захисту у включення спеціального режиму прогріву в калориферах при зниженні атмосферного повітря нижче -10°C , на SCADA – з'являється повідомлення про зниження температури повітря нижче аварійного рівня та першим по пріоритету стає алгоритм нагріву повітря вище допустимих значень,

до того ж це впливає на алгоритм підтримки температури в шахті. При перевищенні значення рівня продукту вище 1000мм система терміново перекриває подачу продукту з обидвох заслінок. Також автоматика ЧП дозволяє здійснювати контроль та у випадку нештатних ситуацій блокувати роботу вентилятора. При виході температури сушильного агенту за допустимі межі терміново зменшується потужність пальника, якщо ж ці дії не дають ефекту то вентилятори, які нагнітають повітря в шахту, вимикаються, щоб не допустити притоку кисню в середовище з можливістю загорання та вмикається система пожежогасіння.

Висновки до розділу

В даному розділі отримана математична модель сушарки по п'ятьом каналам, які показують залежності параметрів між собою. Зроблений опис призначення та функції створюваного програмно-технічного комплексу супроводу процесу пусконаладки. Та виконаний опис системи автоматизації яка керує теплоенергетичним об'єктом - промисловою сушаркою зерна.

3. Розробка системи управління об'єктом

3.1. Структура система управління об'єктом

Система автоматизації промисловою сушаркою складається з двох рівнів:

- Локальний рівень
 - Програмно-логічний контролер
 - Вимірювальні пристрої
 - Виконавчі механізми
 - Операторські панелі
- Супервізорний рівень
 - Системи диспетчеризації

Структура системи автоматизації зображена на рис 3.1



Рис 3.1 Схема ПТКЗА

Прилади які задіяні у вимірювання технологічних параметрів із зазначенням класу точності, робочого діапазону, тип вихідного сигналу наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Інформаційне забезпечення ПТКЗА.

№ п / п	Інформаційни й канал	Одиниці виміру	Діапазон	Точність	Тип сигналу	Примітка
1	Температура теплоносія	°С	- 40...300°С	0.5	Аналоговий 4-20 мА	За місцем
2	Температура продукту					
3	Температура повітря в верхній частині шахти		- 40...200°С			
4	Температура повітря після калорифера					
5	Температура зовнішнього повітря					
6	Датчик тиску теплоносія до клапану	бар	0-10 бар	0.5		За місцем

7	Датчик тиску теплоносія після клапану				
8	Витратомір теплоносія	кг/год	0...863 кг/год	0.5	За місцем
9	Рівень продукту в бункері	мм	0...3м	0.5	За місцем

3.2. Розрахункова частина

3.2.1. Налаштування регулятора температури сушильного агенту методом РАФХ

Регулювання у сушарці відбувається наступним чином: оператор задає значення температури сушильного агенту, яке має заходити в сушильні колони. Процес регулювання цього параметру відбувається автоматично але параметри продукту сушіння контролюються вручну: після досягнення необхідної температури зерном, відбувається підтримка заданої температури та відповідно, до початкових параметрів об'єкту сушіння, приймається рішення про час знаходження зерна в сушарці при такій температурі. Зважаючи на особливості роботи, налаштовувати регулятор потрібно виключно для контуру потужність пального - температура теплоносія.

Розрахуємо ПІ-регулятор для одноконтурної САР температурою сушильного агенту, методом РАФХ.

Для побудови РАФХ скористаємося формулами для ПІ-регулятора:

$$K_p = - \frac{P_{об}(m,w) + mQ_{об}(m,w)}{A_{об}^2(m,w)} \quad (3.1)$$

$$K_i = -w(m^2 + 1) \frac{Q_{об}(m,w)}{A_{об}^2(m,w)} \quad (3.2)$$

$$\text{де } K_i = \frac{K_p}{T_i}, A_{06}(m, w) = \sqrt{P_{06}^2(m, w) + Q_{06}^2(m, w)} \quad (3.3)$$

Для можливості отримання перехідного процесу без перерегулювання задаємося кореневим ступенем затухання $m = 0,733$, що відповідає $\psi = 0,99$

Побудуємо АФХ і РАФХ для об'єкта управління за допомогою наступного коду в середовищі MatLab. Результат представлено на рис 3.2.

```
w=0:0.0001:3.1;
p=1i*w;
W=(1.4.*exp(-1.8.*p))./(6.7.*p+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im);
hold on;
m=0.733;
p1=w*(1i-m);
W1=(1.4.*exp(-1.8.*p1))./(6.7.*p1+1);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
plot(Re1,Im1);
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
legend('АФХ', 'РАФХ');
```

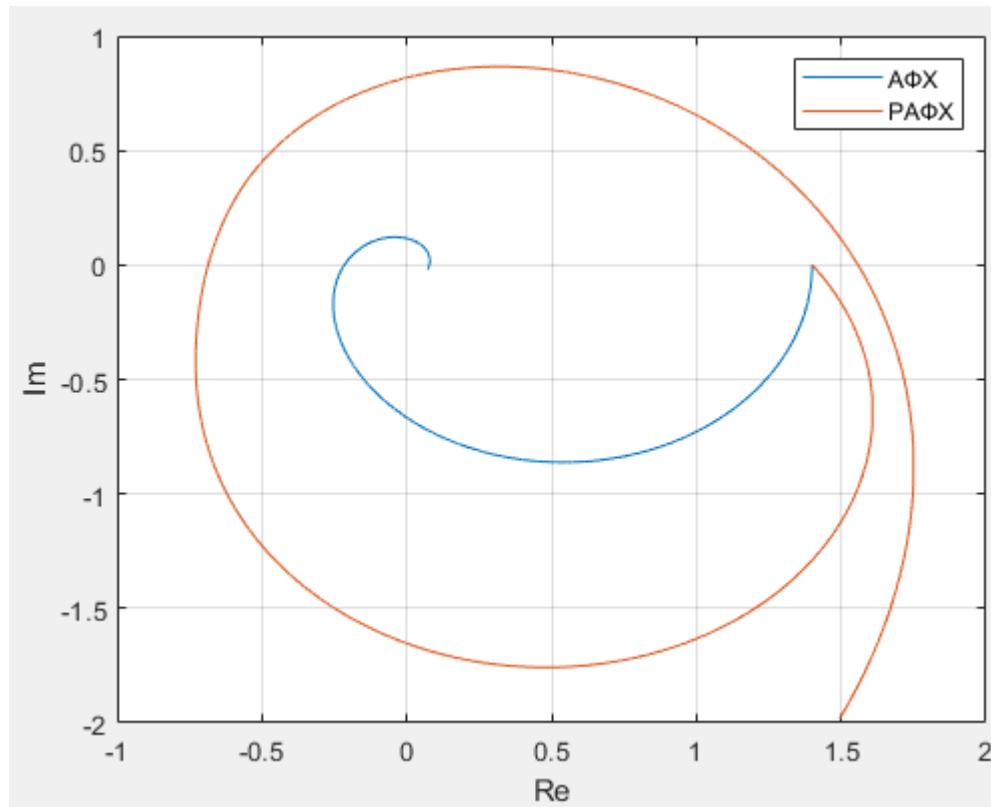


Рисунок. 3.2 АФХ і РАФХ об'єкта управління

Побудуємо криву заданого кореневого ступеня згасання за допомогою формул (3.1) та (3.2) для ПІ-регулятора і зобразимо її на рис. 2.5

```
m=0.733;
w=0:0.0001:0.62;
W=(1.4.*exp(-1.8*(-m*w+i*w)))/(6.7*(-m*w+i*w)+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
Kp=-(m*Im+Re)/(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
plot(Kp,Ki);
ylabel('Ku');
xlabel('Kp');
grid on;
hold on;
```

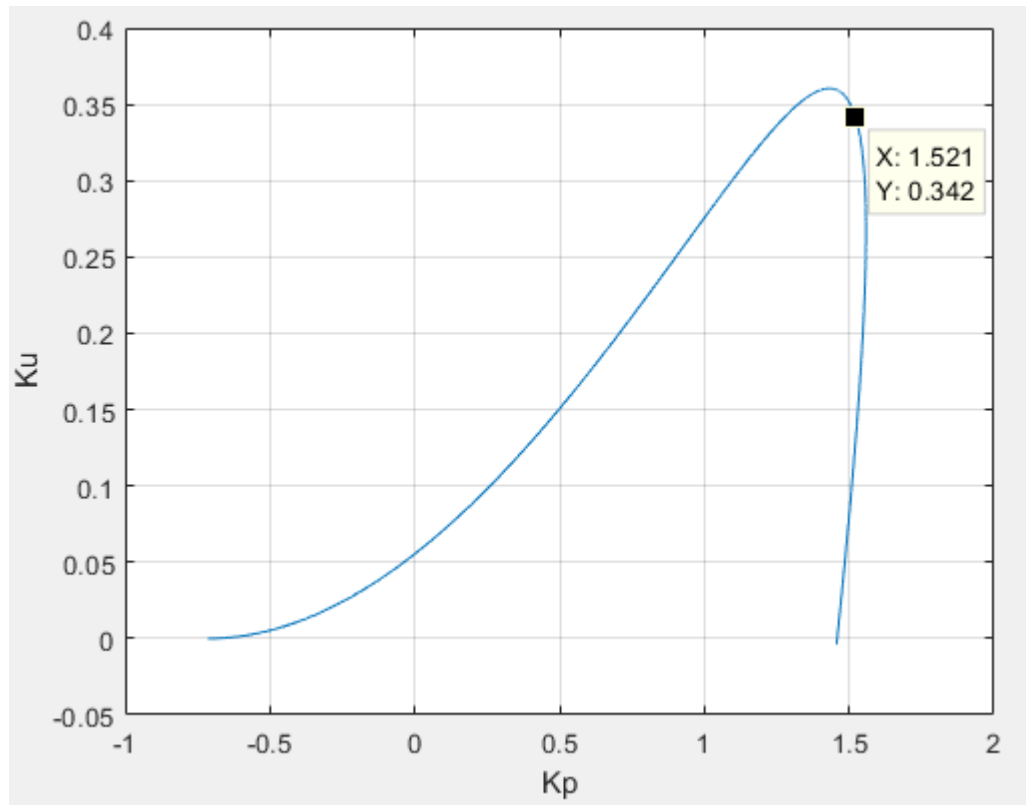


Рисунок 3.3 Крива заданого кореневого ступеня затухання $m = 0,733$

Визначимо параметр K_i як $K_i = 0.95K_i^{max}$, для кращого значення інтегрального квадратичного критерію якості перехідного процесу системи.

Отримали такі налаштування регулятора:

$$K_p = 1.521, K_i = 0.342, T_i = 4.44$$

```
w=0.1:0.01:2.0;
m=0.733;
s=w.*(-m+j);
Wob=(1.4.*exp(-1.8.*s))./(6.7.*s+1);
Wr_v=1.521.*(1+1./(4.44.*s));
Wrs=Wr_v.*Wob;
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im)
grid on
hold on
s=w.*j;
Wob=(1.4.*exp(-1.8.*s))./(6.7.*s+1);
Wr_v=1.521.*(1+1./(4.44.*s));
Wrs=Wr_v.*Wob;
Re=real(Wrs);
```

```

Im=imag(Wrs);
plot(Re, Im)
xlabel('Re')
ylabel('Im')
legend('РАФХ', 'АФХ');

```

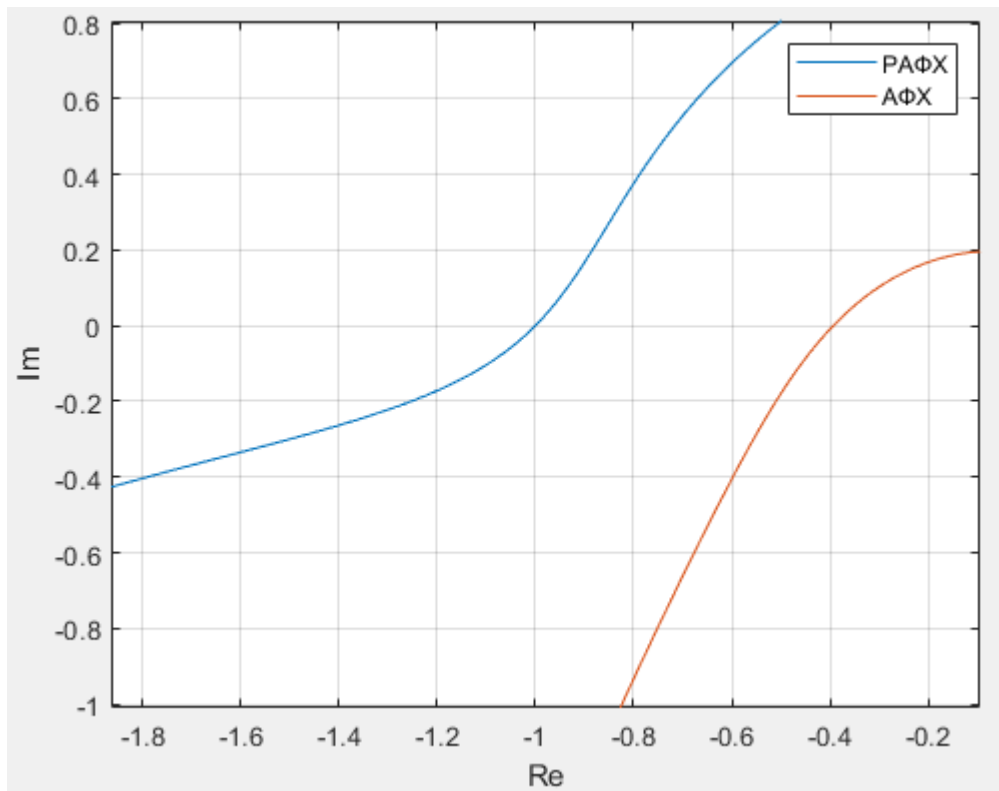


Рис. 3.4 АФХ і РАФХ розімкненої системи.

РАФХ розімкненої системи проходить через точку $(-1;j0)$. Це означає, що отримана система володіє кореневим показником затухання $m=0.733$.

3.3. Програмне забезпечення системи автоматизації

Програма для керування складається з багатьох блоків але можна виділити основні з них:

- Блок для обробки вхідних значень
- Блок перевірки наявних аварій
- Блок розрахунку керуючих впливів, регулювання об'єктом
- Блок для видачі вихідних значень на виконуючі механізми

Кожен блок має розгалужена структуру та написаний на мові FBD, що дозволяє швидко визначити стан роботи системи загалом.

3.3.1. Блок для обробки вхідних значень

Його основний функціонал це обробка вхідних значень які надходять на контролер, їх перетворення у величини для обробки та передача вже оброблених даних далі по ходу виконання програми. Він має наступний вигляд рис 3.5.

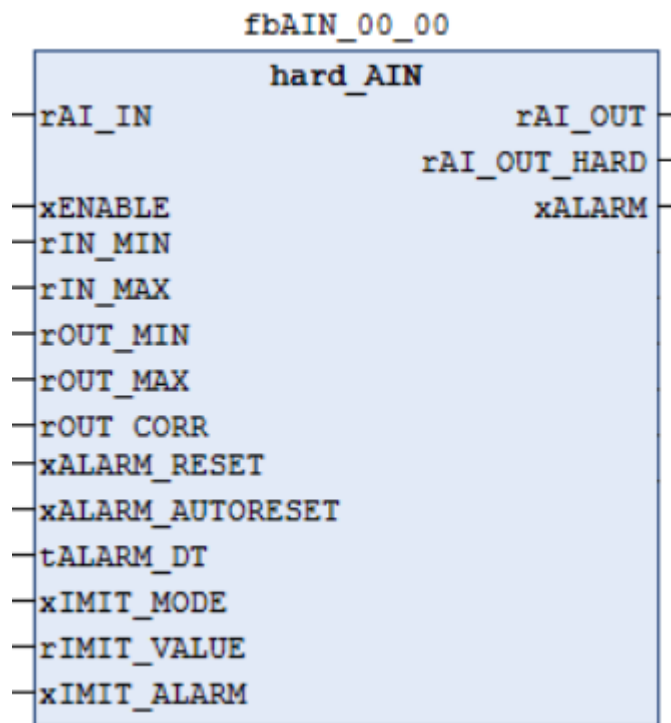


Рис 3.5 Блок обробки вхідних значень

Даний блок має наступні входи:

rAI_IN - сюди надходить не оброблене значення від входу контролера

xEnable - булеве значення яке вмикає даний блок в роботу чи вимикає

rIn_Min та rIn_Max - мінімальне та максимальне значення вхідного значення перевищуючі які блок сповіщає про аварію.

rOut_Min та rOut_Max - мінімальне та максимальне значення вихідної величини які виходить з блоку

xAlarm_Reset - скидання аварії

xAlarm_AutoReset - автоматичне скидання аварії

tAlarm_Dt - час затримки на визначення аварії

xImit_Mode - булеве значення яке показує чи знаходиться зараз показання цього блоку в режимі імітації

rImit_Value - при ввімкненому режимі імітації сюди подається імітоване значення

xImit_Alarm - при ввімкненні режимі імітації сюди подається команда на імітування аварії

Виходи блоку:

rAI_Out - вихідне оброблене значення

rAI_Out_Hard - вихідне значення яке не було оброблене

xAlarm - булеве значення яка характеризує наявність аварії

Даний блок це лише один екземпляр, за своєю сутністю є уніфікованими, такий крок зроблений для пришвидшення розробки програмного забезпечення.

3.3.2. Блоки перевірки наявних аварій

Дані блоки перевіряються чи виходять параметри за нормальні межі роботи, активована булева змінна яка показує, що в системі наявна аварія. Прикладом такого є наступний рисунок 3.6

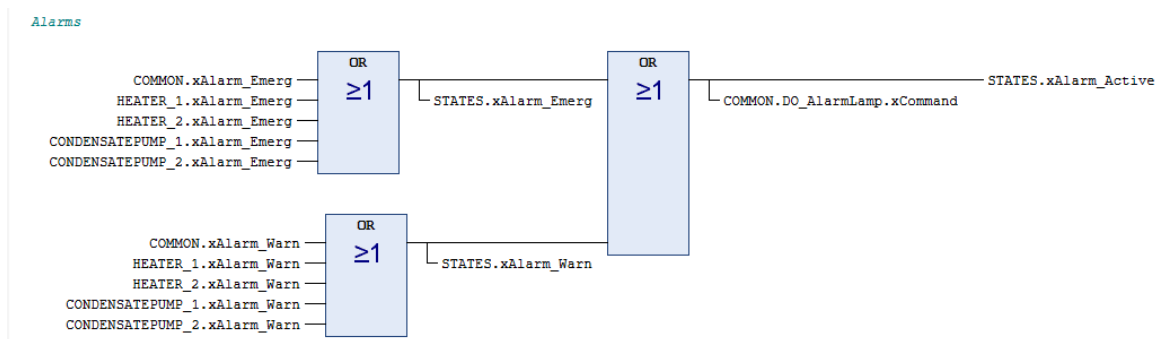


Рис 3.6 Перевірка на наявність аварій

Логіка роботи наступна: при наявності попереджувальної або аварійної аварії на виході OR з'являється сигнал true, також в залежності від типу аварії присвоюється значення змінній STATES.xAlarm_Emerg чи STATES.xAlarm_Warn. Після цього подається сигнал на вмикання аварійної сигналізації, в нашому випадку це червона сигнальна арматура на щиті управління.

3.3.3. Блок розрахунку керуючих впливів, регулювання об'єктом

Блок контролю за роботою сушаркою зображений на рис 3.7.

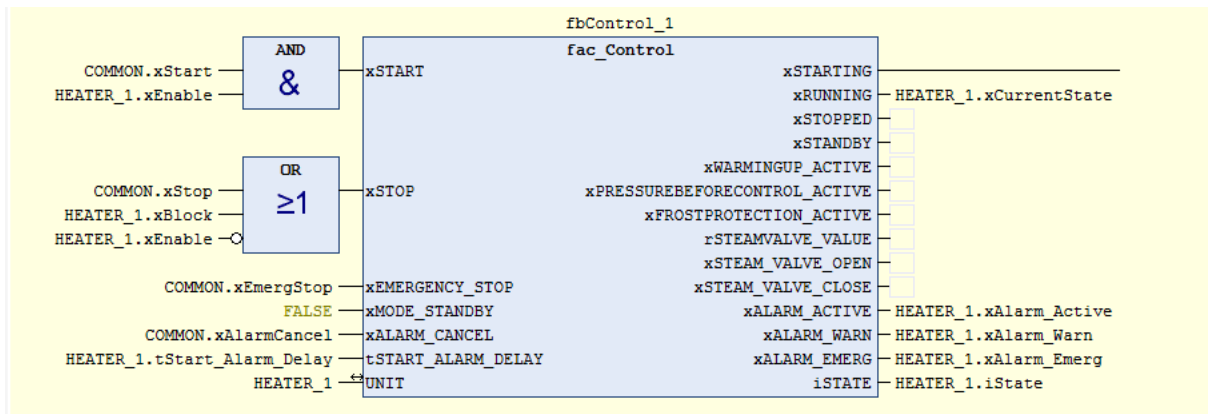


Рис 3.7 Функціональний блок стану та розрахунку керуючих впливів сушарки

Дана блок складається з декількох підблоків які виконуються різні алгоритми:

- Алгоритм прогріву (рис 3.8)
- Регулювання температурою сушильного агенту (рис 3.9)

fbSupplyAir_Temp_Ctrl

ctrl_PID

TRUE xENABLE rOUT UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rOut

xRUNNING xFROSTPROTECTION_ACTIVE xPRESSUREBEFORECONTROL_ACTIVE UNIT.Steam_Valve.xManual_Mode

AND &

xAUTO

UNIT.SupplyAir_Temp.rValue UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rPV

UNIT.rSupplyAir_Temp_SP UNIT.rSupplyAir_Temp_SP_Current UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rSP

UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rKp UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rTi UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rTd UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rMin UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rMax UNIT.SupplyAir_Temp_Ctrl.rDeadzone UNIT.Steam_Valve.xManual_Mode UNIT.Steam_Valve.rManual_Value UNIT.Steam_Valve.AO_Value.rValue

rKP rTI rTD rMIN rMAX rDEADZONE xMANUAL rMANUAL_OUT rOUT_ACTUAL

Рис 3.9 Регулювання температурою сушильного агенту

3.3.4. Блок для видачі вихідних значень на виконуючі механізми

Даний блок виконує функцію перетворення значень які оперує програма в такі які будуть вірно перетворені в значення сигналів керування рис 3.10

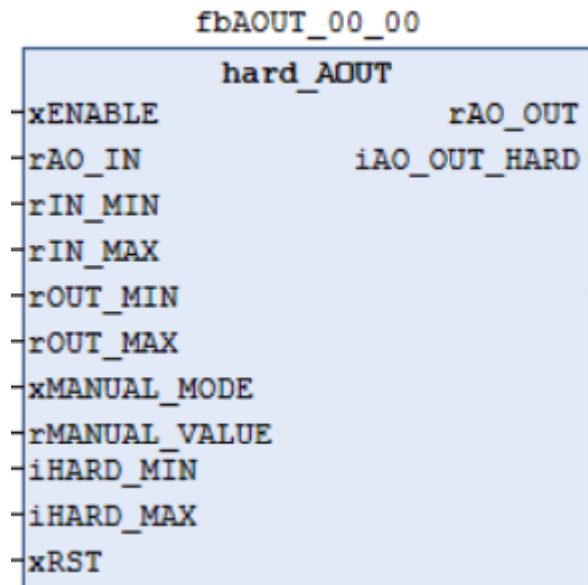


Рис 3.10 Блок обробки вихідних значень

Даний блок має наступні входи:

xEnable - булеве значення яке вмикає даний блок в роботу чи вимикає

rAO_IN - сюди надходить значення яке не є зрозумілим для фізичного виходу

rIn_Min та rIn_Max - мінімальне та максимальне значення вхідного
rOut_Min та rOut_Max - мінімальне та максимальне значення вихідної величини
яка виходить з блоку

xManual_Mode - булеве значення яке надає можливість задавання значень
виходу вручну

rManual_Value - значення яке буде подаватись на вихід в ручному режимі

iHard_Min та iHard_Max - мінімальне та максимальне значення фізичного
виходу

xRST - булева змінна яка дозволяє перезавантажити роботу блоку Виходи блоку:

rAO_Out - вихідне оброблене значення

iAO_Out_Hard - вихідне оброблене значення для фізичного виходу

3.4. Програмне забезпечення для пусконаладки

Вимоги до комплексу супроводу процесу пусконаладки є досить багатогранні через основну ідею яка має бути в ньому - універсальність. Тобто він матиме можливість для роботи з більшістю обладнання автоматизації. Для цього основні в ньому мають бути втілені наступні функції:

- Підтримка найрозповсюдженіших протоколів передачі даних
- Простота в налаштуванні як зв'язку між пристроями

Загальна структура комплексу має вигляд на рис 3.11

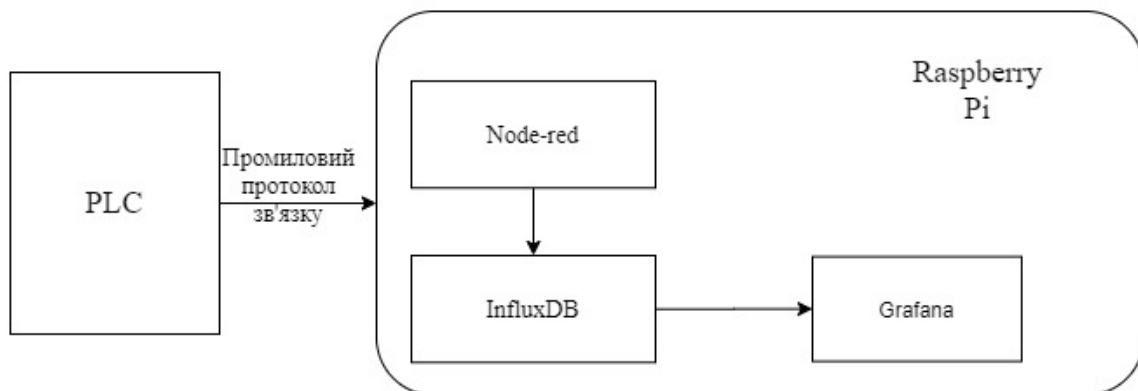


Рис 3.11 Структура програмного комплексу

Для підтримки першої функції потрібно обрати програмне середовище яке матиме широке ком'юніті, для швидкого вирішення виникаючих проблем, для уникнення проблем з можливістю його розмноження він має бути безкоштовним. Простий в переналаштування, для того щоб при потребі цієї процедури

процедура перепрограмування була не довгою та легкою. Всі ці ідеї має в собі має Node-Red.

Node-RED - це інструмент для візуального програмування, розроблений компанією IBM для поєднання різноманітних пристроїв як складових частин IoT. Сам редактор програмування базується в браузері, що дозволяє програмувати без встановлення додаткових програмних засобів для цього. Принцип роботи з ним оснований на взаємодії окремих node між собою для виконання різноманітних задач. При цьому є можливість як створювати свою функції, для виконання спеціальних задач так і розробляти свої вузли. Варто додати, що існує також репозиторії в якому існуються node інших розробників, кількість яких має задовольняє всі базові потреби.

Саме середовище побудоване на Node.js, з використання подіє-орієнтованої моделі. Що дає найбільш ефективне використання з недорогими апаратними засобами, такі як Raspberry Pi, а також у хмарі.

Наступним кроком має бути збереження отриманої інформації. Важливим параметром при збереженні отримуваної інформації є обов'язкова прив'язка до часу коли ці дані були отримані тому необхідна не реляційна база даних, яке не є пристосованою для даного типу задач. В даному випадку необхідно використовувати базу часових рядів. Для розробленого комплексу підходить InfluxDB, через свою розповсюдженість, безкоштовність та можливість застосування з Node-Red [16] та наявності великої кількості прикладів такої зв'язки. InfluxDB - це база даних метрик та аналітики. TSDB застосовуються для вирішення проблем зберігання великої кількості даних, отриманих в результаті послідовних вимірювань, виконаних протягом відрізка часу. Ці дані називають метриками. Але крім цього необхідно дані візуалізувати, зобразити графіки для цього необхідні dashboard. Для поєднання висвітлення даних які передаються в InfluxDB було обрано Grafana. Це система візуалізації метрик, показів показників

датчиків, яка дозволяє працювати з великими об'ємами даних. Особливістю цієї системи відображення даних є відкритість коду, що дозволяє у разі відсутності необхідного плагіну написати його власноруч.

3.4.1. Встановлення та налаштування програмних засобів для роботи комплексу супроводу

Для роботи з Node-Red необхідно інсталиувати msi- файл Node.JS LTS. Запустити на виконання msi-файл від імені адміністратора і встановити Node.JS.

Після інсталяції запустити командний рядок (CMD), у якому ввести:

```
node --version && npm --version
```

повинно вивести версію node() - npm ().

npm (Node Package Manager) - це менеджер пакунків для мови програмування JavaScript. Для середовища виконання Node.js є менеджером пакунків за замовчуванням. Включає в себе клієнт командного рядка, який також називається **npm**, а також онлайн-базу даних публічних та приватних пакунків, яка називається реєстром **npm**. Реєстр доступний через клієнт, а доступні пакунки можна переглядати та шукати через веб-сайт **npm**. Менеджер пакунків та реєстр керуються **npm, Inc.**

Далі необхідно в командному рядку ввести наступний рядок:

```
npm install -g --unsafe-perm node-red
```

почнеться процедура інсталяції. Запуск відбувається за допомогою вводу в командний рядок: **node-red**. Для початку роботи в редакторі необхідно в будь-якому браузері перейти за посиланням:

```
http://127.0.0.1:1880/
```

При цьому обов'язковою умовою роботи є не закриття командного рядка.

Головне вікно зображено на рис 3.13.

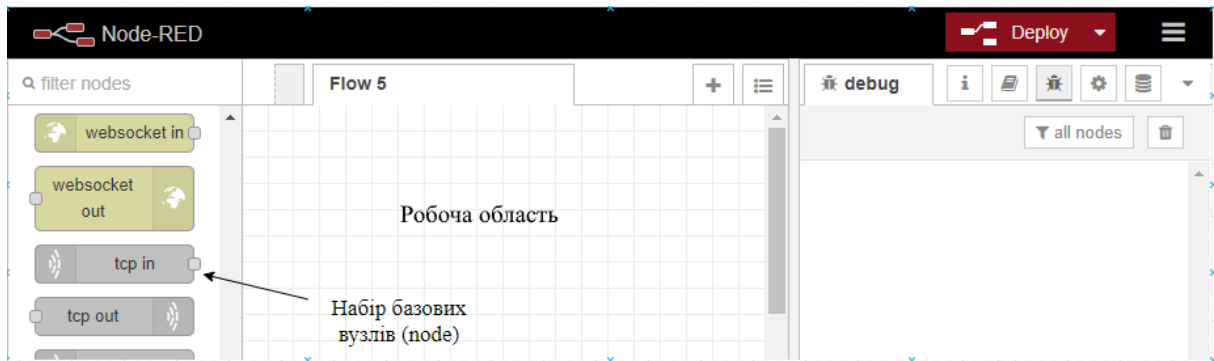


Рис 3.13 Інтерфейс Node-Red

Для розробки комплексу необхідно додати вузли зв'язків які будуть приймати дані по протоколам даних, а саме:

- node-red-contrib-opcua - для роботи з протоколом OPC UA
- node-red-contrib-modbustcp - для роботи з протоколом Modbus TCP/IP
- node-red-contrib-mqtt-broker - для роботи з протоколом MQTT

Наступним кроком після отримання даних є обробка та передача інформації до бази даних. Для роботи з InfluxDB потрібно додати вузол для роботи з нею в середовищі Node-Red: node-red-contrib-influxdb.

Далі необхідно обробляти введені дані. В залежності від протоколу дані приходять по різному: Modbus має можливість передавати тільки цілочисельні дані. Тому, як правило, розробник системи автоматизації при використанні цього протоколу змінює дані, одним з самих простих варіантів є множення значення на число (найлегше це на 10/100 в залежності від точності з якою ці дані отримані). Тому відповідно коли дані прийдуть в Node-Red їх потрібно конвертувати в дійсні значення які були отримані з датчиків та інших приладів. Обираємо з палітри вузлів попередньо встановлену node OPC UA Client. Наступним кроком цей вузол необхідно налаштувати, задати наступні значення рис 3.14.

Edit OpcUa-Client node > **Edit OpcUa-Endpoint node**

Delete Cancel Update

Properties

Endpoint

SecurityPolicy

SecurityMode

☐ use credentials

Рис 3.14 Налаштування node-red-contrib-opcua

В полі EndPoint задається адреса кінцевої точки, тобто її URL адреса.

В наступних двох полях задається параметри шифрування даних рис 3.15

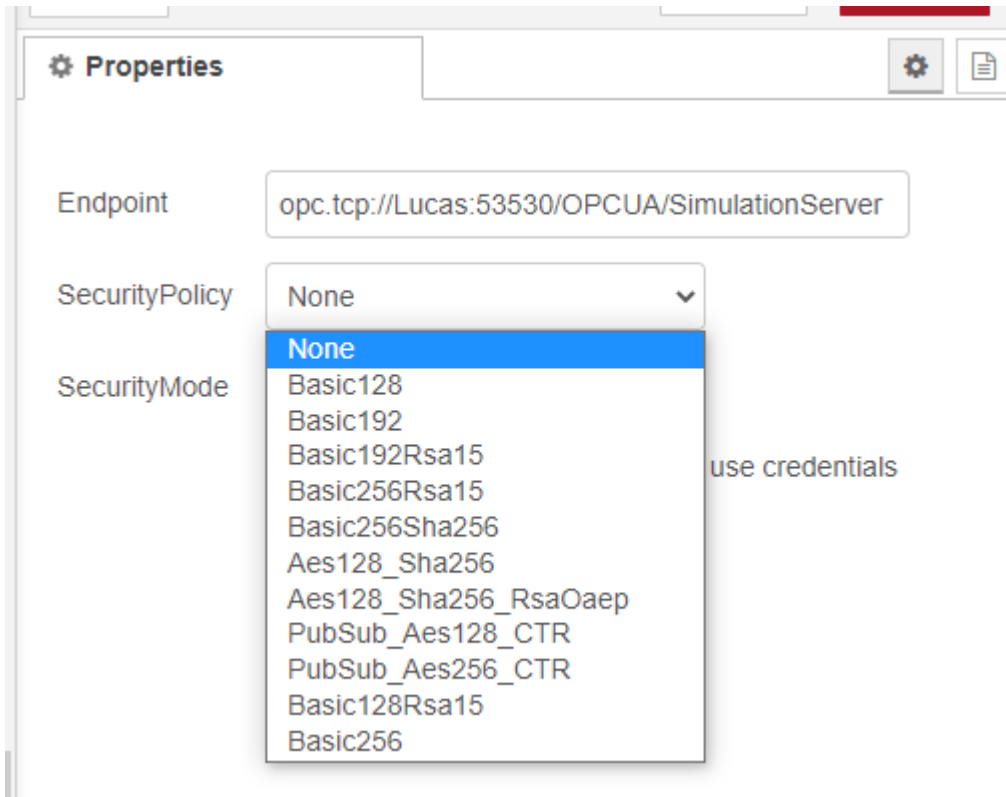


Рис 3.15 Типи шифрування

Також можлива авторизація користувачів з логіном та паролем.

Після внесення цих налаштувань необхідно натиснути “Update” та звернути уваги чи з’єднається OPC Client з OPC Server який розгорнутий на ПЛК, на робочій станції чи в іншому місці. Якщо підключення відбулось успішно то Node стане виглядати наступним чином рис 3.16

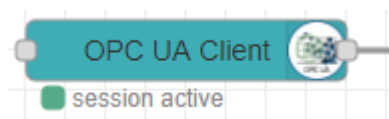


Рис 3.16 Підключення клієнта успішне

Якщо виникають проблеми при підключенні то Node в нижній її частині присутній напис про не успішне підключення рис 3.17

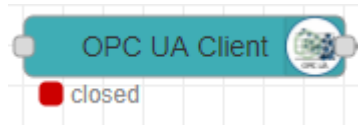


Рис 3.17 Невдале підключення

Наступним етапом є отримання даних. Сама node не знає адресу значень за якими вони знаходяться тому їй потрібно їй надавати. Для цього необхідно їй надавати адресу тегу в наступному вигляді рис 3.18

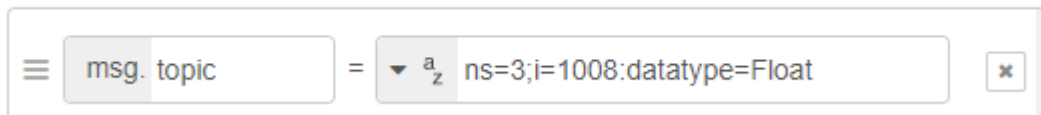


Рис 3.18 Вид надання інформації про тег OPC UA

Для перевірки правильності налаштувань можна створити програму наступного вигляду рис 3.19.



Рис 3.19 Тестова програма для перевірки

Результатом роботи її має бути в полі Debug messages виведення значення цього тегу рис 3.20.

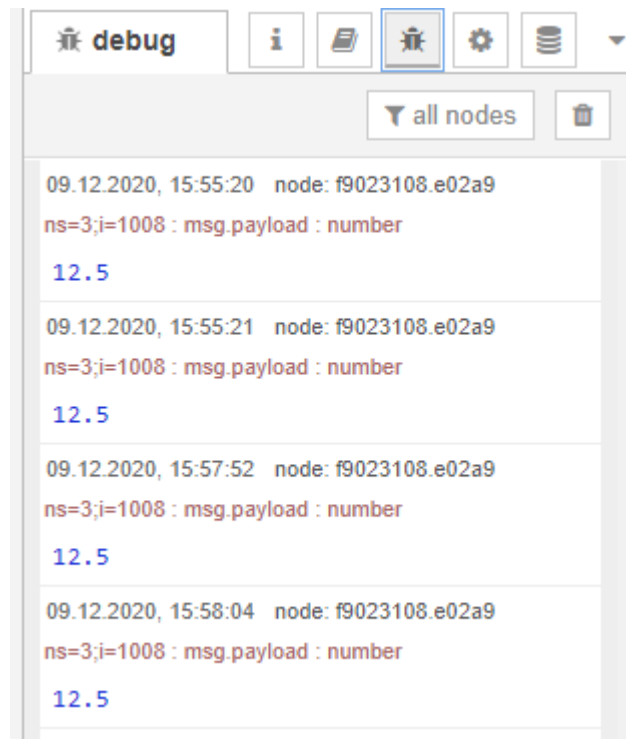


Рис 3.20 Результат отриманий при роботі тестової програми

Як видно з рисунку з часом значення тегу не змінювалось, адреса тегу збігається з тією, що введена раніше тому програма є робочою та виконує покладені на неї функції.

Тепер необхідно налаштувати передачу даних від Node-Red до бази даних. Для цього необхідно на поляну витягнути вузол InfluxDB In. Інтерфейс налаштування виглядає наступним чином рис 3.21.

Рис 3.21 Налаштування node зв'язку з базою даних

Ці налаштування є базовими та не потребують змін крім назви бази даних яка буде створена. Зв'язок з базою даних налаштований. Також дані які передаються потребують відповідних доопрацювання, ми не можемо передати число з часом коли воно було отримано, також необхідно роз'яснити, що це за інформація: показання датчиків, положення виконавчих механізмів та інші. Тому для такого перетворення необхідно створити функцію яка разом із значенням передавати назву яка присвоюється цьому значенню рис 3.22.

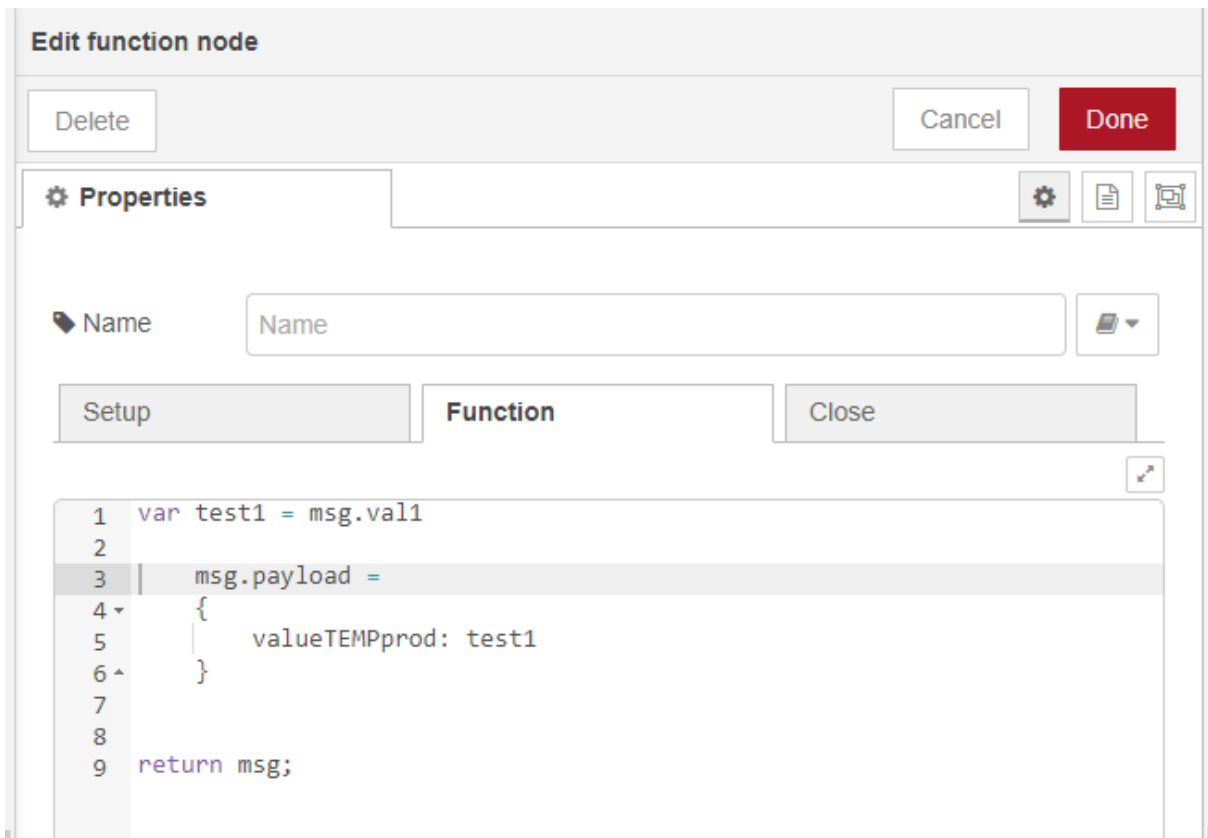


Рис 3.22 Зображення функції

Після того, як виконані базові налаштування Node-Red, необхідно встановити нашу базу в якій будуть зберігатись наші дані. Для цього необхідно на сайті InfluxDB завантажити архів з програми які потрібно розпакувати в зручну для користувача папку. В завантаженому архіві знаходяться п'ять двійкових та один файл конфігурації:

- **Influx.exe** : інтерфейс командного рядка, в якому використовується команди IFQL для взаємодії користувача з базою даних.
- **Influx_inspect.exe**: отримати інформацію про Shards (в багаторівневому середовищі)
- **Influx_stress.exe**: використовується для стрес тестування бази даних

- **Influx_tsm.exe**: Утиліта InfluxDB для дерева злиття з тимчасовою структурою (зараз не актуальна)
- **Influxd.exe** : використовується для запуску сервера InfluxDB
- **Influxdb.conf** : файл конфігурація налаштувань екземпляру InfluxDB.

Для коректної роботи необхідно налаштувати конфігурацію екземпляру InfluxDB. Потрібно задати наступні корективи в файл конфігурацій:

- В блоці Meta змінити налаштування на наступні

```
# Where the metadata/raft database is stored
```

```
dir = "C:\\Program Files\\InfluxDB\\meta"
```

Дане налаштування створить окрему папку для зберігання метаданих, що дозволить мати доступ до них без запущеного серверу бази даних.

- Налаштування блоку http яка увімкне кінцеву точку. Це дозволить не використовувати окремі клієнти для роботи з нею:

```
[http]
```

```
# Determines whether HTTP endpoint is enabled.
```

```
enabled = true
```

```
# The bind address used by the HTTP service.
```

```
bind-address = ":8086"
```

```
# Determines whether HTTP request logging is enabled.
```

```
log-enabled = true
```

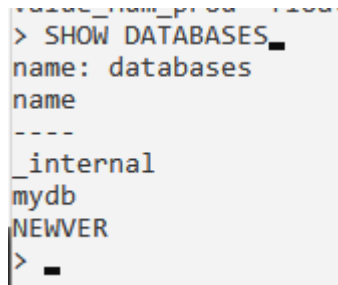
Наступним кроком необхідно створити базу даних, для цього в командному рядку який відкрився після запуску файлу Influx.exe потрібно написати наступну команду:

CREATE DATABASE mydb (де mydb це назва створюваної бази і вона може бути будь якою).

Для відображення наявних баз даних необхідно в тому ж командному рядку набрати наступну команду:

```
SHOW DATABASES
```

Відповіддю на цю команду буде список зі створених баз даних рис 3.23.



```
> SHOW DATABASES
name: databases
name
----
_internal
mydb
NEWVER
>
```

Рис 3.23 Список наявних баз даних в системі

Базові конфігурації виконані і база даних готова до роботи.

Наступним етапом необхідно встановити систему візуалізації Grafana. Для цього необхідно з сайту розробника завантажити файл встановлення. Та відкрити його, інсталяція виконується як і в більшості програм. Після встановлення web-інтерфейс буде доступний за адресою: <http://localhost:3000/>

Тепер потрібно налаштувати зв'язок між візуалізацією та базою даних, для цього необхідно в лівому меню обрати Configuration, а там Data Sources рис 3.24.

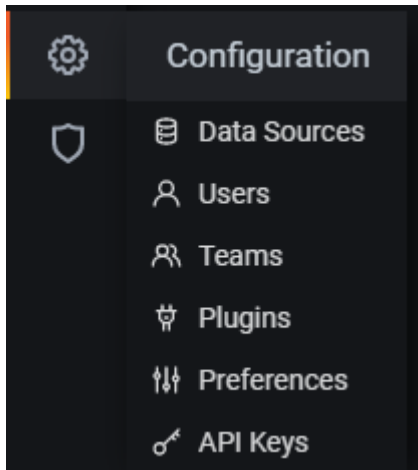


Рис 3.24 Налаштування конфігурації

На екрані з'явиться наступний інтерфейс рис 3.25

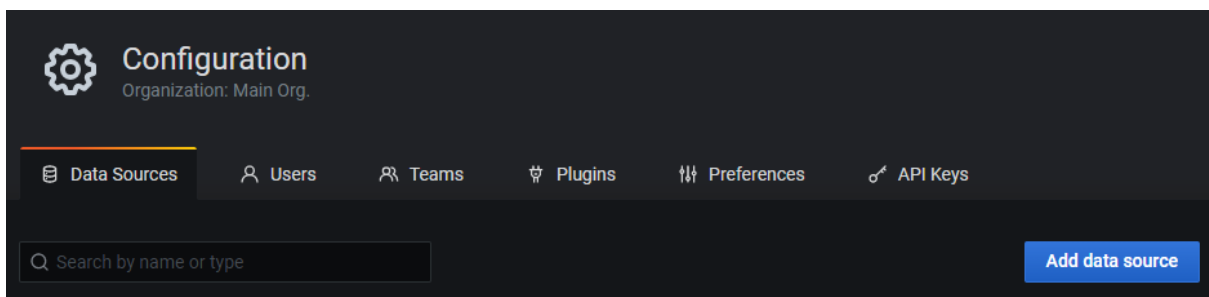


Рис 3.25 Налаштування візуалізації

В цьому вікні необхідно додати ресурс з якого будуть обиратись дані, для цього необхідно натиснути на кнопку Add date source. Одразу після її обрання ми переходимо у вікно вибору (рис 3.26) ресурсів з яких дані будуть отримуватись, в нашому випадку необхідно обрати InfluxDB.

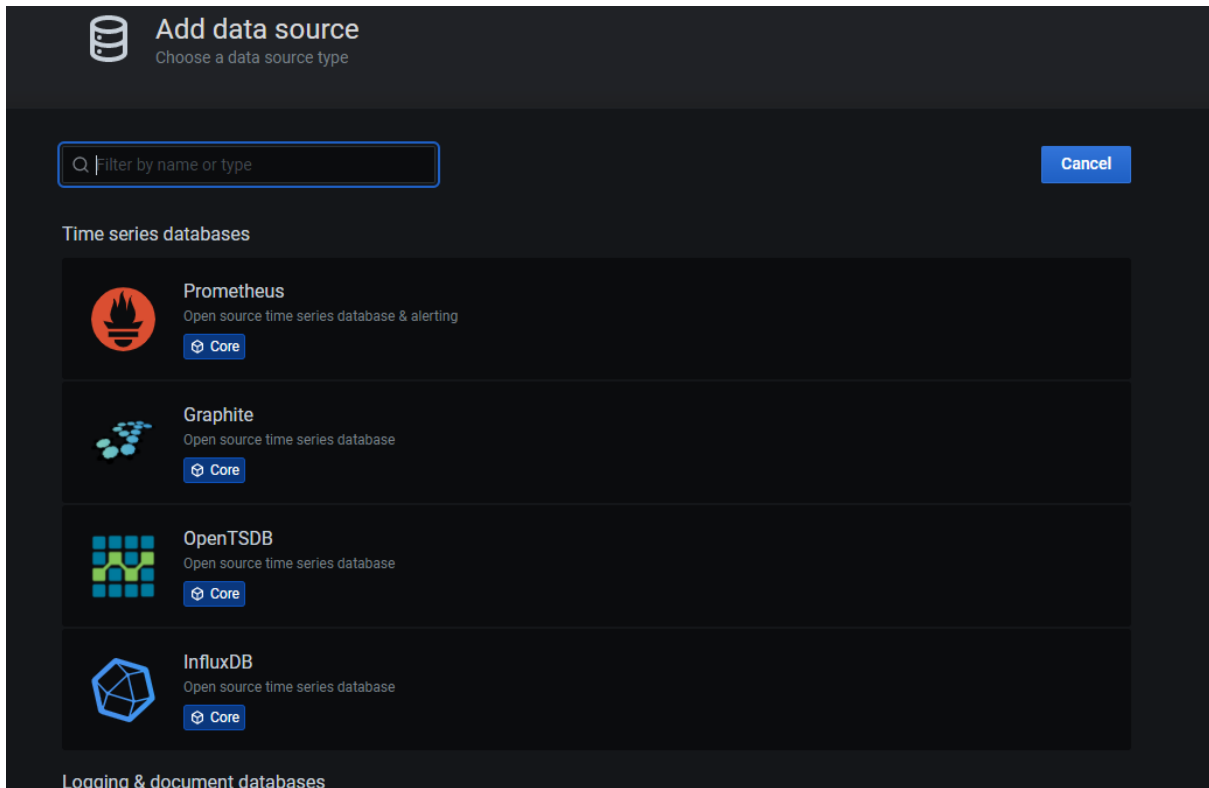


Рис 3.26 Вікно вибору ресурсу даних

Далі потрібно вказати потрібно ім'я, яка задається на етапі створення бази даних адресу, URL нашої бази даних (стандартно він є таким <http://localhost:8086>). Та вказати логін та пароль для зчитування даних, так як вони є обмежені в доступі за замовчуванням . Приклад заповненого вікна налаштувань показаний на рис 3.27.

The screenshot displays the 'Settings' window for InfluxDB. At the top, the 'Name' field is set to 'InfluxDB' with a 'Default' toggle switch. Below this, the 'Query Language' is set to 'InfluxQL'. The 'HTTP' section contains the 'URL' field set to 'http://localhost:8086', the 'Access' dropdown set to 'Server (default)', and a 'Whitelisted Cookies' section with an 'Add Name' input and an 'Add' button. The 'Auth' section includes toggle switches for 'Basic auth', 'TLS Client Auth', 'Skip TLS Verify', and 'Forward OAuth Identity', along with 'With Credentials' and 'With CA Cert' options. The 'Custom HTTP Headers' section has an 'Add header' button. The 'InfluxDB Details' section includes fields for 'Database', 'User' (set to 'admin'), 'Password' (masked with dots), and an 'HTTP Method' dropdown set to 'Choose'.

Settings

Name Default ☐

Query Language

HTTP

URL

Access [Help >](#)

Whitelisted Cookies

Auth

Basic auth ☐ With Credentials ☐

TLS Client Auth ☐ With CA Cert ☐

Skip TLS Verify ☐

Forward OAuth Identity ☐

Custom HTTP Headers

InfluxDB Details

Database

User

Password

HTTP Method

Рис 3.27 Вікно налаштувань зв'язку між системою візуалізації та базою даних InfluxDB

Після внесення даних в нижній частині екрані є кнопка **Save&Test**. При натисканні якої всі налаштування зберігаються та перевіряється коректність їх вводу та чи з'єдналась Grafana з InfluxDB.

Далі необхідно створити dashboard в якому буде знаходитись наша система візуалізації. Щоб його створити в вікні grafana потрібно з лівого списку пункт Dashboards, потім обрати пункт manage (рис 3.28).

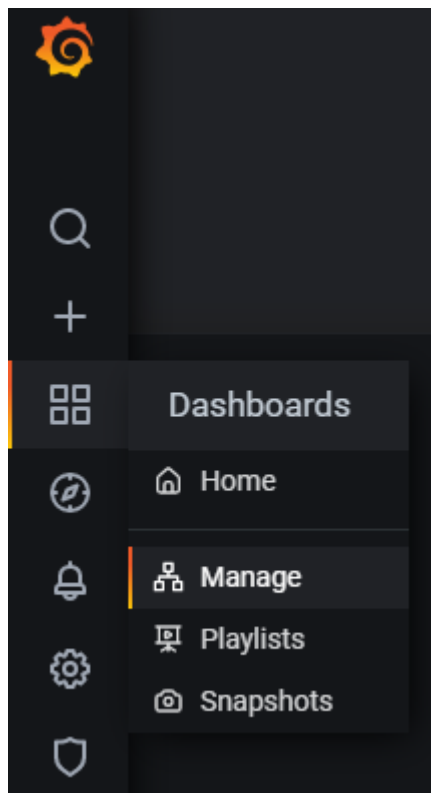


Рис 3.28 Створення нового Dashboard

У вікні яке з'явилося необхідно натиснути кнопку New Dashboard. Після її натискання на екрані відобразиться пусте вікно (Рис 3.29) куди і будемо додавати елементи візуалізації.

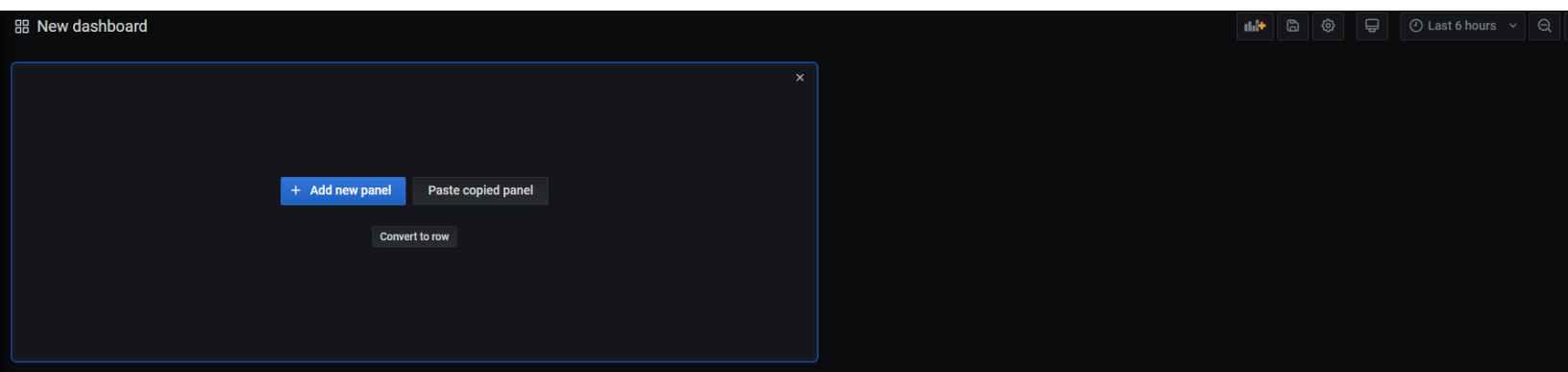


Рис 3.29 Поляна де розташовуватимуться елементи візуалізації

Для створення цих елементів натискаємо кнопку в лівому верхньому куті Add panel (Рис 3.30).

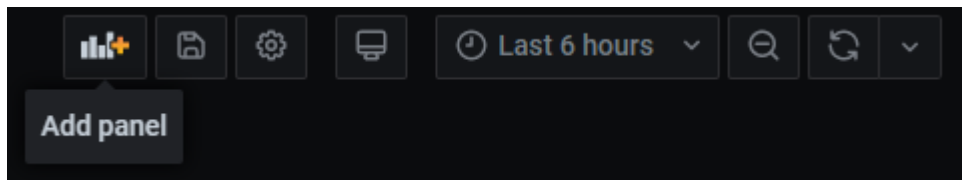


Рис 3.30 Панель основних налаштувань

Також на цій панелі знаходиться кнопки зліва направо: зберегти, додаткові налаштування, повноекранний режим, проміжок часу за який відображається вибірка даних, лупа для збільшення або зменшення, примусове оновлення даних, перелік можливого часу оновлення даних.

Додавши панель на поляну ми переходимо у вікно її налаштувань (рис 3.31).

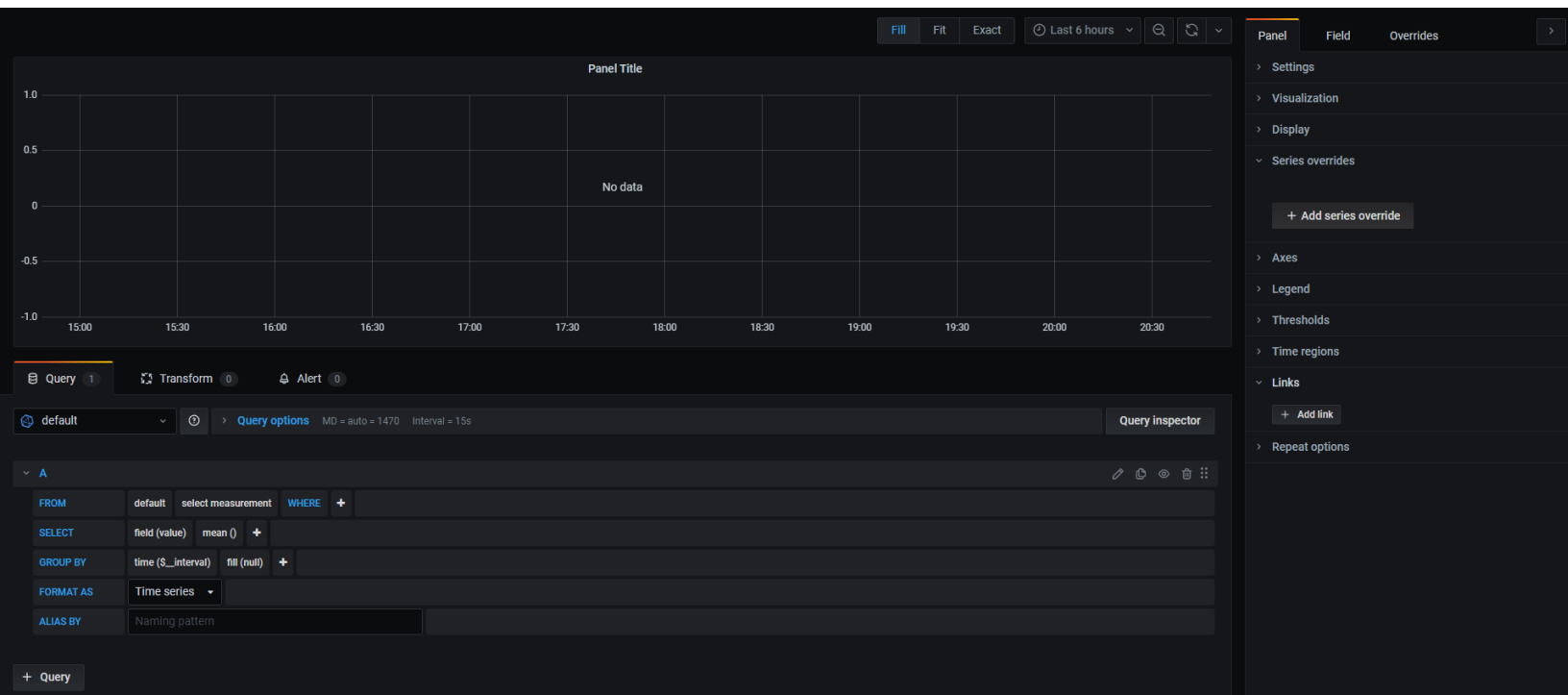


Рис 3.31 Налаштування елемента візуалізації

В нижній частині необхідно ввести наступні налаштування:

- From - необхідно з випадаючого списку обрати базу даних з якою береться інформація.
- Select - які дані з бази даних будуть відображатись
- Group By - час з якими будуть запитувати дані
- Alias by - назва інформації яка буде відображатись

3.5. Імітаційне моделювання і аналіз функціонування автоматизованого технічного комплексу

Імітаційне моделювання виконуватиметься за допомогою середовища розробки математичної моделі Matlab, розробка цієї моделі описана в пункті 2.1. На об'єкті даний комплекс буде зв'язуватись з засобами автоматизації за

промисловими комунікаційними протоколами: Modbus TCP/IP, OPC UA, Profinet та іншими, середовище node-red дозволяє інтегрувати найбільш розповсюджені протокол так, як має широкий вибір вже розроблених нод для цього. Імітування роботи моделі на одній локальній машині дозволило використовувати протокол транспортного рівня - UDP. Він має підтримку у середовищі Matlab та високу швидкість передачі даних.

3.5.1. Підготовка до моделювання

На початку необхідно налаштувати модель для передачі даних. При налаштуванні математичної моделі необхідно обирати параметри розв'язувача з змінним кроком (Variable-step) (рис 3.32), це налаштування дозволяє моделювати неперервні системи - якою і є наша система але для передачі даних необхідно обирати налаштування з фіксованим кроком (Fixed-step).

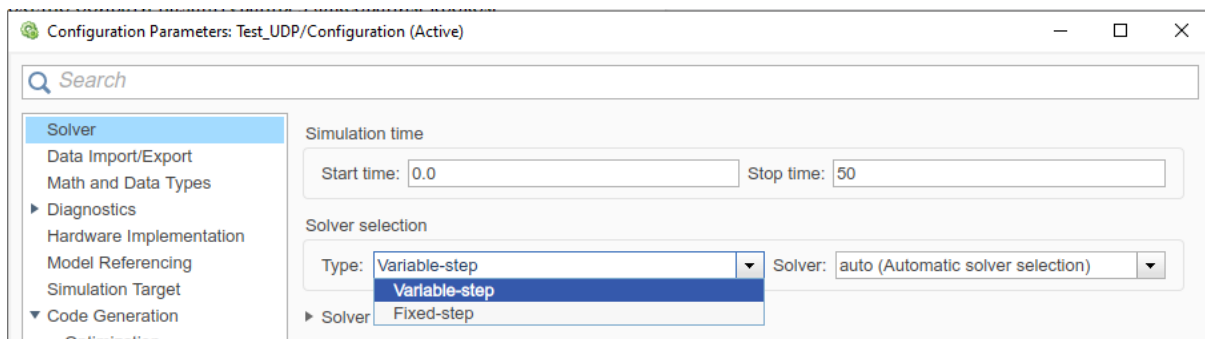


Рис 3.32 Конфігурування параметрів моделювання

Якщо ж вибрати фіксований крок, то модель не буде працювати через наявність у ній блоків, які неможливо змоделювати з фіксованим часом. Тому для передачі даних необхідно використовувати блоки які розраховані дані

упорядковуюють та виконують вибірку з дискретним значенням часу - Quantizer та Zero-order Hold рис(3.33).

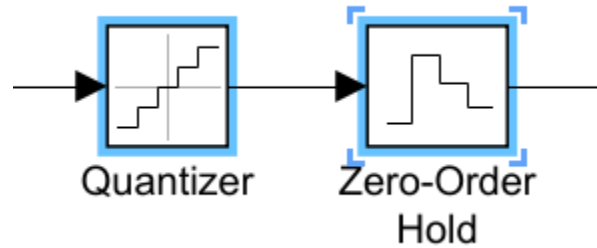


Рис 3.33 Блоки Quantizer та Zero-order Hold

Використовуючи протокол UDP до математичної моделі додається блок передачі даних UDP Send. Параметри його налаштування зображені на рис 3.34.

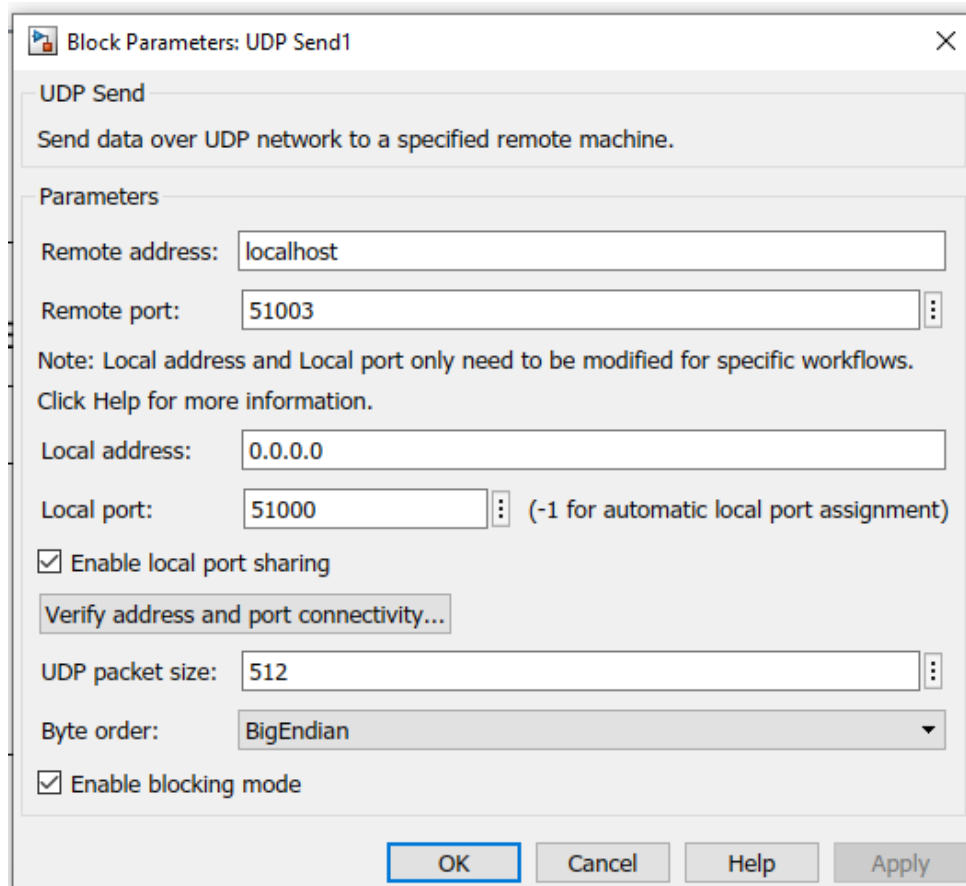


Рис 3.34 Налаштування блоку передачі даних за протоколом UDP

Наступним кроком є налаштування node-red. Для його роботи необхідно витягнути на робоче поле ноду udp та вести базові налаштування рис 3.35.

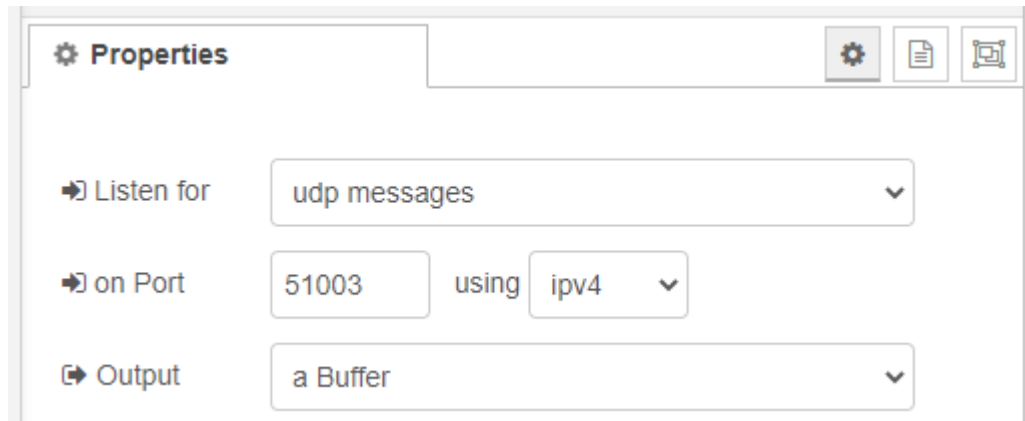


Рис 3.35 Налаштування ноди udp

За принципом роботи даного протоколу всі байти передається в певному порядку, в нашому випадку цей порядок є від старшого до меншого (big-endian). Тому отримані дані необхідно розпарсити. Дана операція виконується за допомогою ноди buffer parser. Налаштування цієї ноди зображені на рис 3.35.

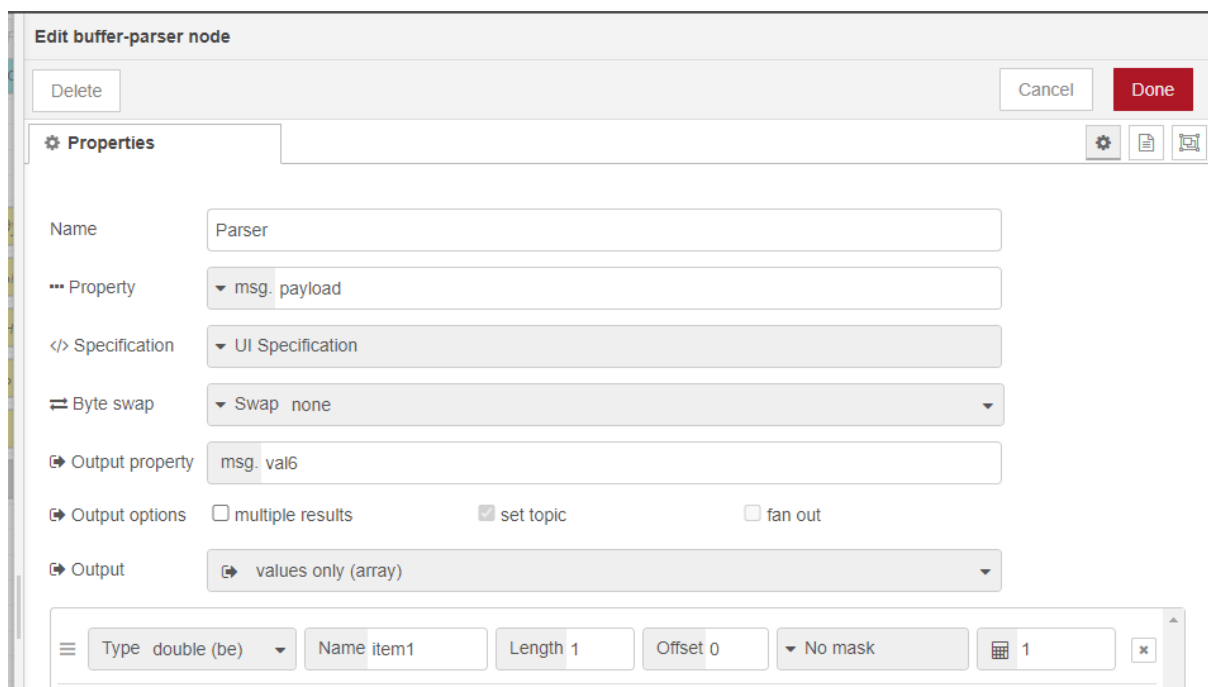


Рис 3.35 Налаштування ноди buffer parser

Виконавши всі налаштування програмно-технічний комплекс готовий до моделювання процесу.

3.5.2. Моделювання процесу

На рисунку 3.36 та 3.37 зображені перехідні процеси у системі регулювання температури продукту у середовищі візуалізації Grafana та середовищі моделювання Simulink.



Рис 3.36 Перехідний процес температури продукту в середовищі Grafana

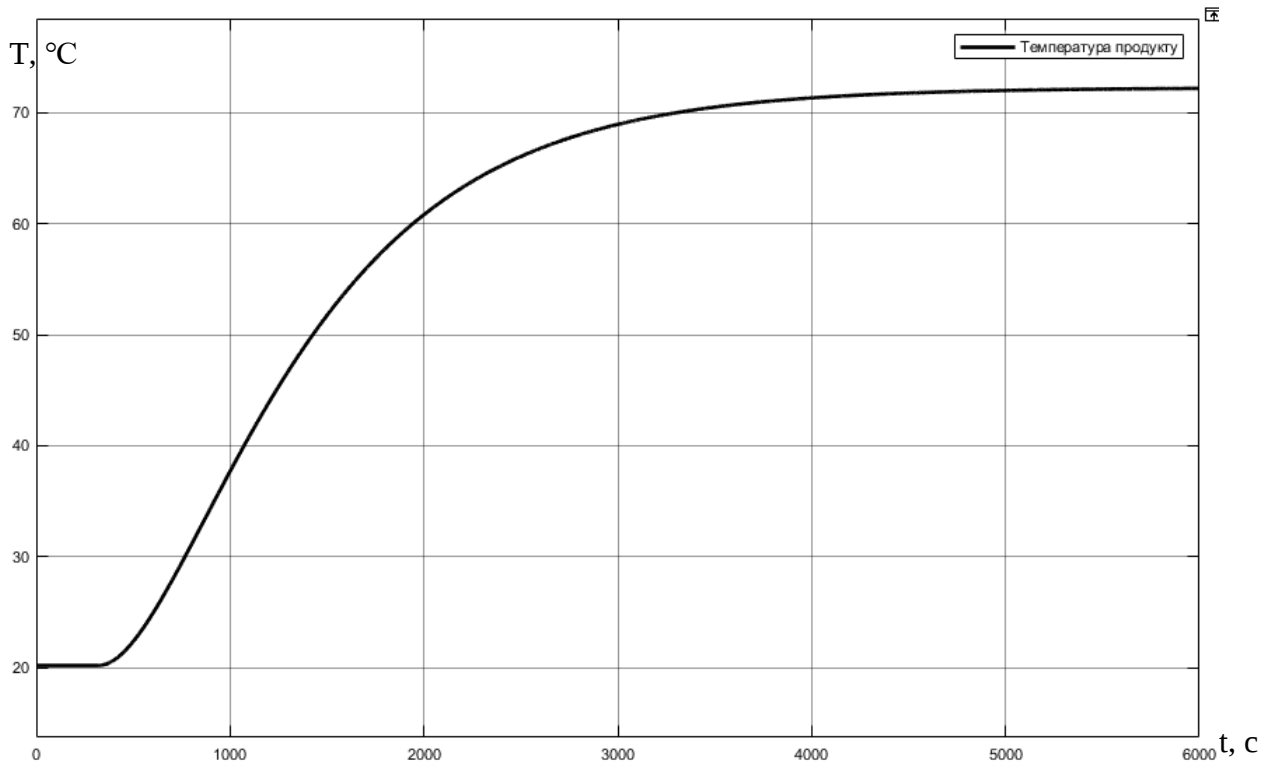


Рис 3.37 Перехідний процес температури продукту у Simulink

Процес виходу температури продукту на заданий рівень є досить довгий, як видно з рис 3.36, він триває більше 1.5 години. Тому для моделювання даний час було прискорено у 10 разів, що можна побачити на шкалі часу на рис 3.36.

Перехідний процес за каналом температура теплоносія – температура продукту на виході зображений на рис 3.37 та 3.38.

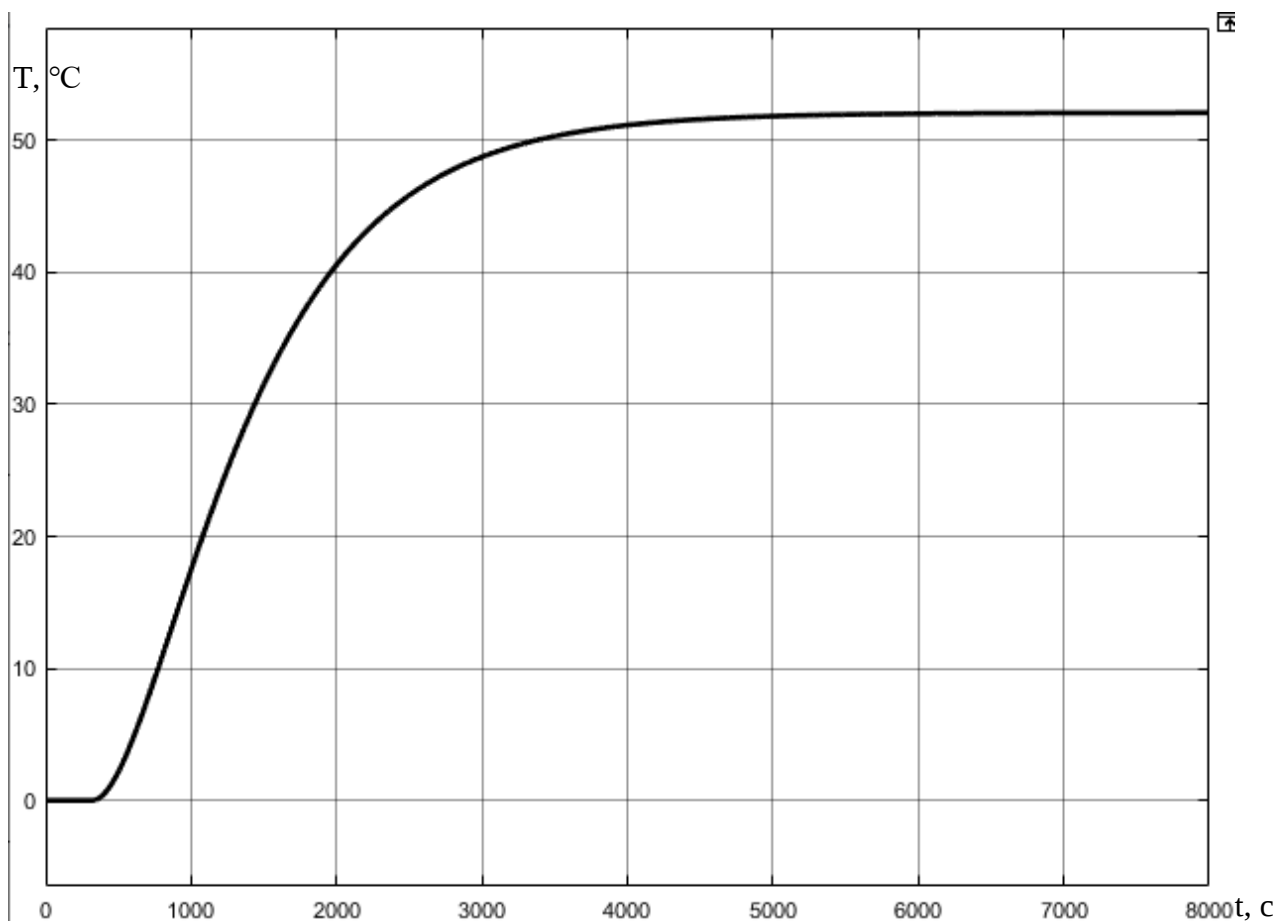


Рис 3.37 Перехідний процес за каналом температура теплоносія – температура продукту на виході в середовищі Simulink

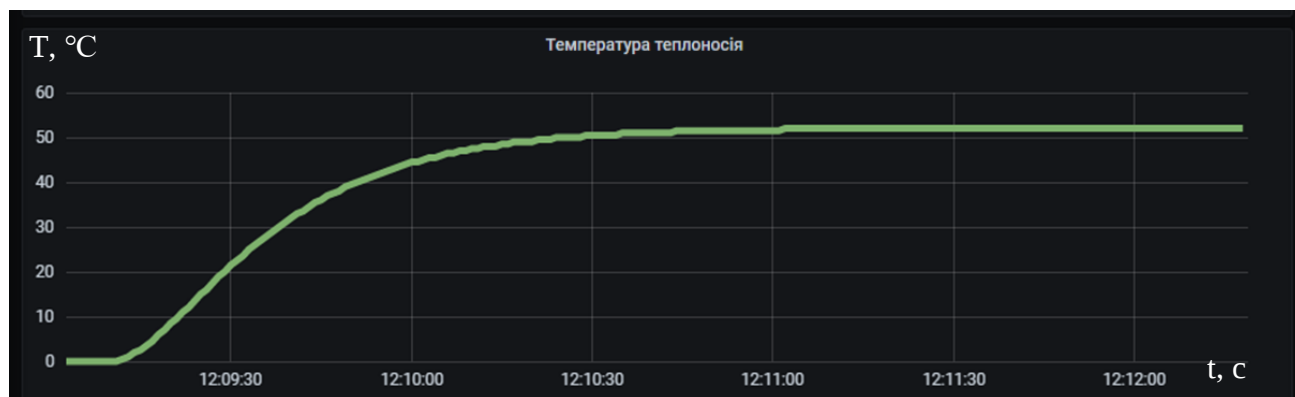


Рис 3.38 Перехідний процес за каналом температура теплоносія – температура продукту на виході в Grafana

Графік зміни вологовмісту зерна на виході зображений на рис 3.39 та 3.40, у середовищі моделюванні та у комплексі супроводу, відповідно.

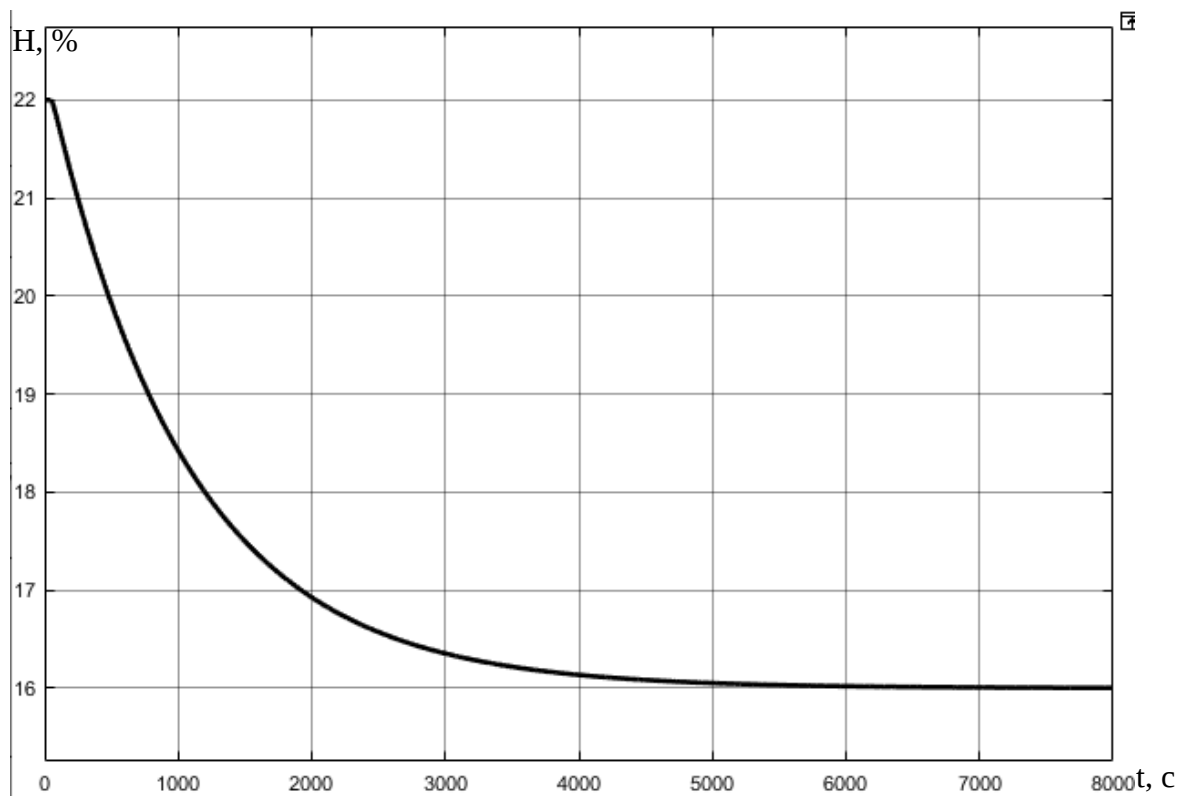


Рис 3.39 Графік зміни вологовмісту зерна в середовищі Simulink

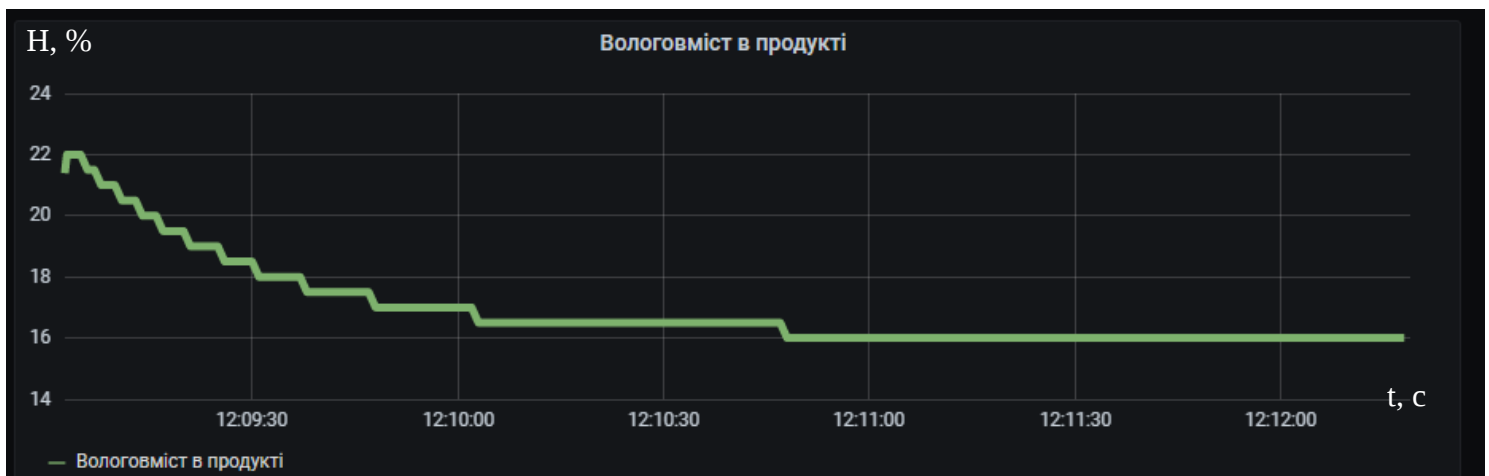


Рис 3.40 Графік зміни вологовмісту зерна в Grafana

Перехідний процес за каналом температура теплоносія - температура продукту зображений на рис 3.41 та 3.42.

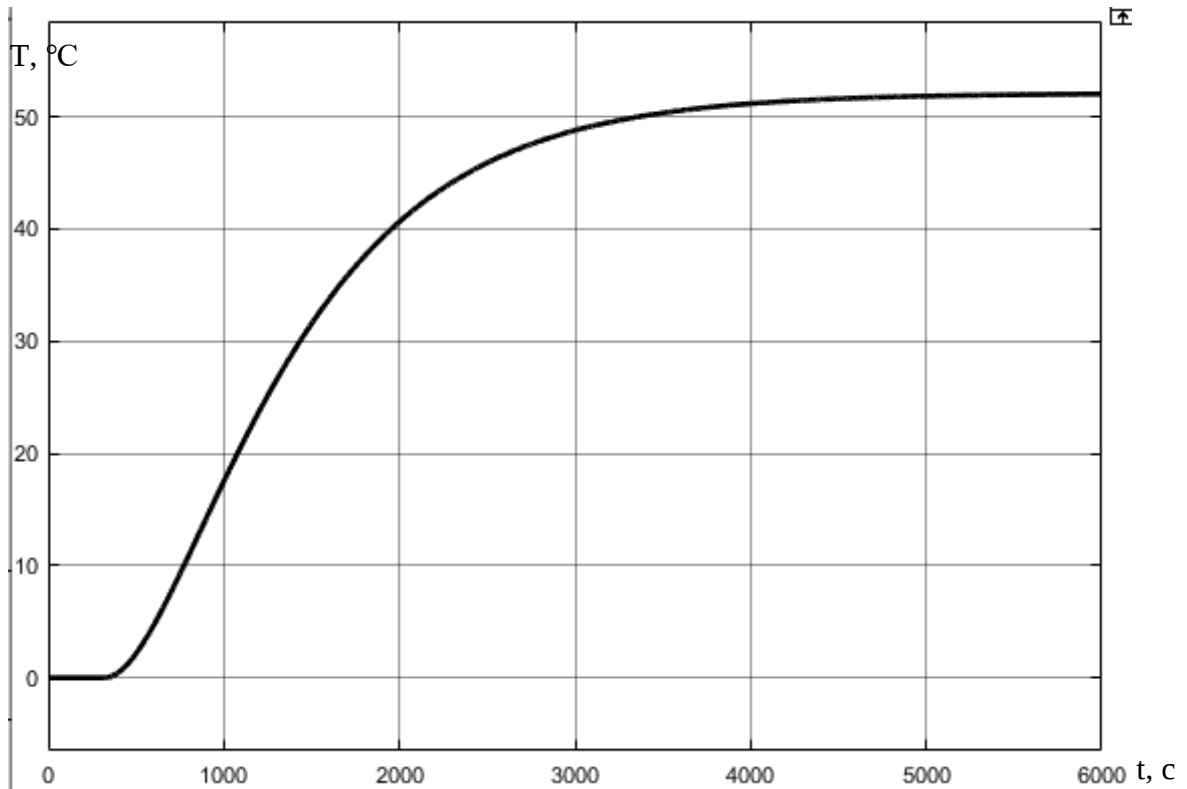


Рис 3.43 Перехідний процес за каналом температура теплоносія - температура зерна в середовищі Simulink

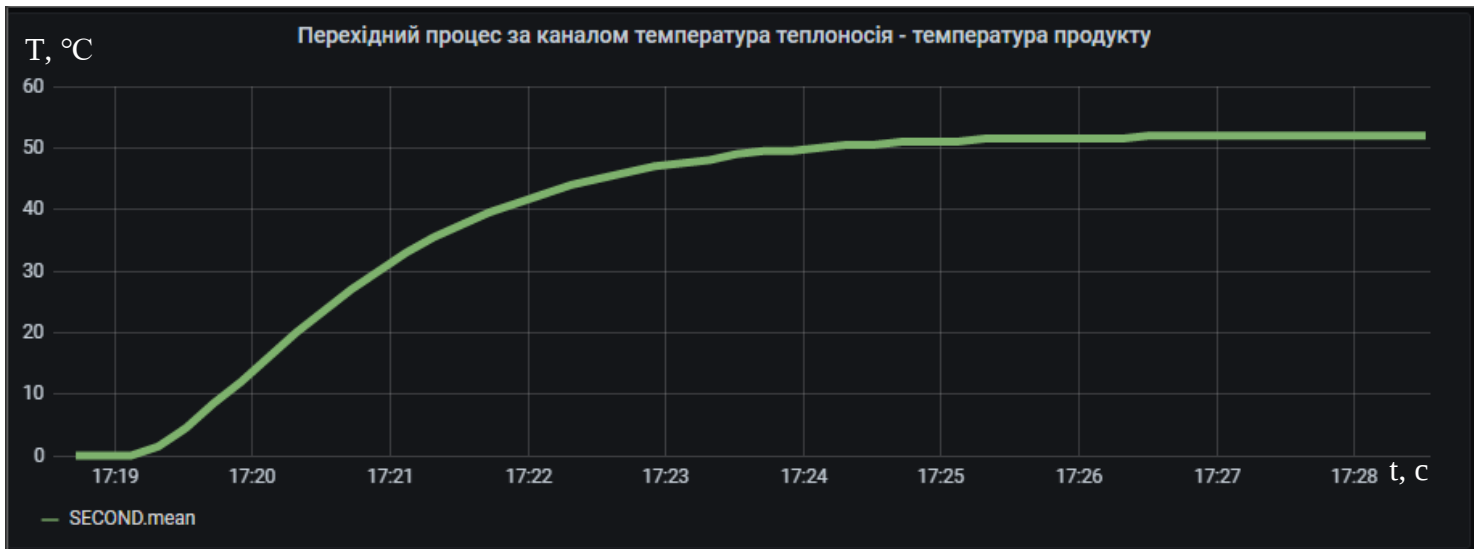


Рис 3.44 Перехідний процес за каналом температура теплоносія - температура зерна в Grafana

Загальний вигляд візуалізації в Grafana зображено на рис 3.45



Рис 3.45 Загальний вигляд системи супроводу процесу пусконаладження в Grafana

Висновок до розділу

У цьому розділі детально описано процес розробки та налаштування системи супроводу процесу пусконаладжувальних робіт. Описано розроблено програмне забезпечення для автоматизованої системи керування сушаркою. Отримані перехідні процеси, які були змодельована за допомогою розробленої в попередніх розділах математичної моделі.

4. Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Тема: Комплекс супроводу процесу пусконаладжувальних робіт систем автоматики

Цілі: Розробка автоматичного архівування та обробки результатів роботи. Людина обирає лише варіанти вирішення ситуації, що виникає під час роботи системи.

Проблематика, що вирішується: Розробка моделі теплоенергетичного обладнання.

- На базі цієї моделі розробити програмне забезпечення по формування звітів на основі даних з датчиків
- Розробити програмне забезпечення візуалізації
- Дослідити та впровадити найкращий метод обробки інформації

Програмний продукт: Використання сучасного інструменту розробки візуального програмування Node-red

Команда проекту:

- IT-спеціаліст займається Дослідженням ринку, пошуком нових ідей
- Інженер Відповідає за технологічну частину проекту
- Проектний менеджер відповідає за рекламну кампанію, розмову з інвесторами
- Фахівці з контрольно-вимірювальних приладів та автоматики відповідає за ведення контролю якості та відповідності продуктів
- IT-спеціаліст займатиметься розробкою програмного коду, тестуванням та моделюванням роботи

Витрати:

1. Витрати на оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд
2. Витрати на обладнання, устаткування та пристрої
3. Витрати на придбання нематеріальних активів
4. Витрати на персонал
5. (на відрядження, соціальні заходи тощо)
6. Витрати на зв'язок
7. Витрати на паливо та електроенергію
8. Витрати на водопостачання
9. Витрати на утримання обладнання та приміщень
10. Витрати на збут
11. Витрати на просування та рекламу
12. Оплата юридичних послуг
13. Податкові платежі (земельний, комунальний податки, інші)

Рішення: Зменшення втручання людського фактору у систему, скорення людських ресурсів для пусконаладження об'єкту. Зменшення часу на проведення цих робіт. Збільшення ефективності процесу роботи.

Інвестиції: Для реалізації стартап-проекту необхідна сума у розмірі 266 тис. грн.

4.1. Технологічний аудит ідеї проекту

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту наведено у таблиці 4.1. Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок, що ідея проекту є технологічно здійсненною.

Таблиця 4.1 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Комплекс для супроводу пусконаладжувальних робіт	Для реалізації даного комплексу необхідно розробити програмний продукт.	Частково відсутня на ринку	Обмежена

4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.2 Характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	266 000 грн/од 1 220 000 грн/рік
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Можливі, в деяких випадках необхідно взривозахищене обладнання
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	21%

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пр}}}{B} * 100\% = \frac{266\,000}{1\,220\,000} * 100\% = 0,21 * 100\% = 21\%$$

Отже, можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження. Перевагою слугує відсутність специфічних вимог, але ми повинні бути готові до наявності певних обмежень для входу.

Таблиця 4.3 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	1. Масштабованість 2. Відмовостійкість 3. Висока швидкість обчислень	1. Промислові підприємства 2. Компанії інтегратори систем автоматизації	Поведінка цих цільових груп дуже схожа так як вони працюють на одному ринку.	Відмовостійкість Якість

Таблиця 4.4 Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
	Дуже велика інертність вітчизняного ринку	Промислові об'єкти дуже важкі на нововведення, більшість діє по принципу "Працює – то навіщо з ним щось робити"	Показати вже існуючі кейси та сказати, що завдяки цьому вони є лідерами на ринку й заробляють більше грошей ніж ви.

Таблиця 4.5 Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
	Нові технології для підвищення продуктивності	Заміна старих технологій та підходів на більш нові	Пришвидшення впровадження нових технологій
	Відсутність аналогу	Вільний ринок	Можливість швидкого розвитку

Таблиця 4.6 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Відсутність конкурентів
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Відсутність конкурентів
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Відсутність конкурентів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Відсутність конкурентів
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Відсутність конкурентів
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Відсутність конкурентів

Таблиця 4.7 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	<i>Відсутні, так як нема прямих конкурентів</i>	<i>Компанії гіганти автоматизації, які мають в своїй складах відділи досліджень</i>	<i>Постачальник є досить популярним та сильним на ринку за рахунок широкого розповсюдження</i>	<i>Ціна/якість та ефективність</i>	<i>Ціна</i>
Висновки:	На ринку існують товари які	Строки виходу на ринок будуть	Великі обсяги замовлень обумовлять	Якість обладнання є ключовим	Так як подібним функціон

	покривають функції виробу дуже частково, тому їх не можна враховувати за конкурентів.	залежати від готовності товару.	знижки та особливі умови	фактором у виборі товару, до того тут ще оптимальні показники ціна/якість.	алом відповідають тільки декілька позицій об'єднаних між собою, то ціна є досить великою.
--	---	---------------------------------	--------------------------	--	---

Таблиця 4.8 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ п/п</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1	Потреби споживачів	Потреби замовників впливають на якість та збільшення ефективності системи
2	Ціна та собівартість	За рахунок того, що для виконання всіх функцій необхідне придбання декількох позицій сумарна вартість яких значно перевищує вартість даного виробу

Таблиця 4.9 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Digital Control»

<i>№ п/ п</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Технічне обслуговування	17						+	
2	Потреби споживачів	17						+	
3	Результативність	15					+		
4	Маркетинговий потенціал	14					+		
5	Ціна та собівартість продукції	19							+

Таблиця 4.10 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
Можливості: ● Низька ціна на продукт, ● Висока Відмовостійкість ● Масштабованість	Загрози: Підходить для вирішення специфічних задач.

Таблиця 4.11 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
	● Участь у технічних конференціях ● Наукові публікації	85%	8-12 місяців

4.3.Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.12 Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Промислові підприємства	Середня, невпевненість щодо необхідності даного продукту споживачу	45%	Невисока	Середня, для входу необхідно буде провести рекламну компанію
2	Компанії інтегратори систем автоматизації	Висока, дана цільова група готова до	75%	Невисока	Середня, для входу необхідно буде

		придбання товару			провести рекламну компанію
Які цільові групи обрано: Промислові підприємства, компанії інтегратори систем автоматизації					

Таблиця 4.13 Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ п/ п</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспро- можні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
	Компанії інтегратори систем автоматизації	Стратегія недиференційн ого маркетингу	Відсутні	Стратегія концентрації(спе ціалізації)

Таблиця 4.14 Визначення стратегії позиціонування

<i>№ п/ п</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспро- можні позиції власного стартап- проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Спрощене налаштуван ня програмног о продукту	Стратегія концентраці ї(спеціаліза ції)	Швидке розгортання системи	● Підключення в один клік ● Доступність для будь-яких користувачів ● Кросплатформеність
2.	Масштабов аність	Стратегія концентраці ї(спеціаліза ції)	Необмежена масштабованість системи	● Необмежена масштабованість ● Висока відмовостійкість ● Реконфігурація

4.4.Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.15 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1.	Масштабованість	Набір стандартних елементів для побудови візуалізації	Необмежена масштабованість
2.	Відмовостійкість	Використання товарів промислового призначення, підвищена відмовостійкість	Використання позицій які завжди є на складі
3.	Спеціалізоване обчислення отриманих даних	Використання ЦОД	Перенесення виконання обчислень до ЦОДів

Таблиця 4.16 Визначення меж встановлення ціни

<i>№ n/n</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1	3 000\$	Відсутні	100 000\$	1000\$-2000\$

Таблиця 4.17 Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
	клієнти купують продукт безпосередньо у	- Аналіз ринку - Технологічний прогрес	Канал нульового рівня (виробник	Через сайт виробника

	компанії-розробника		безпосередньо продає товар клієнту)	
--	---------------------	--	-------------------------------------	--

Таблиця 4.18 Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
	Клієнти дізнаються про товар на наукових конференціях, виставках технічних товарів.	Інтернет Наукові публікації	Пришвидшення вводу в експлуатацію, пришвидшення сервісного обслуговування.	Продемонструвати масштабність та відмовостійкість продукту	Прорив у сфері яка зберегла свої традиції з минулого сторіччя.

Висновки до розділу

У цьому розділі ми провели технологічний аудит ідеї проекту завдяки чому прийняли рішення, що дана задача може бути реалізована, саме тому ми провели аналіз ринкових можливостей, під час якого переконалися, що проект має значні переваги над проектами та вже впровадженими конкурентними системами на ринку.

Під час проведення стартапу розробили ринкову стратегію проекту в якій цільовою аудиторією є малі та великі підприємства по різних містах України.

Розроблена маркетингова програма, що визначає переваги над компаніями гігантами, що є найбільш вагомими конкурентами, у нашій галузі, обраний приємний та доступний діапазон цін, налагоджена система збуту від постачальника до прямого власника даного продукту.

Для залучення нових клієнтів, подачі інформацію про компанію була розгорнута рекламна компанія. Створено інформаційні пости про комплекс супроводу процесу пусконаладжувальних робіт систем автоматики

Висновки

В магістерській дисертації розроблено програмно технічний комплекс супроводу процесу пусконаладження. Розроблений комплекс дозволить збільшити якість та зменшить час проведення процесу пуску систему в роботу.

Аналіз наявного обладнання на ринку зі схожим функціоналом показав відсутність технічних рішень які б відповідали вимогам до комплексу тому було прийняте рішення, щодо розробки такого комплексу.

Для розробки такого рішення були вирішені такі завдання:

- Проведено аналіз необхідного функціоналу який полегшив би процес пусконаладження
- На базі промислової сушарки розглянуто основні принципи її роботи та вимоги до процесу пусконаладження цього об'єкту
- Розроблена математична модель теплоенергетичного об'єкту
- Розроблено програмне забезпечення ПЛК та комплексу супроводу процесу пусконаладження
- Проведено імітаційне моделювання роботи комплексу на базі математичної моделі

Підсумовуючи вищезазначене варто зазначити, що мета написання магістерської дисертації була досягнута, застосування розробленого комплексу дозволить збільшити ефективність, зменшити час на проведення процесу пусконаладження, зменшити час реагування та усунення виникаючих проблем на практиці.

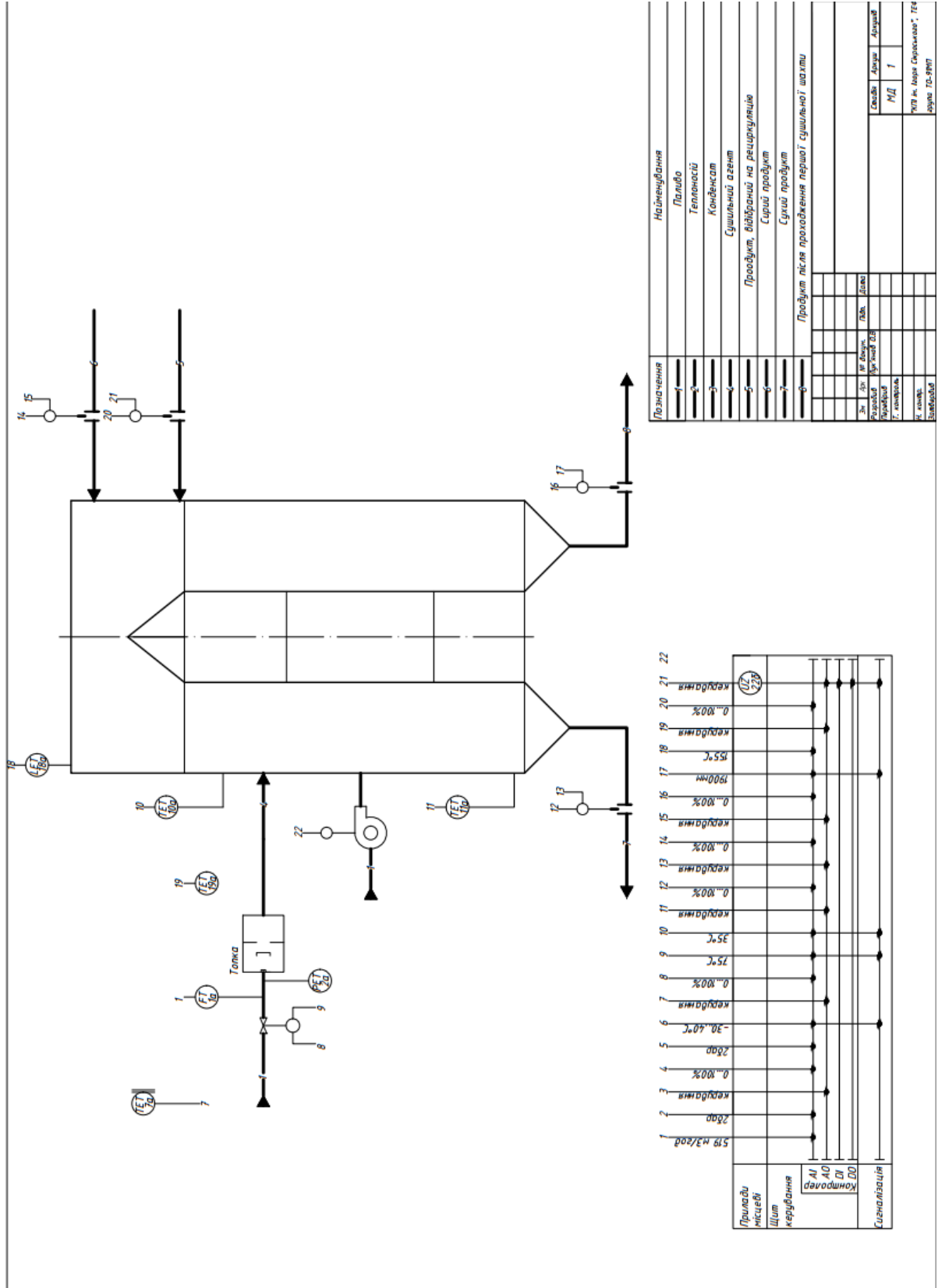
Список літератури

1. Dmitri Popov. Little Node-RED Book: Getting Started with Node-RED // Scribbles and Snaps, 2016. – 447 с.
2. Остапчук Н.В., Зеленский Г.С., Алейников В.И., Рыбак А.И.. Применение математических моделей для совершенствования процесса сушки зерна // Элеваторная промышленность, 1983 - 76 с.
3. Станкевич Г.М., Шаповаленко О.І., Страхова Т.В., Петруня Б.М., Яковенко А.І., Остапчук М.В., Шашкін А.Б.. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, олійних культур та експлуатації зерносушарок // ДАК «Хліб України», 1997 - 72 с.
4. Баум А.Е., Резчиков В.А. Сушка зерна // Колос. 1983 - 223 с.
5. Повышение эффективности сушки зерна Остапчук Н.В. 135 с.
6. Атаназевич В. И., Воронцов Г.О., Ивентьева О.В.. Сушка зерна // Агропромиздат. 1986 - 55 с.
7. Гуляев Г.А.. Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна. // Агропромиздат. 1986 - 240 с.
8. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки. // Колос. 1982 - 239 с.
9. Платонов П.Н., Жидко В.И., Ременный Л.И.. Автоматизация шахтных зерносушилок. // Заготиздат, 1962. - 96 с.
10. Соснин К.В.. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении сушкой зерна. // Наукові праці Міністерства освіти і науки України - 31 с.
11. Егоренков Д.Л., Фрадков А.Л., Харламов В.Ю.. Основы математического моделирования. Построение и анализ модели с примерами на языке MATLAB // СПб. БГТУ. 1994 - 135 с.

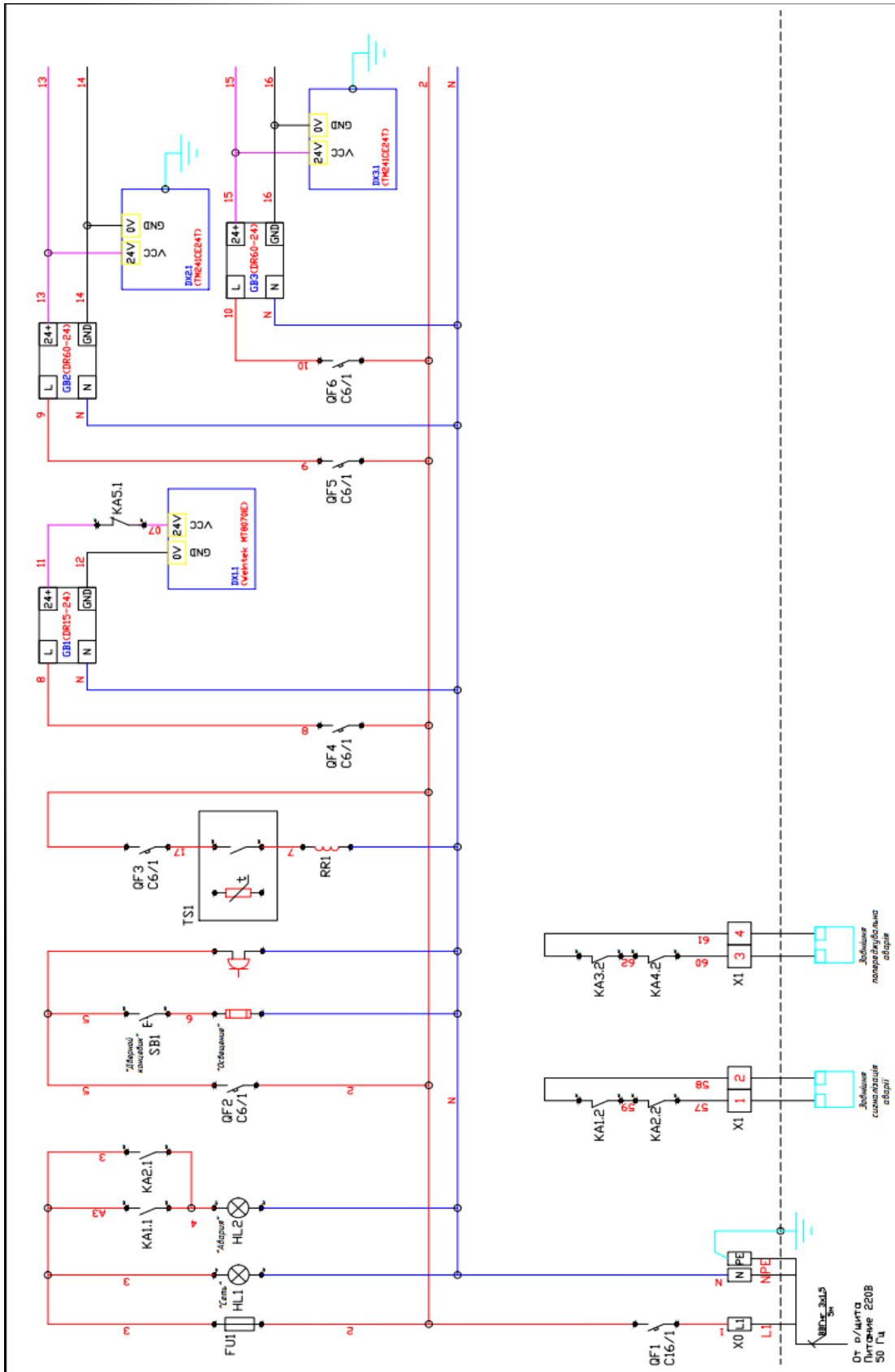
12. Ткачев В.В. Идентификация управления сушкой зерна в шахтных зерносушилках на основе нечетких множеств. // государственный аграрный университет–МСХА имени КА Тимирязева. 2014 - 123-129с
13. Соснин К.В. Автоматизация процесса сушки в шахтных зерносушилках // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2011. - 179-186 с
14. Ткачев В.В. Результаты моделирования управління сушкою зерна в шахтній зерносушилці // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2014 - 87-92 с
15. Просянык А.В. Влагомер зерна // Эльдорадо. 2003 - 44-46 с
16. James Turnbull. The Art of Monitoring / James Turnbull, 2016. – 766 с.

Додаток А

Функціональна схема автоматизації



Додаток Б



Принципова електрична схема

